

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**SÜRDÜRÜLEBİLİR YAPIMDA ALTERNATİF  
YAPI MALZEMELERİ KULLANIMI**

**Büşra YILDIZ**

**Ocak, 2023**

**İZMİR**

# SÜRDÜRÜLEBİLİR YAPIMDA ALTERNATİF YAPI MALZEMELERİ KULLANIMI

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Bilgisi Programı

Büşra YILDIZ

Ocak, 2023

İZMİR

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

**BÜŞRA YILDIZ** tarafından **DOÇ. DR. AHMET VEFA ORHON** yönetiminde hazırlanan **“SÜRDÜRÜLEBİLİR YAPIMDA ALTERNATİF YAPI MALZEMELERİ KULLANIMI”** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ahmet Vefa ORHON

Yönetici

Prof Dr. Koray KORKMAZ

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Müjde ALTIN

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Okan FISTIKOĞLU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin hazırlanmasında ve tüm yüksek lisans eğitimim boyunca desteğini esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Ahmet Vefa ORHON'a teşekkür ederim.

Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Bölümü Yapı Bilgisi programındaki hocalarıma eğitime katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Son olarak hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen annem Mahmure KELEKÇİBAŞI ve kardeşlerim Beste YILDIZ ve Burak Efe YILDIZ'a sonsuz teşekkür ederim.

Büşra YILDIZ

# SÜRDÜRÜLEBİLİR YAPIMDA ALTERNATİF YAPI MALZEMELERİ KULLANIMI

## ÖZ

II.Dünya Savaşı'ndan sonra, nüfus patlamasının yanı sıra, kırsaldan kentlere göç nedeniyle şehirlerin artan ihtiyaçların karşılanmasına yönelik acil ekonomik kalkınma planları uygulamaya konulmuştur. Sanayileşme sonucu ortaya çıkan plansız kentleşme; yeşil alanların azalmasına, sınırlı doğal kaynakların bilinçsizce tüketilmesine ve petrol türevlerinin yoğun şekilde kullanılmasına sebep olmuştur. Sınırsız üretim politikasının sonucu olan arz talep dengesizliği; karbon salınımının artışı, küresel ısınma, ozon tabakasındaki yırtılma ve biyolojik çeşitliliğin hızla tükenmesi gibi çevresel sorunları lokal boyuttan küresel ölçeğe taşımıştır ve bu durum gelecekte hayati önem kazanacaktır. Sürdürülebilirlik kavramı işte bu noktada etkin hale gelmektedir. Çünkü sürdürülebilirlik, gelecek nesillerin ihtiyaçlarından ödün vermeden mevcut nesillerin ihtiyaçlarını karşılamak olarak tanımlanmıştır. Sürdürülebilirlik hareketinin kökleri uzun zaman öncesine dayansa da ilk kez 1987'de yayınlanan Brundtland Raporu'nda ortaya çıkmış ve yirminci yüzyılın sonunda, bu fikirlerin çoğu "sürdürülebilir kalkınma" çağrısında bir araya gelmiştir. İnşaatta alternatif yapı malzemelerinin kullanılması, bu çağrıyı ve tüm bu endişeyi etkili bir şekilde ele almanın iyi bir yoludur. Çünkü malzemeler, bina inşaatının temel bileşenleridir. Bu doğrultuda, bu çalışmada, alternatif yapı malzemesi tanımının net sınırları çizilmiş ve sürdürülebilir kalkınmaya yönelik sürdürülebilir yapım için önemi vurgulanmıştır. Bir sınıflandırma yöntemi oluşturulup, oluşturulan bu sınıflandırma altında birçok alternatif yapı malzemesi incelenmiş ve son olarakta konuyu pekiştirebilmek adına geçmişten günümüze bu malzemeler kullanılarak inşa edilmiş yapı örnekleri incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sürdürülebilir mimarlık, sürdürülebilir yapım, sürdürülebilir malzeme, alternatif yapı malzemeleri

# USE OF ALTERNATIVE BUILDING MATERIALS IN SUSTAINABLE CONSTRUCTION

## ABSTRACT

After World War II, emergency economic development plans were implemented to meet the increasing needs of cities due to migration from rural to urban areas. This, along with rapid industrialization, has led to unplanned urbanization and the reduction of green spaces, as well as the unconscious consumption of limited natural resources and the intense use of petroleum derivatives. The policy of unlimited production has resulted in a supply-demand imbalance, causing environmental problems like an increase in carbon emissions, global warming, and the rapid depletion of biological diversity on both a local and global scale. The concept of sustainability, which aims to meet the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs, has become increasingly important in addressing these issues. The sustainability movement can be traced back to the Brundtland Report published in 1987, which brought together many of these ideas in the call for "sustainable development". Using alternative building materials in construction is a good way to effectively address this demand and all these concerns. Because materials are essential components of building construction. In this direction, in this study, the clear boundaries of the definition of alternative building materials are drawn and its importance for sustainable construction is emphasized. A classification method has been created and many alternative building materials have been examined under this classification. Finally, examples of buildings built using these materials from past to present were examined.

**Keywords:** Sustainable architecture, sustainable construction, sustainable materials, alternative building materials

## İÇİNDEKİLER

|                         | Sayfa |
|-------------------------|-------|
| SINAV SONUÇ FORMU ..... | ii    |
| TEŞEKKÜR.....           | iii   |
| ÖZ .....                | iv    |
| ABSTRACT.....           | v     |
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....  | xi    |
| TABLOLAR LİSTESİ.....   | xvii  |
| KISALTMALAR .....       | xxi   |

### **BÖLÜM BİR - GİRİŞ..... 1**

|                                            |   |
|--------------------------------------------|---|
| 1.1 Problemin Tanımı.....                  | 1 |
| 1.2 Çalışmanın Hedefleri ve Amaçları ..... | 2 |
| 1.2.1 Çalışmanın Hedefleri .....           | 2 |
| 1.2.2 Çalışmanın Amaçları .....            | 3 |
| 1.3 Çalışmanın Kapsam ve Sınırları.....    | 3 |
| 1.4 Çalışmanın Yöntemi.....                | 3 |

### **BÖLÜM İKİ - SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI VE MİMARLIK İLİŞKİSİ ..... 5**

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 Sürdürülebilirlik .....                                           | 5  |
| 2.1.1 Çevresel Sürdürülebilirlik.....                                 | 6  |
| 2.1.2 Ekonomik Sürdürülebilirlik.....                                 | 7  |
| 2.1.3 Sosyal Sürdürülebilirlik .....                                  | 8  |
| 2.2 Sürdürülebilir Kalkınma ve Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri..... | 8  |
| 2.3 Sürdürülebilir Kalkınma Stratejileri.....                         | 11 |
| 2.4 Yapı Sektöründe Sürdürülebilirlik .....                           | 12 |
| 2.4.1 Sürdürülebilir Mimari.....                                      | 13 |
| 2.4.1.1.Kaynak Yönetimi .....                                         | 14 |

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| 2.4.1.2.Yaşam Döngüsü Tasarımı (Life Cycle Design) (LCD) ..... | 15 |
| 2.4.1.3.İnsan İçin Tasarım.....                                | 15 |
| 2.4.2 Sürdürülebilir Yapım .....                               | 16 |
| 2.4.3 Sürdürülebilir Malzeme .....                             | 17 |

## **BÖLÜM ÜÇ - ALTERNATİF YAPI MALZEMELERİ (AYM'LER)..... 19**

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| 3.1 Alternatif Yapı Malzemelerinin Tanımlanması .....         | 19 |
| 3.2 Alternatif Yapı Malzemelerinin Özellikleri .....          | 20 |
| 3.3 Alternatif Yapı Malzemelerinin Önemi .....                | 21 |
| 3.4 Alternatif Yapı Malzemelerinin Sınıflandırılması .....    | 23 |
| 3.4.1 Kökenlerine Göre .....                                  | 23 |
| 3.4.2 Kullanım Yerlerine Göre .....                           | 24 |
| 3.4.3 Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre ..... | 25 |
| 3.5 Sınıflandırma Altında 57 Tane AYM İncelemesi .....        | 25 |
| 3.5.1 Buz.....                                                | 29 |
| 3.5.2 Çöl Kumu .....                                          | 30 |
| 3.5.3 Tuz .....                                               | 32 |
| 3.5.4 Lav Taşı .....                                          | 33 |
| 3.5.5 Sıkıştırılmış Toprak (Rammed Earth) .....               | 34 |
| 3.5.6 İstiflenmiş Odun (Cordwood).....                        | 36 |
| 3.5.7 Bambu.....                                              | 37 |
| 3.5.8 Miselyum .....                                          | 39 |
| 3.5.9 Meşe Ağacı Mantarı (şişe mantarı).....                  | 40 |
| 3.5.10 Saz / Kamış .....                                      | 42 |
| 3.5.11 Kenaf.....                                             | 43 |
| 3.5.12 Soya Fasülyesi .....                                   | 44 |
| 3.5.13 Hint Fasülyesi .....                                   | 46 |
| 3.5.14 Miscanthus (Gümüş Japon Çimi) .....                    | 47 |
| 3.5.15 Posidonia Oceanica.....                                | 48 |
| 3.5.16 Deniz Yosunu .....                                     | 50 |
| 3.5.17 Kozalaklı Ağaçların İğneleri.....                      | 51 |

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| 3.5.18 Koyun Yünü.....                                | 52 |
| 3.5.19 Balık Pulu .....                               | 54 |
| 3.5.20 Deniz Kabukları.....                           | 55 |
| 3.5.21 Salyangoz Kabuğu .....                         | 56 |
| 3.5.22 Pirina (Zeytin Çekirdeği Posası).....          | 57 |
| 3.5.23 Şeftali ve Kayısı Çekirdekleri .....           | 59 |
| 3.5.24 Turba (Peat) .....                             | 60 |
| 3.5.25 Muz Kabuğu Lifi .....                          | 61 |
| 3.5.26 Hindistan Cevizi Kabuğu Lifi.....              | 62 |
| 3.5.27 Patates Kabuğu .....                           | 64 |
| 3.5.28 Hurma Çekirdeği Kabuğu.....                    | 65 |
| 3.5.29 Yer Fıstığı Kabuğu .....                       | 66 |
| 3.5.30 Kahve Çekirdeği Kabukları .....                | 68 |
| 3.5.31 Pirinç Kabuğu .....                            | 69 |
| 3.5.32 Mısır Koçanı .....                             | 70 |
| 3.5.33 Pirinç Kabuğu Külü (Rice Husk Ash) (RHA) ..... | 71 |
| 3.5.34 Mısır Koçanı Külü .....                        | 73 |
| 3.5.35 Şeker Kamışı Küspesi Külü.....                 | 74 |
| 3.5.36 Uçucu Kül.....                                 | 75 |
| 3.5.37 Fırın Cürufu .....                             | 77 |
| 3.5.38 Silika Dumanı .....                            | 78 |
| 3.5.39 Ferroç.....                                    | 80 |
| 3.5.40 Taş Tozu .....                                 | 81 |
| 3.5.41 Kerpiç .....                                   | 82 |
| 3.5.42 Çim Beton (Grasscrete) .....                   | 83 |
| 3.5.43 Kenevir Beton / Tuğla (Hempcrete) .....        | 85 |
| 3.5.44 Kâğıt Beton (Papercrete) .....                 | 87 |
| 3.5.45 Kereste Beton (Timbercrete) .....              | 88 |
| 3.5.46 Saman Balyası .....                            | 90 |
| 3.5.47 Kot Kumaşları.....                             | 91 |
| 3.5.48 Cam Kırıkları .....                            | 92 |
| 3.5.49 Kullanılmış Bebek Bezleri.....                 | 94 |

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| 3.5.50 Patates Cipsi.....                | 95  |
| 3.5.51 Cam Şişeler.....                  | 96  |
| 3.5.52 Plastik Şişeler.....              | 98  |
| 3.5.53 Eski Araba Lastikleri .....       | 99  |
| 3.5.54 Kullanılmayan Yatak Yayları ..... | 102 |
| 3.5.55 Plastik Sandalyeler.....          | 103 |
| 3.5.56 Ahşap Paletler.....               | 105 |
| 3.5.57 Deniz Nakliye Konteynerleri.....  | 106 |

## **BÖLÜM DÖRT - ALTERNATİF YAPI MALZEMELERİ KULLANILARAK İNŞA EDİLMİŞ UYGULAMA ÖRNEKLERİ ..... 108**

|                                                    |     |
|----------------------------------------------------|-----|
| 4.1 Dünyanın İlk Biyobazlı Cephesi .....           | 108 |
| 4.2 Tourner autour du Ried .....                   | 109 |
| 4.3 Uluslararası Panyaden Okulu Spor Merkezi ..... | 110 |
| 4.4 Hy-Fi Kulesi .....                             | 111 |
| 4.5 House of Cunha .....                           | 112 |
| 4.6 Higo .....                                     | 113 |
| 4.7 M&S Cheshire Oaks Mağazası .....               | 114 |
| 4.8 Hotel Palacio de Sal .....                     | 116 |
| 4.9 Ice Hotel Jukkasjarvi .....                    | 117 |
| 4.10 The Acre .....                                | 118 |
| 4.11 Wise Binası.....                              | 119 |
| 4.12 San Francisco Federal Binası .....            | 121 |
| 4.13 3D Baskılı Gaia Evi.....                      | 122 |
| 4.14 Jill Saman Balyası Evi.....                   | 124 |
| 4.15 Jackie Chan Dublör Eğitim Merkezi .....       | 125 |
| 4.16 Prahran Hotel.....                            | 126 |
| 4.17 Karton Katedral Christchurch .....            | 128 |
| 4.18 Wat Pa Maha Chedi Kaew .....                  | 129 |
| 4.19 Bima Mikro Kütüphanesi .....                  | 130 |
| 4.20 Pet Pavilion.....                             | 132 |

|                                                                       |            |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.21 The Beehive (Arı Kovanı).....                                    | 133        |
| 4.22 Big Dig House .....                                              | 134        |
| 4.23 D Cafe Personel Kafeteryası .....                                | 136        |
| 4.24 Konteyner Park (Mercan).....                                     | 137        |
| 4.25 Seul'deki 10 Katlı 1000 Geri Dönüştürülmüş Kapı Kaplı Bina ..... | 138        |
| 4.26 Kütahya’da Saman Balyası Ev .....                                | 139        |
| 4.27 Bir Farkındalık Projesi Kağıt Tuğla .....                        | 140        |
| 4.28 Geri Dönüşümlü Palet Pavyonu .....                               | 141        |
| <br>                                                                  |            |
| <b>BÖLÜM BEŞ – DEĞERLENDİRME VE SONUÇ .....</b>                       | <b>143</b> |
| <br>                                                                  |            |
| <b>KAYNAKLAR .....</b>                                                | <b>149</b> |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

|                                                                                                                                                                      | Sayfa |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 2.1 Sürdürülebilirlik.....                                                                                                                                     | 6     |
| Şekil 2.2 17 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi .....                                                                                                                    | 10    |
| Şekil 2.3 Mimaride sürdürülebilir tasarım ve kirliliği önlemek için kavramsal çerçeve .....                                                                          | 14    |
| Şekil 2.4 “Kaynak yönetimi” prensibi. ....                                                                                                                           | 14    |
| Şekil 2.5 “Yaşam döngüsü tasarımı” prensibi. ....                                                                                                                    | 15    |
| Şekil 2.6 “İnsan için tasarım” prensibi.....                                                                                                                         | 16    |
| Şekil 3.1 Düz buz ve pykrete örneklerinin görünümü (a) pykrete dome (b) .....                                                                                        | 30    |
| Şekil 3.2 Kalıplanmış kompozit çöl kumu (a) çöl kumunun kompozit yapımı için preslenmesi işlemi (b) .....                                                            | 31    |
| Şekil 3.3 Siwa Vahası’ndaki antik surlar (Mısır) (a) magnezyum bazlı çimento ile üretilen prekast bloklar (b).....                                                   | 33    |
| Şekil 3.4 Lav taşı (a) işlenmiş lav taşları (b) (c) .....                                                                                                            | 34    |
| Şekil 3.5 Sıkıştırılmış toprak duvarı inşa etme süreci (a) sıkıştırılmış toprak duvar uygulama örneği (b) .....                                                      | 35    |
| Şekil 3.6 İstiflenmiş odun kullanılan yığma duvar detayı (a) istiflenmiş odun kullanılarak duvarları inşa edilmiş evin bir bölümü (b).....                           | 37    |
| Şekil 3.7 Sagano bambu ormanı (Kyoto, Japonya) (a) bambudan ev yapımı (b) .....                                                                                      | 38    |
| Şekil 3.8 Miselyum tuğlası örneği (a) kalıp üzerinde kökleriyle ilerleyerek büyüyen miselyum örneği (b) .....                                                        | 40    |
| Şekil 3.9 Ağaçların sadece yenilenen dış kabuk kısmı kullanılır (a) şişe mantarının dış cephe kaplamasında kullanımı (b).....                                        | 41    |
| Şekil 3.10 Kamışın esnekliğine örnek (a) duvarlar veya çatılar için kamış yalıtım panelleri (b) kamış çatı örtüsü (c) kamış duvar örümü (d).....                     | 43    |
| Şekil 3.11 Kenaf bitkisi ve lifi (a) kenaf kompozit malzemesi (b) .....                                                                                              | 44    |
| Şekil 3.12 Soya fasülyeleri (a) asfalt kiremit çatı kaplaması üretiminde soya fasülyesi kullanılır (b) yalıtım köpükleri yerine soya fasülyesi kullanılabilir (c) .. | 46    |
| Şekil 3.13 Hint fasülyeleri (a) hint fasülyesi yağı katkılı pvc yer döşemesi (b) .....                                                                               | 47    |
| Şekil 3.14 Miscantus bitkisi (a) miskantus yonga levhalar (b) .....                                                                                                  | 48    |

|                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.15 Bitkinin görünüşü (a) denizden çıkartılıp keçeleştirilme sonrası hali (b) ..                                                        | 49 |
| Şekil 3.16 Deniz yosunu görünüşü (a) deniz yosunu tuğlaları (b) fileli torbalara<br>doldurulmuş yalıtım malzemesi olarak deniz yosunu (c)..... | 51 |
| Şekil 3.17 Kozaklı ağaçların iğnelerinden panel yapımına.....                                                                                  | 52 |
| Şekil 3.18 Kozalaklı panel (a) kozalaklı panel iç mekân duvar uygulaması (b).....                                                              | 52 |
| Şekil 3.19 Koyun ve kuzudan ilkbaharda kırılan tüylere yapağı denir (a) yünün ısı<br>yalıtımı malzemesi olarak uygulama örneği (b).....        | 54 |
| Şekil 3.20 Balık pulları balıkçılık endüstrisinin büyük bir yan ürünüdür (a) balık<br>pulundan yapılan kaplama malzemesi (b).....              | 55 |
| Şekil 3.21 Deniz ürünleri ve su ürünleri endüstrisinin atık kabuklarından yapılır (a)<br>deniz kabuğundan yapılan beton örnekleri (b).....     | 56 |
| Şekil 3.22 Salyangoz kabuğu (a) salyangoz kabuğu tozu agrega olarak kullanılır (b)<br>.....                                                    | 57 |
| Şekil 3.23 Pirina (a) pirina tuğlaları (b) .....                                                                                               | 58 |
| Şekil 3.24 Şeftali ve kayısı çekirdeklerinin kurumuş hali (a) üretilen malzemenin<br>paketli hali (b) malzemenin uygulama örneği (c) .....     | 59 |
| Şekil 3.25 Turba görünümü (a) turba tuğla örneklerinin görünümü (b) .....                                                                      | 61 |
| Şekil 3.26 Muz lifi (a) muz kabuğu tozu (b) muz unu (c).....                                                                                   | 62 |
| Şekil 3.27 Ezilmiş hindistan cevizi kabuğu agregaları (a) İri agrega (b) ince agrega<br>hindistan cevizi kabukları (c) .....                   | 64 |
| Şekil 3.28 Patates kabukları (a) patates kabuğundan kompozit (b) .....                                                                         | 65 |
| Şekil 3.29 Hurma çekirdeği kabuğu (a) hurma çekirdeği kumu (b) .....                                                                           | 66 |
| Şekil 3.30 Yer fıstığı kabuğu (a) yer fıstığı kabuğundan kompozit (b) .....                                                                    | 67 |
| Şekil 3.31 Kahve kabukları (a) kahve kabuğu kompozit bloklarından prefabrik ev<br>cephe kaplaması (b).....                                     | 69 |
| Şekil 3.32 Pirinç kabukları (a) pirinç kabuğundan kompozit (b).....                                                                            | 70 |
| Şekil 3.33 Mısır koçanları (a) granül mısır koçanı (PCC) (b) vegenişletilmiş kil (EC)<br>(c) .....                                             | 71 |
| Şekil 3.34 Beton bloklardaki çimentonun bir kısmını değiştirmek için kullanılan<br>pirinç kabuğu külü (a) pirinç kabuğu alçıpan (b).....       | 73 |
| Şekil 3.35 Mısır koçanı (a) mısır koçanı külü (b) mısır koçanı külü katkılı levha eni<br>boyu (c) kalınlığı (d) .....                          | 74 |

|                                                                                                                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 3.36 Şeker kamışı küşpesinden tuğla üretimi (a) şeker kamışı küşpesi (b) Şeker kamışı küşpesi külü (c).....                                                                                                | 75  |
| Şekil 3.37 Uçucu kül (a) uçucu kül tuğla (b) .....                                                                                                                                                               | 77  |
| Şekil 3.38 Yüksek fırın cürufu (YF) (a) kanal kaplamasında cüruf çimentosu kullanımı (b).....                                                                                                                    | 78  |
| Şekil 3.39 Silika dumanı (a) silika dumanı katkılı beton bloklar (b).....                                                                                                                                        | 80  |
| Şekil 3.40 Ferro rock tuğlalar (a) çimento yapımında ferro rock kullanımı (b) .....                                                                                                                              | 81  |
| Şekil 3.41 Taş (a) taş tozu (b) .....                                                                                                                                                                            | 82  |
| Şekil 3.42 Kerpiç tuğla yapımı (a) kerpiç tuğladan yapılmış yapı duvarları (b).....                                                                                                                              | 83  |
| Şekil 3.43 Çim beton uygulaması betonun aralıklı çim alanla delinmesidir (a) geniş alanları tamamen betonla kaplamamak için sürdürülebilir bir çözüm olarak çim betonun araç park yerlerinde uygulaması (b)..... | 85  |
| Şekil 3.44 Kenevir bitkisi (a) kenevir tuğlaları (b) .....                                                                                                                                                       | 87  |
| Şekil 3.45 Kalıplanmış kâğıt beton blok (a) kâğıt betondan yapılmış yapı örneği (b) .....                                                                                                                        | 88  |
| Şekil 3.46 Keresteler kesilirken etrafa saçılan talaş artıkları (a) Kereste beton blokları ile inşa edilen konut (b).....                                                                                        | 90  |
| Şekil 3.47 Saman balyası (a) ev duvar yalıtımında saman balyası kullanımı (b) .....                                                                                                                              | 91  |
| Şekil 3.48 Günlük hayatta sıklıkla giydiğimiz kot kumaşı (a) geri dönüştürülmüş kot kumaşlarından bina yalıtım malzemesi (b) .....                                                                               | 92  |
| Şekil 3.49 Cam şişe atıkları (a) asfalt yol yapımında cam kırıkları bitümlü sıcak karışıma ilave edilebilir (b) .....                                                                                            | 94  |
| Şekil 3.50 Geri dönüşüm tesisindeki bebek bezi atıkları (a) bebek bezi atıklarından çatı kiremiti yapımı (b).....                                                                                                | 95  |
| Şekil 3.51 Patates cipsi (a) patates cipsinden elde edilen kendinden yapışkanlı duvar kâğıdı (b) .....                                                                                                           | 96  |
| Şekil 3.52 Betonda agrega olarak cam tozunun kullanımı (a) cam şişelerin olduğu gibi kullanılıp duvar imalatı (b) .....                                                                                          | 98  |
| Şekil 3.53 Plastik şişelerin toprakla oldurulup ev iskeletine dönüşmesi (a) plastik şişelerin asfalt yol yapımında kullanımı (b).....                                                                            | 99  |
| Şekil 3.54 Eski araba lastiklerinin tekrar kullanım için ufak parçalara dönüşümü (a) spor alanlarında kauçuk zemin kaplaması (b) .....                                                                           | 102 |

|                                                                                                                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 3.55 Kullanılmış lastikler, doyurucu kaldırıma geri dönüştürülür (a) eski lastikler kullanılarak yapılmış istinat duvarı örneği.....                                                                                 | 102 |
| Şekil 3.56 Geri dönüştürülmüş yatak yaylarından inşa edilen lüks pavyon (a) pavyonun iç mekândan görüntüsü (b) .....                                                                                                       | 103 |
| Şekil 3.57 Şirketin kendi ürünü olan plastik sandalyelerinin bina cephesi kaplama malzemesi olarak kullanımı (a) bina dış cephesinde kaplama malzemesi olarak kullanılan plastik sandalyelerin yakından görünümü (b) ..... | 104 |
| Şekil 3.58 Ahşap palet atıkları (a) 2008'de Andreas Claus Schnetzer ve Gregor Pils, paletten tasarladıkları minimal eğlence evleri (b) .....                                                                               | 105 |
| Şekil 3.59 Nakliye konteynerleri (a) nakliye konteynerlerinden modern ev tasarımı (b) .....                                                                                                                                | 107 |
| Şekil 4.1 Dünyanın ilk biyobazlı cephesi dış cephe görünüşleri (a) (b) .....                                                                                                                                               | 109 |
| Şekil 4.2 Tournier autour du Ried yapısı dış cephe görünüşü (a) dış cephe detay görünüşü (b) iç mekân görünüşü (c) .....                                                                                                   | 110 |
| Şekil 4.3 Uluslararası Panyaden Okulu spor merkezi dış cephe görünüşü (a) iç mekân görünüşü (b) iç mekân taşıyıcı sistem detay görünüşü (c).....                                                                           | 111 |
| Şekil 4.4 Hy-Fi kulesi dış cephe görünüşü (a) yapım aşamaları (b) (c).....                                                                                                                                                 | 112 |
| Şekil 4.5 Arquipelago Arquitetos evi dış cephe görünüşü (a) iç mekân görünüşü (b) .....                                                                                                                                    | 113 |
| Şekil 4.6 Higo binası dış cephe görünüşü (a) iç mekân görünüşü (b) .....                                                                                                                                                   | 114 |
| Şekil 4.7 M&S Cheshire Oaks mağazası dış cephe görünüşü (a) ahşap çatı konstrüksiyonu modellemesi .....                                                                                                                    | 115 |
| Şekil 4.8 Hotel Palacio de Sal hoteli dış cephe görünüşü (a) iç mekân görünüşü (b) .....                                                                                                                                   | 116 |
| Şekil 4.9 Dünyanın ilk biyobazlı cephesi dış cephe görünüşleri (a) (b) .....                                                                                                                                               | 118 |
| Şekil 4.10 The Acre evi dış cephe görünüşü (a) ve HempCell detayı (b).....                                                                                                                                                 | 119 |
| Şekil 4.11 Wise Binası dış cephe görünüşü (a) iç mekân görünüşü (b).....                                                                                                                                                   | 121 |
| Şekil 4.12 San Francisco Federal Binası dış cephe görünüşü (a) iç mekân görünüşleri (b) (c).....                                                                                                                           | 122 |
| Şekil 4.13 3D Baskılı Gaia evi dış cephe görünüşleri (a) (b) yapım aşamaları (c) (d) .....                                                                                                                                 | 123 |

|                                                                                                                                                                                                                                      |              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----|
| Şekil 4.14 Miselyum mantar köklerinin nişansta veya başka bir besin maddesi ile bağlanarak tuğla gibi kalıplanma aşamaları (a) (b) (c) (d).....                                                                                      | 123          |     |
| Şekil 4.15 Jill saman balyası evi taşıyıcı sistemi (a) evin saman balyası yalıtım katmanı (b) evin yapımının tamalandıktan sonraki iç mekân görünüşü (c) .....                                                                       | 124          |     |
| Şekil 4.16 Jackie Chan dublör eğitim merkezi dış cephe görünüşleri (a) (b) (c).....                                                                                                                                                  | 126          |     |
| Şekil 4.17 Prahran hoteli dış cephe görünüşleri (a) (b) (c) iç mekân görünüşleri (d) (e) .....                                                                                                                                       | 127          |     |
| Şekil 4.18 Karton Katedral Christchurch'un yapım sürecinden fotoğraf (a) yapımı tamamlandıktan sonraki dış cephe görünüşü (b) iç mekân görünüşü (c) .....                                                                            | 129          |     |
| Şekil 4.19 Wat Pa Maha Chedi Kaew Tapınağı cam bira şişeleriyle yapılmış dış cephe görünüşleri (a) (b) kırık cam ve şişe kapaklarından mozaikler ve zemin kaplaması (c) (d).....                                                     | 130          |     |
| Şekil 4.20 Bima Mikro Kütüphanesi dış cephe görünüşü (a) dış cephe detay görünüşü .....                                                                                                                                              | 131          |     |
| Şekil 4.21 Pet Pavilion dış cephe görünüşü (a) yapım aşamasından çelik iskeleti (b) iç mekan çelik iskeletin arasına atık olarak toplanan pet şişelerden cephe kaplaması uygulaması (c).....                                         | 133          |     |
| Şekil 4.22 The Beehive ofis binası dış cephesinde atık çatı kiremitlerinin kullanımı (a) iç mekandan cephe görünüşü (b) cephe kaplaması detayı (c) .....                                                                             | 134          |     |
| Şekil 4.23 Big Dig House yapımında kullanılan I-93 otoyolundan atılan çelik ve betonlar (a) (b) (c) bu çelik ve betonların yapıda bir araya gelişleri (d) (e) yapının son halinin dış cephe görünüşü (f) iç mekân görünüşü (g) ..... | 135          |     |
| Şekil 4.24 D Cafe personel kafeteryası dış cephe görünüşleri (a) (b).....                                                                                                                                                            | 136          |     |
| Şekil 4.25 İzmir Ege Üniversitesi kampüsü içinde 35 adet atıl konteyerdan teknopark yapımı (a) (b).....                                                                                                                              | 137          |     |
| Şekil 4.26 Seul'deki 10 katlı bir binanın dış cephe kaplamasında kullanılan 1000 geri dönüştürülmüş kapı görselleri (a) (b).....                                                                                                     | 138          |     |
| Şekil 4.27 Kütahya'da saman balyası ev .....                                                                                                                                                                                         | 139          |     |
| Şekil 4.28 Namık Kemal Üniversitesi öğrencilerinin yaptığı atık karton bardaklarından pavyon dış cephe görünüşü (a) içten görünüşü (b).. <td><td>141</td></td>                                                                       | <td>141</td> | 141 |

Şekil 4.28 Floransada geri dönüştürülmüş paletler kullanılarak inşa edilmiş pavyonun  
dış cephe görünüşü (a) içten görünüşü (b) ..... 142



## TABLolar LİSTESİ

|                                                                | Sayfa |
|----------------------------------------------------------------|-------|
| Tablo 3.1 AYM'lerin sınıflandırılması .....                    | 23    |
| Tablo 3.2 AYM'lerin sınıflandırılması 1 .....                  | 26    |
| Tablo 3.3 AYM'lerin sınıflandırılması 2 .....                  | 27    |
| Tablo 3.4 AYM'lerin sınıflandırılması 3 .....                  | 28    |
| Tablo 3.5 AYM olarak buz .....                                 | 29    |
| Tablo 3.6 AYM olarak çöl kumu .....                            | 30    |
| Tablo 3.7 AYM olarak tuz .....                                 | 32    |
| Tablo 3.8 AYM olarak lav taşı.....                             | 33    |
| Tablo 3.9 AYM olarak sıkıştırılmış toprak (rammed earth) ..... | 34    |
| Tablo 3.10 AYM olarak istiflenmiş odun .....                   | 36    |
| Tablo 3.11 AYM olarak bambu .....                              | 37    |
| Tablo 3.12 AYM olarak miselyum .....                           | 39    |
| Tablo 3.13 AYM olarak meşe ağacı mantarı (şişe mantarı) .....  | 40    |
| Tablo 3.14 AYM olarak saz / kamış .....                        | 42    |
| Tablo 3.15 AYM olarak kenaf .....                              | 43    |
| Tablo 3.16 AYM olarak soya fasülyesi .....                     | 44    |
| Tablo 3.17 AYM olarak hint fasülyesi.....                      | 46    |
| Tablo 3.18 AYM olarak miscanthus (gümüş japon çimi)) .....     | 47    |
| Tablo 3.19 AYM olarak posidonia oceanica .....                 | 48    |
| Tablo 3.20 AYM olarak deniz yosunu.....                        | 50    |
| Tablo 3.21 AYM olarak kozalaklı ağaçların iğneleri.....        | 51    |
| Tablo 3.22 AYM olarak koyun yünü .....                         | 52    |
| Tablo 3.23 AYM olarak balık pulu .....                         | 54    |
| Tablo 3.24 AYM olarak deniz kabukları .....                    | 55    |
| Tablo 3.25 AYM olarak salyangoz kabuğu .....                   | 56    |
| Tablo 3.26 AYM olarak pirina (zeytin çekirdeği posası) .....   | 57    |
| Tablo 3.27 AYM olarak şeftali ve kayısı çekirdekleri.....      | 59    |
| Tablo 3.28 AYM olarak turba (peat).....                        | 60    |
| Tablo 3.29 AYM olarak muz kabuğu lifleri .....                 | 61    |

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| Tablo 3.30 AYM olarak hindistan cevizi kabuğu lifi .....    | 62  |
| Tablo 3.31 AYM olarak patates kabuğu .....                  | 64  |
| Tablo 3.32 AYM olarak hurma çekirdeği kabuğu .....          | 65  |
| Tablo 3.33 AYM olarak yer fıstığı kabuğu.....               | 66  |
| Tablo 3.34 AYM olarak kahve çekirdeği kabukları .....       | 68  |
| Tablo 3.35 AYM olarak pirinç kabuğu.....                    | 69  |
| Tablo 3.36 AYM olarak mısır koçanı .....                    | 70  |
| Tablo 3.37 AYM olarak pirinç kabuğu külü.....               | 71  |
| Tablo 3.38 AYM olarak mısır koçanı külü .....               | 73  |
| Tablo 3.39 AYM olarak şeker kamışı küspesi külü.....        | 74  |
| Tablo 3.40 AYM olarak uçucu kül .....                       | 75  |
| Tablo 3.41 AYM olarak fırın cürufu.....                     | 77  |
| Tablo 3.42 AYM olarak silika dumanı .....                   | 79  |
| Tablo 3.43 AYM olarak ferro rock .....                      | 80  |
| Tablo 3.44 AYM olarak taş tozu.....                         | 81  |
| Tablo 3.45 AYM olarak kerpiç .....                          | 82  |
| Tablo 3.46 AYM olarak çim beton (grasscrete) .....          | 84  |
| Tablo 3.47 AYM olarak kenevir beton/tuğla (hemcrete)) ..... | 85  |
| Tablo 3.48 AYM olarak kâğıt beton (papercrete).....         | 87  |
| Tablo 3.49 AYM olarak kereste beton (timbercrete).....      | 88  |
| Tablo 3.50 AYM olarak saman balyası .....                   | 90  |
| Tablo 3.51 AYM olarak kot kumaşları .....                   | 91  |
| Tablo 3.52 AYM olarak cam kırıkları .....                   | 92  |
| Tablo 3.53 AYM olarak kullanılmış bebek bezleri.....        | 94  |
| Tablo 3.54 AYM olarak patates cipsi .....                   | 95  |
| Tablo 3.55 AYM olarak cam şişeler .....                     | 96  |
| Tablo 3.56 AYM olarak plastik şişeler .....                 | 98  |
| Tablo 3.57 AYM olarak eski araba lastikleri .....           | 99  |
| Tablo 3.58 AYM olarak kullanılmayan yatak yayları .....     | 102 |
| Tablo 3.59 AYM olarak plastik sandalyeler .....             | 103 |
| Tablo 3.60 AYM olarak ahşap paletler .....                  | 105 |
| Tablo 3.61 AYM olarak nakliye konteynerleri .....           | 106 |

|                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tablo 4.1 Dünyanın ilk biyobazlı cephesi.....                                                | 108 |
| Tablo 4.2 Tournier autour du Ried.....                                                       | 109 |
| Tablo 4.3 Uluslararası Panyaden okulu spor merkezi.....                                      | 110 |
| Tablo 4.4 Hy-Fi kulesi .....                                                                 | 111 |
| Tablo 4.5 House in Cunha.....                                                                | 112 |
| Tablo 4.6 Higo .....                                                                         | 113 |
| Tablo 4.7 M&S Cheshire Oaks mağazası .....                                                   | 114 |
| Tablo 4.8 Hotel Palacio de Sal.....                                                          | 116 |
| Tablo 4.9 Ice hotel Jukkasjarvi .....                                                        | 117 |
| Tablo 4.10 The Acre .....                                                                    | 118 |
| Tablo 4.11 Wise binası (centre for alternative technology).....                              | 119 |
| Tablo 4.12 San Francisco federal binası .....                                                | 121 |
| Tablo 4.13 3D baskılı Gaia evi .....                                                         | 122 |
| Tablo 4.14 Jill saman balyası evi .....                                                      | 124 |
| Tablo 4.15 Jackie Chan dublör eğitim merkezi .....                                           | 125 |
| Tablo 4.16 Prahran hotel .....                                                               | 126 |
| Tablo 4.17 Karton katedral Christchurch.....                                                 | 128 |
| Tablo 4.18 Wat Pa Maha Chedi Kaew.....                                                       | 129 |
| Tablo 4.19 Bima Mikro kütüphanesi .....                                                      | 130 |
| Tablo 4.20 Pet pavilion .....                                                                | 132 |
| Tablo 4.21 The Beehive (Arı Kovanı) .....                                                    | 133 |
| Tablo 4.22 Big Dig house .....                                                               | 134 |
| Tablo 4.23 D Cafe personel kafeteryası.....                                                  | 136 |
| Tablo 4.24 Konteyner park (mercan).....                                                      | 137 |
| Tablo 4.25 Seul'deki 10 katlı 1000 geri dönüştürülmüş kapı kaplı bina.....                   | 138 |
| Tablo 4.26 Kütahya'da saman balyası ev .....                                                 | 139 |
| Tablo 4.27 Bir farkındalık projesi kağıt tuğla.....                                          | 140 |
| Tablo 4.28 Geri Dönüşümlü Palet Pavyonu.....                                                 | 141 |
| Tablo 5.1 Yapılan malzeme sınıflandırmasına göre sunulan örneklerin değerlendirilmesi 1..... | 145 |
| Tablo 5.2 Yapılan malzeme sınıflandırmasına göre sunulan örneklerin değerlendirilmesi 2..... | 146 |

|                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tablo 5.3 Yapılan malzeme sınıflandırmasına göre sunulan örneklerin değerlendirilmesi 3..... | 147 |
| Tablo 5.4 Yapılan malzeme sınıflandırmasına göre sunulan örneklerin değerlendirilmesi 4..... | 148 |



## KISALTMALAR

|                  |                                                                                                                                              |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AYM              | : Alternatif Yapı Malzemesi                                                                                                                  |
| ABM              | : Alternative Building Materials                                                                                                             |
| BM               | : Birleşmiş Milletler                                                                                                                        |
| CIB              | : International Council for Research and Innovation in Building and Construction) (Uluslararası Yapı ve İnşaat Araştırma ve Yenilik Konseyi) |
| LCD              | : Life Cycle Design (Yaşam Döngüsü Tasarımı)                                                                                                 |
| CO <sub>2</sub>  | : Karbondioksit                                                                                                                              |
| VOC              | : Volatile Organic Compounds (Uçucu Organik Bileşikler)                                                                                      |
| ABS              | : Akronitril Butadien Stiren                                                                                                                 |
| PP               | : Polipropilen                                                                                                                               |
| PE               | : Polietilen                                                                                                                                 |
| HDPE             | : Yüksek Yoğunluklu Polietilen                                                                                                               |
| PVC              | : Polivinil Klorür                                                                                                                           |
| CNC              | : Computer Numerical Control (Sayısal Kontrollü Bilgisayar)                                                                                  |
| MDF              | : Medium Density Fiberboard (Orta Yoğunluklu Levha)                                                                                          |
| LDPE             | : Düşük Yoğunluklu Polietilen                                                                                                                |
| ABD              | : Amerika Birleşik Devletleri                                                                                                                |
| XPS              | : Ekstrüde Polistren                                                                                                                         |
| EPS              | : Genişletilmiş Polistiren                                                                                                                   |
| RHA              | : Rice Husk Ash (Pirinç Kabuğu Külü)                                                                                                         |
| CCA              | : Corn Cob Ash (Mısır Koçanı Külü)                                                                                                           |
| SiO <sub>2</sub> | : Silika (Silikon Dioksit)                                                                                                                   |
| SCBA             | : Sugar Cane Bagasse Ash (Şeker Kamışı Küspesi Külü)                                                                                         |
| YFC              | : Yüksek Fırın Cürufu                                                                                                                        |
| BFS              | : Blast Furnace Slag (Yüksek Fırın Cürufu)                                                                                                   |
| SF               | : Silica Fume (Silika Dumanı)                                                                                                                |
| WKA              | : Kolay İşlenebilirlik                                                                                                                       |
| CS               | : Basınç Dayanımı                                                                                                                            |
| TS               | : Gerilme Mukavemeti                                                                                                                         |

|    |                  |
|----|------------------|
| WA | : Su Emme        |
| AR | : Asit Direnci   |
| SR | : Sulfat Direnci |



## BÖLÜM BİR

### GİRİŞ

#### 1.1 Problemin Tanımı

Dünya nüfusu 2018'de 7,6 milyara ulaşmış olup (DESA, 2015) nüfusun %54'ten fazlası şehirlerde yaşamaktadır (Nations, 2014). Nüfusun sürekli artması, hükümetler ve Birleşmiş Milletler (BM) tarafından kabul edilen Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine (Nam, 2015), özellikle de herkes için, onurlu bir yaşam süreceği dayanıklı ve sürdürülebilir konutların sağlanmasına yönelik hedeflere ulaşılmasına engel olmaktadır (Simon, vd10 2016). Küresel konut talebi, yalnızca konut tedariği değil, üretimin sürekliliği için gerekli kaynaklara erişimin ve satın alınabilirliğin garanti edilmesini de gerektiren çok yönlü bir sorundur (Salzer, Wallbaum, Lopez ve Kouyoumji, 2016). BM Habitat tarafından, 'Şehirlerin Durumu Raporu'nda, 2025 yılına kadar dünya genelinde tahminen bir milyar yeni konut ihtiyacının açığa çıkacağı bildirilmiştir (Habitat, 2016). İlave olarak, yapı sektöründeki mevcut uygulamalar, sürekli artan enerji tüketimine ve doğal kaynakların yok edilmesine neden olmaktadır (Bribian, Capilla ve Uson, 2011). İnşaat minerallerinin 21. yüzyılda ulaştığı çıkarılma seviyeleri, sadece kaynakların mevcudiyetini değil, gelecekte erişilebilirliğini de tehdit etmektedir (Steinberger, Krausmann ve Eisenmenger, 2010). Örneğin, çimento ve agrega gibi temel yapı malzemelerinin üretimi için dünyada üretilen enerjinin %30-%40'ı kullanılmaktadır (Dean, Dulac, Petrichenko ve Graham, 2016). Bu da küresel sera gazı emisyonlarının %30'una karşılık gelmektedir (Di Placido, Pressnail ve Touchie 2014; Pearce ve Ahn, 2013). Bu nedenle, biyokütle kaynaklı, düşük karbonlu AYM'lerin kullanımının çevreye olan potansiyel faydalarının araştırılması bir zorunluluktur. Biyokütle kaynaklı yapı malzemeleri yenilenebilirdir ve uzun süreler boyunca sürdürülebilir şekilde üretilirler. Kısacası, aşırı nüfusun neden olduğu mevcut ve gelecekteki çevresel, ekonomik ve sosyal sorunlarla başarılı bir şekilde başa çıkmak için inşaatta daha sürdürülebilir ve uygun fiyatlı yapı malzemelerinin kullanılması kaçınılmaz bir gerekliliktir (Orhon ve Altin, 2020).

Bu yüzden bu tezde ele alınan problem; sürdürülebilir yapımda kullanılabilecek uygun AYM'lerin tespit edilip tanımlanması, özelliklerinin incelenmesi ve öneminin anlaşılmasıdır.

## **1.2 Çalışmanın Hedefleri ve Amaçları**

### **1.2.1 Çalışmanın Hedefleri**

- En kapsamlı küme olan sürdürülebilirliğin tanımlanması, öneminin vurgulanması,
- Sürdürülebilirliğin ölçeklerinin belirlenmesi, öneminin vurgulanması
- Sürdürülebilir kalkınmanın tanımlanması, hedeflerinin belirlenmesi, öneminin vurgulanması,
- Sürdürülebilir kalkınma hedeflerine yönelik sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin belirlenmesi, öneminin vurgulanması,
- Sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesi için sürdürülebilir yapı sektörüne ihtiyaç olduğundan yapı sektöründe sürdürülebilirliğin tanımlanması, öneminin vurgulanması,
- Gıda endüstrisinden sonra, en büyük ikinci hammadde pazarı inşaat sektörüdür. İnşaatın temel bileşeni ise malzemedir. Malzeme tercihi, sürdürülebilir kalkınmaya yönelik sürdürülebilir yapımda başarıya ulaşmayı doğrudan etkilediğinden sürdürülebilir malzemenin tanımlanması, öneminin vurgulanması,
- Alternatif yapı malzemesinin tanımının net sınırlarının çizilmesi
- Alternatif yapı malzemelerinin özelliklerinin belirlenmesi,
- Sürdürülebilir yapı için alternatif yapı malzemelerinin öneminin anlaşılması,
- Bir sınıflandırma yöntemi oluşturup önce bu sınıfların ve alt sınıfların tanımlarının yapılması,
- Oluşturulan bu sınıflandırma altında 57 tane alternatif yapı malzemesinin incelenmesi,

- Son olarakta günümüzde bu alternatif yapı malzemeleri kullanılarak inşa edilmiş yapı örneklerinin incelenerek konunun pekiştirilmesidir.

### **1.2.2 Çalışmanın Amaçları**

Sürdürülebilir kalkınmaya yönelik sürdürülebilir yapım için doğal kaynaklarımızı tüketmemek ve geleneksel ve konvansiyonel malzemelerin zararlı etkilerini ya da erişimindeki maliyetleri azaltmak için alternatif yapı malzemelerinin kullanımının sistematik bir incelemesinin yapılmasıdır. Böylelikle doğa ürün olarak tanımlanan bambu ya da atık olarak tanımlanan pirinç kabuğu ya da yan ürün olarak tanımlanan uçucu kül gibi bol miktarda bulunan alternatif hammadde seçeneklerini arttırmak, bunları pazara sokabilmek ve en önemlisi çevreye en çok zarar veren sektör olarak tanımlanan yapı sektöründe bu malzemeleri kullanılarak geleneksel ve konvansiyonel yapı malzemelerinin çevresel etkisini azaltabilmek amaçlanmıştır.

### **1.3 Çalışmanın Kapsam ve Sınırları**

Bu tezin kapsamı, alternatif yapı malzemeleridir. Uluslararası birçok yazı ve site incelenmiş birçok alternatif malzeme bulunmuştur. Bu malzemeler bir ülke ya da bir şehirde bulunan, yetişen ya da büyüyen malzemelerle sınırlanmamış dünya çapında tüm alternatif yapı malzemeleri ele alınmıştır. Aynı zamanda konuyu pekiştirmek için ele alınan alternatif yapı malzemelerinin kullanıldığı örnek yapılarda dünyanın birçok farklı yerindendir. Teorik çalışmanın temel çerçevesini oluşturan sistematik incelemede hem nicel hem de nitel araştırma sonuçları değerlendirilmiştir.

### **1.4 Çalışmanın Yöntemi**

Yukarıda belirtilen amaç doğrultusunda, çalışma oluşturulurken sistematik literatür taraması ve içerik analizi yöntemleri kullanılmıştır. İncelenen konu ile ilgili kaynaklar taranıp, elde edilen malzemeler kendi oluşturduğumuz bir sınıflandırma ile sunulmuştur.

Bu araştırma sürdürülebilirlik teorisine dayanmaktadır. Sürdürülebilirlik kavramının tanımı yapılmış kapsamı belirlenmiş ve önemi vurgulanmıştır. Daha sonrasında bu geniş kapsamlı kelime inşaat sektörüne indirgenerek sürdürülebilir yapının ne olduğu, kapsamı ve önemi açıklanmaya çalışılmıştır. Bir yapının temelini malzemelerin oluşturduğu görülmüştür. Daha sonrasında malzeme geleneksel yapı malzeme, konvansiyonel yapı malzeme ve alternatif yapı malzemesi olarak 3 gruba ayrılmış ve bu tanımların keskin sınırları çekilmiştir. Yapılan araştırmalar sonucu elde edilen temel bilgiler ile sürdürülebilir yapı için alternatif yapı malzemeleri kullanılması gerektiği vurgulanmış, bu malzemeler tek tek sunulmuş, özellikleri belirtilip ve genel kullanım alanları belirlenerek, malzemenin tercih sebebi ve hangi geleneksel ya da konvansiyonel malzemeye alternatif olduğu ortaya konulmuştur. Bir düzen ve bir özgünlük yaratabilmek adına bu malzemeler kendi oluşturduğumuz sınıflara ve alt sınıflara diğer bir deyimle kategorilere ayrılarak verilmiştir. Aynı zamanda bu malzemelerin kullanıldığı günümüz örnekleri detaylı incelenip malzemenin ve oluşturulan sınıflandırmanın daha iyi anlaşılabilmesi sağlanmıştır.

Çalışma içinde yer yer şekiller, tablolar ve fotoğraflarla konunun algılanması kolaylaştırılacaktır ve malzeme kataloglaması yöntemi kullanılmıştır.

## **BÖLÜM İKİ**

### **SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI VE MİMARLIK İLİŞKİSİ**

#### **2.1 Sürdürülebilirlik**

Genel anlamda sürdürülebilirlik, doğal kaynakların çürüme, tükenme ve yenilenemez noktaya gelmeden denge koşullarında kullanılması ve geliştirilerek gelecek nesillere devredilmesi demektir. Bu bağlamda sürdürülebilirlik, küresel kalkınma politikasından enerji kaynaklarının kullanımına, üretim planlamasından mimari tasarıma kadar çağımızın her alanında markalaşan bir kavram görünümündedir (Hoşkara, 2007).

Sürdürülebilirlik, doğal ve mamur çevreyi koruyup sürekliliğini gözeterek, insan neslinin ve doğal kaynakların gelecek yüzyılda da var olabilmesini amaçlamaktadır (Osso, Gottfried, Walsh ve Simon, 1996). Sürdürülebilirlik aynı zamanda, insanlar arasında değerli bağlar kurarak, işbirliğine ve sosyal faydaya önem vererek, dezavantajlı bireylerin yaşam koşullarının iyileştirilmesini ve doğal kaynaklardan beslenen ekonomik bir reform yaparak tüm insanların yaşam kalitesinin artırılmasını hedefleyen çok boyutlu bir sistemdir (Oktay, 2005). Kavram, temelde insan, zaman ve mekân arasında bir denge sağlamayı amaçlamaktadır. Başka bir deyişle, doğal kaynakların tüm milletler, canlılar ve gelecek nesiller arasında eşit olarak paylaşılmasını hedeflemektedir.

Sürdürülebilirlik, mevcut yaşam kalitemizi düşürmeden, sadece tüketim alışkanlıklarımızı değiştirerek sürekli bir gelişim öngörmektedir. Bu gelişimin sürdürülebilirliği ise küresel bir dayanışma ile demokratik ve adil paylaşım ile sağlanabilir. Diğer bir deyişle; tüketim toplumu olmaktan çıkarak, sürdürülebilir kalkınma modeline dayanan, çevre yönetimini, sosyal sorumluluğu ve ekonomik çözümleri hedefleyen bir kalkınma anlayışı geliştirilmelidir. Bu açıdan bakıldığında sürdürülebilirliğin çevresel, ekonomik ve sosyal olmak üzere üç ana boyutu/bileşeni olduğu söylenebilir. Sürdürülebilirliğin en önemli parametreleri olan çevrenin

korunması, ekonomik gelişme ve sosyal adaletin birbirleri ile olan etkileşimleri Şekil 2.1'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1 Sürdürülebilirlik (Hart, 1999)

Stratejik gelişme, sürdürülebilirliğin çevresel, ekonomik ve sosyal bileşenlerinin dengeli ve tutarlı sinerjisiyle sağlanabilir. Ekonomik sürdürülebilirlik olmadan çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik var olamaz. Sosyal sürdürülebilirliğin ekonomik sürdürülebilirliğin bir ön koşulu olduğu kabul edilmektedir. Bu üç bileşenin birbiriyle tam entegrasyonu sağlanarak bir bütünün ayrılmaz parçaları olarak düşünülmelidir (Khalfan, 2002).

### **2.1.1 Çevresel Sürdürülebilirlik**

Çevresel sürdürülebilirlik, gelecek nesillere daha güzel bir dünya bırakmak, ekolojik dengeyi ve doğal sistemleri yok olmaktan korumak anlamına gelir (Sev, 2009). Yenilenemeyen kaynakların tüketiminde ekolojik denge ile tasarrufu dikkate almak gerekir. Bir kaynağın sürdürülebilirliği, kendini yenileyebilme yeteneğine bağlıdır. Örneğin; su döngüsündeki en önemli şey, suyun buharlaşarak yükselmesi ve sonra yoğunlaşarak tekrar yeryüzüne düşmesidir. Bu döngünün sürekliliğinin ön koşulu, suyun ve havanın temiz tutulmasıdır. Atık sular, zirai ilaçları vb. nedenlerle suyun, artan karbon salınımı nedeniyle de havanın kirlenmesi, suyun sürdürülebilir döngüsünü olumsuz etkilemektedir. Çevresel sürdürülebilirlik, doğal kaynakların yok olmadan gelecek nesillere bırakılması anlamına gelmektedir. Bu nedenle, doğal

kaynakların tüketim seviyeleri tespit edilirken; kirletici maddelerin ayrıştırılabilmesi için, kaynakların yenilenme oranlarının belirlenmesine ve bu oranların aşılmamasına dikkat edilmelidir (Patel ve Chugan, 2013).

Çevresel sürdürülebilirlik, aşağıdaki konularda hassas olmayı gerektirmektedir;

- Dünyadaki canlı yaşamının ve çeşitliliğinin sürdürülmesi,
- Yaşam destek sistemlerinin korunması,
- Yenilenebilir kaynakların sürdürülebilir kullanılması,
- Yenilenemeyen kaynakların tasarruflu kullanılması,
- Çevreye ve canlılara verilen zararın en düşük seviyeye indirilmesi,
- Kültürel ve tarihi ortamın korunması (Curwell, Hamilton ve Cooper, 1998)

### **2.1.2 Ekonomik Sürdürülebilirlik**

Modern ekonomik kalkınma modeline göre; bireysel satın alma gücündeki artış ekonomik aktivitelerde de artış sağlamaktadır. Bunun sonucu olarak, gayri safi milli hasıladaki artışın bireylere de katkı sağlayacağı varsayılmaktadır. Ancak tanımdan da anlaşılacağı üzere bu model, sınırsız üretim ve tüketime dayanmaktadır. Çevresel açıdan bakıldığında söz konusu model, mevcut kaynakların sınırsızca kullanımını gerektirmektedir. Bununla birlikte, insanların temel ihtiyaçlarını karşılayan kaynakların sınırlı olduğu ve aşırı tüketim nedeniyle bu kaynakların kendini yenilemeden günden güne azalarak yok olduğu da bir gerçektir. Tüketim çılgınlığının bir sonucu olarak ortaya çıkan atıklar, ciddi çevresel sorunlara neden olmaktadır (Torunoğlu, 2003). Ekonomik süreçte üretim-tüketim dengesi, çevresel duyarlılıklar ve sosyal adalet dikkate alınarak kurulmalıdır. Sürdürülebilir kalkınmanın temeli ekonomik sürdürülebilirliktir.

Özetle, ekonomik sürdürülebilirlik; kamu ve özel yatırımlarının kurumların karlılığına göre değil, kaynakların etkili ve verimli kullanımı ile sosyal kriterlere göre aktarımı sonucunda ekonomik verimliliğin sağlanmasıdır (Curwell vd. 1998).

### **2.1.3 Sosyal Sürdürülebilirlik**

Sürdürülebilir kalkınmanın en önemli hedefi olan sosyal sürdürülebilirlik, temel insan hak ve özgürlüklerine odaklanmaktadır. Sürdürülebilirlik açısından temel hak ve özgürlüklerin en önemlisi nesiller arası eşitlik ve dengenin sağlanmasıdır. Bunun için de doğal kaynakların gelecek nesillere aktarılması gerekmektedir.

## **2.2 Sürdürülebilir Kalkınma ve Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri**

Sürdürülebilir kalkınma; İnsan ile doğa arasında denge kurarak, doğal kaynakları tüketmeden, gelecek nesillerin ihtiyaçlarının karşılanmasına imkân verecek şekilde, bugünün ve gelecekteki yaşamın programlanmasıdır. Sürdürülebilir kalkınmanın ne olduğu anlaşılmadan sürdürülebilir yapımda başarı elde edilemez (Buckley, 2020).

Sürdürülebilir kalkınma kavramı ilk kez, 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'na hazırlanan Brundtland Raporu'nda kullanılmıştır. Brundtland Raporu genel olarak, yoksulluğun ortadan kaldırılmasını, doğal kaynaklardan elde edilen yararın dağılımında eşitliğin sağlanmasını, nüfus kontrolünü ve çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesini sürdürülebilir kalkınma ilkesi ile doğrudan ilişkilendirmektedir. Bu bağlamda raporda, ekonomik büyümenin çevre dostu bir perspektifle gerçekleştirilebileceği varsayımından yola çıkılarak, hem dünyadaki çevre sorunlarının üstesinden gelebilmek hem de yoksulluğu önlemek için, gelişmekte olan ülkelerin önemli rol oynayacağı anlayışıyla, yeniden yapılanmayı sağlayacak uzun dönemli bir büyüme çağına girilmesi gerektiği öne sürülmüştür.

Bu doğrultuda 2000 yılında, dünyanın 189 ülkesi, dünyadaki aşırı yoksulluk ve açlığın ortadan kaldırılması, hastalıklar, ölümler ve çevrenin korunması açısından gelecekle yüzleşmek için, Birleşmiş Milletler'in koordinesinde bir araya gelmiştir. Ancak Planlanan Milenyum Kalkınma Hedeflerinin çok azının gerçekleştirilebilmesi, 2015 yılında aşağıdaki 17 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefinin ortaya çıkmasına yol açmıştır:

1. Yoksulluğu tüm biçimleriyle her yerde sona erdirmek,
2. Açlığı sona erdirmek, gıda güvenliğini sağlamak ve beslenmeyi iyileştirmek ve sürdürülebilir tarımı teşvik etmek,
3. Sağlıklı ve her yaştan herkes için kaliteli yaşam,
4. Kapsayıcı ve eşit kalitede eğitim sağlamak ve herkes için yaşam boyu öğrenme fırsatlarını teşvik etmek,
5. Cinsiyet eşitliği,
6. Temiz su ve arıtma,
7. Erişilebilir temiz enerji,
8. İnsana yakışır iş ve ekonomik büyüme,
9. Sanayi, yenilikçilik ve altyapı,
10. Ülkeler içinde ve ülkeler arasında eşitsizliklerin azaltılması,
11. Sürdürülebilir şehirler ve topluluklar,
12. Sürdürülebilir tüketim ve üretim kalıplarını sağlamak,
13. İklim değişikliği ve etkileriyle mücadele için acil önlem almak,
14. Okyanusları, denizleri ve deniz kaynaklarını korumak ve sürdürülebilir şekilde kullanmak,
15. Karasal ekosistemlerin sürdürülebilir kullanımını korumak, restore etmek ve teşvik etmek, ormanları sürdürülebilir bir şekilde yönetmek, çölleşmeyle mücadele etmek ve arazi bozulmasını durdurmak ve tersine çevirmek ve biyolojik çeşitlilik kaybını durdurmak,
16. Barışçıl toplumları teşvik etmek, herkes için adalete erişim sağlamak ve her düzeyde etkili ve güçlü kurumlar oluşturmak,
17. Hedefleri gerçekleştirmeye yönelik işbirliği (Jensen, 2017).



Şekil 2.2 17 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi (UNDP, 2015)

Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri; küresel, bölgesel, ulusal ve yerel seviyede sürdürülebilirliğe yönelik, adil, eşitlikçi ve kapsamlı bir yaklaşımı destekleyen, dönüştürücü değişikliklere rehberlik etmektedir. Sürdürülebilir kalkınmanın öncelikli hedefi, gelecek nesillere bırakılması gereken kaynakları korumak ve dünyadaki yoksulluğu ortadan kaldırmaktır (Snyder, 2019).

İnşaat sektörünü ilgilendiren Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri şunlardır: Sürdürülebilir ekonomik büyümeye ulaşabilmek için, ekonomilerde yapısal dönüşümü gerçekleştirmek; ucuz enerjiye erişebilmek için, altyapı ve sanayileşme faaliyetlerini hızlandırmak; doğal kaynakları yok etmeden, doğayı koruyan, dayanıklı kaliteli ve sürdürülebilir şehirler ve yerleşim alanları inşa etmektir (Jensen, 2017). Yani 11. ve 12. hedefler, doğal kaynakları yok etmeden, doğayı koruyan, dayanıklı kaliteli ve sürdürülebilir şehirler ve yerleşim alanları inşa etmekle mümkün olacaktır. Yapı malzemelerinin imalatı hem insanları hem de doğayı etkiler. Bu nedenle 13. 14. ve 15. hedefte değinildiği gibi doğayı olumsuz etkilemeyecek alternatif malzeme üretimine ihtiyaç duyulmaktadır. Tüm alternatif yapı malzemeleri sürdürülebilirdir, çünkü doğada hazır bulunurlar ve küresel ısınmaya yol açabilecek karbon salınımı açısından ihmal edilebilecek kadar az zararlı içeriğe sahiptirler (Sheth, 2016).

### 2.3 Sürdürülebilir Kalkınma Stratejileri

Uluslararası kuruluşlarca 1991 yılında hazırlanan bir raporda, sürdürülebilir kalkınma; “ekosistemin taşıma sınırları içerisinde, insan yaşam kalitesindeki artış” olarak tanımlanmış (World Wide Fund for Nature, 1991) ve sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin dokuz temel ilkesi belirlenmiştir:

- Toplumsal hayata saygı ve ilgi göstermek,
- İnsan yaşam kalitesini yükseltmek,
- Dünyadaki çeşitliliği ve canlıların hayatını korumak,
- Yenilenemeyen kaynakların tüketimini azaltmak,
- Nüfus artışının dünyanın taşıma sınırları içerisinde kalmasını sağlamak,
- Bireysel davranış ve alışkanlıkları değiştirmek,
- Çevreye duyarlılıkla ilgili önlemlerin toplumlar tarafından alınmasını sağlamak,
- Kalkınma ile çevrenin korunması arasındaki entegrasyonu ulusal boyutta sağlamak,
- Ülkeler arasında küresel ölçekte bir sürdürülebilir kalkınma anlaşması yapmak.

Sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin geliştirilmesinde, yapı sektörüyle ilgili uygulamalar ön plana çıkmaktadır. Günümüzde yapı sektörü hem ekonomi hem de istihdam açısından önemli bir yere sahiptir. Kaynakların ve yaşam alanlarının eşit ve adil kullanımı sosyal açıdan çok önemlidir. Yapının inşası, bakımı ve onarımı için kullanılan demir, çimento, alüminyum gibi madenlerin yanı sıra; binanın işletilmesi için tüketilen su, doğalgaz, kömür gibi kaynaklar da yapı sektöründe kullanılan doğal kaynakların başında gelmektedir. Bu maddelerin tüketimi ve yok edilmesi ciddi çevresel sorunlara yol açmaktadır. Sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleştirilmesi için sürdürülebilir yapı sektörüne ihtiyaç duyulmaktadır.

## 2.4 Yapı Sektöründe Sürdürülebilirlik

İnsanoğlu, medeni dünyada hayatını idame ettirebilmek için birçok binaya ihtiyaç duymaktadır. Bu tesisler yapımları, işletilmeleri, bakımları ve yıkılmaları sırasında çeşitli çevresel etkilere neden olmaktadır. Yüksek miktarda enerji ve doğal kaynak tüketen binalar, şehirlerdeki hava ve su kalitesini düşürerek iklim değişikliğine etki ederler (Vyas, Ahmed ve Parashar, 2014). 2010 yılı verilerine göre, dünyada üretilen enerjinin %45'i ile su kaynaklarının %50'si binalarda kullanılmaktadır. Çevresel etkilerine bakıldığında; şehirlerdeki hava kirliliğinin %23'ünün, sera gazı üretiminin %50'sinin, su kirliliğinin %40'ının ve katı atıkların %40'ının binalardan kaynaklandığı görülmektedir. Yapı sektörünün neden olduğu çevre sorunları, uygulamaya yönelik değişikliklerle önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Bunun yanı sıra endüstrinin en açık ve ölçülebilir etkisi çevre üzerinedir, sosyo-ekonomik etkileri de önemli dezavantajlara neden olmaktadır (Du Plessis, 2002).

İnşaat sektörünün faaliyetleri nedeniyle, doğal kaynakların yoğun kullanımı, inşaat ve yıkım sonucu oluşan katı ve sıvı atıklar ile karbon salınımları çevre üzerinde çok fazla olumsuz etkiye sahiptir. Bu etkiler; yenilenemeyen kaynakların tüketimi, biyolojik çeşitliliğin azalması, ormanlık alanlarının yok edilmesi, tarım alanlarının kaybı, hava, su ve toprak kirliliği, yeşil alanların tahrip olması ve küresel ısınma olarak özetlenebilir.

CIB (International Council for Research and Innovation in Building and Construction) (Uluslararası Yapı ve İnşaat Araştırma ve Yenilik Konseyi) (2002) raporuna göre; inşaat endüstrisi örgütsel teşkilatı ve performansı ile ekonomik sürdürülebilirliği artırabilecek bir potansiyele sahiptir. Küreselleşmeye dayalı olarak, ithal malzeme kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte, yerli firmalar uluslararası kuruluşlarla rekabet edememektedir. Bu durum da sermayenin yurtdışına çıkmasına ve Gayri Safi Milli Hasılanın düşmesine neden olmaktadır. Ekonomik açıdan verimli olmayan bir sektör, çok fazla atık üretmesi ve kaynakları verimli kullanamaması nedeniyle çevresel sürdürülebilirliği de desteklememektedir. İnşaat sektörü, emek yoğun yapısı sayesinde sağladığı iş imkanları ile düşük gelirliilerin yaşam kalitesini

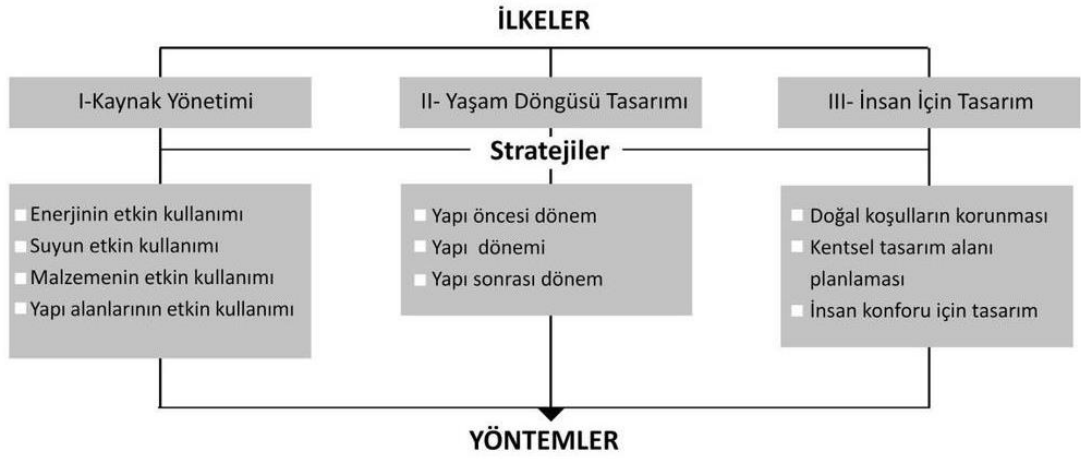
önemli ölçüde artırmaktadır. Toplumda yoksulluğun önlenmesine ve sosyal sürdürülebilirliğin gelişmesine katkıda bulunmaktadır (Du Plessis, 2002). Böyle olmadığı takdirde, yapı sektörünün üretim kaynaklı sorunlarına kalıcı çözümler bulunamaz, sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleşmesi mümkün olmaz. Bu aşamada, yapıların neden olduğu çevresel etkilere çözüm bulmaya yönelik ilkeler, stratejiler ve yöntemler geliştirerek, sistematik bir yaklaşım sunan “sürdürülebilir mimari” ve “sürdürülebilir yapı” kavramları öne çıkmaktadır.

#### **2.4.1 Sürdürülebilir Mimari**

Sürdürülebilir mimari; çevreye verilen zararı en aza indirgeyen, ekolojik dengeyi göz ardı etmeyen ve yapının inşası, kullanımı ve yıkımı aşamalarında malzeme, su ve enerjiyi etkin şekilde kullanan faaliyetler bütünü olarak tanımlanmaktadır.

Sürdürülebilir yapılarda, kullanıcıların sağlığı ve konforu korunurken, mevcut ve gelecekteki doğal kaynakları tehdit etmeyen, yıkımdan sonra da diğer yapılar için kaynak sağlayan ve çevreye zarar vermeyen atıkların açığa çıkması hedeflenmektedir (Gür, 2007).

Enerji, su ve malzeme yapının girdileridir. Mimari tasarımlarda enerji, su ve malzemenin korunması sürdürülebilir mimarinin temel ilkesidir. Bunların korunması, yenilenemeyen kaynaklardan elde edilen malzemelerin kullanımının azaltılması ve inşaat atıklarının kontrolü ile sağlanabilir (Kim ve Rigdon, 1998). Yapım sürecinin yanı sıra, kullanım, bakım ve onarım faaliyetleri ile atıkların imhası da büyük miktarda kaynak kullanımını gerektirmektedir. Tüm yapılm faaliyetlerinde insan refahı gözetilmektedir. Sürdürülebilir mimari ilkeleri Şekil 2.2’de gösterildiği üzere; “Kaynak Yönetimi”, “Yaşam Döngüsü Tasarımı” ve “İnsan İçin Tasarım”, başlıkları altında yer almaktadır. Bu ilkelerin uygulanması için belirlenen strateji ve yöntemler Şekil 2.3, 2.4, 2.5’te belirtilmiştir (Kim ve Rigdon, 1998).



Şekil 2.3 Mimaride sürdürülebilir tasarım ve kirliliği önlemek için kavramsal çerçeve (Sarioğlu, 2018)

#### 2.4.1.1 Kaynak Yönetimi

Binaların inşaatı ve işletilmesi sırasında yenilenemeyen kaynakların kullanımının azaltılmasıyla inşaat süreçlerinde kullanılan doğal kaynakların azaltılması, yeniden kullanılması ve geri dönüştürülmesidir. Bu döngü, inşaat malzemesi üretimi ile başlar ve insan faaliyetlerini sürdürmek için bir ortam sağlamak için binanın faydalı ömrü boyunca devam eder. Bir binanın faydalı ömründen sonra diğer binalar için bileşenlere dönüşmesi gerekir.



Şekil 2.4 "Kaynak yönetimi" prensibi (Sarioğlu, 2018)

#### 2.4.1.2 Yaşam Döngüsü Tasarımı (Life Cycle Design) (LCD)

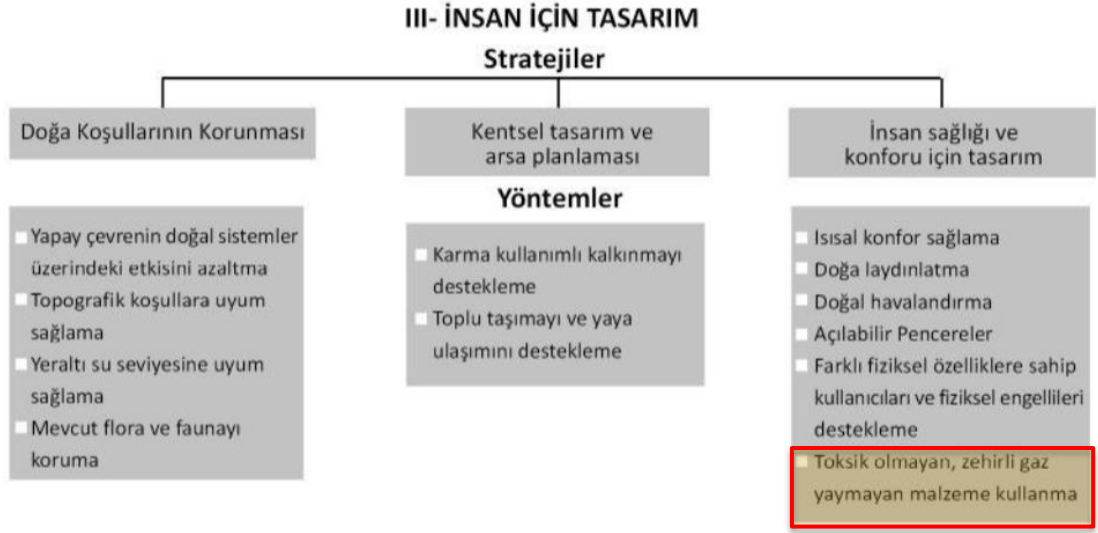
Bu yaklaşım, tedarikten inşaat aşamalarına kadar doğaya dönüşe kadar kaynakların tüm yaşam döngüsünün çevresel sonuçlarını kabul eder; Yapı (inşaat) öncesi, sonrası ve yapı döneminde (Şekil 2.4). LCD, bir malzemenin kullanılabilirliğinin sonu olmaksızın bir formdan diğerine dönüştüğü gösterimini temel alır (Kim ve Rigdon, 1998).



Şekil 2.5 “Yaşam döngüsü tasarımı” prensibi (Sarioğlu, 2018)

#### 2.4.1.3 İnsan İçin Tasarım

Bu ilke, diğer canlı organizmaların yaşamına ve var oluşuna saygı duymanın insani ve özgecil hedefinden kaynaklanmaktadır. İnsani tasarım, bitkiler ve yaban hayatı dahil küresel ekosistemin tüm bileşenlerinin yaşanabilirliğinde temsil edilen insan ve doğal dünya arasındaki etkileşimle ilgili endişelerdir. Bu ilke, ekosistemlerin insanın hayatta kalmasına izin veren zincir unsurlarını koruma ihtiyacına derinlemesine dayanmaktadır (Sarioğlu, 2018).



Şekil 2.6 “İnsan için tasarım” prensibi (Sarioğlu, 2018)

#### 2.4.2 Sürdürülebilir Yapım

Sürdürülebilir yapım; yapının planlanması, inşası, hammaddenin çıkarılması, işlenmesi ve inşaat malzemesi haline getirilmesi, kullanım, yıkım ve atıkların yönetimine kadar sürdürülebilir kalkınma ilkelerinin tamamının bir bina yaşam döngüsüne uygulanmasıdır. İnsan yaşamına uygun ve ekonomik eşitliği destekleyen yerleşim yerleri oluşturarak doğa ile mamur çevre arasındaki uyumu sürdürmeyi amaçlayan bütünsel bir süreçtir.

Yapı Yönetmeliği sürdürülebilir yapımı; inşaatlarda en az doğal kaynak tüketerek, aynı veya benzer amaçlarla yeniden kullanılabilirliği artıracak ve bu sayede atıkları azaltacak malzeme ve ürünlerin kullanımının benimsenmesi olarak tanımlamaktadır (Chew, 2010). Sürdürülebilir yapım dört ana faktör üzerine kuruludur.

Sürdürülebilir yapımın 4 ana faktörü;

- Çevresel (doğal kaynaklar, biyolojik çeşitlilik, doğal tolerans, doğal yükler)
- Ekonomik (piyasa talebi, ekonomik değer döngüsü, gelecekteki değer, yapım süreçleri ve yönetim)
- Sosyal ve insani (sosyal istikrar mamur çevre)

- Fonksiyonel (ihtiyaçların karşılanması, iç mekân kalitesi, teknik performans, dayanıklılık)

"Yüksek performans", "yeşil", "çevreci" ve "sürdürülebilir yapı" terimleri genellikle birbirinin yerine kullanılmaktadır. Bununla birlikte, "sürdürülebilir yapı" terimi, bir yapıyı ekolojik, sosyal ve ekonomik anlamda en kapsamlı haliyle açıklamaktadır (Shen, Ou ve Feng, 2006).

Sürdürülebilir yapının amacı; enerji, su ve hammadde kaynaklarının tüketiminden kaçınmak, üretim tesislerinin ve altyapı sistemlerinin yarattıkları çevre kirliliğini önlemektir (Buckley, 2020). Sürdürülebilir yapının hedefi ise (Marut, Alaezi ve Obeka, 2020); kaynak verimliliğine ve ekolojik dengeye dayanan, sağlıklı bir mamur çevre yaratmaktır. Günümüzde çevre politikaları malzeme verimliliğine odaklanmıştır. Sürdürülebilir malzemelerin dünya pazarlarında bulunabildiği için sektöre esneklik kazandırmaya çalışılmaktadır. Çünkü bu malzemelerin kullanımı atık önleme, geri dönüşüm ve yeniden kullanım uygulamaları ile önemli ölçüde enerji, su ve malzeme tasarrufu sağlamaktadır.

#### **2.4.3 Sürdürülebilir Malzeme**

Geçmişte inşaat sektörü, sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlama hususunda isteksiz davranmıştır. Ancak karbon salınımı ve atık yönetimi gibi konularda yapılan bölgesel düzenlemeler şirketleri süreçlerini iyileştirmeye zorlamaktadır. Ayrıca birçok müşteri çevreye duyarlı yapı malzemelerini talep etmeye başlamıştır (Snyder, 2019). İşletmelerin paydaşların ihtiyaçlarına cevap verme ve faaliyetlerinin sürdürülebilirliğini sağlamaya yönelik yolları geliştirmeye ihtiyaçları vardır. Tedarik zincirindeki müşteriler, tasarımcılar, yükleniciler ve her büyüklükteki şirketler dahil, sektörde kullanılan yapı malzemelerinin sürdürülebilirliğini değerlendirmeye başlamalıdır.

Malzeme tercihi, sürdürülebilir kalkınmaya yönelik sürdürülebilir yapıda başarıya ulaşmayı doğrudan etkilemektedir. Gıda endüstrisinden sonra, en büyük

ikinci hammadde pazarı inşaat sektörüdür. İnşaatın temel bileşeni ise malzemedir. Yapı malzemeleri hem günümüz hem de gelecek nesiller için sürdürülebilir olmalıdır.

Sürdürülebilir yapı malzemelerinin seçimi için aşağıdaki kriterler yaygın olarak kullanılmaktadır:

1. Yerel olarak üretilen ve tedarik edilen malzemeler
2. Nakliye maliyetleri ve çevresel etki
3. Termal verimlilik
4. Çalışanların ihtiyaçları ve sağlıkla ilgili hususlar
5. Finansal uygulanabilirlik
6. Yapı malzemelerinin ve yıkılan binanın geri dönüştürülebilirliği
7. Üretim sürecinde oluşan atık ve kirlilik
8. Üretim sürecinde gerekli enerji
9. Yenilenebilir kaynakların kullanımı
10. Ürünün ürettiği zehirli emisyonlar
11. Bakım maliyetleri

Sürdürülebilir yapı malzemeleri, yukarıda belirtilen kriterler açısından genel olarak üstün performansa sahip malzemeler olarak tanımlanabilir (Patil ve Patil, 2017)

## **BÖLÜM ÜÇ**

### **ALTERNATİF YAPI MALZEMELERİ (AYM'LER)**

#### **3.1 Alternatif Yapı Malzemelerinin Tanımlanması**

Alternatif yapı malzemesinin tanımını yapabilmek için geleneksel ve konvansiyonel yapı malzemelerinin de tanımlarına hâkim olmak gerekmektedir. Çünkü bir sınıflandırma yapıcak olursak yapı malzemelerini 3 gruba ayırabiliriz. Bunlar;

1. Geleneksel yapı malzemeleri: Kökü eski tarihlere dayanan, geçmişten günümüze ulaşmış, nesilden nesile aktarılmış ve o bölgenin egemen hâkim yani sıklıkla kullanılan hatta en çok kullanılan olarak tanımlayabileceğimiz yapı malzemesidir.

2. Konvansiyonel yapı malzemeleri: Malzemesi ve mimari üslubu ile uluslararası bir özellik gösteren, küçük boy yapı bileşenlerinin fabrikada endüstrileşmiş yöntemlerle üretildiği yapım sistemleridir. Geleneksel mimarlıktan sapma; çimento ve çelik malzemenin betonarme sistemleri doğurmasıyla başlamıştır (Türkçü, 1988)

3. Alternatif yapı malzemeleri: Alışlagelmemiş ve geleneksel olmayan o kullanım için, o bina için, o fonksiyon için o bölgede kullanılmayan malzemeler olarak tanımlamak daha doğru olacaktır.

Özetle, bambuyu ele alacak olursak Japonya'da 200 yıllık, Vietnam'da Quang Nam'da 100 yıllık geçmişe sahip tamamı bambudan yapılmış evler bulunmaktadır (Vietnam Heritage, 2011). Bu bambuyu o bölgede en çok bulunan ve atalarından en aşına oldukları yöntemleriyle kolaylıkla inşa edebilecekleri geleneksel yapı malzemesi yapmaktadır. Fakat bambuyu Türkiyede çelik yerine betona donatı elemanı olarak kullanırsak bu, bambuyu hem türkiye için hem de çelik için alternatif bir yapı malzemesi yapar.

Mimari literatürde, "geleneksel olmayan yapı malzemeleri", "düşük etkili yapı malzemeleri", "yeşil yapı malzemeleri", "çevre dostu yapı malzemeleri" terimleri de bağlama bağlı olarak AYM'ler için birbirlerinin yerine kullanılmaktadır. (Orhon ve Altin, 2020).

Artan çevre bilinci ve iklim değişikliğiyle mücadelenin küresel boyut kazanması, çevre dostu yapı malzemelerine olan ilgiyi artırmıştır. Konut taleplerindeki artış çoğunlukla gelişmekte olan ülkelerin ekonomik büyümesinden kaynaklanmaktadır. Alternatif yapı malzemeleri özellikle konut sektöründe tercih edilmektedir. Bu malzemelerin, konvansiyonel yapı malzemelerine göre en önemli avantajları: düşük karbondioksit salınımı, üretim kolaylığı, yaygın kullanım alanı ve düşük maliyetli olmalarıdır. Alternatif yapı malzemeleri, yeşil yapı için gerekli maddeleri içermektedir. Çevreyi ve sağlığı tehdit eden veya geri dönüşüm imkanı bulunmayan katkı maddeleri içermezler (Sharman, 2016).

İnşaat endüstrisinde alternatif yapı malzemelerinin kullanımı, çevresel etkiyi azaltmak ve sürdürülebilir yapım için önemli bir unsur haline gelmiştir. Alternatif yapı malzemeleri, hammaddeleri yurt içinde tedarik edilip üretilen, nakliye maliyetleri düşük ve bu yönüyle ekonomik açıdan da sürdürülebilir olan malzemelerdir. Daha düşük çevresel etkiye sahip geri dönüştürülmüş malzemelerden ve yenilenebilir kaynaklardan üretilmektedirler. Isı ve enerji tasarrufu sağlarlar ve konvansiyonel malzemelere göre daha az zararlı salınım yayarlar (Usman vd. 2018).

### **3.2 Alternatif Yapı Malzemelerinin Özellikleri**

İnşaat endüstrisi, mamur çevreyi yaratırken alt yapı tesislerini yüz yıl sonrasını planlayarak inşa etmelidir. Sürdürülebilir kalkınma; endüstriyel ürünler, enerji, gıda, ulaşım, barınma ve atık yönetimi bakımından insan ihtiyaçlarını karşılarken çevre kalitesini ve gelecek nesillere bırakacağımız doğal kaynakların korunması için mücadele etmektedir (Usman vd. 2018). Sürdürülebilir yapımın hedefi; sağlıklı ve uzun ömürlü binalar inşa ederek çevresel etkiyi azaltmaktır (Kim vd. 1998).

Bu kapsamda, alternatif yapı malzemelerinin çevresel, sosyal ve ekonomik faydalarına yönelik yapılan araştırmalar artmaktadır (Bristow, 2019).

Alternatif yapı malzemeleri sürdürülebilir kalkınmanın ayrılmaz bir parçasıdır. Sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada alternatif yapı malzemeleri çok önemli bir rol oynamaktadır. Gelişmekte olan ülkelerdeki artan konut ihtiyacı toplumları yerli ve ucuz yapı malzemeleri kullanmaya teşvik etmektedir. Bu malzemelerin yapı tercih edilmesini sağlayan faktörler; geri dönüştürülebilirlik, yalıtım ve ısı iletkenliği, kolay temin edilebilirlik, uygun imalat fiyatı, esneklik ve uzun ömürlülüktür (Bristow, 2019). Asit testine göre (Torunoğlu, 2003), yapı malzemelerinin sürdürülebilir kabul edilebilmesi için, yenilenebilir ve verimli kaynaklar kullanılarak üretilmiş ve çevre dostu olması şarttır. Yapı malzemelerinin sürdürülebilir olup olmadığına işaret eden üç ana gösterge ise:

- Çevresel göstergeler; oksisite, iklim değişimi ve katı atıklar.
- Sosyal göstergeler; uyarlanabilirlik, termal konfor, yerli kaynaklar.
- Ekonomik göstergeler; bakım ve işletme maliyetleri, nakliye maliyetleri, kullanım ömrü (Spišáková ve Mačková, 2015).

İç mekânda kullanılan malzemeler, toksik maddeler salgılamamalı, klor, kurşun, arsenik, metanol gibi zararlı kimyasallar içermemelidir. Endüstriyel ve evsel atıklar yapı malzemelerinin üretim süreçlerine dahil edilerek doğal kaynaklara olan talep azaltmalıdır.

Alternatif yapı malzemelerinde bulunması gereken özellikler:

- Çevresel özellikler: sağlıklı olmalıdır, toksik madde içermemelidir, yüksek yalıtımlı olmalıdır, geri dönüştürülebilir olmalıdır, yeniden kullanılabilir olmalıdır, sökülebilir olmalıdır.
- Ekonomik özellikler: ulaşım için enerji tüketmemelidir, düşük enerji ile üretilmelidir, çevrede hazır bulunmalıdır, kullanım ömrü uzun olmalıdır.

- Estetik ve kültürel özellikler: iç mekân hava kalitesi mükemmel olmalıdır, düşük enerji kullanmalıdır, yüksek performanslı ve dayanıklı olmalıdır (onyegiri vd. ugochukwu, 2016).

Alternatif yapı malzemelerinin prensipleri:

- Kaynak tüketiminin azaltılması (yerel kaynakların kullanması),
- Enerji tüketimini azaltılması,
- Kaynakların yeniden kullanımı,
- Endüstriyel ve tarımsal yan ürünleri ve atıkları kullanımı,
- Geri dönüştürülebilir kaynakların kullanımı,
- Doğayı ve insan sağlığını koruma,
- Toksiklerin azaltılması/ortadan kaldırılması,
- Malzeme maliyetlerini düşürülmesi (düşük maliyetli, maliyetsiz, uygun fiyatlı vb.) (ekonomik verim) ve kaliteye odaklanması

Bu özelliklerden bazılarının vurgulanması gerekir. Örneğin, geri dönüştürülmüş içeriğe sahip bir yapı malzemesi, yapının gömülü enerjisini azaltırken, ham maddenin önemli ölçüde korunmasını sağlar. Ayrıca atık bertarafını en aza indirir / ortadan kaldırır (Orhon ve Altın, 2020).

### **3.3 Alternatif Yapı Malzemelerinin Önemi**

Alternatif yapı malzemelerinin önemi; sadece enerji ve kaynaklardan tasarruf ederek, hızla yenilenebilir malzemeler, geri dönüştürülmüş içerik, endüstriyel kullanım yoluyla emisyonları en aza indirerek yapının çevresel etkisini azaltmayı veya ortadan kaldırmayı amaçlayan düşük maliyetli yapı malzemeleri olmalarıdır. Bunlara ek olarak, düşük enerji tüketimi ile sera gazı salınımının azaltılması, artan konut taleplerinin uygun fiyatla karşılanması, enerji muhafazası, istihdamın artırılması, bölge halkının teknolojik imkan ve becerilerinin geliştirilmesini sağlaması bu malzemelerin önemine büyük katkı sağlamaktadır.

Üretim süreçlerinde; atıkların azaltılması, havanın ve çevrenin korunması, geri dönüşüm ve az enerji tüketimi esas alınmaktadır. Bu malzemelerinin kullanımı, ulaşım ücretlerini düşürmekte ve karbon salınımını azaltmaktadır. Ayrıca bölge halkına istihdam sağlamaktadır. Son olarak çevre dostu, uygun fiyatlı, esnek ve sağlam malzemelerdir. Bugünkü ve gelecekteki nesillerin ekonomik kalkınmasını ciddi oranda desteklemektedirler (Kim ve Rigdon, 1998).

### 3.4 Alternatif Yapı Malzemelerinin Sınıflandırılması

Tablo 3.1 AYM'lerin sınıflandırılması

| <b>ALTERNATİF YAPI MALZEMELERİNİN SINIFLANDIRILMASI</b>            |                                                                             |                                                            |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| <b>1-Kökenine Göre</b>                                             | <b>2-Kullanım Yerlerine Göre</b>                                            | <b>3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre</b> |
| 1.1 Organik Malzemeler<br>-Doğal Ürün<br>-Atık Ürün<br>-Yan Ürün   | 2.1 Taşıyıcı Ürünler<br>-Doğrudan Kullanım<br>-Bileşen Olarak Kullanım      | 3.1 Geri Dönüşüm                                           |
| 1.2 İnorganik Malzemeler<br>-Doğal Ürün<br>-Atık Ürün<br>-Yan Ürün | 2.2 Bölücü/Örtücü Ürünler<br>-Doğrudan Kullanım<br>-Bileşen Olarak Kullanım | 3.2 İleri Dönüşüm                                          |
| 1.3 İnsan Yapımı                                                   | 2.3 Tamamlayıcı Ürünler<br>-Doğrudan Kullanım<br>-Bileşen Olarak Kullanım   |                                                            |

#### 3.4.1 Kökenlerine Göre;

1. Organik Malzemeler: Doğa tarafından verilen ve bileşiminde karbon bulunan hayvan ve bitkilerden meydana gelen malzemelerdir.
2. İnorganik Malzemeler: Doğa tarafından verilen ve organik malzemeler dışında kalan malzemelerdir.

3. İnsan Yapımı (Man-Made): Doğa tarafından verilen malzemelerin ihtiyaçları karşılamaya yetmediğinde, bu malzemelerin insan çabasıyla kimyasal maddeler kullanılarak laboratuvar ve endüstrilerde sentezlenmesiyle elde edilen yeni malzemelerdir.

- Doğal Ürün: Doğadan çıktığı gibi yapıdaki kullanılma yerini alan ve bir endüstri üretimini gerektirmeyen malzemelerdir.
- Atık Ürün: Üretimden tüketime kadar olan tüm aşamalarda ortaya çıkan ve kullanıcının artık işine yaramayan maddelerin tamamıdır.
- Yan Ürün: Bir ana ürün elde edilirken ortaya çıkan başka bir üründür.

Örnek vermek ve tanımlarımızı pekiştirmek gerekirse; pirinç doğal ürün, pirinç kabuğu atık ürün, pirinç kabuğu külü ise sanayilerimizin bir yan ürünüdür.

#### **3.4.2 Kullanım Yerlerine Göre;**

1. Taşıyıcı Ürünler: Mekânîk özellikleri yüksek olan ürünlerdir. Yapıda yük taşıyan bölümlerde kullanılır. Strüktür (taşıyıcı duvar, kolon, kiriş, döşeme, temel), iskele, merdivenler, betona takviye güçlendirme elemanları vb.
  2. Bölücü/Örtücü Ürünler: Yapıyı iç ve dış etkenlerden (ısı, ses, su, toz vb.) koruyan, mekânları bölen ve örten ürünlerdir. (taşıyıcı olmayan duvarlar ve bölmeler, çatı kaplamaları, zemin kaplamaları, gölgeleme elemanları vb.)
  3. Tamamlayıcı Ürünler: Bu malzemeler yapılarda taşıma ve koruma özellikleri dışında kalan amaçlar için ve en çok da dekoratif amaçlarla kullanılan malzemelerdir. (doğramalar, bahçe çitleri, korkuluklar, mobilyalar, vitrifiye vb.)
- Doğrudan Kullanım: Tek başına kullanılabilen malzeme, ana ve tek bileşen
  - Bileşen Olarak Kullanım: Tek başına kullanılamayan, bir malzemenin üretimine bileşen olarak katılan malzeme

### ***3.4.3 Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre;***

1. Geri Dönüşüm: Ömrünü doldurmuş ürünün mekânîk, fiziksel ve kimyasal süreçlerden geçip ham maddeye indirgenerek yeniden kullanılmasıdır.
2. İleri Dönüşüm: Ömrünü doldurmuş ürünün “yaratıcı” bir yaklaşımla asıl amacından farklı biçimde kullanılmak üzere yeniden düzenlenmesidir (Orhon, 2020).

Not: Geri dönüşüm ve ileri dönüşüm atık ve yan ürünlerde mümkündür. Doğal ürünlerde aranmaz. Çünkü bu ürünler “ömrünü doldurmuş” ürün kategorisine girmez.

### **3.5 Sınıflandırma Altında 57 Tane Alternatif Yapı Malzemesi İncelemesi**

Bu bölümde tezin özgünlük kazanabilmesi adına, bir önceki bölüm olan 3.4’te kendi oluşturduğumuz sınıflandırma altında, 57 tane AYM tek tek incelenmiş ve malzemelere dair tüm detaylar aktarılmaya çalışılmıştır. Ayrıca ilk olarak, bu 57 malzeme oluşturulan sınıflandırma ile 3.3, 3.4 ve 3.5’teki tablolarda malzemenin yer aldığı sınıfa işaret konularak gruplanmıştır.

Tablo 3.2 AYM'lerin sınıflandırılması 1

| N<br>O | AYM'NİN<br>ADI                         | <u>1-KÖKENLERİNE GÖRE;</u> |              |             |               |              |             |                 | <u>2-KULLANIM YERLERİNE GÖRE;</u> |                               |                            |                               |                        |                               | <u>3-DÖNÜŞTÜREREK YENİDEN<br/>KULLANIM<br/>STRATEJİLERİNE GÖRE;</u> |                  |
|--------|----------------------------------------|----------------------------|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|-----------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------|
|        |                                        | ORGANİK                    |              |             | İNORGANİK     |              |             | İNSAN<br>YAPIMI | TAŞIYICI<br>ÜRÜNLER               |                               | BÖLÜCÜ / ÖRTÜCÜ<br>ÜRÜNLER |                               | TAMAMLAYICI<br>ÜRÜNLER |                               | GERİ<br>DÖNÜŞÜM                                                     | İLERİ<br>DÖNÜŞÜM |
|        |                                        | Doğal<br>Ürün              | Atık<br>Ürün | Yan<br>Ürün | Doğal<br>Ürün | Atık<br>Ürün | Yan<br>Ürün |                 | Doğrudan<br>Kullanım              | Bileşen<br>Olarak<br>Kullanım | Doğrudan<br>Kullanım       | Bileşen<br>Olarak<br>Kullanım | Doğrudan<br>Kullanım   | Bileşen<br>Olarak<br>Kullanım |                                                                     |                  |
| 1      | Buz                                    |                            |              |             | X             |              |             |                 |                                   | X                             |                            |                               |                        |                               |                                                                     |                  |
| 2      | Çöl Kumu                               |                            |              |             | X             |              |             |                 | X                                 |                               |                            |                               |                        |                               |                                                                     |                  |
| 3      | Tuz                                    |                            |              |             | X             |              |             |                 |                                   | X                             |                            |                               |                        |                               |                                                                     |                  |
| 4      | Lav Taşı                               |                            |              |             | X             |              |             |                 | X                                 |                               | X                          |                               | X                      |                               |                                                                     |                  |
| 5      | Sıkıştırılmış Toprak<br>(Rammed Earth) |                            |              |             | X             |              |             |                 |                                   |                               | X                          |                               |                        |                               |                                                                     |                  |
| 6      | İstiflenmiş Odun                       | X                          |              |             |               |              |             |                 |                                   | X                             |                            | X                             |                        |                               |                                                                     |                  |
| 7      | Bambu                                  | X                          |              |             |               |              |             |                 | X                                 |                               | X                          |                               | X                      |                               |                                                                     |                  |
| 8      | Miselyum                               | X                          |              |             |               |              |             |                 |                                   |                               | X                          |                               |                        |                               |                                                                     |                  |
| 9      | Meşe Ağacı Mantarı                     | X                          |              |             |               |              |             |                 |                                   |                               | X                          |                               | X                      |                               |                                                                     |                  |
| 10     | Saz / Kamış                            | X                          |              |             |               |              |             |                 |                                   |                               | X                          |                               |                        |                               |                                                                     |                  |
| 11     | Kenaf                                  | X                          |              |             |               |              |             |                 |                                   |                               |                            | X                             |                        |                               |                                                                     |                  |
| 12     | Soya Fasülyesi                         | X                          |              |             |               |              |             |                 |                                   |                               |                            | X                             |                        | X                             |                                                                     |                  |
| 13     | Hint Fasülyesi                         | X                          |              |             |               |              |             |                 |                                   |                               |                            | X                             |                        |                               |                                                                     |                  |
| 14     | Miscanthus (Gümüş<br>Japon Çimi)       | X                          |              |             |               |              |             |                 |                                   |                               |                            | X                             |                        | X                             |                                                                     |                  |
| 15     | Posidonia Oceanica                     | X                          |              |             |               |              |             |                 |                                   |                               | X                          |                               |                        |                               |                                                                     |                  |
| 16     | Deniz Yosunu                           | X                          |              |             |               |              |             |                 |                                   |                               | X                          | X                             |                        |                               |                                                                     |                  |
| 17     | Kozalaklı Ağaçların<br>İğneleri        | X                          |              |             |               |              |             |                 |                                   |                               |                            | X                             |                        |                               |                                                                     |                  |
| 18     | Koyun Yünü                             | X                          |              |             |               |              |             |                 |                                   | X                             | X                          | X                             |                        |                               |                                                                     |                  |
| 19     | Balık Pulu                             |                            | X            |             |               |              |             |                 |                                   |                               | X                          |                               |                        |                               |                                                                     |                  |
| 20     | Deniz Kabukları                        |                            | X            |             |               |              |             |                 |                                   | X                             |                            |                               |                        |                               |                                                                     |                  |

Tablo 3.3 AYM'lerin sınıflandırılması 2

| N<br>O | AYM'NİN<br>ADI                      | 1-KÖKENLERİNE GÖRE; |              |             |               |              |             |                 | 2-KULLANIM YERLERİNE GÖRE; |                               |                            |                               |                        |                               | 3-DÖNÜŞTÜREREK YENİDEN<br>KULLANIM<br>STRATEJİLERİNE GÖRE; |                  |
|--------|-------------------------------------|---------------------|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------|
|        |                                     | ORGANİK             |              |             | İNORGANİK     |              |             | İNSAN<br>YAPIMI | TAŞIYICI<br>ÜRÜNLER        |                               | BÖLÜCÜ / ÖRTÜCÜ<br>ÜRÜNLER |                               | TAMAMLAYICI<br>ÜRÜNLER |                               | GERİ<br>DÖNÜŞÜM                                            | İLERİ<br>DÖNÜŞÜM |
|        |                                     | Doğal<br>Ürün       | Atık<br>Ürün | Yan<br>Ürün | Doğal<br>Ürün | Atık<br>Ürün | Yan<br>Ürün |                 | Doğrudan<br>Kullanım       | Bileşen<br>Olarak<br>Kullanım | Doğrudan<br>Kullanım       | Bileşen<br>Olarak<br>Kullanım | Doğrudan<br>Kullanım   | Bileşen<br>Olarak<br>Kullanım |                                                            |                  |
| 21     | Salyangoz Kabuğu                    |                     | X            |             |               |              |             |                 |                            | X                             |                            | X                             |                        |                               |                                                            |                  |
| 22     | Pirina (Zeytin<br>Çekirdeği Posası) |                     | X            |             |               |              |             |                 |                            |                               |                            | X                             |                        |                               | X                                                          |                  |
| 23     | Şeftali ve Kayısı<br>Çekirdekleri   |                     | X            |             |               |              |             |                 |                            |                               | X                          |                               |                        |                               | X                                                          |                  |
| 24     | Turba (Peat)                        |                     | X            |             |               |              |             |                 | X                          |                               | X                          |                               |                        |                               | X                                                          |                  |
| 25     | Muz Kabuğu Lifleri                  |                     | X            |             |               |              |             |                 |                            | X                             |                            | X                             |                        |                               | X                                                          |                  |
| 26     | Hindistan Cevizi<br>Kabuğu Lifi     |                     | X            |             |               |              |             |                 |                            | X                             | X                          |                               |                        |                               | X                                                          |                  |
| 27     | Patates Kabuğu                      |                     | X            |             |               |              |             |                 |                            |                               | X                          |                               |                        |                               | X                                                          |                  |
| 28     | Hurma Çekirdeği<br>Kabuğu           |                     | X            |             |               |              |             |                 |                            | X                             |                            |                               |                        |                               | X                                                          |                  |
| 29     | Yer Fıstığı Kabuğu                  |                     | X            |             |               |              |             |                 |                            | X                             | X                          |                               |                        |                               | X                                                          |                  |
| 30     | Kahve Çekirdeği<br>Kabukları        |                     | X            |             |               |              |             |                 |                            |                               |                            | X                             |                        |                               | X                                                          |                  |
| 31     | Pirinç Kabuğu                       |                     | X            |             |               |              |             |                 |                            |                               |                            | X                             |                        |                               | X                                                          |                  |
| 32     | Mısır Koçanı                        |                     | X            |             |               |              |             |                 |                            | X                             |                            | X                             |                        |                               | X                                                          |                  |
| 33     | Pirinç Kabuğu Külü                  |                     |              | X           |               |              |             |                 |                            | X                             |                            | X                             |                        |                               | X                                                          |                  |
| 34     | Mısır Koçanı Külü                   |                     |              | X           |               |              |             |                 |                            | X                             |                            | X                             |                        |                               | X                                                          |                  |
| 35     | Şeker Kamışı<br>Küspesi Külü        |                     |              | X           |               |              |             |                 |                            | X                             |                            | X                             |                        |                               | X                                                          |                  |
| 36     | Uçucu Kül                           |                     |              |             |               |              | X           |                 |                            | X                             |                            | X                             |                        | X                             | X                                                          |                  |
| 37     | Fırın Cürufu                        |                     |              |             |               |              | X           |                 |                            | X                             |                            | X                             |                        | X                             | X                                                          |                  |
| 38     | Silika Dumanı                       |                     |              |             |               |              | X           |                 |                            | X                             |                            |                               |                        |                               | X                                                          |                  |

Tablo 3.4 AYM'lerin sınıflandırılması 3

| N<br>O | AYM'İN<br>ADI                  | 1-KÖKENLERİNE GÖRE; |              |             |               |              |             |                 | 2-KULLANIM YERLERİNE GÖRE; |                               |                            |                               |                        |                               | 3-DÖNÜŞTÜREREK YENİDEN<br>KULLANIM<br>STRATEJİLERİNE GÖRE; |                       |
|--------|--------------------------------|---------------------|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------|
|        |                                | ORGANİK             |              |             | İNORGANİK     |              |             | İNSAN<br>YAPIMI | TAŞIYICI<br>ÜRÜNLER        |                               | BÖLÜCÜ / ÖRTÜCÜ<br>ÜRÜNLER |                               | TAMAMLAYICI<br>ÜRÜNLER |                               | GERİ<br>DÖNÜŞÜM                                            | İLERİ<br>DÖNÜŞÜM<br>“ |
|        |                                | Doğal<br>Ürün       | Atık<br>Ürün | Yan<br>Ürün | Doğal<br>Ürün | Atık<br>Ürün | Yan<br>Ürün |                 | Doğrudan<br>Kullanım       | Bileşen<br>Olarak<br>Kullanım | Doğrudan<br>Kullanım       | Bileşen<br>Olarak<br>Kullanım | Doğrudan<br>Kullanım   | Bileşen<br>Olarak<br>Kullanım |                                                            |                       |
| 39     | Ferrock                        |                     |              |             |               |              | X           |                 |                            | X                             |                            |                               |                        |                               | X                                                          |                       |
| 40     | Taş Tou                        |                     |              |             |               |              | X           |                 |                            | X                             |                            |                               |                        |                               | X                                                          |                       |
| 41     | Kerpiç                         |                     |              |             |               |              |             | X               |                            | X                             |                            |                               |                        |                               | X                                                          |                       |
| 42     | Çim Beton                      |                     |              |             |               |              |             | X               |                            | X                             |                            |                               |                        |                               | X                                                          |                       |
| 43     | Kenevir Beton/Tuğla            |                     |              |             |               |              |             | X               |                            | X                             |                            | X                             |                        | X                             | X                                                          |                       |
| 44     | Kağıt Beton                    |                     |              |             |               |              |             | X               |                            | X                             |                            | X                             |                        |                               | X                                                          |                       |
| 45     | Kereste Beton                  |                     |              |             |               |              |             | X               |                            | X                             |                            |                               |                        |                               | X                                                          |                       |
| 46     | Saman Balyası                  |                     |              |             |               |              |             | X               |                            |                               | X                          |                               |                        |                               | X                                                          |                       |
| 47     | Kot Kumaşları                  |                     |              |             |               |              |             | X               |                            |                               | X                          |                               |                        |                               | X                                                          |                       |
| 48     | Cam Kırıkları                  |                     |              |             |               |              |             | X               |                            | X                             |                            | X                             |                        | X                             | X                                                          |                       |
| 49     | Kullanılmış Bebek<br>Bezleri   |                     |              |             |               |              |             | X               |                            |                               |                            | X                             |                        |                               | X                                                          |                       |
| 50     | Patates Cipsi                  |                     |              |             |               |              |             | X               |                            |                               |                            |                               |                        | X                             | X                                                          |                       |
| 51     | Cam Şişeler                    |                     |              |             |               |              |             | X               |                            | X                             | X                          |                               |                        |                               | X                                                          | X                     |
| 52     | Plastik Şişeler                |                     |              |             |               |              |             | X               |                            | X                             | X                          |                               |                        |                               | X                                                          | X                     |
| 53     | Eski Araba Lastikleri          |                     |              |             |               |              |             | X               | X                          |                               |                            | X                             |                        | X                             |                                                            | X                     |
| 54     | Kullanılmayan<br>Yatak Yayları |                     |              |             |               |              |             | X               |                            |                               | X                          |                               |                        |                               |                                                            | X                     |
| 55     | Plastik Sandalyeler            |                     |              |             |               |              |             | X               |                            |                               | X                          |                               |                        |                               |                                                            | X                     |
| 56     | Ahşap Paletler                 |                     |              |             |               |              |             | X               |                            |                               | X                          |                               | X                      |                               |                                                            | X                     |
| 57     | Deniz Nakliye<br>Konteynerleri |                     |              |             |               |              |             | X               |                            |                               | X                          |                               |                        |                               |                                                            | X                     |

### 3.5.1 Buz

Tablo 3.5 AYM olarak buz

| BUZ |                                                    |                                         |
|-----|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1   | Kökenlerine Göre;                                  | İnorganik / Doğal Ürün                  |
| 2   | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3   | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | -                                       |

Yapı malzemelerini ücra soğuk bölgelere taşımak, bu bölgelerde inşaatı zorlaştırır ve oldukça pahalı hale getirir. Soğuk bölgelerde buz bol ve ucuzdur. Buzun mekânîk özellikleri büyük ölçüde sıcaklığa bağlıdır ve en soğuk bölgelerde bile erime önleyici koruma gereklidir. Buza, odun ve kağıt gibi (selüloz) lifler eklenerek takviye edilebilir. Bu lifler buzlu üç kata kadar daha güçlü hale getirir ve sünekliğini artırır, böylece güvenilir bir yapı malzemesi oluşturur. Bugüne kadar güçlendirilmiş buz yapılarına üç örnek vardır;

1. Geomalzemelerle güçlendirilmiş buz yolları: Buz tabakası için geogrid kullanılarak (Geogrid: zeminleri ve benzeri malzemeleri güçlendirmek için kullanılan geosentetik malzemedir (Müller ve Saathof, 2015). 30 mm buzun maksimum yük taşıma kapasitesini %300'e kadar, 49 mm buzun %38'e kadar, 65 mm buzun %13'e kadar çıkarılmıştır (Sirotyuk, 2009).

2. Sibirya'daki Irelyakh hidrosistem barajındaki su geçirmez elemanlar (Polimerik Kriyojeller): Bu yöntem kullanılarak oluşturulan malzemeye kriyojel buzlu toprak kompoziti denir. Geliştirilen bu kriyojel buzlu toprak kompozitleri, pozitif sıcaklıklarda dahil olmak üzere geniş bir sıcaklık aralığında çalışan barajların ve diğer hidro mühendislik yapılarının su geçirmez elemanlarını inşa etmek için düşük su geçirgenliğine sahiptir. Özellikle polivinil alkol bazlı kriyojellere ilgi büyüktür. Bu su geçirmez elemanlar oluşturma'nın üç yolu vardır: • enjeksiyon, • sondaj kazık, • derin karıştırma'dır. Enjeksiyon yöntemi, Irelyakh hidrosistem barajında kullanılmıştır. 51 tonluk polivinil alkol içeren sulu çözeltiler, barajda açılan beş deliğe pompalanmıştır (Altunina, Kuvshinov ve Dolgikh, 2010).

3. Finlandiya'da 2014 ve 2015 kışında şişirilebilir bir kalıp üzerindeki pykrete kullanılarak yapılan buz yapıları (Pykrete Dome'lar): Pykrete, ağırlıkça yaklaşık yüzde 14 talaş ve yüzde 86 buzdan yapılmış donmuş bir kompozit malzemedir. 2.Dünya Savaşı sırasında Geoffrey Pyke tarafından İngiliz Kraliyet Donanması'na devasa, batmaz bir uçak gemisi yapmak için aday bir malzeme olarak önerilmiştir. Pykrete, özellikle yavaş erime hızı (düşük termal iletkenlik nedeniyle) ve buz üzerinde büyük ölçüde geliştirilmiş mukavemeti ve tokluğu; form olarak betona daha yakındır (Vasiliev, Pronk, Shatalina, Janssen ve Houben, 2015).



Şekil 3.1 Düz buz ve pykrete örneklerinin görünümü (a) (Gold, 1989) pykrete dome (b) (Vasiliev vd. 2015)

### 3.5.2 Çöl Kumu

Tablo 3.6 AYM olarak çöl kumu

| ÇÖL KUMU |                                                    |                                   |
|----------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 1        | Kökenlerine Göre;                                  | İnorganik / Doğal Ürün            |
| 2        | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Taşıyıcı Ürün / Doğrudan Kullanım |
| 3        | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | -                                 |

Kum, dünya çapında yüksek talep görmektedir ve başta inşaat olmak üzere birçok endüstride yoğun olarak kullanılmaktadır.

İnşaat sınıfı kum plajlardan ve nehir yataklarından çıkarılır, ancak yoğun kullanım nedeniyle bu kumlara arz hızla azalmaktadır. Öte yandan çöl kumu bol miktarda bulunur. Bu kum, taneleri yapı malzemeleri için birbirine bağlanamayacak kadar pürüzsüz ve ince olduğundan inşaatta kullanılmamaktadır. Bu nedenle örneğin beton yapmak için uygun değildir. Fakat çöl kumundan yapılmış kompozit betona daha sürdürülebilir bir alternatiftir. Bu yeni geliştirilen kompozit ile, çöl kumu ve “geleneksel olarak faydası olmayan diğer bol miktarda ince tozlardan” yararlanılmaya başlanmıştır. Mucitlere göre bu kompozit, konut tuğlaları ve konut betonu ile aynı dayanıma sahip yapılara dönüştürülebilmektedir. Bu kompozit malzeme, betonun yarısından daha az bir beton ayak izi ile betondan daha çevre dostudur. Ömrünün sonunda geri dönüştürülmesi veya çöp sahasına gönderilmesi gereken betonun aksine, yeni malzeme birden fazla yaşam döngüsü kullanımı için yeniden kalıplanabileceğinden kolayca yeniden kullanılabilir. Aynı zamanda bu malzeme, doğal boyalar kullanılarak renklendirilebilir. Yani çöl alanlarında bu malzeme ithal beton yerine yerel kumla yapılabılır.

Şimdilik, malzeme yalnızca geçici yapılar için uygundur ve kullanım ömrünün sonunda malzeme yeniden değerlendirilir. Kalıcı yapılar için, malzeme hala test ve düzenleme turlarından geçmektedir (‘Finite: A more sustainable’, 2018)



Şekil 3.2 Kalıplanmış kompozit çöl kumu (a) çöl kumunun kompozit yapımı için preslenmesi işlemi (b) (‘Finite: A more sustainable’, 2018)

### 3.5.3 Tuz

Tablo 3.7 AYM olarak tuz

| TUZ |                                                    |                                         |
|-----|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1   | Kökenlerine Göre;                                  | İnorganik / Doğal Ürün                  |
| 2   | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3   | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | -                                       |

Nadir bulunan doğal kaynakların yerini alabilecek malzemeleri belirlemek, inşaat sektöründe kaynak verimliliğini artırmanın en önemli zorluklarından biridir. Artan dünya nüfusu ve yükselen yaşam standartları ile, deniz suyunun tuzdan arındırılması ve potas madenciliği işlemleri yoluyla atık olarak üretilen tuz (sodyum klorür) miktarı artmaktadır. Ne yazık ki çoğu, çevre kirliliğine neden olduğu doğaya atılıyor. Öte yandan, tuz ekonomiktir ve çeşitli solunum tedavilerinde terapötik olarak ve nem ve ısı depolamak için kullanılabilir. Tuz yanıcı değildir, antibakteriyeldir ve iyi akustik özelliklere sahiptir (ahşaba kıyasla daha yüksek ortalama kütle yoğunluğuna sahiptir).

Karshee veya Karshif, kil ve kumla zenginleştirilmiş, önce doğrudan güneş altında kurutulan ve daha sonra Mısır'daki Siwa Vahası'nda bulunan yığma yapı tekniğinde "tuğla" olarak kullanılan bir tuz bloğudur. Yakındaki tuz göllerinden alınan kuru tuz tuğlaları, toprak ve tilaght adı verilen tuz bakımından zengin çamur harcı ile birleştirilir. Siwa Oasis iklim koşulları altında, suyun tuz blokları ile çamur arasındaki hareketi yeni tuz kristallerinin oluşumuna neden olarak "duvarda yüksek mekânîk direnç" sağlar. Kumtaşı ve kalker ile karşılaştırıldığında, Karshif taşı 1,62 W/mK ile en yüksek ısı iletkenliği ve 0,71 kJ/kgK ile en düşük özgül ısı kapasitesini gösterir. Mevcut araştırmalar, tuzu inşaatta kullanmanın en ekonomik yolunun ise onu diğer yapı malzemeleriyle karıştırmak olduğunu göstermektedir. Karıştırılabilir, kalıplara eklenebilir veya kurutulup duvar yüzeyine sabitlenebilir.

Başka bir yöntem, sabit dış duvar konstrüksiyonları ve 3 boyutlu elemanlar oluşturmak için tuz bağlayıcı karışımlarını bir 3 boyutlu yazıcıyla basmak olabilir. Yukarıda belirtilen tasarım özelliklerinin yanı sıra, bunlar aynı zamanda dayanıklılık,

tasarım özgürlüğü, ekonomi ve yapım hızı gibi avantajlara da sahiptir. Pavyonlar, sergi inşaatları ve binaların ve açık alanların gölgeleme sistemleri gibi geçici bina inşaatlarında ham tuz malzemeleri veya tuzlu sular kullanılabilir (Pungercar ve Musso, 2021)



(a)



(b)

Şekil 3.3 Siwa Vahası'ndaki antik surlar (Mısır) (a) magnezyum bazlı çimento ile üretilen prekast bloklar (b) (Engin, 2020)

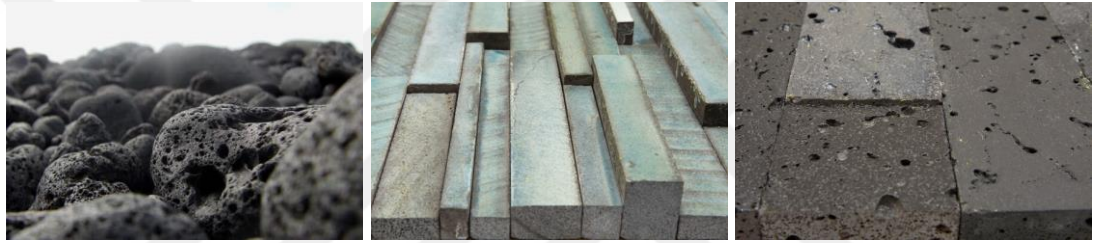
### 3.5.5 Lav Taşı

Tablo 3.8 AYM olarak lav taşı

| LAV TAŞI |                                                    |                                                                                                                   |
|----------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Kökenlerine Göre;                                  | İnorganik / Doğal Ürün                                                                                            |
| 2        | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Taşıyıcı Ürün / Doğrudan Kullanım<br>Bölücü-Örtücü Ürün/Doğrudan Kullanım<br>Tamamlayıcı Ürün / Doğrudan Kullanım |
| 3        | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | -                                                                                                                 |

Lav taşları, tıpkı obsidyen taşları gibi volkanlar patladığında oluşur. Lav bir yanardağdan fırlar ve yan tarafından aşağı akar. Bu inanılmaz derecede sıcak sıvı kaya kuruduktan sonra lav taşına dönüşür. Tipik olarak siyah ama aynı zamanda gri ve kahverengi olan taşlar petek görümlü gözenekli bir yüzeye sahiptir. Seramiğin renkli görünümünü doğal taşın bilinen pozitif malzeme özellikleriyle birleştiren duvar ve zemin kaplamaları oluşturmak için yeni ve geleneksel teknikler kullanılır. Oldukça dayanıklı, nem direnci ve termal yalıtımı yüksektir. Tüm kreasyonlar,

kesilmiş lav taşları olarak başlar. Bazı durumlarda şekiller bir su jeti kullanılarak kesilir ve bazı tasarımlar kum püskürtme kullanılarak oyulur. Bu işlem, doğal lav taşının mevcut tahliline ve dokusuna ilgi katar. Karolar daha sonra özel bir boyama tekniği kullanılarak elle perdelanır ve yüksek sıcaklıkta pişirilir. Bu da metalik maviler ve yeşiller gibi tek başına doğal taşta bulunamayan çok çeşitli bitiş renkleri ile sonuçlanır. Lav taşı kullanmanın bir avantajı, diğer birçok doğal taşın yoğun ısı altında parçalanması veya kırılması sırasında, lav taşını taş herhangi bir zarar vermeden yüksek sıcaklıkta ateşlemenin mümkün olmasıdır. Bunun nedeni, lav taşının, olduğu volkanik patlama sırasında zaten yüksek sıcaklıkta bir ısıtma aşamasına dayanmış olmasıdır (“Lava tiles (Natural)”, 2014).



(a)

(b)

(c)

Şekil 3.4 Lav taşı (a) işlenmiş lav taşları (b) (c) (“Lava tiles (Natural)”, 2014).

### 3.5.6 Sıkıştırılmış Toprak (Rammed Earth)

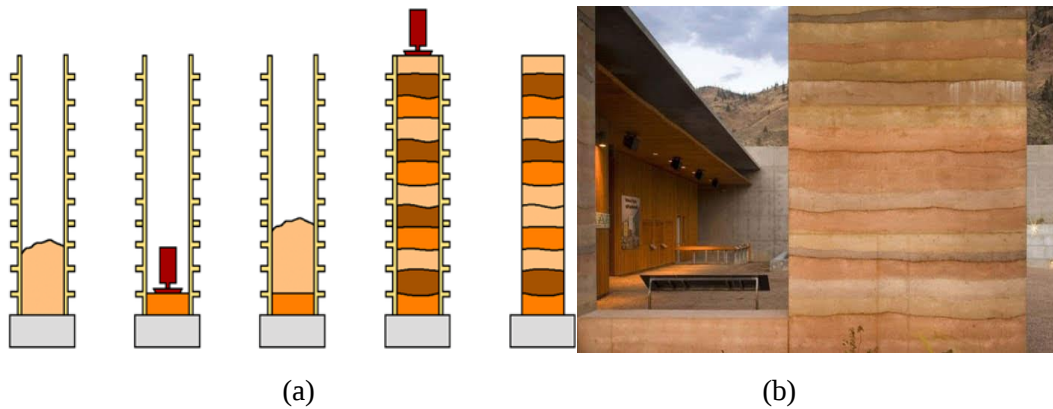
Tablo 3.9 AYM olarak sıkıştırılmış toprak (rammed earth)

| SIKIŞTIRILMIŞ TOPRAK |                                                    |                                        |
|----------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1                    | Kökenlerine Göre;                                  | İnorganik / Doğal Ürün                 |
| 2                    | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Bölücü-Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım |
| 3                    | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | -                                      |

Sıkıştırılmış toprak, doğru oranlarda kil, kum ve çakıl içeren nemlendirilmiş bir alt toprak karışımının sıkıştırılmasıyla oluşturulur. Gerekğinde karışıma az miktarda çimento gibi stabilizatörler ilave edilebilir. Stabilizatörün bu şekilde eklenmesi önemlidir, çünkü sıkıştırılmış toprakla ilgili yaygın sorunlar (dış yüzey koruması, su direnci, çekme ve dayanıklılık gibi) stabilizatörlerin kullanılmasıyla önlenir. Yapım aşamasındaki ilk adım, ahşaptan geçici bir çerçeve (kalıp adı verilen) inşa

etmektedir. Bu çerçeve, her duvarın istenen şekli ve boyutları için bir kalıp görevi görecektir. Küçük miktarlarda sıkıştırılmış toprak karışımı kalıba dökülür ve daha sonra pnömatik tokmakla orijinal yüksekliğinin yaklaşık yüzde 50'sine kadar sıkıştırılır. Duvarı kademeli olarak istenen yüksekliğe getirmek için sıkıştırma partiler halinde tamamlanır. Karışım kuruduktan ve sertleştikten sonra kalıp çıkarılabilir ve duvar bitirilebilir. Avantajları; sıkıştırılmış toprak duvar kuruduktan sonra, tipik olarak betona benzer bir yük taşıma kapasitesine sahip olurlar. Duvarları oluşturmak için kullanılan ana malzeme genellikle doğrudan inşaat alanından temin edildiğinden, sıkıştırılmış toprak binalar düşük somutlaşmış enerjiye sahiptir. Ek olarak, bitmiş ürün kolayca geri dönüştürülebilir, dolayısıyla içerdiği enerjiyi daha da azaltır. Sıkıştırılmış toprak, yüksek termal kütleye sahiptir, bu da güneş ısısının gün boyunca depolanabileceği anlamına gelir. Bu ısı daha sonra, iç sıcaklıklar düşmeye başladığında gece dışarı yayılır. Hoş estetiğin yanı sıra, sıkıştırılmış toprak inşaat birçok çevresel fayda sunar! Bu faydalar, konut ve ticari binalarımızı inşa etmenin sürdürülebilir bir yolu olarak sıkıştırılmış toprak inşaat yönteminin popülaritesini artırmaya yardımcı olmuştur.

Şu anda Kuzey Amerika'da sıkıştırılmış toprak inşaat için mevcut bina kodları bulunmamakla birlikte, Avustralya ve Yeni Zelanda gibi ülkeler bina kodlarını resmileştirmiştir ("Rammed earth is", b.t.).



Şekil 3.5 Sıkıştırılmış toprak duvarı inşa etme süreci (a) (Mužíková, Otcovská ve Padevět, 2017) sıkıştırılmış toprak duvar uygulama örneği (b) (RISE Design Studio, 2019)

### 3.5.7 İstiflenmiş Odun (Cordwood)

Tablo 3.10 AYM olarak istiflenmiş odun

| İSTİFLENMİŞ ODUN (CORDWOOD) |                                                       |                                                                                         |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                           | Kökenlerine Göre;                                     | Organik / Doğal Ürün                                                                    |
| 2                           | Kullanım Yerlerine Göre;                              | Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım<br>Bölücü-Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3                           | Dönüştürerek Yeniden<br>Kullanım Stratejilerine Göre; | -                                                                                       |

İstiflenmiş odun (Cordwood) konstrüksiyonu, kısa kütüklerin bir duvar yapmak için çapraz olarak istiflendiği, kalıcı olarak sabitlemek için bir harç kullanıldığı bir tekniktir. Duvarlar genellikle, kütük uçları harçtan az miktarda (bir inç veya daha az) dışarı çıkacak şekilde inşa edilir. Duvarlar tipik olarak 8 ila 24 inç kalınlığındadır, ancak kuzey Kanada'da bazı duvarlar 36 inç kalınlığa sahiptir. Cordwood evler görsel çekicilikleri, iç mekânın maksimuma çıkarılması (yuvarlak bir planla), kaynak tasarrufu ve inşaat kolaylığı açısından tercih edilir. Ahşap genellikle duvar sisteminin yaklaşık %40-60'ını oluşturur, kalan kısım harç karışımı ve yalıtım dolgusundan oluşur. Cordwood duvarlar yük taşıyıcı olabilir (yerleşik köşeler veya tasarlanmış kavisli duvarlar kullanılarak) veya bir direk ve kiriş içine yerleştirilebilir. Yapısal güçlendirme sağlayan ve depreme meyilli alanlar için uygundur. Taşıyıcı bir duvar olarak, ahşap ve harcın basınç dayanımı, çatının doğrudan duvara bağlanmasına izin verir. Bu teknik için pek çok farklı ağaç türü kullanılabilirken, çürümeye karşı en çok arzu edilen ağaçlar Pasifik porsuğu, kel selvi (yeni büyümüş), sedir ve ardıçtır. Fakat kaynak ne olursa olsun, inşaat başlamadan önce tüm ahşapların kabuğu çıkarılmalıdır. İstiflenmiş odun ev çevre dostudur ve enerji tasarrufludur. Doğal malzemelerle inşa edilmiştir ve özel yapısı nedeniyle evin içindeki sıcaklık nispeten sabit bir seviyede kalır. Ahşabın yalıtım özelliğinden dolayı yazın serin, kışın ılıktır. Ayrıca istiflenmiş odun duvarlarda kullanılmadan önce çok az iş gerektirdiğinden, işlenmesi sırasında çok az atık veya enerji tüketilir. Tüm bunlara ek portland çimentosu, bina yapımında kullanılan en yüksek somutlaşmış enerji malzemelerinden biridir. Ayrıca üretildiği zaman önemli ölçüde kirliliğe neden olur. Bu çimento harcı yerine koçan veya kireç macunu harcı kullanıldığında bu teknik, yerel malzemelerin

minimum maliyetle kullanılabilirliğinin en önemli örneği olabilmektedir (“Cordwood construction”, 2022)



(a)



(b)

Şekil 3.6 İstiflenmiş odun kullanılan yığma duvar detayı (a) (Lareina, 2022) istiflenmiş odun kullanılarak duvarları inşa edilmiş evin bir bölümü (b) (Lareina, 2022)

### 3.5.8 Bambu

Tablo 3.11 AYM olarak bambu

| BAMBU |                                                    |                                                                                                                     |
|-------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Kökenlerine Göre;                                  | Organik / Doğal Ürün                                                                                                |
| 2     | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Taşıyıcı Ürün / Doğrudan Kullanım<br>Bölücü-Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım<br>Tamamlayıcı Ürün / Doğrudan Kullanım |
| 3     | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | -                                                                                                                   |

Türkçe’ de Hint Kamışı, Hezaren isimleriyle de bilinen Bambu, Buğdaygillerden, sıcak ülkelerde yetişen, çabuk büyüyen, 75 cins altında 1250 türü kapsayan (Furniture, 2018) bir bitki alt familyasının genel adıdır.

Bambunun avantajları; **1-)** Hasat edilen kökten yeni bir sürgün verir, bu nedenle yeniden ekim yapılmasına veya ilave bir yetiştirme alanına gerek kalmadığı için bu durum önemli ölçüde tasarruf sağlamaktadır. **2-)** Gezegendeki en hızlı büyüyen bitkidir. Bambudan alınan verim, diğer ağaçlardan yaklaşık 25 kat fazladır. **3-)** 120 yıla kadar yaşayan türlerine rastlanabilir. **4-)** Diğer bitkilere kıyasla atmosfere % 30 daha fazla oksijen salar ve daha fazla karbondioksit emer. Mükemmel bir toprak

erozyonu inhibitörüdür. 5-) Gelişme sürecinde gübre, zirai ilaç ve pestisit kullanmaya ihtiyaç yoktur. Sulama gerektirmez. 6-) Kesilmesi, işlenmesi, onarılması, karmaşık alet veya ekipmana ihtiyaç duymadan kolaydır. 7-) Dairesel ve içi boştur. Düşük ağırlıklarından dolayı bambular kolayca kurlur, nakliyesi ve depolanması kolaydır. 8-) Çoğu yapı malzemesine kıyasla ekonomiktir. 9-) Odunsu kısım basınç dayanımını etkiler. İçeriğindeki yüksek selüloz miktarı bambu lifinin burkulma ve çekme mukavemetini artırır ve bambu kırılmadan bükülebilir. 10-) Beton veya ahşaptan çok daha yüksek basınç dayanımına sahiptir. Bambu lifleri ekstenel çalışmaktadır. Dış bölgede, yüksek çekme mukavemetine sahip, oldukça esnek damar demetleri bulunur ve bu nedenle betonarme yapılarda donatı yerine kullanmak için mükemmel bir alternatiftir. Ayrıca bambu üretmek için kullanılan enerji çelik üretmek için kullanılan enerjinin 1/50'sidir. 11-) Yüksek silikat asit içermesi nedeniyle yangına karşı çok dayanıklıdır. İçinden geçen 4000°C'ye kadar kaynar suya dayanabilir. 12-) Hafifliği ve esnekliği nedeniyle, dünyanın depremlerin, kasırgaların ve tayfunların daha sık görüldüğü bölgelerde popüler bir yapı malzemesidir. Bambu, sismik aktivitenin ve şiddetli rüzgarların şoklarını sert beton ve çelik yapılardan çok daha iyi emer. 13-) Çimento ve asbest gibi diğer yapı malzemelerinin aksine, bambu sağlık için tehlike oluşturmaz. 14-) Bambu kamışları uygun biçimde parçalanıp toprakta çürümeye bırakıldığında yaklaşık 90 gün içinde çözünüp doğal gübre olarak kullanılabilir (Syeda, Shrujal ve Kumar, 2014).



(a)



(b)

Şekil 3.7 Sagano bambu ormanı (Kyoto, Japonya) (a) (Cripps, 2019) bambudan ev yapımı (b) (Technology World Channel XD, 2019)

### 3.5.9 Miselyum

Tablo 3.12 AYM olarak miselyum

| MİSELYUM |                                                    |                                        |
|----------|----------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1        | Kökenlerine Göre;                                  | Organik / Doğal Ürün                   |
| 2        | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Bölücü-Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım |
| 3        | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | -                                      |

Miselyum, mantarların iplik benzeri kökleridir. Farklı miselyum yoğunlukları sorunsuz bir şekilde birlikte büyütülebilir, bu da onu plastik, ahşap, beton ve polimerlerin yerini kolayca alabilen, yangına dayanıklı doğal bir malzeme haline getirir. Bu malzeme, cepheler, mobilya parçaları ve hatta duvarlar açısından hem dış hem de iç mekânlara karşılık gelen formlar için kalıplanabilir. Miselyum tuğlalar, en yeni ancak en yaygın kullanılan sürdürülebilir malzemelerden biridir.

Miselyumu sürdürülebilir yapan; **1-)** Miselyum tuğlaların üretimi için daha az veya hiç somutlaştırılmış enerji gerekmez. **2-)** Ek yapıştırma malzemesi gereksinimi olmadığından ve miselyum tuğlalar zamanla büyüdüğünden, genişlediğinden ve büzüldüğünden bina atıklarında büyük bir azalma meydana getirir. **3-)** %100 biyolojik olarak parçalanabilir. **4-)** Doğru ve yeterli oranlarda alt malzeme kullanılması şartıyla büyük ölçüde su geçirmezdir. **5-)** Zamanla, iyi havalandırma ve hava geçişi ile sonuçlanan gözenekler oluşturacak şekilde birbirlerini örерler. **6-)** Miselyum lifi yüksek sıcaklıklarda iyi olgunlaşır, büyür ve iç içe geçer. **7-)** Yapısal bütünlük açısından, altlık malzemesinin doğru oranlarının kullanılması şartıyla beton kadar iyidir.

Miselyumun avantajları; **1-)** %100 biyolojik olarak parçalanabilir, bu nedenle geçici yapılar için kolayca kurulabilir ve kullanım ömrü bittiğinde kolayca kaldırılabilirler. **2-)** Miselyum dokusu, fiberglas izolasyondan daha fazla ısıyı hapsedebilir, ayrıca yanmaz ve toksik değildir. **3-)** Kurutulmuş, gözenek oluşumu nedeniyle daha hafif hale gelir, ancak yine de betondan daha güçlüdür. **4-)** Miselyum üretimi zaman alıcı değildir. Hızlı, düşük maliyetli ve kolay üretilen bir

malzemedir. 5-) İki miselyum tuğla bir araya getirildiğinde aralarında hızla büyüyerek yayıldıklarından hemen hemen hiç yapıştırma malzemesine ihtiyaç yoktur. 6-) Uygun ve istikrarlı koşullarda muhafaza edilirse miselyum tuğlaların ömrü yaklaşık 20 yıl olabilir (Mangukiya, 2022).



Şekil 3.8 Miselyum tuğlası örneği (a) (“Betona Alternatif 8 Yeşil”, b.t.) kalıp üzerinde kökleriyle ilerleyerek büyüyen miselyum örneği (b) (Burgaz, 2017)

### 3.5.10 Meşe Ağacı Mantarı (Şişe Mantarı)

Tablo 3.13 AYM olarak meşe ağacı mantarı (şişe mantarı)

| MEŞE AĞACI MANTARI (ŞİŞE MANTARI) |                                                    |                                                                                |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                 | Kökenlerine Göre;                                  | Organik / Doğal Ürün                                                           |
| 2                                 | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Bölücü-Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım<br>Tamamlayıcı Ürün / Doğrudan Kullanım |
| 3                                 | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | -                                                                              |

Meşe ağacı, Güney Avrupa ve Kuzey Afrika'nın Akdeniz Bölgelerine özgüdür. Kabuğu öldürmeden soyulabilen tek ağaçtır. Bu, tekrar tekrar hasat edilmesini sağlar. Bir mantar meşe ağacının yaşam ömrü 200 yıldan fazladır ve bir ağaç ömrü boyunca yaklaşık 16 kez hasat edilebilir. Makine asla kullanılmaz. Her şey elle yapılır ve beceriler nesiller boyunca aktarılır. Ağaçların hasadı ve mantar üretimi, on binlerce iş alanı yaratır. Bir yapı malzemesi olarak mantar günümüzde yüksek talep görmektedir. Döşeme, rijit yalıtım, dış cephe kaplaması, zemin altı kaplaması, akustik duvar kaplamaları ve tezgahlarda kullanılır. Başka bir gezegene seyahat eden

tek AYM'dir; 1976'da Mars'a inen Viking uzay sondalarında ısı yalıtımı için kullanılmıştır.

Şişe mantarının avantajları: **1-)** Hücre zarları oldukça esnektir. Basınca maruz kaldıktan sonra orijinal şekline geri döner. **2-)** Bu hava cepleri ayrıca mantarı yalıtım ve akustik performans için güzel bir seçenek haline getirir. Sıcak veya soğuk havanın ve sesin iç ve dış mekânlar arasında hareket etmesini engeller. **3-)** Ateşe karşı da dayanıklıdır. Hatta ağacın bu kabuğunu, orman yangınlarına direnmek için geliştirdiği söylenir. **4-)** Mantar toksik değildir ve VOC (uçucu organik bileşik)'leri gazdan arındırmaz. İç mekâna sıcak, rahat ve organik bir his verir. Her bir ağaç kabuğu parçası, doku ve renk bakımından benzersizdir. **5-)** Mantar aynı zamanda doğal olarak anti-mikrobiyaldir. **6-)** Geçirimsizdir, ancak nefes alır, bu nedenle küflenmeye karşı dayanıklıdır (Knapic, Oliveira, Machad ve Pereira, 2016). **7-)** Hipoalerjik özelliğe sahiptir. Tozu emmediği için alerjiler ve astım hastalığı için risk oluşturmaz. **8-)** Mantar hafiftir ve su üzerinde yüzer. Binlerce yıldır, bu onun en belirgin ve en ünlü özelliği olmuştur. Antik çağlardan beri mantar, balıkçılık ekipmanlarında kullanılmıştır. **9-)** Süberinin varlığı, mantarı hem sıvılara hem de gazlara karşı geçirimsiz hale kılar. Sonuç olarak, çürümez. Bu da onu mevcut en iyi contalardan biri yapar. **10-)** Mantar aşınmaya karşı oldukça dirençlidir ve yüksek bir sürtünme katsayısına sahiptir. Petek yapısı sayesinde diğer sert yüzeylere göre darbe veya sürtünmeden daha az etkilenir (Hirshberg, 2022).



Şekil 3.9 Ağaçların sadece yenilenen dış kabuk kısmı kullanılır (a) ("Cork | How it's made", b.t.) şişe mantarının dış cephe kaplamasında kullanımı (b) (Thorns, 2017)

### 3.5.11 Saz / Kamış

Tablo 3.14 AYM olarak saz / kamış

| SAZ / KAMIŞ |                                                    |                                        |
|-------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1           | Kökenlerine Göre;                                  | Organik / Doğal Ürün                   |
| 2           | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Bölücü-Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım |
| 3           | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | -                                      |

Yüksek üreme özelliği sayesinde dünyanın en yaygın sulak alan bitkilerinden biridir. Antarktika hariç dünyanın her yerinde göllerin, bataklıkların ve diğer su kanallarının çevresinde yetişir. Birkaç nedenden dolayı popülerdir; ucuzdur, boldur ve sadece basit aletler gerektiren düşük teknolojili bir inşaat tekniği sunar.

Çavdar sapları son kat çatı örtüsü olarak kullanıldığı gibi kimi yapılarda kiremit altında ve tavan döşemelerinde ağaç dallarının üzerinde ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılmıştır. Kamış, esnek ve çok yönlü olduğunda 1-2 yaşında olgunlaşır. Sazlar ortalama 6-8 metre yüksekliğe ulaşır ve dünyanın bazı bölgelerinde (özellikle tropik bölgelerde) 10 metre yüksekliğe ulaşabilir. Sapın ortalama dış çapı 1-5 santimetre ve kalınlığı 0,2-0,6 santimetredir. Bakımı veya onarımı kolaydır, iyi havalandırılır ve yüksek ısı yalıtım özelliklerine sahiptir. Bu nedenle, saz yapımı sıcak ve nemli iklimler için en uygun olanıdır. Kil kiremitli bir çatıya kıyasla kamış sazdan bir çatı kurarken, çoğu durumda ısı iletkenliği seviyesi sayesinde ekstra yalıtım gerekmez. Sismik etkilere karşı da yüksek dirence sahiptir. Ayrıca, diğer birçok doğal malzeme gibi, kamış hammaddeden bitmiş ürüne kadar olan yaşam döngüsünde minimum miktarda enerji tüketir ve bina ömrünün sonunda düşük bertaraf maliyetine sahiptir. Biyolojik olarak parçalanabildikleri için inşaatın sonra sökülürse çevresel etkileri yoktur. Ancak sazların kullanımdan önce iyi muamele görmemesi veya yanlış mevsimde kesilmesi durumunda sakıncaları vardır. Bu dezavantajlar şunları içerir: çürüme, mantarlar, böcekler ve en önemlisi, zayıf ateş direnci (Dabaieh ve Sakr, 2015). Kil kiremit çatı ömrü 50 - 70 yıl, ahşap kiremit çatı ömrü 30 - 50 yıl iken iyi kalitede kamış sazdan bir çatı ömrü 50 - 100 yıl sürmektedir. Bir kamış çatının malzeme maliyetleri diğer yöntemlere kıyasla çok daha uygundur. ısı iletkenliği özellikleri, geniş hava içeriği ile birlikte iyi bir nem iletimi sağlar, malzeme her

mevsimde iç mekân sıcaklıklarını iyi bir şekilde düzenler (“Critical Concrete”, 2017).



Şekil 3.10 Kamışın esnekliğine örnek (a) duvarlar veya çatılar için kamış yalıtım panelleri (b) kamış çatı örtüsü (c) kamış duvar örümü (d) (Dabaieh ve Sakr, 2015)

### 3.5.12 Kenaf

Tablo 3.15 AYM olarak kenaf

| KENAF |                                                    |                                             |
|-------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1     | Kökenlerine Göre;                                  | Organik / Doğal Ürün                        |
| 2     | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Bölücü-Örtücü Ürün/ Bileşen Olarak Kullanım |
| 3     | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | -                                           |

Kenaf, ebegümecigiller ailesinde Güney Asyaya ait bir bitkidir. Kenaf bitkisi tek yıllık odunsu tabana sahip otsu bir bitkidir. Kenaf lifi, kenaf bitkisinden elde edilen yumuşak, uzun ve jüt benzeri bir lifdir. Bu lifler bir dizi üründe minerallere ve sentetik bileşiklere çevre dostu bir alternatif olarak kullanılabilir. Böylelikle kenaf lifleri, yüzde 80'e kadar kenaf olabilen duvar ve yalıtım malzemelerinde (ısı yalıtımlı sıva, duvar blokları ve duvarlar gibi) doğal ve biyolojik olarak parçalanabilen bir dolgu maddesi görevi görür (“Kenaf nedir, kenaf”, b.t.).

Kenafın avantajları; 1-) Yetiştirmesi kolaydır ve büyürken benzer bitkilerden daha az suya ihtiyaç duyar. 2-) Hafiftir ve yüksek ısı ve ses yalıtım özelliklerine sahiptir. 3-) Kenafı hamur haline getirmek, odun hamurundan daha az enerji ve su gerektirir. 4-) Hızlı ve bol miktarda CO<sub>2</sub> tüketerek havayı temizleme yeteneği ve ayrıca sera

etkisinin ana nedeni olan topraktan azot ve fosforu emebilme özelliği vardır. Aynı zamanda topraktan ve sudan büyük miktarlarda ağır metalleri ve diğer kirleticileri de emebilir. Sudan katranı çekme özelliği sayesinde petrol sızıntılarından sonra temizlemek için kullanılmıştır. Tüm bunlar kenafı çevre dostu olması açısından önemli hale getirmiştir. 5-) Kenaf lifinin diğer liflere kıyasla daha düşük maliyetli ve daha düşük yoğunluktadır. 6-) Sertliği cam elyafı ile karşılaştırılabilir ve fiyatı da cam elyafından 2 ila 3 kat daha düşüktür. 7-) Ayrıca ABS, PP, PE, HDPE ve PVC gibi petrol türevi plastikten yapılmış yaygın ürünlerin yerine kullanılabilecek bir kompozit plastik oluşturmak için kenaf bitkileri termoplastik polimerlerle birleştirildiği uygulamalar mevcuttur. Kenaf elyafı, Toyota'nın LQ elektrikli konsept otomobilinin üretiminde kullanılmak üzere daha hafif malzemeler yaratmak için kullanılıyor. Kenaf biyoplastik kullanılarak yapılan arabaları sürmemiz ve kenaf yalıtımıyla donatılmış evlerde yaşamamız çok uzun sürmeyebilir (Magloff, 2021).



Şekil 3.11 Kenaf bitkisi ve lifi (a) (‘‘Kenaf nedir, kenaf’’, b.t.) kenaf kompozit malzemesi (b) (Christou vd., 2012)

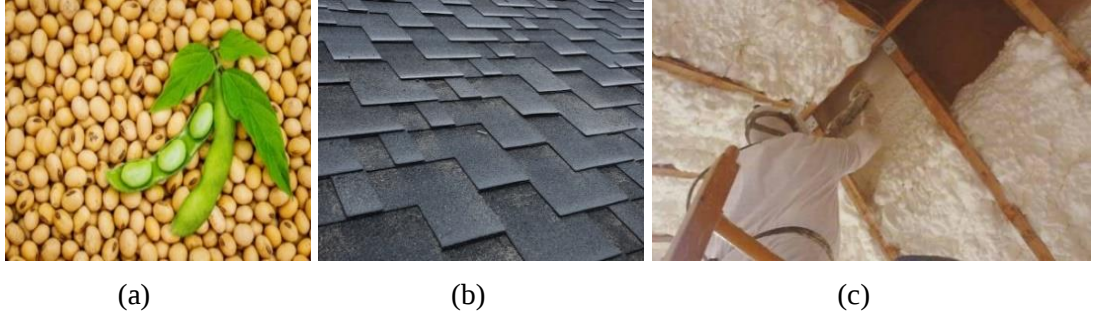
### 3.5.13 Soya Fasülyesi

Tablo 3.16 AYM olarak soya fasülyesi

| SOYA FASÜLYESİ |                                                       |                                                                                            |
|----------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1              | Kökenlerine Göre;                                     | Organik / Doğal Ürün                                                                       |
| 2              | Kullanım Yerlerine Göre;                              | Bölücü-Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım<br>Tamamlayıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3              | Dönüştürerek Yeniden<br>Kullanım Stratejilerine Göre; | -                                                                                          |

Soya Fasulyesi, Asya'ya özgüdür ve birçok kullanım alanı vardır. Yapı teknolojisindeki son gelişmelere sahip soya ürünleri artık petro-kimya bazlı malzemelere ve cilalara alternatif olarak kullanılabilir. Bu ürünler binaların yapıştırıcı, plastik, izolasyon, bariyer, sızdırmazlık ve kaplama gibi alanlarında kullanılabilir. Tarım ve ekonomi uzmanlarına göre soya bol miktarda bulunur ve hızla yenilenebilir ve sınırlı petrol bazlı ve mineral ürünlere mantıklı bir alternatiftir. Şu anda, üretim seviyeleri yalnızca Amerika Birleşik Devletleri'nde her yıl yaklaşık 20 milyar pound ham soya fasulyesi yağına ulaştı ve bu rakam her yıl artmaktadır.

Soya Yapıştırıcılar, havayı kirleten ve “hasta bina” sendromuna neden olan formaldehit yapıştırıcıların yerini aldığı için kontrplak yapımında kullanılır. Soya yapıştırıcıları ayrıca ısıya ve ateşe karşı dayanıklıdır ve geleneksel ahşap ürünlere göre çok daha hafiftir. Soya yapıştırıcıları duvar yapımında, kasa işlerinde, döşemelerde ve mobilyalarda kullanılır. Soya Fasulyesi Yağları, iyi kuruma özelliklerine sahiptir ve mürekkepler, boyalar ve endüstriyel kaplamalar için iyi bir seçenektir. Soya ayrıca çatı kiremitlerinin bir bileşeni olan asfalt çimentosu üretiminde temel malzeme olarak da kullanılmaktadır. Petrokimyasal bileşenlerin kullanılmasına bir alternatif olan Soya fasulyesi bitkisinin polipoller, poliüretan yerine termoset plastikler için bir baz olarak kullanılabilir. Stiren bütadien ve polivinil klorür (PVC) yerini alabildiği için; “daha güvenli” bir alternatiftir. Sprey köpüklerde, halı altlıklarında, mobilya köpüklerinde ve dekoratif malzemeler için yüksek yoğunluğu ve çevre dostu oluşuyla tercih edilir. Dış mekân halısı ve suni çim için VOC'ların (uçucu organik bileşikler) emisyonlarını ve yanıcılığı azaltır. Soya Köpükleri, otomotiv ve mobilya endüstrilerinde halihazırda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ford gibi otomobil şirketleri koltukları için karbondioksit salınımını azalttığı ve üretiminde daha az enerji gerektirdiği için bitki bazlı soya köpüğü kullanmaktadır (Chailertborisuth, 2013).



Şekil 3.12 Soya fasülyeleri (a) (“Soya fasulyesi stok”, b.t.) asfalt kiremit çatı kaplaması üretiminde soya fasülyesi kullanılır (b) (“The pros of asphalt”, 2021) yalıtım köpükleri yerine soya fasülyesi kullanılabilir (c) (“Poliüretan köpük nedir?”, 2017)

### 3.5.14 Hint Fasülyesi

Tablo 3.17 AYM olarak hint fasülyesi

| HİNT FASÜLYESİ |                                                    |                                              |
|----------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1              | Kökenlerine Göre;                                  | Organik / Doğal Ürün                         |
| 2              | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Bölücü-Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3              | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | -                                            |

Son yıllarda, çevresel etkiyi en aza indirmek için petrol bazlı polimerlerin yerine bitkisel yağların kullanılmasında hızlı bir büyüme görüldü. Yenilemeyen hint yağı (Cartor Oil), kurak bir arazide bile kolayca yetişen hint bitkilerinden elde edilir. Günümüzde daha sürdürülebilir ve daha sağlıklı bir plastik türü oluşturmak için de kullanılabilir. Bu, plastik sektörünü ve özellikle yer döşemesini sarsabilecek bir gelişmedir. PVC, dünya çapında zemin üretiminde kullanılmaktadır. Toz halinde PVC, zararlı ftalatlarla ilave edilerek, üretilen zeminlere belirgin bir şeffaf koruyucu tabaka ile katmanlanan bir macunla oluşturulur. Hint yağı bu zararlı ftalatların yerini alabilir. Sonuç, standart PVC döşeme kadar dayanıklı ve şık olan esnek bir döşemedir. Fosil yakıtlardan ziyade kene çekirdeklerinden üretildiği için daha çevre dostudur ve ayrıca biyolojik olarak daha kolay bozunur. Yaşam döngülerinin sonunda, PVC plastikler ise yanar, zararlı klor açığa çıkarır ve sürdürülebilir bir çözüm değildir (Chakraborty ve Chatterjee, 2020).



(a)

(b)

Şekil 3.13 Hint fasulyeleri (a) hint fasulyesi yağı katkılı pvc yer döşemesi (b) (Chakraborty ve Chatterjee, 2020).

### 3.5.15 *Miscanthus* (Gümüş Japon Çimi)

Tablo 3.18 AYM olarak miscanthus (gümüş japon çimi)

| MISCANTHUS (GÜMÜŞ JAPON ÇİMİ) |                                                       |                                                                                            |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                             | Kökenlerine Göre;                                     | Organik / Doğal Ürün                                                                       |
| 2                             | Kullanım Yerlerine Göre;                              | Bölücü-Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım<br>Tamamlayıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3                             | Dönüştürerek Yeniden<br>Kullanım Stratejilerine Göre; | -                                                                                          |

Gümüş Japon Çimi *Miscanthus*, çim ailesindeki Afrika, Avrasya ve Pasifik Adası bitkilerinin bir cinsidir. Hafif nemli ortalama bir bahçe toprağında sorunsuz gelişim gösteren süs kamışıdır. Yazın sıcağına ve nemine dayanıklıdır. Bol güneşli alanlarda kusursuz gelişir. Zamanla kök çevresinden çoğalan rizomlarla demetler oluşturur. Sıkı, tok görünümlü demetler her 4 yılda bir bölünerek bitki çoğaltılabilir ve ağaçlardan 4 kat daha fazla CO<sub>2</sub> emer. *Miscanthus*, inşaatta, mobilyada (iç ve dış mekân kullanımı için) kullanılan bir yonga levha türü olan orta yoğunluklu lif levha üretiminde en popüler olanıdır ('*Miscanthus*', 2022).

*Miscanthus*'un avantajları; **1-)** Bu biyokompozitler daha düşük ağırlığa ve cam elyafların yarı yoğunluğuna sahiptir. **2-)** Birçok farklı formda kalıplanabilirler ve bu sayede kullanım alanları geniştir. **3-)** Biyofiberler, parçalanma olmaksızın çarpışma

testlerinde daha iyi performans gösterir. 4-) İçi boş boru biçimli yapıları nedeniyle iyi ısı yalıtımı ve akustik özellikler sergilerler. 5-) Üretimlerinde daha az enerji ve su gerektirirler. Onları daha çekici kılan asıl şey bu düşük üretim maliyetleridir. 6-) Geri dönüştürülebilir olmaları ve atıkların yeniden kullanılabilmesi nedeniyle üretim ve montajda daha az atık oluşur. Üretim süreci ve montajı, sentetik mineral bazlı kompozitler gibi toksik değildir, bu nedenle işçiler üzerinde herhangi bir olumsuz sağlık etkisi yoktur. 7-) Cam elyaflarında olduğu gibi bunların işlenmesinde dermal problemler yoktur. Bu nedenle mikro, küçük ve orta ölçekli işletmeler tarafından kırsal alanlarda bile üretilebilirler. 8-) Miscanthus mahsulünden elde edilen hammaddeler yıllık olarak üretilir ve kolayca yenilenebilir; üretim ve kullanım sırasında neredeyse hiç sera gazı emisyonu içermeyen karbon nötrdürler ve yaşam döngülerinin sonunda biyolojik olarak parçalanabilir. Sentetik kompozitlerde olduğu gibi imha sırasında biyolojik olarak tehlikeli bir risk oluşturmazlar (Kinal, 2016).



Şekil 3.14 Miscanthus bitkisi (a) (“Miscanthus”, 2022) miskantus yonga levhalar (b) (“Building materials”, b.t.)

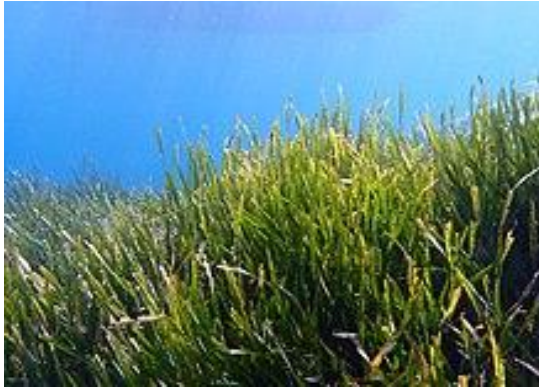
### 3.5.16 Posidonia Oceanica

Tablo 3.19 AYM olarak posidonia oceanica

| POSIDONIA OCEANICA |                                                    |                                        |
|--------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1                  | Kökenlerine Göre;                                  | Organik / Doğal Ürün                   |
| 2                  | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Bölücü-Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım |
| 3                  | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | -                                      |

*Posidonia Oceanica* yaygın olarak Neptün otu veya Akdeniz tenyası olarak bilinir ("Posidonia Oceanica", 2022). Akdeniz kıyılarında bulunabilen, deniz yatağının yaklaşık 40.000 km<sup>2</sup>'sini kaplayan, deniz otu toprakları ve yaprakları şeklinde bulunabilen lignoselülozik bir malzemedir. *Posidonia oceanica* hakkında bilinmesi gereken ilk şeylerden biri onu deniz yosunundan ayırmaktır. *Posidonia* bir yosun değildir, bir su altı bitkisidir. Normal bir bitki gibi meyveleri, çiçekleri, yaprakları, gövdesi ve kökleri vardır. Meyvelerine de "deniz zeytini" adı verilmiştir (Portillo, 2017).

Esas olarak hiçbir katkı maddesi olmadan, kimyasal işlemlerden geçmeden, doğrudan güneşte kurutulup kullanımıyla binalar için (çatı, üst kat tavan, duvar ve zemin) potansiyel bir yalıtım malzemesi olarak kabul edilmektedir. Ek olarak, deniz otu toprakları, polietilen kompozitlerin imalatında bir takviye maddesi olarak dahil edilebilmektedir. Kompozit endüstrisindeki en büyük bir zorluk, üretim maliyetini en aza indirmek için yavaş büyüyen ağaçların yerini alacak potansiyel adaylar olan ucuz ham lignoselülozik malzemelerin mevcudiyetidir. Bu tür bir malzemenin kullanımı, bu yaprakların deniz kıyılarına yerleşip çürümesi nedeniyle hem sosyoekonomik hem de çevresel kalkınmaya fayda sağlayabilir ve bu nedenle genellikle endüstriyel değeri olmayan bir atık malzeme olarak kabul edilir (Rammou vd., 2021).



(a)



(b)

Şekil 3.15 Bitkinin görünüşü (a) ("Posidonia Oceanica", 2022) denizden çıkartılıp keçeleştirilme sonraki hali (b) ("Akdenizden gelen, %100", 2022)

### 3.5.17 Deniz Yosunu

Tablo 3.20 AYM olarak deniz yosunu

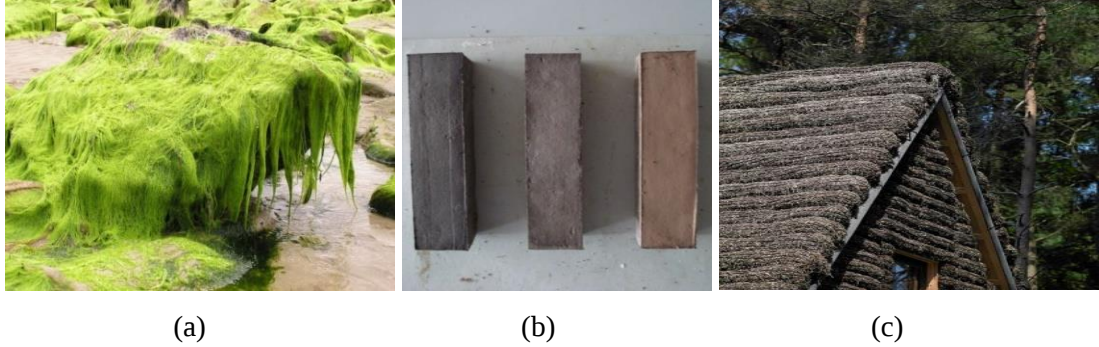
| DENİZ YOSUNU |                                                    |                                                                                        |
|--------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1            | Kökenlerine Göre;                                  | Organik / Doğal Ürün                                                                   |
| 2            | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Bölücü-Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım<br>Bölücü-Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3            | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | -                                                                                      |

Deniz yosunu yapı malzemesi olarak kullanıldığında, yosunun bol ve kolay erişilebilir olması, uzun süre dayanıklı olması, yalıtım olarak çok etkili olması, haşere ve çürümeye karşı doğal olarak korunmuş olması en büyük avantajlarındandır. Ayrıca deniz yosunu toksik değildir ve yanmazdır. Son olarakta 150 yıldan fazla beklenen bir ömrü vardır.

Deniz yosunları doğrudan çatıya yığılarak etkili bir yalıtım ve kaplama sağlanabilir. Ya da malzeme fileli torbalara doldurulur ve ahşap çerçeveli duvarlara ve evin çatısına uzunlamasına yapıştırılabilir. Aynı zamanda zemin, duvar ve tavanların yalıtılması için ahşap kasetler içine alınarak kullanılabilir. Bu prefabrik yapı modülleri evin çerçevesini oluşturmaktadır.

İnşaatta deniz yosunu kullanarak, inşaat sektörüne CO<sub>2</sub> azaltıcı, çevre dostu ve daha geniş anlamda sürdürülebilir bir malzemeyi yeniden kazandırılmaktadır (Frearson, 2013). Deniz yosunu ayrıca önemli güçlendirici özelliklere sahiptir. Sürdürülebilir yapı malzemeleri üzerine ortak bir çalışmada, Sevilla Üniversitesi ve Strathclyde Üniversitesi'nden araştırmacılar, koyun yünü ve kile eklenen deniz yosunundan elde edilen bir polimer ile tuğlalar oluşturdular. Bu yeni tuğlalar yalnızca standart tuğlalardan daha çevre dostu olmakla kalmaz, aynı zamanda mekânîk olarak geleneksel tuğlalardan daha güçlüdür. Yün ve deniz yosunu tuğlaların pişirilmesi gerekmediğinden, üretimleri sırasında çok daha az enerji tüketirler. Ek olarak, kile basitçe yün ve doğal deniz yosunu polimeri eklenerek elde edilen tuğla, geleneksel tuğlalardan %37 daha güçlüdür. Belki de şaşırtıcı olmayan bir şekilde, bu tür tuğlalar, sürdürülebilir düşüncenin hakim olduğu alanlarda çok

yaygın olan soğuk ve ıslak iklimlere karşı çok daha dirençli hale gelmektedir (“Strength of Seaweed”, 2014).



Şekil 3.16 Deniz yosunu görünüşü (a) deniz yosunu tuğlaları (b) (“Strength of Seaweed”, 2014) fileli torbalara doldurulmuş yalıtım malzemesi olarak deniz yosunu (c) (Frearson, 2013)

### 3.5.18 Kozalaklı Ağaçların İğneleri

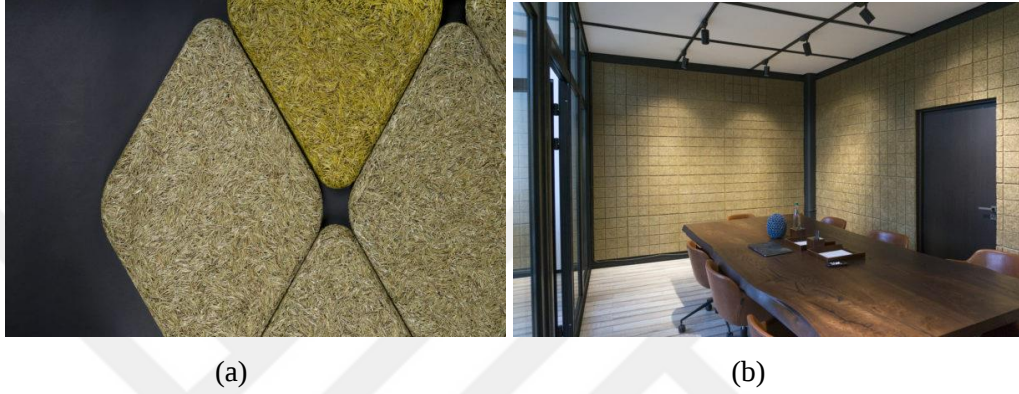
Tablo 3.21 AYM olarak kozalaklı ağaçların iğneleri

| KOZALAKLI AĞAÇLARIN İĞNELERİ |                                                    |                                              |
|------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1                            | Kökenlerine Göre;                                  | Organik / Doğal Ürün                         |
| 2                            | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Bölücü-Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3                            | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | -                                            |

Kozalaklı paneller, kozalaklı iğnelerden yapılmış dekoratif, ses emici panellerdir. Paneller, çevreye zarar vermeden sürdürülebilir malzeme kullanımına odaklanmaktadır. Genellikle kesilip atılan ağaçların iğneleri toplanarak duvar paneline dönüştürülür. Ses emici fiber malzeme, kozalaklı iğneler ve biyolojik olarak parçalanabilir bir bağlayıcıya dayanmaktadır. Köknar iğneleri, çam, ladin, karaçam, sedir ve diğer iğne yapraklı ağaçları kullanmak mümkündür. Malzeme, yeşilden kahverengiye değişen doğal renklerde ve iç mekânda orman atmosferi yaratan dokuda mevcuttur (“Conifer Needles Panels”, 2018).



Şekil 3.17 Kozaklı ağaçların iğnelerinden panel yapımına (“Conifer Needles Panels”, 2018)



Şekil 3.18 Kozaklı panel (a) kozaklı panel iç mekân duvar uygulaması (b) (“Conifer Needles Panels”, 2018)

### 3.5.19 Koyun Yünü

Tablo 3.22 AYM olarak koyun yünü

| KOYUN YÜNÜ |                                                    |                                                                                                                             |
|------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1          | Kökenlerine Göre;                                  | Organik / Doğal Ürün                                                                                                        |
| 2          | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım Bölücü-Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım Bölücü-Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3          | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | -                                                                                                                           |

Koyun yünü, yapı malzemeleri alanında çeşitli uygulama olanaklarına sahip çok yönlü bir malzemedir.

1. Isı yalıtım malzemesi olarak yün; Doğal ve yapay ısı yalıtım malzemeleri çok çeşitli olmakla birlikte en yaygın kullanılanları yün ve polistirendir. İki malzeme arasındaki en büyük fark, kökenlerindedir. Koyunlar yılda en az bir kez kırılır ve bu

onlara bir zarar vermez. Bu nedenle bir hammadde olarak yün, yenilenebilir bir kaynaktan gelir. Polistiren üretiminin hammaddesi ise yenilenemez bir enerji kaynağı olan ham petroldür. Bir yalıtım malzemesi olarak yün lifleri, gözleri, cildi ve akciğerleri tahriş etmez ve insan sağlığına hiçbir zararı yoktur. Uygulaması güvenli ve kolaydır. Koruyucu giysi veya özel solunum cihazı gerektirmez. Formaldehit, nitrojen dioksit ve kükürt dioksit gibi iç mekân hava kirleticilerini emebilir ve parçalayabilir, bu nedenle iç hava kalitesini iyileştirebilir. Bunlara ek nefes alabilir; Fiberglas esaslı polistiren gibi ürünlerden farklı olarak, termal performansı düşürmeden nemi emebilir. Koyun yünü yalıtım panellerinin kullanılmasıyla, evler enerjide % 80'e varan tasarruf sağlayabilir. Ayrıca yün yanmayı desteklemez ve yangın durumunda kendini söndürür. Havadaki nemi doğal olarak emdiği için yünün statik elektrik toplama eğilimi çok azdır. Son olarak ise gürültüyü emer (De Fazio ve Feo, 2017).

2. Betonda takviye olarak yün lifleri; Polipropilen lifler, 1960'lardan beri, kompozitin sünekliğinin ve darbe direncinin arttığını gözlemleyerek, patlamaya dayanıklı yapıların inşası için kullanılmaktadır. Bu liflerin hazırlanması için hammadde, yenilenemez bir enerji kaynağı olan bir hidrokarbondur. Polipropilen lifler kullanıldığında kompozitin sıkıştırma mukavemeti etkilenmez. Bunun yerine, koyun yünü lifleri kullanıldığında, referans örneğe kıyasla sıkıştırma mukavemetinin % 15-30 oranında azaldığı gözlemlenmiştir.

3. Karbon fiber öncüsü olarak yün; Karbon fiberler, neredeyse tamamen karbon atomlarından oluşan fiberlerdir. Liflerin sentezi için en yaygın olarak kullanılan hammadde veya öncül poliakrilonitrildir. Poliakrilonitril sentetik bir termoplastik reçinedir ve propilenden elde edilebilir. Karbon fiberlerin üretim süreci pahalıdır, yavaştır ve yüksek enerji tüketimi gerektirir. Hem öncünün doğası hem de karbon fiberlerin üretim süreci sürdürülemez çözümlerdir. Yün lifleri, karbon lifi üretimi açısından sentetik polimerin yerini alabilir (Korjenic, Klarić, Hadžić ve Korjenic, 2015).



(a)

(b)

Şekil 3.19 Koyun ve kuzudan ilkbaharda kırılan tüylere yapağı denir (a) (Jewell, 2013) yünün ısı yalıtımı malzemesi olarak uygulama örneği (b) (Legge, 2018)

### 3.5.20 Balık Pulu

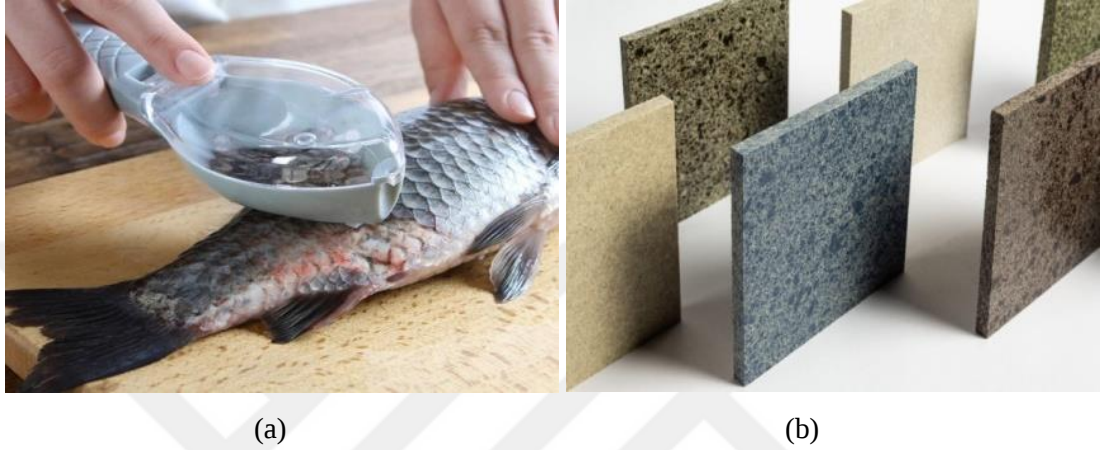
Tablo 3.23 AYM olarak balık pulu

| BALIK PULU |                                                    |                                        |
|------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1          | Kökenlerine Göre;                                  | Organik / Atık Ürün                    |
| 2          | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Bölücü-Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım |
| 3          | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                           |

Günümüzde balıklardan çıkan atıklar dünyanın çeşitli yerlerinde tekrar değerlendirilmektedir. Balıkların pul, deri, kemiksi yapıları ile diğer kısımlarından elde edilen atıklardan, su ürünleri sektörlerinde geri dönüşümü yapılarak yeni ürünler elde edilmektedir.

Tamamen balıkçılık endüstrisinininden elde edilen balık pullarından kaplama malzemesi yapılabilir. Bu malzeme sert saclarda üretilir, % 100 doğaldır, hiçbir kimyasal katkı maddesi içermez. Çevrede hızla bozular, çevre için güvenlidir ve üretici, üretim atıklarını geri dönüştürebilir. MDF ve betonunkilere benzer mekânîk özelliklere sahiptir. Ayrıca, VOC (Volatile Organic Compounds – Uçucu Organik Bileşikler) (çevreye ve insan sağlığına zarar verebilecek özellikteki kimyasal gazlar) ve formaldehit içermez, bu da onu iç ortamlar için uygun bir aday yapar. Balık pulu bazı uygulamalarda bu iki malzemenin yerini alma potansiyeline sahiptir. Balık pulu, öncelikli olarak iç mekân kaplama uygulamalarını

hedeflemektedir. Kendi reçinesi kullanılarak geleneksel yapıştırıcı olmadan yapıştırılabilir. Testerele, miller, CNC, zımparalama ekipmanı gibi geleneksel aletler kullanılarak dönüştürülebilir. Üretim süreci düşük enerji ve su tüketimine sahiptir ve zararlı kimyasallar kullanılmaz. Malzemenin her bir kilogramı, potansiyel olarak denizlerimizden çıkarılan bir kilogram atık anlamına gelir (“Scalite”, 2020).



Şekil 3.20 Balık pulları balıkçılık endüstrisinin büyük bir yan ürünüdür (a) (“Fast remove fish”, b.t.) balık pulundan yapılan kaplama malzemesi (b) (“Scalite”, 2020)

### 3.5.21 Deniz Kabukları

Tablo 3.24 AYM olarak deniz kabukları

| DENİZ KABUKLARI |                                                    |                                         |
|-----------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1               | Kökenlerine Göre;                                  | Organik / Atık Ürün                     |
| 2               | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3               | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                            |

Her yıl 7 milyon tondan fazla deniz kabuğu, deniz ürünleri ve su ürünleri endüstrisi tarafından atılmaktadır. Deniz salyangozu kabuğu, midye kabuğu, istiridye kabuğu, krepidula kabuğu ve deniz tarağı kabuğu bunların bilindik örnekleridir. Bir kısmı geri dönüştürülerek gübre olarak kullanılsada, çoğu çöplüklere veya deniz kıyısına atılmaktadır. Çöpe atılan, temizlenmemiş veya çürümüş deniz kabukları uzun süredir sahil kenarlarında yığılmaktadır. Bu da başta koku kirliliğine neden olmakta ve uzun vadede çevreyi kirletmektedir çünkü kabuklar biyolojik olarak parçalanamaz, bertaraf edilmesi pahalıdır. Bununla birlikte deniz kabukları, betonun

önemli bir bileşeni olan çimentoyu yapmak için kullanılan kireçtaşı olarak da bilinen kalsiyum karbonat bakımından zengindir.

Günümüzde deniz kabuğu atıklarından yapılan ve çimentoya göre enerji açısından daha verimli bir alternatif sunan sürdürülebilir bir malzeme geliştirildi. Deniz kabukları öğütülür ve doğal, toksik olmayan bağlayıcılarla birleştirilir. Karışım bir kalıba yerleştirilir ve karolar halinde katılaşmaya bırakılır. Sonuç, orijinal deniz kabuklarından doku ve renk varyasyonlarını koruyan sürdürülebilir bir çimento alternatifi elde edilir. Farklı kabuklar, bağlayıcılar ve doğal boyalar eklenerek farklı dokular ve renkler oluşturulabilir. Bu yöntem şu anda ısı, elektrik ve kimyasal işlemlerden kaçınmak ve sürecin mümkün olduğunca sürdürülebilir ve uygun maliyetli olmasını sağlamak için manuel olarak yürütülmektedir (Crook, 2020).



(a)



(b)

Şekil 3.21 Deniz ürünleri ve su ürünleri endüstrisinin atık kabuklarından yapılır (a) deniz kabuğundan yapılan beton örnekleri (b) (Crook, 2020)

### 3.5.22 Salyangoz Kabuğu

Tablo 3.25 AYM olarak salyangoz kabuğu

| SALYANGOZ KABUĞU |                                                       |                                                                                         |
|------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                | Kökenlerine Göre;                                     | Organik / Atık Ürün                                                                     |
| 2                | Kullanım Yerlerine Göre;                              | Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım<br>Bölücü-Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3                | Dönüştürerek Yeniden<br>Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                                                                            |

Deniz salyangozu, Nijerya dahil bazı kıyı ülkelerinde bulunan yenilebilir bir deniz ürünüdür. Kabuklar, kırılğan olmasına rağmen doku açısından çok güçlüdür. Yenilebilir salyangozun tüketilmesinden sonra kabuklar, çoğunlukla atılan ve çevresel kaygı haline gelen atık bir ürün haline gelir (Dauda vd.,2018).

Deniz salyangozu kabukları, beton ve kumlu blok üretiminde ince ve iri agregaların yerine ikame malzeme olarak kullanılabilir. Aynı zamanda deniz salyangozu kabukları lateritik toprak için stabilize edici olarak puzolanik potansiyeli bulunmaktadır. Diğer bir artısı kaba ve ince agreganın % 30'unun salyangoz kabuğu ile değiştirilmesinin yüksek bir basınç dayanımı sağladığını görülmektedir (Soneye, Ede, Bamigboye ve Olukanni, 2016). Aynı zamanda hem talaş hem de deniz salyangozu kabuklarını birleştirilerek kaliteli ve mukavemetli yonga levhalar üretilmiştir (Odeyemi, Abdulwahab, Adeniyi ve Atoyebi, 2020).



(a)



(b)

Şekil 3.22 Salyangoz kabuğu (a) ("Salyangoz Kabuğu", b.t.) salyangoz kabuğu tozu agrega olarak kullanılır (b) ("Powdered snail Shell", 2022)

### 3.5.23 Pirina (Zeytin Çekirdeği Posası)

Tablo 3.26 AYM olarak pirina (zeytin çekirdeği posası)

| PİRİNA |                                                    |                                              |
|--------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1      | Kökenlerine Göre;                                  | Organik / Atık Ürün                          |
| 2      | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Bölücü-Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3      | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                                 |

Öğütölmüş zeytin çekirdeği gibi zeytinyağı endüstrisinden gelen ve pirina yağı çıkarımından elde edilen atıkları çamur, kil tuğla ve çimento hamuru yapımında ikincil hammadde olarak kullanılabilir. Prina yağının çıkarılması ve yağın arıtılması işlemleri, çamur şeklinde atık su oluşturur. Bu bazen tarımda gübre olarak kullanılır, ancak çoğu zaman çöp alanlarına veya su kütlelerine atılır veya yakılarak olumsuz bir çevresel etki yaratır.

Günümüzde çok iyi bir yakacak olarak bilinen pirinanın kömür olarak değeriendirilmesi dışında kalan çamur kullanılarak alternatif tuğlalar üretilebilmektedir. Kil ve öğütölmüş zeytin çekirdeklerinden yapılan tuğlalar, iyi bir yapışma etkisi yaratırken ufalanma şansını azalttığı için olumlu bir etkiye sahiptir ve su emilimini de azaltmaktadır. Öğütölmüş zeytin çekirdeklerinin eklenmesinin tuğlaların ısı iletkenliğini iyileştirmekte ancak saf kil tuğlalara kıyasla mekânîk özelliklerini azaltmaktadır. Aynı zamanda pişmiş toprak tuğla gibi yapımında ateş kullanılmadığı için doğaya karbondioksit salınımı yapmaz

Bu zeytin atıkları ürünlerinin inşaat sektöründe alternatif hammadde olarak yeniden kullanılması endüstriyel atıkları azaltmakla kalmayıp aynı zamanda hammadde maliyetlerini de karşılayabilir. Aynı zamanda bu, doğal kaynakları da koruyan çevre dostu ve sürdürülebilir bir atık geri dönüştürme yöntemidir (Putinja, 2017).



(a)



(b)

Şekil 3.23 Pirina (a) ("Kuru pirina", b.t.) pirina tuğlaları (b) (Putinja, 2017)

### 3.5.24 Şeftali ve Kayısı Çekirdekleri

Tablo 3.27 AYM olarak şeftali ve kayısı çekirdekleri

| ŞEFTALİ VE KAYISI ÇEKİRDEKLERİ |                                                    |                                        |
|--------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1                              | Kökenlerine Göre;                                  | Organik / Atık Ürün                    |
| 2                              | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Bölücü-Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım |
| 3                              | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                           |

Tarımsal gıda endüstrisinden bir yan ürünü olan şeftali ve kayısı çekirdeklerinden herhangi bir katkı maddesi içermeyen, dayanıklı, % 100 doğal dekoratif bir dış mekân zemin kaplaması elde edilmektedir. Özel (ev bahçeleri ve teraslar, araba yolları, vb.) veya halka açık yerler (belediye bahçeleri, sürücüler ve parklar, meydanlar, anaokulu oyun alanları, otoparklar, döner kavşaklar, vb.) için kullanılabilir. Malzeme aynı zamanda uzun ömürlü malç olarak da kullanılabilir. Taş ocaklarından değil, doğal bir atık üründen geldiği için mineral çakıldan çok daha az çevresel ayak izine sahiptir. Malzeme toz bırakmaz, rüzgara ve akışa direnir, uygulaması ve bakımı kolaydır ve mükemmel bir termal tampon sağlar. Zemin önceden herhangi bir hazırlık gerektirmez ve yağışlı havalarda bile döşenebilir. Yıllar geçtikçe malzeme biraz koyulaşma eğilimindedir. Yaşam beklentisi yaklaşık on beş yıldır. Parçaların giderek daha küçük parçalara ayrışmasıyla birlikte, 3 cm'lik başlangıç tabakası, kalınlıkta çok yavaş azalma eğilimi gösterir. Parçalanma, taşlanmış alandaki sirkülasyonla orantılı olduğundan, değerlendirilen alandaki dolaşım yoğunluğuna bağlı olarak her 6 ila 10 yılda bir yarım tabakanın yeniden yüklenmesi önerilir ("Biogranulates", 2017).



Şekil 3.24 Şeftali ve kayısı çekirdeklerinin kurumuş hali (a) üretilen malzemenin paketli hali (b) malzemenin uygulama örneği (c) ("Biogranulates", 2017)

### 3.5.25 Turba (Peat)

Tablo 3.28 AYM olarak turba (peat)

| TURBA (PEAT) |                                                       |                                                                            |
|--------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 1            | Kökenlerine Göre;                                     | Organik / Atık Ürün                                                        |
| 2            | Kullanım Yerlerine Göre;                              | Taşıyıcı Ürün / Doğrudan Kullanım<br>Bölücü-Örtücü Ürün/ Doğrudan Kullanım |
| 3            | Dönüştürerek Yeniden<br>Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                                                               |

Turba (Peat), ölü olan bitkilerin su altında kalarak karbon düzeyi yükselerek kömürleşmiş olan linyit, antrasit, taş kömürü ve benzeri maddelerden birisidir. Turbayı öbür yoğun düzeyde karbon içeren maddelerden ayıran özelliği karbon miktarıdır. Karbon miktarı yaklaşık %60 ise turba, karbon miktarı yaklaşık %70 ise linyit, karbon miktarı yaklaşık %80 ile 90 aralığında ise taş kömürü, karbon miktarı yaklaşık %90 ile 95 aralığında ise antrasit ismini almaktadır.

Mevcut turba toprağı ile yerel olarak geliştirilebilen kompozit yapı malzemeleri, inşaat endüstrisinde büyük uygulama potansiyeline sahiptir. Mevcut turbayı kullanan ve sıkıştırılmış stabilizasyon tekniklerinden yararlanan turba tuğlası, geleneksel yapı malzemelerine kıyasla çevresel olarak sürdürülebilirdir. Elde edilen ürünle basınç dayanımı, eğilme dayanımı, birim ağırlık, ve ultrasonik darbe hızı önemli ölçüde azaltılır. Aynı zamanda yüksek organik ve su içeriği, farklı mekânîk özellikler gösterir ve konsolidasyon oturmaları, orta derecede yüke maruz kalacak olsa bile zaman alıcıdır ve nispeten pürüzsüz bir yüzey oluştuğunu göstermektedir. Turbanın verimli tuğla maddesi olarak uygulanması, duvar için kullanım potansiyeli ve ekonomik bina tasarımında uygulanabilir bir çözüm olduğunu göstermektedir. Öte yandan, yerel hammaddeleri kullanarak malzeme maliyetini düşürür, çünkü nakliye önemli ölçüde azalır. Buna ek olarak, turba katkılı tuğla üretimi için yakıt gerekmediğinden geleneksel ateşlemeli tuğlaların dezavantajını ortadan kaldırır (Islam, Hashim, Islam ve Kurnia, 2014)



(a)

(b)

Şekil 3.25 Turba görünümü (a) (Hamilton, 2013) turba tuğla örneklerinin görünümü (b) (Islam, Hashim, Islam ve Kurnia, 2014)

### 3.5.26 Muz Kabuğu Lifleri

Tablo 3.29 AYM olarak muz kabuğu lifleri

| MUZ KABUĞU LİFLERİ |                                                       |                                                                                        |
|--------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                  | Kökenlerine Göre;                                     | Organik / Atık Ürün                                                                    |
| 2                  | Kullanım Yerlerine Göre;                              | Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım<br>Bölücü-Örtücü Ürün/ Bileşen Olarak Kullanım |
| 3                  | Dönüştürerek Yeniden<br>Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                                                                           |

Muz lifleri çevre dostudur ve düşük yoğunluk, hafiflik, düşük maliyet, yüksek gerilme mukavemeti, suya ve ateşe dayanıklılık gibi önemli özellikler sunar. Bu tür atıkların inşaat ve yapı malzemelerinde farklı uygulamalar için kullanılma şansı daha yüksektir. Beton katkı maddesi olarak kullanılır. Karışım olarak çimento ve kumun yerini alan muz kabuğu lifi kullanarak üretilen beton blokların eğilme dayanımı artmış, daha da önemlisi basınç dayanımı artmıştır. İletim sıcaklığı yüzdesi ve sıcaklık düşürme süresi azalmış; dolayısıyla betondaki ekzotermik reaksiyonun katkı maddesi olarak kurutulmuş muz kabuğu tozu kullanılarak azaltıldığı görülmüştür. Muz aynı zamanda iyi akustik emiciliğe ve dayanıklılığa sahiptir (Coutt, 1990)

Doğal bir lif olan muz lifi, polimer kompozitlerin güçlendirme alanında son yıllarda önem kazanmaktadır. Kuzey Doğu Hindistan'da bulunan iki muz türü yani Musa sapientum ve Musa paradisica, daha yüksek lif verimleri ve liflerin yeterli mukavemet özellikleri dikkate alınarak seçildi. Bu liflerin kimyasal bileşimleri,

spektroskopik ve termal özellikleri, ticari keşiflere uygunluklarını incelemek için incelenmiştir. Düşük yoğunluklu polietilen (LDPE)-muz lifi takviyeli kompozitler, hidrolik sıcak pres kullanılarak hazırlandı. Kompozitlerin çekme ve eğilme dayanımları, elyafın %10-30'u kadar LDPE kullanıldığında artmış, daha sonra kademeli olarak azalmaya başlamıştır. Kompozitlerin genç modülleri, lif kütlesinin artmasıyla artmıştır. Lif ağırlığının artmasıyla buna bağlı olarak su emme de artmıştır. Kopma anındaki uzama, artan lif miktarı ile azalmıştır. Kimyasal olarak işlenmiş muz fiber-LDPE kompozitlerinin mekânîk dayanım özellikleri, mekânîk olarak ekstrakte edilmiş fiber-LDPE kompozitlerinden biraz daha yüksekti. Kompozitin çekme mukavemeti, eğilme mukavemeti, su emme kapasitesi gibi tüm özellikleri, bu polimer kompozit malzemelerde önemli bir rol oynar. Bu nedenle, muz lifinin kompozit endüstrisinde sürdürülebilir bir yapı malzemesi olarak başarılı bir şekilde güçlendirilmiş bir alternatif olarak kullanılabileceği sonucuna varılmaktadır (Das, Saikia ve Kalita, 2015).



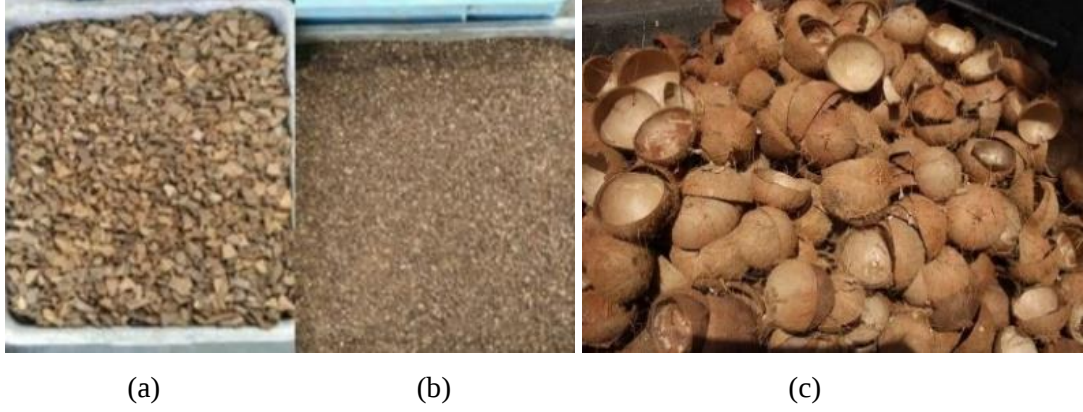
Şekil 3.26 Muz lifi (a) muz kabuğu tozu (b) muz unu (c) ("Banana by-products", 2014)

### 3.5.27 Hindistan Cevizi Kabuğu Lifi

Tablo 3.30 AYM olarak hindistan cevizi kabuğu lifi

| HİNDİSTAN CEVİZİ KABUĞU LİFİ |                                                       |                                                                                  |
|------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1                            | Kökenlerine Göre;                                     | Organik / Atık Ürün                                                              |
| 2                            | Kullanım Yerlerine Göre;                              | Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım<br>Bölücü-Örtücü Ürün/ Doğrudan Kullanım |
| 3                            | Dönüştürerek Yeniden<br>Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                                                                     |

Hindistan cevizi lifi, hindistan cevizi kabuğundan elde edilen doğal bir liftir ve tropikal her iklimde bol miktarda bulunur. Hindistan cevizi lifleri tipik olarak 10 ila 30 cm uzunluğundadır ve yüksek lignin içeriğine sahiptir. Beton üretimi; çimento, agregalar, su ve katkı maddeleri gibi bileşenlerin tüketimini içerir. Tüm bu bileşenler arasında agregalar ana bileşini oluşturur. ABD’de her yıl iki milyar agrega üretilmektedir. Doğal agregaların böyle bir oranda kullanılması, doğal agrega kaynaklarının korunması konusunda bir soruna yol açmaktadır. Ek olarak, agregaların çıkarılması ve işlenmesi ile ilgili işlemler, çevresel kaygıların başlıca nedenidir. Bunun ışığında, çağdaş inşaat mühendisliği yapısında, beton üretiminde doğal agrega yerine alternatif malzemelerin kullanılması, betonu sürdürülebilir ve çevre dostu bir yapı malzemesi haline getirmektedir. Bu yüzden betondaki iri agreganın kısmi ikamesi olarak hindistan cevizi kabuğu kullanılabilir. Öğütülmüş hindistan cevizi kabuğuna sahip betonun suya ve suyun içindeki aside, baza ve tuza karşı dayanıklı olduğu görülmüştür. Hindistan cevizi kabuğunun yoğunluğu 550 - 650 kg / m<sup>3</sup> aralığında olup, hafif agregalar için belirlenen sınırlar içindedir. Aynı zamanda hindistan cevizi kabuğunun kimyasal bileşimi ahşaba benzerdir. % 33.61 selüloz, % 36.51 lignin, % 29.27 ve % 0.61 kül içerir. Yüksek sıcaklıklarda ve basınç altında, lignin lifler için doğal bir tutkal görevi görür ve reçine benzeri güçlü ve stabil bir yapıştırıcı oluşturur. Yüksek lignin içeriği, hammaddenin herhangi bir bağlayıcı (dolgu maddesi, reçine, tutkal vb.) eklenmeden bir sunta içine bağlanmasına yardımcı olur. Bu yöntem, orta / yüksek yoğunluklu, bağlayıcısız, %100 hindistancevizi lifli sert levhalar üretmek için kullanılır. Bu biyolojik olarak parçalanabilen levhalar, doğal mantar önleyici özelliklere sahiptir ve ahşaptan üç kat daha yavaş yanar. Ayrıca, ticari ahşap bazlı panellerle karşılaştırılabilen veya hatta onlardan daha üstün olan mükemmel özellikler sergilerler. Mukavemetleri nedeniyle bu levhalar yapısal elemanlar için de kullanılma potansiyeline sahiptir. Bu levhalar ayrıca mükemmel bir akustik ve ısı yalıtımı sağlar. Aynı zamanda nem düzenleyicidir. Hindistan cevizi lifi nispeten su geçirmezdir ve tuzlu sudan kaynaklanan hasara dirençli birkaç doğal liften biridir (Shelke, Ninghot, Kunjekar ve Gaikwad, 2014).



Şekil 3.27 Ezilmiş hindistan cevizi kabuğu agregaları (a) İri agreg (b) ince agreg (Danraka, 2017)  
hindistan cevizi kabukları (c) (Zafar, 2022)

### 3.5.28 Patates Kabuğu

Tablo 3.31 AYM olarak patates kabuğu

| PATATES KABUĞU |                                                    |                                       |
|----------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1              | Kökenlerine Göre;                                  | Organik / Atık Ürün                   |
| 2              | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Bölücü-Örtücü Ürün/ Doğrudan Kullanım |
| 3              | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                          |

Orta yoğunluklu sunta (MDF) gibi inşaatta kullanılan tipik yapı malzemelerinin çoğu, toksik malzemeler ve formaldehit içerir, ayrıca şaşırtıcı derecede kısa bir ömre ve olumsuz çevresel etkiye sahiptir. Ancak artık bu tek kullanımlık malzemeler için yeni bir seçenek patates atıklarıdır.

Patateslerin kabuğu temizlenebilir, preslenebilir ve kurutularak hafif, ateşe dayanıklı, su itici, yalıtım malzemesi ve akustik emici oluşturarak MDF ve suntaaya bir alternatif oluşturabilir. Reçine bazlı muadillerinin aksine, kullanım sonrası biyolojik olarak parçalanabilir, kimyasallar ve formaldehit (metanal) içermez. Bu ürünler ömürlerinin sonuna geldiklerinde biyolojik olarak parçalanarak gübreye dönüştürülebilirler (Hitti, 2018).



(a)



(b)

Şekil 3.28 Patates kabukları (a) (Mwangasha, 2017) patates kabuğundan kompozit (b) (Hitti, 2018)

### 3.5.29 Hurma Çekirdeği Kabuğu

Tablo 3.32 AYM olarak hurma çekirdeği kabuğu

| HURMA ÇEKİRDEĞİ KABUĞU |                                                    |                                         |
|------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1                      | Kökenlerine Göre;                                  | Organik / Atık Ürün                     |
| 2                      | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3                      | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                            |

Hurma ağacı tür olarak palmyegillerdendir. Palmiye ağaçları ağırlıklı olarak Gana, Nijerya, Malezya, Brezilya ve benzeri Afrika ve Asya ülkelerinin tropikal bölgelerinde yetiştirilmektedir ve bu hurma çekirdeği kabuğunun büyük miktarları çoğunlukla palmiye yağının işlenebildiği alanlarda üretilmektedir (Olanipekun, Olusola ve Ata, 2006).

Afrika evlerinin büyük bir kısmı hurma çekirdeği kabuğu kalıntısını evlerde yemek pişirmek için çoğunlukla yakacak odunla kullanırken, kalan kısmı da çevre kirliliğine yol açan atık ürünler olarak doğada yığılmaktadır (Ndoke, 2006). Bunu önlemek adına biyokütle ve biyo-gübre uygulamaları, su arıtma, enerji depolama, beton takviye katkı maddeleri, süperkapasitör elektrodu, ileri malzeme geliştirme ve benzeri alanlarda hurma çekirdeği kabuklarının faydalı kullanımı araştıran çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Özellikle beton üretiminde başarılı olduğu kanıtlanmış bir tarımsal atıktır. Son otuz yılda, Afrika ve Güneydoğu Asya'da inşaat ve yol yapımında geleneksel normal ağırlıktaki agregaların yerini almak için hafif agrega

olarak bilim adamları tarafından kullanıldı. Hurma çekirdeği kabuğunun avantajlarından biri, normal ağırlıktaki agregalara (Bhavya ve Sanjeev, 2017) kıyasla daha iyi darbe direncine sahip olmasıdır. Sonuç olarak hurma çekirdeği kabuğu hafif agrega olarak yüksek izolasyon kapasitesi ve düşük ısı iletkenliği ile daha elverişli bir ortam ve düşük enerji kullanımı sağlamaktadır.



Şekil 3.29 Hurma çekirdeği kabuğu (a) (Palm Çekirdek Kabuğu, 2022) hurma çekirdeği kumu (b) (Hurma çekirdeği hamuru, b.t.)

### 3.5.30 Yer Fıstığı Kabuğu

Tablo 3.33 AYM olarak yer fıstığı kabuğu

| YER FISTIĞI KABUĞU |                                                       |                                                                                  |
|--------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1                  | Kökenlerine Göre;                                     | Organik / Atık Ürün                                                              |
| 2                  | Kullanım Yerlerine Göre;                              | Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım<br>Bölücü-Örtücü Ürün/ Doğrudan Kullanım |
| 3                  | Dönüştürerek Yeniden<br>Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                                                                     |

Dünyada yerfıstığı üretimi ortalama 18.54 milyon tondur. Fıstık endüstrisinin her zaman en büyük sorunu, meyvelerini teslim ettikten sonra kabuklara ne yapılacağıdır. Kabuklar, hava şartlarından kaynaklanan bozulmaya karşı dirençlidir ve normalde ahşap gibi benzer malzemelerin biyolojik olarak parçalanmasında rol oynayan böcekler, fıstık kabukları ile ilgilenmezler. Buna göre, kabuklar, toprak dolgularının önemli ölçüde aşırı yüklenmesine neden olan büyük tepecikler halinde doğada istiflenmiştir. Ayrıca, kısmen kabukların yangına dayanıklılığı ve kısmen de

bu tür bir yakmanın yaratacağı hava kirliliği sorunu nedeniyle yanma bir seçenek değildir. Yer fıstığı çiftçileri, sırf onlardan kurtulmak için seve seve birisine onları çekmesi için para verirdi. Yerfıstığı kabuklarının yapı malzemesi olarak kullanılması ile yapı endüstrisine, hammadde problemi yaşanmadan, ekonomik bir şekilde yeni malzeme kazandırılmıştır. Basit ısıtılma, sıkıştırma ve yapıştırma işlemi yoluyla, bu fıstık kabuğu atığı, neme ve ısıya dirençli bir biyokompozit yonga levhasına dönüştürülebilir. Yer fıstığı kabuklarının onları bir imha sorunu haline getiren aynı özellikleri- hava şartlarında bozulmaya karşı direnç, haşereden kaçınma ve ateşe dayanıklılık - onları mükemmel bir yapı malzemesi haline getirir.

Aynı zamanda yerfıstığı kabukları hafif agrega olarak kullanılabilir. Su emmesi daha düşüktür ve mekânîk dayanımları oldukça yeterli düzeydedir. Beton ısı yalıtım malzemesi değildir ancak, yerfıstığı kabuğu ile hafif betonun ısıl direnci özelliği artmıştır. Sonuç olarak bir ormanı yeniden çoğaltmak ve kereste fabrikasına kaynak sağlamak için 30-40 yıla ihtiyaç duyan ağaçların aksine, yer fıstığı yıllık olarak yenilenebilir bir üründür (Çelik ve Gürdal, 2010).



(a)



(b)

Şekil 3.30 Yer fıstığı kabuğu (a) (“Yer fıstığı öyle”, b.t.) yer fıstığı kabuğundan kompozit (b) (Kokoboard’dan Fıstık Kabuğu”, 2013)

### 3.5.31 Kahve Çekirdeği Kabukları

Tablo 3.34 AYM olarak kahve çekirdeği kabukları

| KAHVE ÇEKİRDEĞİ KABUKLARI |                                                    |                                              |
|---------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1                         | Kökenlerine Göre;                                  | Organik / Atık Ürün                          |
| 2                         | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Bölücü-Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3                         | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                                 |

Kahve kabukları, kahve çekirdeklerinin etrafında, çekirdeklerin kavrulması sırasında çıkan doğal bir malzemedir. Genellikle atık olarak kabul edilirler ve basitçe yığılara atılırlar. Bu atık miktarını çokluğunu, dünyanın en büyük kahve üreticilerinden biri olan Kolombiyadan yola çıkarak vericek olursak, yalnızca 2019 yılında tahminen 15 milyon torba kahve çekirdeği ürettiği kaydedilmiştir.

Ayrıca gelişen ticaretine rağmen Kolombiya, nüfusunun yaklaşık yüzde 35'inin yoksulluk içinde yaşamasıyla maalesef dünyanın ekonomik açıdan en dezavantajlı ülkelerinden biridir. Bu yüzden ülkede geri dönüştürülmüş plastik atıkları kahve kabuklarıyla birleştirildi ve inşaat için kullanılabilecek hafif kompozit geri dönüştürülmüş bloklar üretildi. Bu bloklar, herhangi bir özel eğitim veya alete ihtiyaç duymadan kolayca monte edilebilir, bu da yapım sürecini hızlı hale getirir. Sadece kahve kabuğu ve plastik esaslı levhalar ve çelik çerçevelerden üretilen prefabrik yapılar, bir haftadan az süren inşaat süresi ile kırsal ve ulaşılması zor alanlara kolayca taşınabilir. Bu aynı zamanda gıda atığı bazlı metan emisyonlarını da azalttı. Aynı zamanda kahve kabukları diğer elyaflardan daha güçlü ve daha kurudur ve bu evlerin her birinin 5.000 dolardan daha düşük bir fiyata satılmasına ve neme dayanıklı olmasına izin verir. Aynı zamanda kahve kabuğu yanmaz, son derece dayanıklı ve böceklerle karşı dayanıklıdır (Pritchett, 2021).



(a)

(b)

Şekil 3.31 Kahve kabukları (a) (“Coffee husk cashew”, b.t.) kahve kabuğu kompozit bloklarından prefabrik ev cephe kaplaması (b) (Pritchett, 2021)

### 3.5.32 Pirinç Kabuğu

Tablo 3.35 AYM olarak pirinç kabuğu

| PİRİNÇ KABUĞU |                                                    |                                              |
|---------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1             | Kökenlerine Göre;                                  | Organik / Atık Ürün                          |
| 2             | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Bölücü-Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3             | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                                 |

Tarımsal atıklardan elde edilen doğal lifler, hafifliği, düşük maliyeti ve çevre dostu olması gibi birçok avantajı nedeniyle polimer endüstrisinde önem kazanmaktadır. Pirinç kabuğu (RH), büyümeleri sırasında pirinç tanelerinin etrafında oluşan doğal bir kılıftır. Tarımsal endüstriyel atıklardan elde edilen bir doğal elyaf türü olan RH, çeşitli polimer matrislerdeki kompozit malzemelerde dolgu maddesi olarak kullanılabilir. RH dolgulu kompozitlerin bina ve inşaatla alternatif malzemeler olarak uygulanması, basit bir üretim süreci, ucuz ve erişilebilir malzemeler ve minimum makine kullanımına katkıda bulunur. Aynı zamanda yanmazlık özelliğine sahip, hafif, suya dayanıklı ve orta yoğunluklu bir yonga levha ile aynı mukavemettir. Dayanıklı evler inşa etmek için özellikle yalıtım malzemesi olarak, bölme duvar elemanlarında, tavan ve döşeme kaplamalarında, suya karşı dayanıklı ve hava koşullarına karşı dirençli bir ürün olması nedeniyle de bina dış cephe kaplama malzemesi olarak kullanılan bir malzemeye dönüşür (Arjmandi, Hassan, Majeed ve Zakaria, 2015).



(a)

(b)

Şekil 3.32 Pirinç kabukları (a) (“Çeltik Kavuzu – Pirinç”, b.t.) pirinç kabuğundan kompozit (b) (Grozdanic, 2017)

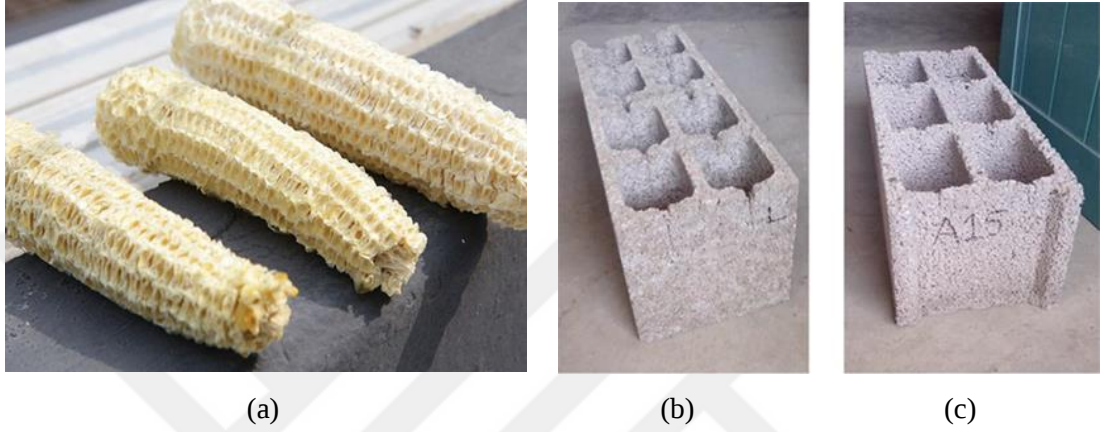
### 3.5.33 Mısır Koçanı

Tablo 3.36 AYM olarak mısır koçanı

| MISIR KOÇANI |                                                    |                                                                                      |
|--------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1            | Kökenlerine Göre;                                  | Organik / Atık Ürün                                                                  |
| 2            | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım Bölücü-Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3            | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                                                                         |

Romanya'da mısır mahsulü ülke tarımında önemli bir paya sahiptir, 2015 yılında Romanya mısır üretiminde Avrupa'da ikinci sırada yer almaktadır (Forti ve Henrard, 2016). Mısır koçanları toplam mısır üretiminin yaklaşık %15'ini temsil etmektedir. Genellikle hayvan yemi, toprak gübresi (Ashour vd., 2013) ve bazen evsel ısıtma için kullanılırlar, ancak esas olarak tarlada yakılarak bertaraf edilen tarımsal atık olarak kabul edilirler (Pinto vd., 2012). (Forti ve Henrard, 2016)'e göre, mısır üretimi artan bir eğilime sahiptir, bu nedenle türetilen atıklar da artmaktadır, bu da çevresel etkilerini azaltacak çözümler bulmak için başka bir nedendir. Portekiz inşaat endüstrisinde uygulanan, ekstrüde polistiren (XPS), genişletilmiş polistiren (EPS), mantar ve genişletilmiş kil gibi en yaygın ısı yalıtım ürünleri ile mısır koçanı karşılaştırıldı. Bu malzemelerin özellikleri karşılaştırılırken, özellikle mısır koçanı ve mantar arasında çeşitli benzerlikler bulunmuş, bu da mısır koçanının ısı yalıtım ürünleri, hafif bölme duvarlar, tavan kaplaması ve zemin kaplamaları, iç mekân

kapıları ve mobilyaları işlemek için bir hammadde olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Bu paneller, inşaat için güçlü, iyi yalıtım sağlayan, su emme gücü yüksek, yangına dayanıklı ve ucuz olan bir yapı malzemesi olarak kullanılır. Elde edilen sonuçlar daha çevre dostu bir yapı endüstrisine de katkıda bulunabilir (Pinto vd., 2012).



Şekil 3.33 Mısır koçanları (a) (“Dried Corn cob”, b.t.) granül mısır koçanı (PCC) (b) vegenişletilmiş kil (EC) (c) (Pinto vd., 2012)

### 3.5.34 Pirinç Kabuğu Külü (Rice Husk Ash) (RHA)

Tablo 3.37 AYM olarak pirinç kabuğu külü

| PİRİNÇ KABUĞU KÜLÜ (RICE HUSK ASH) (RHA) |                                                    |                                                                                         |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                        | Kökenlerine Göre;                                  | Organik / Yan Ürün                                                                      |
| 2                                        | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım<br>Bölücü-Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3                                        | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                                                                            |

Pirinç kabuğu, değirmencilik endüstrisinin bir yan ürünüdür. %92-95 oranında silisli, son derece gözenekli ve yüksek oranda kül içeriğine sahiptir. RHA tipik olarak %50 selülozdan oluşur ve geri kalanını lignin, kül ve nem oluşturur. Tarım sektöründe atık madde olarak kabul edilen pirinç tanelerinin koruyucu kaplamasıdır. Her yıl üretilen atık miktarı nedeniyle bertarafı dünya çapında bir sorun haline gelmiştir. (“Rice husk ash”, 2020).

Pirinç kabuğu külünün bina inşaatlarında uygulamaları:

1. Düşük Maliyetli Yapı Taşları: Sıradan Portland imento su gelişmemiş ülkeler için pahalıdır ve düşük maliyetli yapı malzemesi ihtiyacı yüksektir. Çimento, betonun en pahalı bileşeni olduğu için, çimentonun bir kısmını pirinç kabuğu külü ile değiştirmek beton maliyetini büyük lde düşürür. %50 çimentonun pirinç kabuğu külü ile değiştirilmesinin beton maliyetini %25 oranında azaltacağı gösterilmiştir.

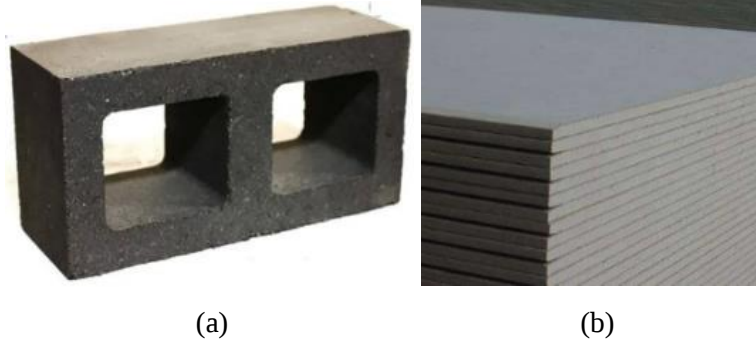
2. Refrakter Tuğlalar: Yalıtım özelliklerinden dolayı refrakter tuğla üretiminde kullanılmıştır. Hafif gözenekli bir ürün elde etmek için fırınlama sırasında organik maddenin yakıldığı refrakter tuğlalarda organik dolgu maddesi olarak kullanılabilir. Refrakter tuğlalar aşırı sıcaklıklara maruz kalan fırınlarda kullanılmaktadır.

3. Hafif Yapı Malzemeleri: RHA ile daha yüksek dayanımlı beton, elik çerçeveli binalar için daha hafif duvarlar sağlayan gelişmiş ısı yalıtım özelliklerine sahip içi boş bloklar gibi daha hafif ürünlerin üretilmesine olanak tanır. Ayrıca imento ve agrega miktarının azalmasına neden olur. Pirinç kabuğu külü, hafif yalıtım levhaları üretmek için kullanılır.

4. Yalıtım Malzemesi: Konutlarda, iftlik yapılarında ve soğuk hava depolarında gevşek yalıtkan olarak kullanılır. İstenirse, bir borik asit ve boraks çözeltisine batırılarak aleve dayanıklı hale getirilebilir. Pirinç kabuklarının yalıtım değeri oldukça yüksektir.

5. Zemin İyileştirme: Sığ stabilizasyon için az miktarda imento ile pirinç kabuğu külü kullanılabilir.

6. elik Sanayi: Yüksek kaliteli yassı elik üretmek için kullanılır. Pirinç kabuğu külü, düşük ısı iletkenliği, yüksek erime noktası, düşük kütle yoğunluğu ve yüksek gözeneklilik gibi istenen özelliklerinden dolayı yalıtkan olarak kullanılır. Çeliğin hızlı soğumasını önlemek ve homojen katılaşmayı sağlamak için kullanılır (Hamakareem, 2020).



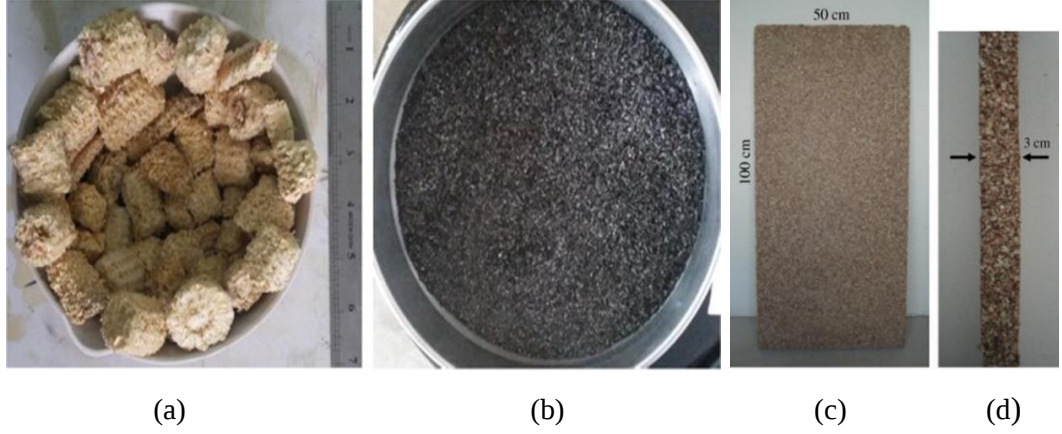
Şekil 3.34 Beton bloklardaki çimentonun bir kısmını değiştirmek için kullanılan pirinç kabuğu külü  
(a) pirinç kabuğu alçıpan (b) (Hamakareem, 2020)

### 3.5.35 Mısır Koçanı Külü

Tablo 3.38 AYM olarak mısır koçanı külü

| MISIR KOÇANI KÜLÜ |                                                       |                                                                                         |
|-------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                 | Kökenlerine Göre;                                     | Organik / Yan Ürün                                                                      |
| 2                 | Kullanım Yerlerine Göre;                              | Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım<br>Bölücü-Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3                 | Dönüştürerek Yeniden<br>Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                                                                            |

Alternatif puzzolanik tozlar ile çevre kirliliğini azaltmaya yardımcı olunabilir. Böyle bir puzzolanik malzeme mısır koçanı külü (CCA) (Corn Cob Ash) ile temsil edilebilir. Puzzolanik özellikleri, bileşiminde %37.00- %67.33 arasında önemli bir oranda SiO<sub>2</sub> (Silika) bulunmasından kaynaklanmaktadır, bu madde puzzolan reaksiyonunda doğrudan ima edilmektedir (Simon, vd. 2016). Tane mısır ve mısır koçanı karışımı üretiminin Avrupa’da toplam tahıl üretiminde üçüncü sırada yer alması nedeniyle CCA sürdürülebilir bir puzzolanik malzeme olabilir. Kısmi çimento ikamesi olarak CCA’lı beton üzerinde yapılan bir çalışma, %8 CCA’nın betonun basınç dayanımını hızlandırıcı katkı kullanarak %10, su azaltıcı ve geciktirici kullanarak %14,3 ve betonun basınç dayanımını %29,1 artırdığını ortaya koymuştur. Sera gazındaki hızlı artış, çevre üzerinde zararlı etkilere neden olur. Bu yüzden bir miktar çimentonun mısır koçanı külü ile değiştirilmesiyle karbondioksit emisyonunu ciddi miktarda azaltılabilir (Gradinaru, Barbuta, Babor ve Serbanoiu, 2019). Aynı zamanda mısır koçanı toz haline getirildikten sonra bağlayıcı olarak epoksi, alçı veya çimento kullanımıyla yalıtım malzemesi de üretilebilmektedir.



Şekil 3.35 Mısır koçanı (a) mısır koçanı külü (b) (Memon, Javed ve Khushnood, 2019) mısır koçanı külü katkılı levha eni boyu (c) kalınlığı (d) (Mohlalavd.,2016)

### 3.5.36 Şeker Kamışı Küspesi Külü

Tablo 3.39 AYM olarak şeker kamışı küspesi külü

| ŞEKER KAMIŞI KÜSPESİ KÜLÜ |                                                    |                                                                                         |
|---------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                         | Kökenlerine Göre;                                  | Organik / Yan Ürün                                                                      |
| 2                         | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım<br>Bölücü-Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3                         | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                                                                            |

Şeker kamışı küspe külü (SCBA) (Sugar Cane Bagasse Ash), şeker ve etanol endüstrisinin bol miktarda yan ürünüdür. SCBA genellikle gübre olarak kullanılmakta veya düzenli depolama alanlarına atılmakta ve bu da yoğun çevresel kaygılara yol açmaktadır. Bu nedenle son yıllarda, SCBA'nın bolluğu ve puzolanik özellikleri nedeniyle inşaat malzemelerinde kullanımına odaklanılmıştır. SCBA, uçucu kül gibi, Portland çimentosunda tamamlayıcı bir bileşen olarak kullanılabilir. Kül, esas olarak Portland çimento karışımlarında dikkatle incelenen bir element olan silikon dioksittir ve performansından ödün vermeden çimentonun %20 ila %50'sinin yerini alabilir. SCBA, araştırmacılar tarafından beton, harç, tuğla ve kil karolarda test edilmiştir.

Aynı zamanda SCBA, yapı malzemelerinde klorür ve sülfat direncini artırmaktadır. Özellikle tek kullanımlık ürünler için plastik bir yedek olarak da

kullanılabilir. Bu malzemelerin doğasında bulunan biyolojik olarak bozunabilirliği, onları çevremizi göz önünde bulundurarak tercih edilen bir seçim haline getirir (“Sugarcane Waste As”, b.t.).



Şekil 3.36 Şeker kamışı küşpesinden tuğla üretimi (a) (“Sugarcane Waste As”, b.t.) şeker kamışı küşpesi (b) Şeker kamışı küşpesi külü (c) (Gandhi ve Shukla, 2021)

### 3.5.37 Uçucu Kül

Tablo 3.40 AYM olarak uçucu kül

| UÇUCU KÜL |                                                    |                                                                                                                                       |
|-----------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | Kökenlerine Göre;                                  | İnorganik / Yan Ürün                                                                                                                  |
| 2         | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım<br>Tamamlayıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım<br>Bölücü-Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3         | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                                                                                                                          |

Uçucu kül (flay ash), termik santraller tarafından kömür yakılarak elektrik üretilirken açığa çıkar ve atık bir maddedir. Uçucu külün boşaltılması çevresel sorunlara neden olur. Uçucu külün temel özellikleri bilinçli ve doğru kullanıldığında başarılı bir malzeme olduğu kanıtlanmıştır.

Uçucu kül, Portland çimentosunun çimento hidrasyonu sırasında üretilen hem ısıyı hem de kalsiyum hidroksiti kullanabilen toz halinde bir puzolondur. Bu nedenle, kısmi ikame malzemesi haline gelmiştir. Uçucu külün bir puzolanik malzeme olarak kullanılması, daha düşük hidratasyon ısısı, daha az su gereksinimi, dayanıklı betonla

sonuçlanan azaltılmış geçirgenlik, sülfatlar ve klorürlerin kimyasal saldırısına karşı artan direnç gibi önemli gelişmeler sağlar. Uçucu külün betonda kullanılmasının en büyük nedeni, kullanımıyla ilişkili artan yaşam döngüsü beklentisi ve dayanıklılık artışıdır. Hidrasyon işlemi sırasında Uçucu kül, kalsiyum hidroksit ile kalsiyum silikat hidrat ve kalsiyum alüminat oluşturarak kimyasal olarak reaksiyona girerek kalsiyum hidroksitin sızma riskini ve betonun geçirgenliğini azaltır. Uçucu kül ayrıca, kütlede kalan kılcal gözeneklerin hacmini azaltan su-çimento oranını düşürerek betonun geçirgenliğini artırır. Uçucu külün küresel şekli betonun konsolidasyonunu iyileştirir ve bu da geçirgenliği azaltır. Uçucu kül kullanımı çimento üretiminde kil, kum, kireç taşı ihtiyacını azaltır ve dolayısıyla doğal kaynakları korur. Uçucu kül gibi atık malzemelerin çimento yerine bu şekilde geri dönüştürülmesi, Uçucu kül kullanımı çimento ihtiyacını azaltır ve dolayısıyla çimento üretimi sırasında karbondioksit salınımı azalır. Ayrıca uçucu külün çok verimli, kullanışlı ve karlı bir şekilde bertaraf edilmesi için geniş bir ortam sağlar.

Tuğlalar bir dizi farklı malzemeden yapılabilir, ancak genellikle belirli bir miktarda plastisiteye sahip olmaları (gelişebilmeleri) gerekir. Uçucu kül bunlardan biridir. Uçucu külün toprakla birlikte kullanılması ve tuğlaların tarımsal atıklarla pişirilmesi yapı malzemesinin yani kil tuğlaların maliyetini düşürecektir. Uçucu kül, endüstri için bir yük olan endüstriyel bir atıktır, endüstrilerden ücretsiz olarak alabilir ve uçucu kül tuğlalarının imalatında kullanabiliriz (Mutkekar ve Shweta, 2017).



Şekil 3.37 Uçucu kül (a) (Engin, 2015) uçucu kül tuğla (b) (“Uçucu Kül Tuğla”, b.t.

### 3.5.38 Fırın Cürufu

Tablo 3.41 AYM olarak fırın cürufu

| FIRIN CÜRUFU |                                                    |                                                                                                                                 |
|--------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1            | Kökenlerine Göre;                                  | İnorganik / Yan Ürün                                                                                                            |
| 2            | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım Bölücü-Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım Tamamlayıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3            | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                                                                                                                    |

Yüksek fırın cürufu (YFC) (BFS) (Blast Furnace Slag), demir cevheri, kok ve kireçtaşı karışımıyla beslenen yüksek fırınlarda demir üretiminden elde edilen bir yan üründür. İşlemden, demir cevheri demire indirgenirken, kalan tüm malzemeler erimiş bir sıvı olarak akıtılan ve soğutulan cürufu oluşturur. Cüruf büyük miktarlarda üretilir ve önemli bir çöp sahası atığı ve kirlilik kaynağı olma potansiyeline sahiptir. Ancak cürufun kendisi bir değere sahiptir ve yeniden işlenmiş, granüle cürufu çimento, tuğla, beton agregaları, duvar malzemeleri ve cam-seramik karolar gibi farklı yapı malzemelerinde geri dönüştürmek ve yeniden kullanmak için teknolojiler ortaya çıkmıştır.

Ulusal Cüruf Derneği web sitesine göre, cüruf için ortak kullanım alanları şunlardır: **1-)** Granüler temel, setler, mühendislik dolgusu, otoyol banketleri ve sıcak karışım asfalt kaplamada agrega **2-)** Köprü yapımında ve beton duvarda beton agregası **3-)** Mahsul verimini artırmak için tarımsal uygulamalar **4-)** Konut ve ticari izolasyon, boru ve proses izolasyonu, gemiler, mobil evler ve ev tipi pişirme aletleri için izolasyon **5-)** Erozyon kontrolü, mineral filtre, kıyı takviyesi ve set, resif ve deniz duvarlarının inşası gibi (Dietz, 2014).

Yüksek fırın cüruf çimentonun avantajları: **1-)** Elde edilen ilk dayanım, geleneksel betondan daha düşüktür, ancak kazanılan daha yüksek nihai dayanım, geleneksel betona eşit ve bazen daha yüksektir. **2-)** Cüruf ince öğütüldüğünden gözenekleri verimli bir şekilde doldurma kapasitesine sahiptir, işlenebilirliği yüksektir ve kanaması düşüktür. **3-)** Sülfat ve klorür saldırısına karşı iyi bir dirence sahiptir ve

agregalarla daha az alkali-silika reaksiyonu riskine sahiptir. **4-)** Yavaş hidrasyon işlemi nedeniyle, çökme tutma ve ilk sertleşme süresi daha fazladır. **5-)** İncelik nedeniyle daha fazla dayanıklılık ve azaltılmış geçirgenlik. **6-)** Cüruf ekzotermik bir süreç ise hidrasyon süreci, dolayısıyla hidrasyon ısısı üretimi yavaştır. Bu özelliğinden dolayı bu tip çimento, termal çatlama sorununun ön görüldüğü yerlerde kullanılabilir. **7-)** Rengi beyaz olduğu için elde edilen çimento rengi konvansiyonel çimentoya göre daha açık renklidir. **8-)** Cürufun geri dönüşümü, atık ve bertaraf maliyetlerini en aza indirir, enerji kullanımını azaltır, fırın ömrünü uzatır ve cüruf yapmak için gereken katkı maddelerinin miktarını azaltır (Rahman, 2018).



Şekil 3.38 Yüksek fırın cürufu (YF) (a) (Engin, 2022) kanal kaplamasında cüruf çimentosu kullanımı (b) (Rahman, 2018)

### 3.5.39 Silika Dumanı

Tablo 3.42 AYM olarak silika dumanı

| SİLİKA DUMANI |                                                    |                                         |
|---------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1             | Kökenlerine Göre;                                  | İnorganik / Yan Ürün                    |
| 2             | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3             | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                            |

Silika dumanı (SF) (Silica Fume), silikon ve ferrosilikon alaşımlarının üretiminde eritme işleminin bir yan ürünüdür. Ayrıca ferromanganez, ferromagnezyum, ferrokrom ve kalsiyum silikon, diğer silikon alaşımlarının üretiminde de yan ürün olarak toplanır. Malzeme, genellikle SF bileşenlerinin %90'ından fazlasını oluşturan

son derece ince amorf silikon dioksit ( $\text{SiO}_2$ ) parçacıkları içerir. SF, aşırı inceliği ve yüksek silika içeriği nedeniyle, mekânîk ve dayanıklılık özelliklerini geliştirmek için çimento harcı ve betonda tamamlayıcı çimentolu malzeme olarak kullanım için uygun bir puzolanik malzeme olarak kabul edilmiştir. SF'nin kullanımı, dünya çapında beton endüstrilerinde iyi yerleşmiştir ve belki de inşaat endüstrisinde endüstriyel yan ürünlerin en derinlemesine yerleşmiş ve kabul görmüş kullanımını temsil etmektedir.

Betonda silika dumanının avantajları: **1-)** Çok kararlı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip bir tür nötr inorganik dolgu maddesidir. Kristal su içermez, kürlenme reaksiyonuna katılmaz ve reaksiyon mekânizmasını etkilemez. **2-)** Çeşitli reçine türleri için iyi sızma, iyi adsorpsiyon performansı, karıştırılması kolaydır. **3-)** Kürlenmiş ürünlerin çekme mukavemetini, basınç mukavemetini, darbe mukavemetini ve aşınma direncini büyük ölçüde iyileştirebilir ve aşınma direnci 0,5-2,5 kat artırılabilir. **4-)** Termal iletkenliği artırabilir, yapışkan viskozitesini değiştirebilir ve alev geciktiriciliğini artırabilir. **5-)** İnce tane boyutu ve silika dumanının makul dağılımı nedeniyle, çökmeyi ve tabakalaşmayı etkili bir şekilde azaltabilir ve ortadan kaldırabilir. **6-)** Saf silikon tozu, düşük kirlilik içeriği, kararlı fiziksel ve kimyasal özellikler, böylece kürlenme malzemesinin iyi yalıtım özelliklerine ve ark direncine sahip olması. **7-)** Kimyasal bileşimi, inert malzemeye ait olan silikadır ( $\text{SiO}_2$ ). Çoğu asit veya alkaloid ile reaksiyona girmez. Silikon tozu, nesnelerin yüzeyine eşit olarak dağıtılır ve kaplanır. Güçlü korozyon direncine sahiptir ve kavitasyon direnci 3-16 kat artmıştır. **8-)** Düşük kütle yoğunluğu polimer dolgu malzemesi miktarından tasarruf sağlayarak ürünün maliyetini düşürebilmektedir. **9-)** Donma direnci iyidir ve mikro silika dumanının bağlı elastik modülü 300-500 hızlı donma-çözülme çevriminden sonra %10 ila %20 iken, 25-50 çevrimden sonra sıradan betonun ortalama elastik modülü %30 ila %73'tür. Bu nedenle betonun donma direnci iyileştirilebilir. **10-)** Mikrosilika beton indüksiyon süresini kısaltabilir ve erken dayanım özelliklerine sahip olabilir ("Why need to add", b.t.).



(a)

(b)

Şekil 3.39 Silika dumanı (a) ( “What is silica”, b.t.) silika dumanı katkılı beton bloklar (b) (“Çimento-harç”, b.t.)

### 3.5.40 Ferrock

Tablo 3.43 AYM olarak ferrock

| FERROCK |                                                    |                                         |
|---------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1       | Kökenlerine Göre;                                  | İnorganik / Yan Ürün                    |
| 2       | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3       | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                            |

Ferrock, yapı malzemesi oluşturmak için çelik endüstrisinden gelen çelik tozu ve öğütülmüş camdan silika dahil olmak üzere geri dönüştürülmüş malzemeleri kullanan, yeni nesil bir malzemedir. Çimentonun yapımında kullanılan kireç taşıyı işlemek için son derece yüksek bir ısı gerektirdiğinden bunun ikamesi olarak bugün ferrock kullanılmaktadır ve günümüzde dünyanın önde gelen kullanım alanlarından biri olan Portland çimentosu ile karşılaştırıldığında, Ferrock aslında beş kat daha güçlüdür. Kırılmadan önce daha fazla sıkıştırmaya dayanabilir ve çok daha esnektir, yani sismik faaliyetin veya endüstriyel süreçlerin neden olduğu yer hareketlerine potansiyel olarak direnebileceği anlamına gelir. Ferrock'un benzersiz özelliklerinden biri, tuzlu su ortamlarında daha da güçlenerek deniz temelli inşaat projeleri için ideal hale getirmesidir. Ve kururken büyük miktarlarda CO<sub>2</sub> yaymak yerine, Ferrock aslında onu emer ve bağlar. Bu, sera gazlarını yakalamaya gerçekten yardımcı olan karbon negatif bir süreçle sonuçlanır (Osso vd. 1996).



(a)

(b)

Şekil 3.40 Ferrock tuğlalar (a) çimento yapımında ferrock kullanımı (b) (Bonnefin, 2022)

### 3.5.41 Taş Tozu

Tablo 3.44 AYM olarak taş tozu

| TAŞ TOZU |                                                    |                                         |
|----------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1        | Kökenlerine Göre;                                  | İnorganik / Yan Ürün                    |
| 2        | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3        | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                            |

Taş tozu, taş kırma ve işleme endüstrisinin bir yan ürünüdür. Gelişmekte olan ülkelerde altyapı geliştirmeye bağlı olarak yaşanan kapsamlı büyüme, büyük miktarda beton tüketimine neden olarak beton malzemelere olan talebi artırmaktadır. Beton için oldukça büyük miktarlarda ince agregalara ihtiyaç duyulmaktadır, bu nedenle kaliteli nehir kumu kıtlığı, ince agrega bulunabilirliği üzerinde baskı oluşturmaktadır. İnce agregaların yüksek talebini karşılamak için alternatif malzeme arayışları devam etmektedir. Taş tozu kuma büyük bir alternatiftir. Kumun taş tozu ile değiştirilmesinin avantajları, kolay işlenebilirlik (WKA), basınç dayanımı (CS) ve gerilme mukavemeti (TS) dahil mekânîk özelliklerin kuma göre daha yüksek olmasıdır. Başlıca su emme (WA), asit direnci (AR) ve sülfat direnci (SR) gibi dayanıklılık özellikleri de kuma göre daha fazladır. Aynı zamanda en büyük avantajı atık ürünlerin faydalı tüketimiyle sonuçlanacak ve böylece bertaraf edilmesiyle ilgili çevresel sorunları ortadan kaldıracaktır (Jha, Sachan ve Singh, 2020).



(a)

(b)

Şekil 3.41 Taş (a) (“Kum ve Agregâ”, b.t.) taş tozu (b) (“Stone powder”, b.t.)

### 3.5.42 Kerpiç

Tablo 3.45 AYM olarak kerpiç

| KERPİÇ |                                                    |                                         |
|--------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1      | Kökenlerine Göre;                                  | İnsan Yapımı                            |
| 2      | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3      | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                            |

Kelime genellikle bir mimari stili tanımlamak için kullanılsa da, kerpiç aslında bir yapı malzemesidir (Craven, 2019). Kerpiç, inşaat için toprağı kullanmanın en iyi bilinen yollarından biridir. Kerpiç tuğlalar binlerce yıldır kullanılmaktadır ve muhtemelen ilk insan yapımı malzemelerden biridir. Arkeolojik kanıtlara göre, kerpiç 12.000 ila 10.000 yıl önce icat edilmişken, kalıplı kerpiç üretimi 7.000 yıl önce Mezopotamya'da gelişmiştir (Morton, 2008). Dünya çapındaki kerpiç yapıları, oldukça basit alçak konut birimlerinden, bazıları önemli estetik çekiciliğe ve tarihi değere sahip olan kaleler, saraylar, mezarlar ve tapınaklar gibi daha büyük konut birimlerine kadar çeşitlilik gösterir. Bugün bile dünya nüfusunun %30'u toprak yapılarda yaşamaktadır ve bunların çoğu kerpiçten inşa edilmiştir (Houben ve Guillaud, 1994). Yapım yöntemleri ve kerpiç bileşimi - tarifi iklime, yerel geleneklere ve tarihi döneme göre değişir. Su ile plastik kıvama gelene kadar karıştırıldığında istenilen kalıba dökülebilen, harç olarak veya sıva olarak kum, silt ve kil kullanılabilen bir karışımdır. Çoğu durumda, çatlamaya karşı direncini artırmak için kerpiçlere saman eklenirken artık ot ve dalların kullanımı da mevcuttur.

Ayrıca değişen miktarlarda küçük taş veya çakıl içerme eğilimindedir. Kerpiç duvarlar taşıyıcı ve kalındır, bazen payandalarla desteklenir. Kerpiciñ gücü ve esnekliği su içeriğine göre değişir: Çok fazla su tuğlayı zayıflatır. Günümüzün kerpiçleri bazen su geçirmezlik özelliklerine yardımcı olmak için eklenen bir asfalt emülsiyonu ile yapılır. Asfalt yerine portland imentosu ve kireç karışımı da eklenebilir. Latin Amerika'nın bazı bölgelerinde su yalıtımı için fermente kaktüs suyu da kullanılır (Craven, 2019). retimi ve uygulaması için ek enerji kaynakları gerektirmeyen, tamamen geri dönüştürülebilir ve bertaraf edildiğinde minimum düzeyde atık oluşturan evre dostu bir malzemedir. Ayrıca, mevcut yapıların korunmasına ve restorasyonuna uygulanabilir, böylece sürdürülebilir kalkınmayı arttırır. Amerika Birleşik Devletleri, Birleşik Krallık, Almanya ve Yeni Zelanda gibi bazı gelişmiş ülkelerde bile kerpiç şu anda alternatif, düşük maliyetli ve çevresel etkisi minimum olan bir inşaat malzemesi olarak kullanılmaktadır (Illampas, Ioannou ve Charmpis, 2009)



şekil 3.42 Kerpiç tuğla yapımı (a) kerpiç tuğladan yapılmış yapı duvarları (b) (Baraya, 2020)

### 3.5.43 im Beton (Grasscrete)

Tablo 3.46 AYM olarak çim beton (grasscrete)

| ÇİM BETON (GRASSCRETE) |                                                    |                                         |
|------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1                      | Kökenlerine Göre;                                  | İnsan Yapımı                            |
| 2                      | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Taşıyıcı rn / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3                      | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                            |

Çim Beton, içinde doğal çim yetiştirebileceğiniz, boşluklu saha betonudur. Estetik açıdan hoş ve çevre dostu kentsel çevre sağlamaya yardımcı olan çevresel bir çözümdür. Grasscrete araç park etme ve su yönetimi uygulamaları için bize geçirimsiz kaplama sunan çevre dostu bir çözümdür. Genellikle; araç park etme, erişim yolları, yol omuzları, araba yolları, yangın ve acil durum erişimi uygulamaları için kullanılabilir.

Çim betonun avantajları; **1-)** Yüksek yük taşıma kapasitesine sahiptir. 114,000 pound (51,858 kg) araç yükünü destekler. Ayrıca, askeri tank ve hafif hızlı raylı sistem erişimi gibi diğer uygulamaları da destekler. **2-)** Farklı yerleşime direnir. Bildiğimiz gibi, monolitik bir beton levha, yükün ağırlığını daha geniş bir yüzey alanına eşit olarak dağıtır, böylece modüler çim beton sisteminde sıklıkla görülen farklı oturmalara direnir. Çim beton kaplamaların yapısal dayanımı bitki örtüsüne bağlı değildir ve beton istenilen basınç dayanımına ve eğilme dayanımına ulaştığında satılabilir. **3-)** Çim beton donmaya-çözölmeye dayanır ve eğimi korur. Çim beton kaplamanın bu faydası, zorlu şev koruma işlerinde yardımcı olur. **4-)** Kenar detayları gerekli değildir. Modüler prekast beton, kenar kısıtlamaları veya bordürler gerektirirken çim beton ise böyle şeyler gerektirmez. **5-)** Kesit kalınlığı ve sürekli donatı dikkate alınarak çim beton, diğer geçirimli kaplama tiplerine göre daha az kalınlıkta alt temel ile döşenebilir. **6-)** Diğer konvansiyonel geçirimsiz kaplama sistemleri ile karşılaştırıldığında uzun bir kullanım ömrüne sahiptir. 1974'ten bugün hala yerinde olan enstalasyonları mevcut. **7-)** Düşük bakım maliyetleri gerektirir. **8-)** Büyük ölçüde geri dönüştürölmüş malzeme kullanan sürdürülebilir bir üründür. Bu nedenle prekast beton ve plastik parke sistemine göre önemli avantajlar sunmaktadır. **9-)** Görsel olarak çekici yeşil alan veya bitki örtüsü, ısı adası etkisini azaltarak siviller için rahat, çekici ve sakinleştirici bir atmosfer yaratır. **10-)** Sadece yeraltı suyu beslemesinin doğal stabilitesini korumakla kalmaz, aynı zamanda akışı da önemli ölçüde azaltır. Ayrıca, bu sızma, biyo-tutma yoluyla su kalitesinin iyileştirilmesini destekler. Bu süreçte metaller, bitki örtüsü ve toprak yapısı aracılığıyla doğal olarak temizlenir (Mahajan, 2022).



(a)

(b)

Şekil 3.43 Çim beton uygulaması betonun aralıklı çim alanla delinmesidir (a) (Bonnefin, 2017) geniş alanları tamamen betonla kaplamamak için sürdürülebilir bir çözüm olarak çim betonun araç park yerlerinde uygulaması (b) (“About us”, b.t.)

#### 3.5.44 Kenevir Beton/Tuğla (Hempcrete)

Tablo 3.47 AYM olarak kenevir beton/tuğla (hempcrete)

| KENEVİR BETON/TUĞLA |                                                    |                                                                                                                                    |
|---------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                   | Kökenlerine Göre;                                  | İnsan Yapımı                                                                                                                       |
| 2                   | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Taşıyıcı Ürün/ Bileşen Olarak Kullanım<br>Bölücü-Örtücü Ürün/ Bileşen Olarak Kullanım<br>Tamamlayıcı Ürü / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3                   | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                                                                                                                       |

Şu anda kenevir lifinin en yenilikçi kullanımlarından biri, yüksek mukavemeti, esnekliği, ısı ve yalıtım gücü nedeniyle inşaattır. Yalıtım panelleri ve kalasların üretiminde ahşap yerine veya dış ve iç duvarlar ve çatılar için kompakt tuğlaların ana bileşeni olarak geleneksel tuğlaların yerine kullanılır. Kenevir tuğla ve kalaslarla inşa edilen evler su geçirmez, dayanıklı ve yalıtımlıdır, enerji tasarrufu ve daha iyi ses yalıtımı sağlar. Ayrıca yenilenebilir malzeme olarak kullanılması çevre kirliliğinin korunmasını sağlar. Kenevir ekimi, ekolojik ve çevresel açıdan tarıma büyük fayda sağlar. Çok kompakt veya kurak olmayan hemen hemen her toprakta yetiştirilebilir. Yetiştirme sırasında pestisit veya herbisit gerektirmez ve CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltarak havayı temizler. Ekimden sonra, çıkarılan minerallerin yaklaşık %40'ını tarlaya geri döndürerek, toprağı yenileyerek ve zenginleştirerek toprak kalitesini ve

performansını artırır. Ana kenevir üreten ülkeler Çin (dünya üretiminin %25'i), Rusya, Kanada ve Fransa'dır. Dünyada yıllık ortalama kenevir lifi mahsulü 2.350.000 m2 civarındadır. Yapı malzemesi olarak kenevir, insan sağlığına zararlı hiçbir katkı maddesi içermeyen organik bir üründür. Kullanımı çevreye zararlı malzemeleri önler ve üretilen atık kolayca geri dönüştürülebilir.

Kenevir blokları veya tuğlaları; Kenevir bitki liflerinden, doğal kireçten ve topraktan yapılmıştır. Bu bileşenler karıştırılır, preslenir ve havayla kurutulur, bu nedenle üretimde enerji tüketimi çok düşüktür. Bu doğal tuğlaların faydaları, evlerin geleneksel inşaat ile aynı özelliklere sahip olmasını sağlayan yalıtım güçleridir. Yüklere ve yangına dayanıklıdır, çeşitli yüksekliklerde binalar yapmak için kullanılırlar ve aynı zamanda çevrenin korunmasına katkıda bulunurlar.

Kenevir kalasları; Çatıların, duvarların ve zeminlerin yalıtımında geleneksel ahşap kalasların yerini almak için kullanılan, temiz ve geri dönüştürülebilir bir üründür. Dokusu sayesinde her türlü yapıya kolaylıkla uyarlanabilir ve montajı da kolaydır. Plakalar, ısı kaybı olmadan nemin otomatik olarak düzenlenmesini sağlayarak enerji tasarruflu muhafazayı kolaylaştırır. Ahşabın aksine, kenevir albümin içermez ve bu nedenle parazitlerin saldırısına uğrama ve parçalanma riskini ortadan kaldırır (Stanwix, ve Sparrow, 2016).



(a)



(b)

Şekil 3.44 Kenevir bitkisi (a) (Britannica, 2022) kenevir tuğlaları (b) (Christina, 2021)

### 3.5.45 Kâğıt Beton (Papercrete)

Tablo 3.48 AYM olarak kâğıt betonun (papercrete)

| KAĞIT BETON |                                                       |                                                                                        |
|-------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1           | Kökenlerine Göre;                                     | İnsan Yapımı                                                                           |
| 2           | Kullanım Yerlerine Göre;                              | Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım<br>Bölücü-Örtücü Ürün/ Bileşen Olarak Kullanım |
| 3           | Dönüştürerek Yeniden<br>Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                                                                           |

Kâğıdın suda hamur haline getirilip üzerine Portland çimentosu ve bazı durumlarda kumlu toprak eklenmesiyle elde edilen bir tür lifli çimentodur. Kâğıdın mikro yapısındaki hidrojen bağlarının varlığından dolayı doğal gücünü kazanır. Bu karışım daha sonra kalıplara dökülebilir ve istenen herhangi bir şekil ve boyutta beton gibi kalıplanabilir (Sheth ve Joshi, 2015).

Kâğıt betonun avantajları; **1-)** Malzeme güneş enerjisinden yararlanılarak üretilir. Gereken tek güç karıştırma amaçlıdır. **2-)** Çok hafiftir ve nispeten ağır olan betonun aksine dikkate değer yalıtım özelliklerine sahiptir. Kürlendiğinde ve kurutulduğunda kolayca şekillendirilebilir. **3-)** Karışımındaki çimentonun azaltılmasıyla üretimi sırasında karbon ayak izi, toplam maliyet ve ağırlık azalır, çevre dostu ve hafif bir malzeme elde edilir. **4-)** Kâğıt lifleri mükemmel ısı ve ses yalıtım özellikleri sağlar. **5-)** Düşük maliyetli konutlar, geçici barınaklar ve ofisler için uygun bir seçenektir. Hindistan bağlamında yılda yalnızca bir kâğıt parçası geri dönüştürülür. Bu, geri kalanın hala bertaraf edildiği ve çöp alanlarında yavaş bozulmaları nedeniyle uzun soluklu stoklandıkları bilinmektedir. Oysaki, 1 ton kâğıt yapmak için yaklaşık 15 ağaç gerekir (Nepal ve Aggrawal, 2014).

Kâğıt betonun dezavantajları; Kırılgan bir malzemedir. Sık sık genişleyip büzülerek çatlaklara, şişkinliklere ve burkulmalara neden olur ve çok düşük çekme mukavemetine sahiptir. Karışım partilerinin kalite kontrolünü yapmak ve pürüzsüz bir yüzey elde etmek zordur. Ayrıca, su geçirmez ve aleve dayanıklı değildir. Kâğıt beton birimlerinin üretimi büyük miktarda su gerektirir.

Dezavantajlarındaki belirli sınırlamalar aşağıdaki önlemlerle aşılabılır: 1-) Karışım oranlarının değiştirilmesi, optimum özelliklerin elde edilmesine yardımcı olabilir. 2-) Kâğıt betonun basınç dayanımını artırmak için hindistancevizi lifi (%5-10) veya uçucu kül gibi takviye ilavesi yapılabilir. 3-) Silikon, beton sızdırmazlık maddesi veya epoksi bileşiğinin eklenmesi, kâğıt betonun su yalıtımında yardımcı olabilir. 4-) Daha yüksek dereceli çimento kullanılarak daha yüksek mukavemet elde edilebilir. 5-) Belirli karışımlarla yapılan kâğıt betonlar yangına, mantarlara ve haşerelere karşı çok daha dayanıklıdır. 6-) Yeterli miktarda Portland çimentosu ve kumla yapılan kâğıt beton bloklar, yangına dayanıklılığı artırmıştır (Sheth ve Joshi, 2015).



(a)



(b)

Şekil 3.45 Kalıplanmış kâğıt beton blok (a) (Ghosh, 2018) kâğıt betondan yapılmış yapı örneği (b) (Mohamed, 2011)

### 3.5.46 Kereste Beton (Timbercrete)

Tablo 3.49 AYM olarak kereste beton (timbercrete)

| KERESTE BETON |                                                    |                                         |
|---------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1             | Kökenlerine Göre;                                  | İnsan Yapımı                            |
| 2             | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3             | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                            |

Kereste endüstrisinin bir yan ürünü olan ve aksi takdirde çöpe gidecek olan talaşın, çimento ve kum ile karışımı sonucu oluşan bir yapı malzemesidir. Kütle oranı, ağırlıkça yaklaşık yüzde 20 talaş ile yüzde 80 Portland çimentosudur.

Kereste betonun avantajları; **1-)** Bloklar üretmek için daha az enerji gerekir ve negatif karbon ayak izine sahiptir. **2-)** Betondan daha hafif olduğu için, nakliye emisyonlarını azaltır ve hem talaş atıkları tekrar kullanılır hem de geleneksel betonun enerji yoğun bileşenlerinin bir kısmını değiştirir. **3-)** Kereste beton olarak geçen bu bloklar, tuğla ve döşeme gibi geleneksel şekillere dönüştürülebilir. **4-)** Ticari ve konut amaçlı mülklerin yanı sıra çevre düzenlemesi ve asfaltlamanın kullanıldığı her yerde kullanılmıştır. **5-)** Kereste betonun büyük bir olumlu yanı, normalde atmosfere karışacak olan karbondioksiti hapsedmesidir. **6-)** Geleneksel beton veya tuğlalara kıyasla çok daha büyük bir yalıtım değerine sahiptir. **7-)** Yük taşıma için betondan daha güçlüdür. **8-)** Beton veya kilden 2,5 kat kadar daha hafiftir. **9-)** Betondan daha kolay işlenebilir, çakılabilir ve yerine vidalanabilir. **10-)** Yangına daha dayanıklıdır. Yangına dayanıklılık açısından test edilmiştir ve hem Ulusal Yapı Yasası (National Building Code) hem de Ulusal Yangın Yasası (National Fire Code) gerekliliklerini geçmiştir. **11-)** Bölgedeki atık ahşap malzemelerden yerel olarak üretilebilir, bu da nakliye maliyetlerini ithal beton veya diğer yapı malzemelerine kıyasla düşük tutar (“What is timbercrete?”, 2020).



(a)



(b)

Şekil 3.46 Keresteler kesilirken etrafa saçılan talaş artıkları (a) (“Talaş Hakkında Genel”, 2021) kereste beton blokları ile inşa edilen konut (b) (“Timbercrete: components, advantages”, 2022)

### 3.5.47 Saman Balyası

Tablo 3.50 AYM olarak saman balyası

| SAMAN BALYASI |                                                    |                                        |
|---------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1             | Kökenlerine Göre;                                  | İnsan Yapımı                           |
| 2             | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Bölücü-Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım |
| 3             | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                           |

Tahılların yenen kısmı hasat edildikten sonra sapları çiftçiler tarafından bertaraf edilmekte ve birçok yerde yakılmaktadır. Bunları saman balyalarına dönüştürmek onlara yeni bir hayat verir ve yanmadan kaynaklanan hava kirliliğini azaltır. Saman balyası yapımı nispeten sürdürülebilir bir yapım yöntemidir ve saman, kolayca bulunabilen yenilenebilir bir malzemedir.

Saman balyasının avantajları; **1-)** Saman kendi başına oldukça yanıcı bir malzeme olsa da bir çalışma, her iki tarafında kil kaplamalı bir saman duvarın 90 dakikalık bir yangına dayanabilmektedir. Bu, tipik konut inşaatınınkini büyük ölçüde aşmaktadır. **2-)** Hasır balyalar yüksek yalıtım özelliklerine sahiptir, binayı kışın sıcak, yazın serin tutar ve doğru yapıldığında R değerleri 40 ile 60 arasındadır. **3-)** Tarımsal bir yan üründen yapıldığı için nispeten ucuzdur. Ancak saman balyalarının maliyetinin ne zaman hasat edildiklerine ve ne kadar uzağa taşınmaları gerektiğine bağlı olarak değişiklik gösterdiğini akılda tutmak önemlidir. Uzun süre depolanmaları veya uzun mesafelere taşınmaları gerekiyorsa, maliyetler de buna bağlı olarak yükselir. **4-)** Acemi inşaatçılar için nispeten kolay bir yöntem olmasıdır, yani geniş deneyime veya gönüllü ekiplere sahip olmayan mal sahibi inşaatçılar tarafından kullanılabilir. Bu aynı zamanda, gelişmiş dünyanın birçok yerinde önemli olabilecek inşaatla ilgili işçilik maliyetlerini de azaltır. **5-)** Saman balyaları, balyalama işlemi ve gerekli olan tek ek enerjinin taşınmasıyla (bitkileri büyütmek için kullanılan güneş dışında), üretmek için çok az enerji harcar. Fiberglas gibi diğer yalıtım malzemeleriyle karşılaştırıldığında, malzemeyi üretmek için gereken enerji yoğunluğu önemli ölçüde azalır. **6-)** Ayrıca %100 biyolojik olarak parçalanabilirler ve artık ihtiyaç duyulmadığında kolayca toprağa sürülebilirler. **7-)** Hasır balya yapımı aynı zamanda bazı olumlu estetik niteliklere sahiptir, pencere koltukları ve raflara izin veren kalın

duvarlar yaratmanın yanı sıra sayısız mimari tarza da uygundur (Walker, Thomson ve Maskell, 2020).



(a)



(b)

Şekil 3.47 Saman balyası (a) (''Betona Alternatif 8'', b.t.) ev duvar yalıtımında saman balyası kullanımı (b) (Küçükkurt Zor, 2019)

### 3.5.48 Kot Kumaşlar

Tablo 3.51 AYM olarak kot kumaşları

| KOT KUMAŞLARI |                                                    |                                        |
|---------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1             | Kökenlerine Göre;                                  | İnsan Yapımı                           |
| 2             | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Bölücü-Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım |
| 3             | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                           |

Dünyanın en çok üretilen tekstili, geri dönüştürülebilir ve çevresel olarak sürdürülebilir bir bina yalıtımına dönüştürülebilir. Eski kotlar, %100 pamuklu malzemeyi gevşek lif formuna geri döndüren ve yalıtım üreticilerine yeniden satan tekstil geri dönüşüm şirketleri tarafından toplanmaktadır. Donanım, fermuarlar ve düğmeler çıkarıldıktan sonra kumaş, doğal pamuklu durumuna geri döndürülür. Malzeme daha sonrasında, yangın, küf ve böcek direnci için borat bazlı bir çözelti ile kimyasal olarak işlenir. Boratlar, sofratuzundan daha düşük toksisite seviyesine sahiptir. Nihai malzeme neredeyse %85 oranında tüketici sonrası geri dönüştürülmüş kot pantolon içerir; diğer % 15'lik kısım ise yanmazlık, kalıba dayanıklı işlem ve hepsini bir arada tutmak için ısıtılan az miktarda sentetik poliolefin elyafı içerir. Denim yalıtımının maksimum termal özellikleri, ısıtma ve soğutma maliyetlerini

düşürmeye yardımcı olan ve cam elyafı yalıtımına harika bir alternatif oluşturan yüksek bir R değeri sağlar. Denim yalıtımı ayrıca üstün bir akustik bariyer sağlar ve toksik değildir.

Denim Yalıtım ürünü, zeminler, duvarlar, tavanlar, tarama alanları ve çatılar dahil olmak üzere fiberglas keçelerin kullanılabileceği her yerde kullanılabilir. Tek fark, kot yalıtımının tahriş edici olmaması ve işleyicilerin koruyucu giysiler giymesini gerektirmemesidir (Monaghan, b.t.).



Şekil 3.48 Günlük hayatta sıklıkla giydiğimiz kot kumaşı (a) (Monaghan, b.t.) geri dönüştürülmüş kot kumaşlarından bina yalıtım malzemesi (b) (Krippendorf, 2011)

### 3.5.49 Cam Kırıkları

Tablo 3.52 AYM olarak cam kırıkları

| CAM KIRIKLARI |                                                    |                                                                                                                                       |
|---------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1             | Kökenlerine Göre;                                  | İnsan Yapımı                                                                                                                          |
| 2             | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım<br>Bölücü-Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım<br>Tamamlayıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3             | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                                                                                                                          |

Çöplüklerde biten malzemelerden biri de camdır. Cam tamamen geri dönüştürülebildiği için bu gereksizdir. Cam atığının, yeni cam oluşturmak için kullanılabilmesi için önce ayırma, kir çıkarma ve temizleme dahil olmak üzere

birçok pahalı ve zaman alıcı aşamadan geçmesi gerekir. Ayrıca, cam atıkları genellikle renkli cam, şeffaf cam ve diğer atık türlerinin bir karışımını içerir, bu nedenle yeni cam için kullanılması uygun olmaz. Cam atığını güvenilir, verimli ve emniyetli bir şekilde geri dönüştürmek için alternatif yöntemler uygulamak önemlidir.

1. Betondaki cam atıkları: Glascrete, beton ve cam karışımıdır. Örneğin 75 µm ila 2,36 mm (0,003 inç ila 0,09 inç) arasında cam parçacıkları eklemek, hem başlangıçta hem de uzun vadede basınç dayanımı %43'e kadar çıkarabildiğinden betonu iyileştirir. Basınç dayanımı, cam betonun çatlamadan önce taşıyabileceği yüküdür ve en önemli özelliğidir. Basınç dayanımını artırmak için kırılmış atık camın optimum oranı, cam partikül boyutuna, dokusuna, camın ne kadar çimento ile değiştirildiğine ve ne tür çimento kullanıldığına bağlıdır.

2. Asfaltta cam atıkları: Asfalt için basınç dayanımı yerine sertlik en önemli özelliktir. %15 kırılmış cam atığı ile, sertlik optimaldir ve ayrıca kayma direnci ve ışık yansımaları miktarı sürüşü daha güvenli hale getirir.

3. Tuğlalardaki cam atıkları: Tuğlalarda, kile %30'a kadar ezilmiş atık cam eklemek, tuğlalar minimum kalite standartlarını karşılar ve hatta tuğlaları daha yüksek basınç dayanımı sağlar. Ama bu orandan daha fazlasını eklediğinizde tuğlaların basınç dayanımı azalır ve daha çabuk kırılırlar.

4. Fayanslarda cam atıkları: Fayanslarda, kayaları oluşturan bir mineral olan, ancak yalnızca küçük miktarlarda olan porselen veya feldispatın büyük bir kısmı ikamesidir. Doğru miktarda atık camla karolar iyileştirilebilir, çünkü gözeneklilik azalır ve malzeme ısı nedeniyle genişlediğinde daha yavaş kırılır (Kazmi, Williams, ve Serati, 2020)



(a)

(b)

Şekil 3.49 Cam şişe atıkları (a) (“Glass recycling collections”, 2022) asfalt yol yapımında cam kırıkları bitişli sıcak karışıma ilave edilebilir (b) (Demirkollu, 2021)

### 3.5.50 Kullanılmış Bebek Bezleri

Tablo 3.53 AYM olarak kullanılmış bebek bezleri

| KULLANILMIŞ BEBEK BEZLERİ |                                                    |                                              |
|---------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1                         | Kökenlerine Göre;                                  | İnsan Yapımı                                 |
| 2                         | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Bölücü-Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3                         | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                                 |

Her yıl, İngiltere’de yaklaşık üç milyar tek kullanımlık çocuk bezi atılmakta ve bu da evsel atıkların yaklaşık %2 ila %3’üne denk gelmektedir. Amerika Birleşik Devletleri’nin tamamında, bu günlük sayı şok edici bir şekilde 50 milyonu bulmaktadır. Daha da kötüsü, biyolojik olarak parçalanabilen bebek bezlerinin bile parçalanmasının yıllar aldığı çöplüklere gidecek olmasıdır. Bu nedenle, bu atığı yapıcı bir şekilde kullanma konusundaki fikirler, çöplüklerde biriken miktarı büyük ölçüde azaltabilir. Öncelikle bebek bezleri süper emici polimerler, selüloz ve plastikten yapılmıştır (“This highway was”, 2022). Bu sorunu çözmek için Kanadalı bir şirket bu atık çocuk bezlerini çatı kiremitlerine geri dönüştürmektedir. Bu geri dönüşüm süreci atıkları sterilize ederek iki farklı malzeme oluşturmaktadır. İlk olarak, organik lifleri çıkarılır ve bunlar yeşil enerji ve kağıt yapımında kullanılır. İkinci olarak ise bu sıhhi ürünleri bağlayan plastikler, plastik zemin kaplaması ve çatı kiremitleri de dahil olmak üzere çeşitli diğer ürünlere geri dönüştürmek için çıkarılırlar (Thornhill, 2011). Aynı zamanda bu çocuk bezlerindeki plastik, ilk kez,

Galler'de 1,5 millik bir yolu döşemek için yeniden kullanılmıştır. 100.000'den fazla kullanılmış çocuk bezi, içindeki dışkıyı çıkarmak için durulandı, parçalandı ve ardından lifli topaklar oluşturmak için bir asfalt karışımı ile yoğunlaştırıldı ("This highway was", 2022).

Bu tek kullanımlık ürünleri atık tesislerine göndermemek, Birleşik Krallık'taki çöplüklerde 96 olimpik yüzme havuzu ile aynı miktarda alan tasarrufu sağlayacak ve 7500 arabalık karbondioksiti havadan uzaklaştıracaktır (Thornhill, 2011).



(a)

(b)

Şekil 3.50 Geri dönüşüm tesisindeki bebek bezi atıkları (a) (Thornhill, 2011) bebek bezi atıklarından çatı kiremiti yapımı (b) ("Conservation magazine archive", 2022)

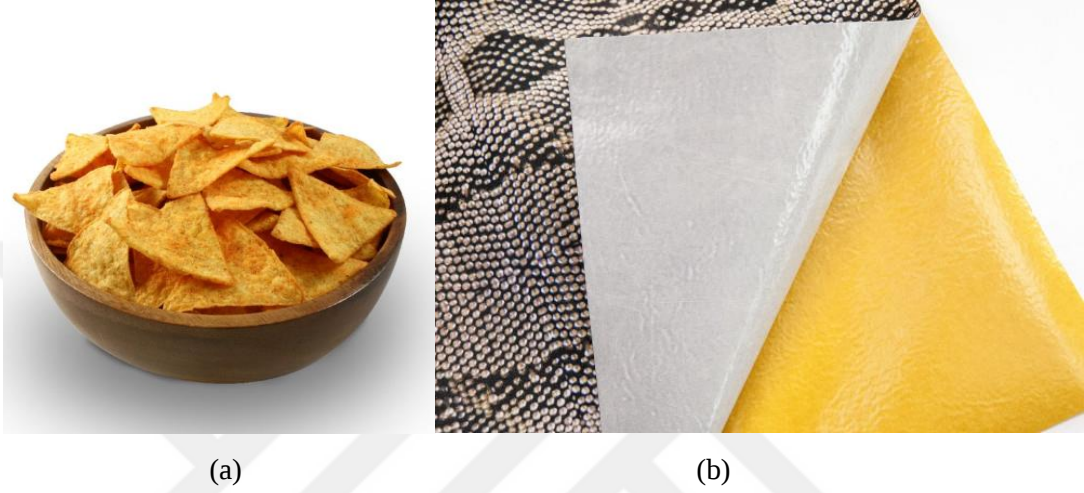
### 3.5.51 Patates Cipsi

Tablo 3.54 AYM olarak patates cipsi

| PATATES CİPSİ |                                                    |                                            |
|---------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1             | Kökenlerine Göre;                                  | İnsan Yapımı                               |
| 2             | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Tamamlayıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3             | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm                               |

Kontrat duvar kâğıdı normalde PVC'den yapılır. Hollandalı bir mürekkep püskürtmeli yazıcı şirketi daha sürdürülebilir bir malzeme ile çalışmak istiyordu ve

bu nedenle ilk biyo tabanlı, kaliteli fason duvar kaplamasını geliştirdi. Patates cipsi endüstrisinden kalan mısır nişastası bazlı polimerleri kullanarak duvar kağıdı yaptılar. Bu yeni biyo-bazlı duvar kaplaması kendinden yapışkanlıdır ve montajı kolaydır, güçlü ve sürdürülebilirdir, hafif ve solmaz, çizilmeye ve darbeye dayanıklıdır. Dahası, hijyeniktir, az bakım gerektirir (“Glutex Biovate Wallcovering”, 2015).



Şekil 3.51 Patates cipsi (a) patates cipsinden elde edilen kendinden yapışkanlı duvar kağıdı (b) (“Glutex Biovate Wallcovering”, 2015)

### 3.5.52 Cam Şişeler

Tablo 3.55 AYM olarak cam şişeler

| CAM ŞİŞELER |                                                       |                                                                                    |
|-------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1           | Kökenlerine Göre;                                     | İnsan Yapımı                                                                       |
| 2           | Kullanım Yerlerine Göre;                              | Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım<br>Bölücü-Örtücü Ürün / Dopğrudan Kullanım |
| 3           | Dönüştürerek Yeniden<br>Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm<br>İleri Dönüşüm                                                      |

Cam biyolojik olarak parçalanamayan bir malzeme olduğu için çöplükler çevre dostu bir çözüm sunmamaktadır. Bu nedenle, atık camın kullanılmasına güçlü bir ihtiyaç vardır ve tamamen parçalanması neredeyse bir milyon yıl alabilir. Bu nedenle camın geri dönüşümü endüstrilerin çevreyi korumalarına yardımcı olacaktır.

Geri dönüştürülmüş camın betonda agrega olarak kullanımı modern zamanlarda popüler hale gelmiştir. En yaygın kullanılan cam türleri renksiz cam, yeşil cam ve kahverengi camdır. Bu tekniğin çeşitli faydaları vardır. Standart beton karışımına kıyasla daha yüksek nihai mukavemete sahip olması, daha hafif olması, daha hızlı üretilmesi, hava koşullarına ve yangına dayanıklı olması, az bakım gerektirmesi, son derece dayanıklı ve güvenli olması ve uygun maliyetli olmasıdır. Betonun atık cam tozu ile karıştırılmasıyla betonun işlenebilirliği, basınç dayanımı ve betonun dayanıklılığının artar (Ganiron, 2013).

Aynı zamanda cam şişelerin olduğu gibi kullanımı ve harçla sabitlenerek tuğla gibi yan yana dizilip rengarenk duvarlar da oluşturabilir. İlk olarak, şişeler toplanmalı ve sıralanmalıdır. İki yatak odalı bir şişe ev yapmak için yaklaşık 14.000 tek tip şişeye ihtiyaç vardır. Şişeleri birbirine bağlamak için ise harç olarak beton veya kil gibi ilkel karışımlar kullanılabilir. Şişe evleri genellikle dairesel bir şekilde inşa etmek için daha uygundur. Dairesel şekil, duvarlara güç katarken, çok sanatsal ve hoş bir görünüm sağlar. Geri dönüşüm malzemesinin kullanılması, onu geleneksel inşaat yöntemlerinden daha uygun maliyetli hale getirir ve uygun konutlara erişimi artırır. İyi yalıtılmış ve daha ucuz bir çözümdür. Aynı zamanda yapı malzemesinin nakliye maliyetini de azalttı. Paranın kıt olduğu bir bölge için, evlerin beton ve tuğladan yapılmış bir evin 1/3'üne mal olduğu tahmin ediliyor (Fatima, 2017).



(a)



(b)

Şekil 3.52 Betonda agrega olarak cam tozunun kullanımı (a) (Kumar, 2021) cam şişelerin olduğu gibi kullanılıp duvar imalatı (b) (Russ, 2010)

### 3.5.53 Plastik Şişeler

Tablo 3.56 AYM olarak plastik şişeler

| PLASTİK ŞİŞELER |                                                       |                                                                                   |
|-----------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1               | Kökenlerine Göre;                                     | İnsan Yapımı                                                                      |
| 2               | Kullanım Yerlerine Göre;                              | Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım<br>Bölücü-Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım |
| 3               | Dönüştürerek Yeniden<br>Kullanım Stratejilerine Göre; | Geri Dönüşüm<br>İleri Dönüşüm                                                     |

Plastikler, yenilenemez bir kaynak olarak kabul edilen petrolden üretilir. Geri dönüştürülmeyen PET şişeler, çöplüklerde, su yollarında ve yol kenarlarında plastik kirliliği sorunlarına neden olmuştur ve bu sorun plastik şişe sektörü ile birlikte artarak devam etmektedir. Ayrıca pet şişelerin biyolojik olarak parçalanmaları yaklaşık 1000 yıl almaktadır. (Da Costa, Rocha-Santos ve Duarte, 2020). Plastik şişelerin toprak veya kumla doldurulduğunda tuğla gibi çalışıp, bir evin duvarları veya sütunları için bir çerçeve oluşturulması mümkündür. Daha sonrasında bu şişeler kerpiç, kum, çimento, kil ve alçıdan yapılmış herhangi bir harçla birleştirilip istenilen forma getirilebilir. PET şişe duvarları, şişeler en zayıf dolgu malzemesi olan kum ile doldurulduğunda 4,3 N/mm<sup>2</sup>'ye kadar dayanabilir. Şişeler yükün üçte birini taşıırken alçı üçte ikisini taşır (Shoubi, Shoubi ve Barough, 2013). Duvarlarda tuğla yerine bunların kullanılması çimento yüzdesini azaltarak çimento üretimindeki CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltmıştır. Aynı zamanda şişe evlerin tasarımı biyoklimatiktir, yani dışarısoğuk olduğunda içerisi sıcak, dışarısoğuk olduğunda içerisi soğuktur. Yöresel ürünler kullanıldığı için evler üretimi kolay, ucuz ve yoksul ailelerin dahi ihtiyaçlarını karşılayabilmektedir. Duvarlar, tavan ve beton kolon için plastik şişelerden yapılan ev bize nihai maliyette %45 azalma sağlamaktadır. Ayrıca şişe panel ev yapımında yerel insan gücünün kullanılmasının, tuğla ve beton blok kullanarak duvar inşa etmeye kıyasla %75'e varan maliyet düşüşüne yol açabileceğini göstermektedir. Eko-tuğlalar nispeten iyi bir özgül güce sahiptir. Hafifler ama taşıdıkları ağırlığa göre güçlüler. Normalde asfalt yollar, yüzde 90 taş, kireçtaşı ve kumdan oluşur. Yaklaşık yüzde 10 oranında da zift kullanılır. Zift ham petrolden elde edilir. Evlerden ve iş yerlerinden toplanan plastik atıklar işlenerek plastik topraklara dönüştürülüp daha sonra asfalt fabrikasında, ziftin yerini

alabilmektedir. Sıradan bir yolun tek şeridi kilometre başına 10 ton zift gerektirmektedir. Yollara plastiğin eklenmesi, geleneksel tekniklerle yapılan yollara göre daha dayanıklı bir yüzey oluşturmaktadır. Yolların ömrü uzamakta ve zamanla oluşan çukur sayısı en aza inmektedir. Çünkü plastik içerik yüzeyin esnekliğini arttırmaktadır. İlk plastik asfalt yolların yapımından bu yana 10 yıl geçmiş ve bugün bile hiçbirinde çukur oluşumu görülmemiştir (BBC NEWS Türkçe, 2017).



Şekil 3.53 Plastik şişelerin toprakla doldurulup ev iskeletine dönüşmesi (a) (Kara, 2016) plastik şişelerin asfalt yol yapımında kullanımı (b) (Özbirinci, 2020)

### 3.5.54 Eski Araba Lastikleri

Tablo 3.57 AYM olarak eski araba lastikleri

| ESKİ ARABA LASTİKLERİ |                                                    |                                                                                                                                 |
|-----------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                     | Kökenlerine Göre;                                  | İnsan Yapım                                                                                                                     |
| 2                     | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Taşıyıcı Ürün / Doğrudan Kullanım<br>Bölücü-Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım<br>Tamamlayıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
| 3                     | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | İleri Dönüşüm                                                                                                                   |

Gelişmiş ülkelerde her yıl atılan çok büyük miktardaki ömrünü tamamlamış lastikler, düzenli depolama alanlarına atılmasına yönelik kısıtlamalar ve piyasada ikincil hammadde olarak satılacak uygun ürünlerin elde edilmesindeki zorluklar nedeniyle büyük çevre sorunları oluşturmaktadır. Aslında, parçalama, granülasyon ve toz haline getirme tesislerinde lastiklerin mekânîk olarak işlenmesi, bileşenlerin düşük kalitesine ek olarak operasyonel dezavantajlar (yüksek enerji tüketimi, önemli

aşınma, düşük teknik verimlilik) nedeniyle tam olarak tatmin edici bir çözüm değildir.

Eski lastiklerin parçalanmasından kaynaklanan kauçuk granüller gibi atık malzemeler asfalt betona eklenerek kauçuklu asfalt betonu (RAC) elde edilebilir. ABD ve Almanya'da yaygın olarak kullanılan bu özel kaplama malzemesi, yüksek dayanıklılığı ve yol gürültüsünü daha da azaltması nedeniyle tüm dünyada giderek artan bir ilgi görmektedir. Yaklaşık bir yıl sonra, asfalt kauçuğu kaplamalar yol gürültüsünde 12 desibele kadar azalma sağladı ve tipik olarak 7 ila 9 desibele ulaştı. Lastik asfalt, normal teknik ömrüne ulaştıktan sonra otoyolların ve şehir sokaklarının yüzeyini yenilemek için 20 yılı aşkın bir süredir kullanılmaktadır. Bu ürün için bir dizi avantaj öne sürülebilir: • mevcut kaplamadaki çatlakları yansıtmaz; • geleneksel asfalttan daha dayanıklı ve kaymazdır; • trafik gürültüsünü azaltır ve sorunsuz, sessiz bir sürüş sağlar. Lastikli asfalt, yoğun trafiğin neden olduğu yer değiştirmelerin etkisiyle yollarda oluşan çatlakların doldurulması için de uygundur. Bu çatlaklar kapatılmadan bırakılırsa, asfalt tabakasının altına sızan nem ve ardından tabanın aşınması nedeniyle asfalt kaplamaların bozulması hızlanır. Kaldırım çökmeye ve ufalanmaya başlayarak daha fazla çatlak oluşmasına ve araç trafiği için tehlikeli hale gelebilecek delikler oluşmasına neden olur. Bu süreç, soğuk kışlar boyunca donma döngüleri ile hızlandırılır. Aynı zamanda hız tümsekleri de geri dönüştürülmüş araba lastiklerden yapılabilir.

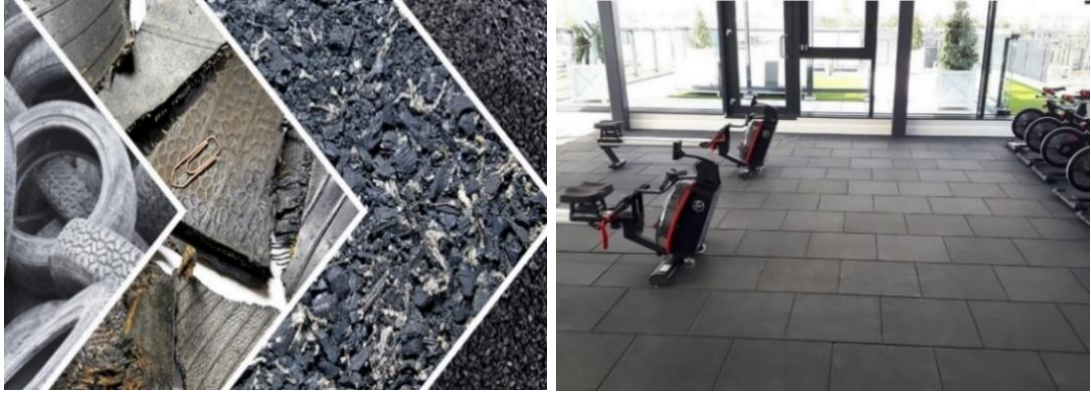
Kauçuk zeminler, aşınmış lastiklerden elde edilen geri dönüştürülmüş kauçuk kullanılarak, poliüretan veya diğer yapıştırıcı maddeler gibi bir bağlayıcı madde ile karıştırılarak üretilir. Hem iç hem de dış mekân uygulamalarında iyi performans gösterirler ve su, buz, kar veya herhangi bir aşırı hava koşulundan etkilenmeyen çok yönlü bir çözümü temsil ederler.

Geri dönüştürülmüş kauçuk ürünler, oyun alanları ve bahçelerde uygulanacak çeşitli ürünlerin imalatında kullanılabilir. Oyun alanı güvenliği için bu tür öğeler, kauçuk malç, kauçuk karolar, kauçuk paspaslar, esnek bordürler, darbe emici tamponlar ve yürüyüş yollarından oluşur. Eski lastiklerden kauçuk malç oluşturmak

için kullanılan işlem, metal ve toksik elementlerin içeriğini azaltmaya yardımcı olurken UV koruması ekler, böylece malç iyi görünür ve uzun süre temiz kalır. Kıyılmış kauçuk malç ve kauçuk külçeler, doğal veya yapay malzemelerle yapılan bitkilere ve yapılara yaygın olarak saldıran biyolojik, kimyasal ve fiziksel maddelere karşı direnç gösterir. Ayrıca termitler, karıncalar ve diğer böcek ve böcekler için düşmanca bir ortam yaratırlar.

Geri dönüştürülmüş lastiklerden elde edilen kırıntı kauçuk, esnek ve yumuşak yüzeylerin çok önemli olduğu spor sahaları, golf yolları, arenalar, spor salonları ve kapalı spor kompleksleri için ideal bir malzemedir. Bu malzeme, daha fazla güvenlik ve azaltılmış atletik yaralanma olasılığı için ekstra yastıklama sağlamak üzere tasarlanmıştır. Kırıntı kauçuktan yapılmış bir yüzey de nemi tahliye ederek hızlı kurur ve toz-çamur birikmesini önler. Üreticiler tarafından iddia edilen faydalar arasında ayrıca azaltılmış bakım maliyetleri, azaltılmış aşınma ve yıpranma, çıplak noktaların önlenmesi, kuma kıyasla daha az aşındırıcı güç, iyileştirilmiş drenaj ve su tutma yer alır. Günümüzde at terbiyesi için at sahaları, hayvan ağılları ve spor malzemeleri için dolgu malzemeleri, geri dönüştürülmüş lastiklerden elde edilen kauçuk yongalarla yapılan diğer uygulamalar arasındadır.

Eski araba lastikleri, geleneksel olmayan bina tasarımına göre çevre dostu evlerin inşasında bütünleyici yapı elemanları olarak kullanılabilir. Lastikler duvar haline getirilir ve daha sonra kille doldurulur ve sıva benzeri bir malzeme ile kapatılır. Büyük miktarlarda kullanılmış kauçuğu geri kazanırken mükemmel yalıtım sağlarlar.(Ciccu ve Costa, 2012)



(a)

(b)

Şekil 3.54 Eski araba lastiklerinin tekrar kullanım için ufak parçalara dönüşümü (a) (“Eski araç lastiği”,2018) spor alanlarında kauçuk zemin kaplaması (b) (“SBR Kauçuk Zemin”, b.t.)



(a)

(b)

Şekil 3.55 Kullanılmış lastikler, doyurucu kaldırıma geri dönüştürülür (a) (Sappington, 2015) eski lastikler kullanılarak yapılmış istinat duvarı örneği (Kuznetsova, 2019)

### 3.5.55 Kullanılmayan Yatak Yayları

Tablo 3.58 AYM olarak kullanılmayan yatak yayları

| KULLANILMAYAN YATAK YAYLARI |                                                    |                                        |
|-----------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1                           | Kökenlerine Göre;                                  | İnsan Yapımı                           |
| 2                           | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Bölücü-Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım |
| 3                           | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | İleri Dönüşüm                          |

Bir örnek üzerinden inceleyecek olursak, Fahed + Architects Şirketi , Orta Doğu , Kuzey Afrika ve Güney Asya'dan tasarımcıların yeteneklerini sergiledikleri Dubai

Tasarım Haftası'nın en önemli olayı olan Abwab 2017 için geçici bir pavyon geliştirdi.

Fahed + Architects Şirketinin felsefesinin özünde çevreye bağlılık vardır. Bu nedenle yerel atık yönetim şirketi Bee'ah'tan %100 geri dönüştürülebilir malzemeden bir yapı oluşturmak gerekliydi. Pavyonun dış yüzeyi, çevredeki binalar arasında yüzen organik bir forma katkıda bulunan, birbirine dolanmış yatak yaylarından oluşan bir ağıdır. Mimarlar, okyanus dalgalarını anımsatan höyük şeklinde olan sağlamlığı, hafifliği ve silueti nedeniyle eski bakır yatak yaylarını kullanmayı seçti. Böylelikle hafif, yarı saydam bir ağdan oluşan bir cephe tasarımı oluştu. Yerel kaynaklı malzemelerden yapılan ağ metal bulutu doğadan ilham alır ve çevre dostu uygulamalara, atıkların yeniden değerlendirilip kullanılabilirliğine güzel bir örnektir (Thorns, 2017).



(a)

(b)

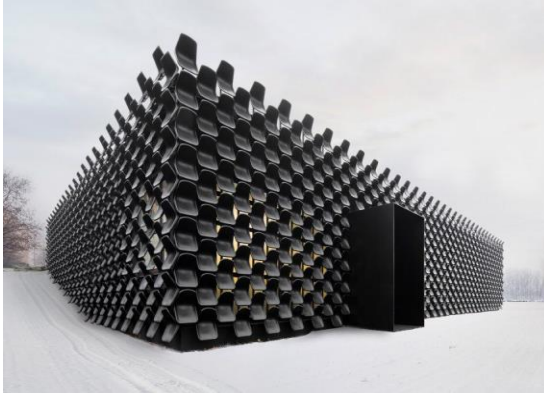
Şekil 3.56 Geri dönüştürülmüş yatak yaylarından inşa edilen lüks pavyon (a) pavyonun iç mekândan görüntüsü (b) (Thorns, 2017)

### 3.5.56 Plastik Sandalyeler

Tablo 3.59 AYM olarak plastik sandalyeler

| PLASTİK SANDALYELER |                                                    |                                        |
|---------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1                   | Kökenlerine Göre;                                  | İnsan Yapımı                           |
| 2                   | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Bölücü-Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım |
| 3                   | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | İleri Dönüşüm                          |

Bir örnek üzerinden inceleyecek olursak, adı The Gallery of Furniture (Mobilya Galerisi) bir mobilya mağazasıdır. CHYBIK + KRISTOF mimarlar ve kentsel tasarımcılar, eski bir araba galerisi olan bu yapıyı, şirket veya ürünleriyle herhangi bir görsel bağlantıdan yoksun olması nedeniyle bir güncellemeye ihtiyaç duyuyordu. Bu yüzden yapının dış cephesini 900 siyah plastik koltukla kaplamışlardır. Sandalyeler, dış duvarın düzensiz yüzeyinden çıkıntı yapan köşeli, kara kutulu bir giriş ile 550 metre karelik alanın üç tarafını kaplamaktadır. Çünkü şirket en ucuza maliyeti talep etmişti ve mimarların bu çözümleri, orijinal binaya minimum müdahale gerektiren heykelsi bir cepheye dönüştürdü. Firma, tedarikçinin düzenli olarak teslim ettiği standart bir sandalye kullanmıştı. Tekli koltuklar, orijinal cepheye tutturulmuş büyük bir çelik yapıdan çıkarılabilirdi. Bu bina yüksek basınçla temizlendiğinde her parça yılda bir veya iki kez rahatlıkla çıkarılır demektir. Böylelikle benzersiz, yenilikçi, minimum maliyetli ve sürdürülebilir bir proje gerçek hayata geçirilmiş oldu (Fison, 2017).



(a)



(b)

Şekil 3.57 Şirketin kendi ürünü olan plastik sandalyelerinin bina cephesi kaplama malzemesi olarak kullanımı (a) bina dış cephesinde kaplama malzemesi olarak kullanılan plastik sandalyelerin yakından görünümü (b) (Fison, 2017)

### 3.5.57 Ahşap Paletler

Tablo 3.60 AYM olarak ahşap paletler

| AHŞAP PALETLER |                                                       |                                                                                |
|----------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1              | Kökenlerine Göre;                                     | İnsan Yapımı                                                                   |
| 2              | Kullanım Yerlerine Göre;                              | Bölücü-Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım<br>Tamamlayıcı Ürün / Doğrudan Kullanım |
| 3              | Dönüştürerek Yeniden Kullanım<br>Stratejilerine Göre; | İleri Dönüşüm                                                                  |

Herhangi bir inşaat sahasını veya endüstriyel depolama alanını geçtiğinizde düzinelerce ahşap palet diğer döküntülerin arasında atılmakta veya uzak bir köşede bir şenlik ateşinde yakılmaktadır. Paletlerin yakılması, atmosfere salınan CO<sub>2</sub> gibi zararlı yan ürünler nedeniyle küresel bir sorundur. Oysaki ahşap paletler, ucuz, güçlü, modüler, kolay erişilebilir olmaları ve bir yerden diğerine kolaylıkla taşınabilir olmaları nedeniyle geçici yapılar için mükemmel bir şekilde yeniden kullanılabilir. Cephe elemanı olarak, temel, zemin veya çatı elemanı olarak, duvar elemanı olarak kullanılan ahşap paletleri, aynı zamanda mobilya tasarımında kullanmakta mümkündür. Ahşap paletler, bazen doğrudan bazen ise parçalara ayrılarak gerek duyulan şekillerde yeniden birleştirilerek kullanılabilir. Levhalar planlandıktan ve zımparalandıktan sonra desenler oluşturmak için tutkalla birbirine yapıştırılır. Yalıtımı için, izolasyon malzemesi 2 kat paletin arasına rahatlıkla sıkıştırılabilir. Sadece yalıtım değil yapısal destek, borular ve sıhhi tesisat da iki palet katmanı arasına sıkıştırılabilir (Meinhold, 2010).



(a)



(b)

Şekil 3.58 Ahşap palet atıkları (a) (LeBlanc, 2019) 2008'de Andreas Claus Schnetzer ve Gregor Pils, paletten tasarladıkları minimal eğlence evleri (b) (Meinhold, 2010)

### 3.5.58 Nakliye Konteynerleri

Tablo 3.61 AYM olarak nakliye konteynerleri

| NAKLİYE KONTEYNERLERİ |                                                    |                                        |
|-----------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1                     | Kökenlerine Göre;                                  | İnsan Yapımı                           |
| 2                     | Kullanım Yerlerine Göre;                           | Bölücü-Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım |
| 3                     | Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejilerine Göre; | İleri Dönüşüm                          |

Yenilenmiş ya da az kullanılmış nakliye konteynerlerin bir yapı malzemesi olarak kullanılması, sağlam yapısı, kolay erişilebilirliği ve düşük masrafları nedeniyle son birkaç yılda popülerlik kazanmıştır. Günümüzde birçok ev dünyanın artan nüfusu, azalan sınırlı kaynaklar nedeni ile konteynerlerle inşa edilmektedir. Daha çevre dostu bir malzemedir. Nakliye konteynerlerinin yeniden kullanılması ve binalara dönüştürülmesi, çimento üretimi sırasında ortaya çıkan CO<sub>2</sub> miktarını azaltmaya büyük katkı sağlayıp, tuğla ve çimento gibi geleneksel yapı malzemelerinin kullanımını engelleyebilir. Bu, çevreyi en büyük düşmanlarından birine karşı korumanın iyi bir yoludur. Ayrıca çelik kullanımının azaltılmasına da yardımcı olabilir. Bir konteyneri yeniden kullanmak, yaklaşık 3500 kilogram çelik tasarrufu sağlamaya yardımcı olabilir. Bir nakliye konteynerini yeniden kullanmanın en önemli avantajlarından biri de, çok uygun fiyatlı olmaları ve inanılmaz derecede hızlı inşa edilebilmeleridir. Bir ev inşa etmek, bir yer kiralamak veya arsaya yatırım yapmak yerine, nakliye konteynerleri çok daha ucuza satın alınabilmekte ve gerektiğinde kolaylıkla hareket ettirilebilmektedirler. Bir yük konteynerinin planı tasarlandıktan sonra, konteynerler atölyede hazırlanır ve monte edilir. Yerinde inşaat süresi, tamamen hava koşullarına bağlı 7 gün kadar kısa olabilir. Nakliye konteynerleri, sert ve öngörülemeyen hava koşullarına dayanacak şekilde tasarlandıkları ve ağır kargo taşımaya yönelik oldukları için çok dayanıklıdır. Küf, ateş ve termitlere karşı da dayanıklıdır. Aynı zamanda çelik yapıları ve çimentolu binalara göre hafif olmaları sayesinde depreme karşı çok daha dayanıklıdır ve bu da onları çok güvenli kılar. Ayrıca doğal olarak yanmazdırlar (Truman, 2016).



(a)



(b)

Şekil 3.59 Nakliye konteynerleri (a) (“Konteyner taşımacılığı”, 2011) nakliye konteynerlerinden modern ev tasarımı (b) (“Japonya konteyner ev”, b.t.)

## BÖLÜM DÖRT

### ALTERNATİF YAPI MALZEMELERİ KULLANILARAK İNŞA EDİLMİŞ UYGULAMA ÖRNEKLERİ

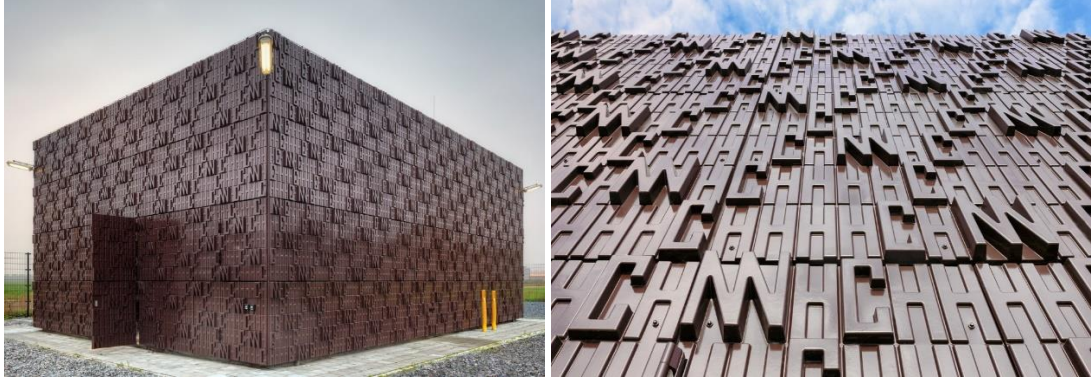
Bu bölümde üçüncü bölümde detaylı olarak incelenmiş AYM'ler kullanılarak inşaa edilmiş uygulama örnekleri verilmiştir. Bu örnekler bir bütünlük oluşturmak adına bu çalışmada üçüncü bölümde sunulan AYM sınıflandırması uyarınca tablolarla sunulacaktır. Örnekler seçilirken çeşitlilik yaratmak adına her malzemenin bir kez kullanılmasına dikkat edilmiştir. Böylelikle daha çok malzeme örnekler üzerinden incelenebilmiştir. Buna ek olarak örnek seçiminde bölge, ülke, iklim gibi sınırlar çizilmemiş dünya çapında araştırılmıştır.

#### 4.1 Dünyanın İlk Biyobazlı Cephesi

Tablo 4.1 Dünyanın ilk biyobazlı cephesi

| Yapının Adı               | DÜNYANIN İLK BİYOBAZLI CEPHESİ                                          |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| İşlevi:                   | Gaz Transfer İstasyonu                                                  |
| Yeri:                     | Dinteloord, Hollanda                                                    |
| Yapım Yılı:               | 1984-1986                                                               |
| İnşaat Alanı:             | -                                                                       |
| Proje Müellifi:           | Studio Marco Vermeulen                                                  |
| YAPIDA KULLANILAN AYM     |                                                                         |
| Kenevir Lifi<br>-Duvarlar | 1-Kökenine Göre; Organik / Doğal Ürün                                   |
|                           | 2-Kullanım Yerine Göre;<br>Bölücü/Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
|                           | 3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre;-                     |

Dünyanın ilk gerçek biyobazlı cephesi, Hollanda'daki bir binada tamamlandı. Studio Marco Vermeulen ekibi, kenevir lifleriyle güçlendirilmiş özel bir biyoreçine kullanarak, biyobazlı bir cepheye sahip bir bina oluşturmak için biyobazlı ürünlerin geliştiricisi olan NPSP Composites ile işbirliği yaptı. Her panel 140 cm x 185 cm boyutlarındadır. Üzerinde kabartma olarak basılmış harfler C, H ve N, ana bileşenlerin kimyasal sembolleridir: Karbon, Hidrojen ve Azot. Panelde her harf, panelin tabanından ne kadar uzandığına göre ayırt edilir ("World's first biobased façade", 2013).



(a)

(b)

Şekil 4.1 Dünyanın ilk biyobazlı cephesi dış cephe görünüşleri (a) (b) (“World’s first biobased facade”, 2013)

## 4.2 Tourner autour du Ried

Tablo 4.2 Tourner autour du Ried

| Yapının Adı                      | TOURNER AUTOUR DU RIED                                            |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| İşlevi:                          | Pavilyon                                                          |
| Yeri:                            | Muttersholtz, Fransa                                              |
| Yapım Yılı:                      | 2012                                                              |
| İnşaat Alanı:                    | 20 m <sup>2</sup>                                                 |
| Mimarı:                          | StAndré-Lang Architectes                                          |
| YAPIDA KULLANILAN AYM            |                                                                   |
| Mısır<br>-Dış Cephe<br>Kaplaması | 1.Kökenine Göre: Organik / Doğal ürün                             |
|                                  | 2.Kullanım Yerine Göre:<br>Bölücü-Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım |
|                                  | 3.Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre: -              |

Yarım küre olarak şekillendirilen bu mısır kaplı yapı, yerel malzemeler kullanılarak inşa edilmiştir. Sayısız mısır koçanının saklandığı ahşap çerçeve ve tellerle kaplı yapı, mısırın kurutulduğu bir yer olduğu kadar depolama işlevi de görmektedir. Mahsulün değişen özellikleri nedeniyle cephe mevsime bağlı olarak değişecektir. Doğal ışıktan yararlanan Tourner Autour du Ried prototipi, güneşin parlak ışınlarından girişe izin veren dairesel bir tavan açıklığına sahiptir (Young, 2012).



(a)

(b)

(c)

Şekil 4.2 Tourner autour du Ried yapısı dış cephe görünüşü (a) dış cephe detay görünüşü (b) iç mekân görünüşü (c) (Young, 2012)

### 4.3 Uluslararası Panyaden Okulu Spor Merkezi

Tablo 4.3 Uluslararası Panyaden Okulu spor merkezi

| Yapının Adı           | ULUSLARARASI PANYADEN OKULU SPOR MERKEZİ                    |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------|
| İşlevi:               | Spor Merkezi                                                |
| Yeri:                 | Chiang Mai, Tayland                                         |
| Yapım Yılı:           | 2017                                                        |
| İnşaat Alanı:         | 782 m2                                                      |
| Mimarı:               | Chiangmai Life Architects (CLA)                             |
| YAPIDA KULLANILAN AYM |                                                             |
| <b>Bambu</b>          | <b>1.Kökenine Göre:</b> Organik / Doğal Ürün                |
| -Strüktür             | <b>2.Kullanım Yerine Göre:</b>                              |
| -Merdiven             | Taşıyıcı Ürün / Doğrudan Kullanım                           |
| -Duvarlar             | Bölücü-Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım                      |
| -Çatı Kaplaması       | Tamamlayıcı Ürün / Doğrudan Kullanım                        |
| -Kapı, Korkuluk       | <b>3.Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre: -</b> |

Uluslararası bir okulun yerleşkesi içine yapılan bu spor merkezi, doğaya yakın olma felsefesinden hareketle sadece bambu kullanılarak inşa edilmiştir. Böylece kurumun ‘yeşil okul’ felsefesine uygun olarak yapının karbon ayak izi de–alternatif yapım sistemlerine göre %90 oranında–azaltılmıştır. Sıcak ve nemli iklimde yer alan yapı, futsal, basketbol, voleybol ve badminton sahaları ile yükseltilebilen bir kulis içeren üstü kapalı, yanları açık bir yapıdır. Sahaların iki yanında yükseltilmiş balkonlar seyir mekânı işlevi görür. 728 m2 alan örten bambu taşıyıcılı ve kaplamalı üst örtünün serbest açıklığı 17.22 m.’dir. Bambu makaslar bu açıklığı çelik takviye

veya bağlantı kullanılmaksızın geçecek biçimde tasarlanmıştır. Şantiyede önceden inşa edilen, prefabrik kafes kirişler, bir vinç ile yerine kaldırılmıştır. Yapının ömrünün en az 50 yıl olması beklenmektedir (Castro, 2021).



(a)

(b)

Şekil 4.3 Uluslararası Panyaden Okulu spor merkezi dış cephe görünüşü (a) iç mekân görünüşü (b) iç mekân taşıyıcı sistem detay görünüşü (c) (Castro, 2021)

#### 4.4 Hy-Fi Kulesi

Tablo 4.4 Hy-Fi kulesi

| Yapının Adı           | HY-Fİ KULESİ                                                      |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| İşlevi:               | Pavyon                                                            |
| Yeri:                 | New York, U.S.A                                                   |
| Yapım Yılı:           | 2014                                                              |
| İnşaat Alanı:         | -                                                                 |
| Mimarı:               | The Living                                                        |
| YAPIDA KULLANILAN AYM |                                                                   |
| Miselyum<br>-Duvarlar | 1-Kökenine Göre; Organik / Doğal Ürün                             |
|                       | 2-Kullanım Yerine Göre;<br>Bölücü/Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım |
|                       | 3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre; -              |

Yapı, 2014 yılında New York'taki Modern Sanatlar Müzesi'nin (MoMa) avlusunda sergilenen konsept bir yapıydı. Yaklaşık 12 m yüksekliğindeydi ve organik olarak yetiştirilmiş 10.000 miselyum tuğladan oluşuyordu. Miselyum tuğlaları tamamen talaş, mukavva, talaş atıkları, pirinç ve buğday kabuğu gibi tarımsal atıklardan büyüyen organik, biyolojik olarak parçalanabilen mantar miselyumundan yapılmıştır. Tuğlaları yapmak için kalıplar sporlarla aşılansın

organik maddelerle doldurulur. Mantarların organik maddeyi tuğlaya dönüştürmesi 5 gün sürer. İşlem sırasında nihai ürünün bakteriler tarafından enfekte olmaması için nem ve belirli sıhhi gereklilikler gereklidir. Son olarak, miselyum, hücre kohezyonunu korurken büyüme sürecini öldürmek için sıcak hava ile kurutulmalıdır. Kurduğunda suya, küf ve ateşe karşı dayanıklı hale gelir. Tuğlalar hem izolatör hem de bina içerisinde iç duvarlar için destek olarak kullanılabilir. Miselyum %100 organik, gübrelenabilir ve biyolojik olarak parçalanabilir (Maloney, 2014).



(a)

(b)

(c)

Şekil 4.4 Hy-Fi kulesi dış cephe görünüşü (a) yapım aşamaları (b) (c) (Maloney, 2014)

#### 4.5 House in Cunha

Tablo 4.5 House in Cunha

| Yapının Adı                                  | HOUSE İN CUNHA                                                 |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| İşlevi:                                      | Konut                                                          |
| Yeri:                                        | Cunha, São Paulo, Brezilya                                     |
| Yapım Yılı:                                  | 2019                                                           |
| İnşaat Alanı:                                | 140 m2                                                         |
| Proje Müellifi:                              | Arquipélago Arquitetos                                         |
| YAPIDA KULLANILAN AYM                        |                                                                |
| Sıkıştırılmış Toprak<br>-Dış Cephe Kaplaması | 1.Kökenine Göre: Organik / Doğal Ürün                          |
|                                              | 2.Kullanım Yerine Göre: Bölücü/Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım |
|                                              | 3.Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre: -           |

Beton bir temel üzerine kurulu sıkıştırılmış toprak yapı, sertleşmesi için düz panellerin arasına yerleştirilen ıslak bir karışım oluşturmak için toprak, kum ve kilden oluşur. Tasarımcılar, soğuk rüzgarlardan korunmak için, toprak evi 1 metre

toprak kazıldı ve gömüldü. Daha sonra burdan çıkan yerel toprak ana evin duvarlarını oluturmak için kalıplandı. Metal çubuklarla deliklerden kaçınan ve daha verimli bir şantiye geliştiren özgün bir kalıp sistemi kullanıldı. Böylece modüler bir sistem kuruldu. Bileşenler kolaylıkla demonte edilebilir ve yeniden monte edilebilir. Sertlik, termal atalet, renk, parlaklık, dokunma kalitesi gibi tüm özellikler, yerel toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinden kaynaklanan faktörlerdir (Cogley, 2020).



Şekil 4.5 Arquipelago Arquitetos evi dış cephe görünüşü (a) iç mekân görünüşü (b) (Cogley, 2020)

#### 4.6 Higo

Tablo 4.6 Higo

|                                                      |                                                                |
|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Yapının Adı                                          | HIGO                                                           |
| İşlevi:                                              | Kütüphane, Ofis Binası                                         |
| Yeri:                                                | Sapparo, Japonya                                               |
| Yapım Yılı:                                          | 2014                                                           |
| İnşaat Alanı:                                        | 331 m2                                                         |
| Mimarı:                                              | nA Nakayama Architects                                         |
| <b>YAPIDA KULLANILAN ALTERNATİF YAPI MALZEMELERİ</b> |                                                                |
| Şişe Mantarı                                         | 1-Kökenine Göre; Organik / Doğal Ürün                          |
| -Dış cephe kaplaması                                 | 2-Kullanım Yerine Göre; Bölücü/Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım |
| -Zemin                                               | 3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre; -           |

3 katlı ana yapı, mümkün olduğunca ince yapılmış çelik parçalardan yapılmıştır. Neredeyse hiç bölme duvarı bulunmamaktadır. Japonya'nın depreme meyilli olmasının yanı sıra, yerel bina yönetmeliği 300 kg/m2 kar yükü gerektiriyor.

Dolayısıyla mantar blokların hafifliği olmasaydı bu yapı mümkün olmazdı. Bu tasarımın özelliği 50mm x 500mm x 1000mm mantar blokların kullanılmasıdır. Sadece bu bloklar hafif, ses geçirmez ve ısı yalıtımlı olmakla kalmaz, aynı zamanda kullanılmış şarap mantarından geri dönüştürülür. Sürdürülebilir ve hızlı büyüyen mantar meşesi umut verici bir malzemedir. Ayrıca, yakıldığında bile alev almaz. Dış duvarları doğal mantar renginde, yosun ve bitki örtüsü ile kaplandığında doğayla iç içe bir yapı oluşturmaktadır (Goshima, 2014).



Şekil 4.6 Higo binası dış cephe görünüşü (a) iç mekân görünüşü (b) (Goshima, 2014)

#### 4.7 M&S Cheshire Oaks Mağazası

Tablo 4.7 M&S Cheshire Oaks mağazası

| Yapının Adı                        | M&S CHESHİRE OAKS MAĞAZASI                                                               |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| İşlevi:                            | Mağaza                                                                                   |
| Yeri:                              | Kuzey Batı İngiltere                                                                     |
| Yapım Yılı:                        | 2012                                                                                     |
| İnşaat Alanı:                      | 18.100 m <sup>2</sup>                                                                    |
| Mimarı:                            | Koru Mimarlık / AECOM ve Aukett Fitzroy Robinson                                         |
| <b>YAPIDA KULLANILAN AYM'LER</b>   |                                                                                          |
| Kenevir<br>-Dış Cephe<br>Kaplaması | <b>1.Kökenine Göre:</b> Organik / Doğal Ürün                                             |
|                                    | <b>2.Kullanım Yerine Göre:</b><br>Bölücü-Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım (kenevir) |
|                                    | <b>3.Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre:</b> -                              |

Birçok ödöl kazanmış ve bu grubun en büyük, en yeşil mağazadır. İlgi çekici 'dalga' tarzı çatı sadece estetik değeri için tasarlanmamış aynı zamanda 1400 m<sup>3</sup>'ün üzerinde %100 FSC (ormanların tahrip edilmesine tepki olarak kurulmuş orman yönetim konseyi) sertifikalı, kavisli Glulam ahşap kafes kirişlerden yapılmıştır. Binanın sürdürülebilirlik yönünü daha da güçlendiren yönü, duvarlarda kenevir ve kireçten oluşan ve son derece verimli bir yalıtkan görevi gören ve aynı zamanda binanın nefes almasına ve karbonu emmesine izin veren kenevirin kullanılmasıdır. Kenevir hurmaları yerinde kireç ve su ile karıştırıldı ve dış destekleyici ahşap dikmelerin arasına döküldü. Bu diğer mağaza ortamlarında 9°C'ye kıyasla mağazanın gece boyunca 1°C'den daha az ısı kaybetmesine neden olmaktadır (Staff, 2012).



(a)



(b)

Şekil 4.7 M&S Cheshire Oaks mağazası dış cephe görünüşü (a) ahşap çatı konstrüksiyonu modellemesi (Staff, 2012)

#### 4.8 Hotel Palacio de Sal (İspanyolca "Tuz Sarayı")

Tablo 4.8 Hotel Palacio de Sal

| Yapının Adı                                      | HOTEL PALACIO DE SAL                                              |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| İşlevi:                                          | Hotel                                                             |
| Yeri:                                            | Uyuni, Colchani, Bolivya                                          |
| Yapım Yılı:                                      | -                                                                 |
| İnşaat Alanı:                                    | -                                                                 |
| Mimarı:                                          | -                                                                 |
| YAPIDA KULLANILAN AYM                            |                                                                   |
| Tuz<br>-Strüktür Dışında<br>Yapının<br>Tamamında | 1.Kökenine Göre: İnorganik / Doğal Ürün                           |
|                                                  | 2.Kullanım Yerine Göre:<br>Bölücü-Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım |
|                                                  | Tamamlayıcı Ürün / Doğrudan Kullanım                              |
|                                                  | 3.Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre: -              |

Dünyanın en büyük tuz düzlüğü olan Salar de Uyuni'nin kenarında, La Paz bölümünün başkenti La Paz'ın 350 km güneyinde yer almaktadır. Bina, yataklar, masalar, sandalyeler ve heykeller dahil olmak üzere zemin, duvarlar, tavan ve mobilyalar için kullanılan yaklaşık 1 milyon 35 cm tuz bloklarından yapılmıştır ("Palacio de Sal", 2022).



(a)



(b)

Şekil 4.8 Hotel Palacio de Sal hoteli dış cephe görünüşü (a) iç mekân görünüşü (b) ("Palacio de Sal", 2022)

#### 4.9 Ice Hotel Jukkasjarvi

Tablo 4.9 Ice Hotel Jukkasjarvi

| Yapının Adı                  | ICE HOTEL JUKKASJARVİ                                                                                                                          |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| İşlevi:                      | Otel                                                                                                                                           |
| Yeri:                        | Jukkasjärvi, İsveç                                                                                                                             |
| Yapım Yılı:                  | -                                                                                                                                              |
| İnşaat Alanı:                | -                                                                                                                                              |
| Proje Müellifi:              | -                                                                                                                                              |
| YAPIDA KULLANILAN AYM        |                                                                                                                                                |
| Buz<br>-Yapının<br>tamamında | 1-Kökenine Göre; İnorganik / Doğal Ürün                                                                                                        |
|                              | 2-Kullanım Yerine Göre;<br>Taşıyıcı Ürün / Doğrudan Kullanım<br>Bölücü/Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım<br>Tamamlayıcı Ürün / Doğrudan Kullanım |
|                              | 3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre; -                                                                                           |
|                              |                                                                                                                                                |

Türünün ilk (ve halen en büyük) örneği olan Jukkasjärvi Ice Hotel, 66. kuzey enleminde, Kuzey Kutup Dairesi'ne 200 km uzaklıktaki küçük bir kasabada bulunmaktadır. Buz Otel, her yıl sonbaharda kar ve buz ile tesis edilen ve kışın turistik etkinliklere hizmet eden bir oteldir. İnşa için 30.000 ton kar ve 4.000 ton berrak buz kullanılır. Her yıl ekimin sonuna doğru otelin inşası başlar. Buldozer ve kar üretme araçları olan kar topları ile kar, iki gün sonra çıkarılan çelik kalıpların üzerine yığılır. Bu inşa şekliyle, birden çok yan yana duran tünel şeklinde kemer oluşturulur. En büyüğü 5 metre yükseklikte ve 6 metre genişliktedir. İlaveten bu kemerler buz kalıplarından yapılan sütunlarla desteklenir. İçerisine bir giriş salonu ve bir bar yerleştirilir. Diğer daha küçük tüneller, yatak odaları ve koridorlar için tesis edilir. Tünellerin içindeki oda sınırları, kar bloklarından duvar olarak örülür. Pencere, berrak buz kalıplarından oluşturulur (Ice hotel, 2023).

Tüm odaların içi ışıktandırılmış buz heykeller ve buzdan eşyalarla döşenmiştir. Bunların her biri, ilkbaharda Torne Nehri'nden kazanılır. Berrak su, kuvvetli akıntıyla beraber, özellikle çok berrak buz oluşmasını sağlar. Bu buz, traktör yardımıyla nehirde özel testerele kesilir. Böyle kazanılan 4.000 ton buz (2 tonluk bloklar) yazın özel buzhanelerde muhafaza edilir. Bu bina, Icehotel Art Center olarak adlandırılır ve buz deposunun yanında, geçen sezonun buz otelinden kalan birkaç

heykelden oluşan bir sergi de içerir. Her yıl aralık ayından Nisan ayının ortalarında buzlar erimeye başlayana kadar hizmet verir (Ice hotel, 2023).



(a)

(b)

Şekil 4.9 Dünyanın ilk biyobazlı cephesi dış cephe görüşleri (a) (b) (Ice hotel, 2023)

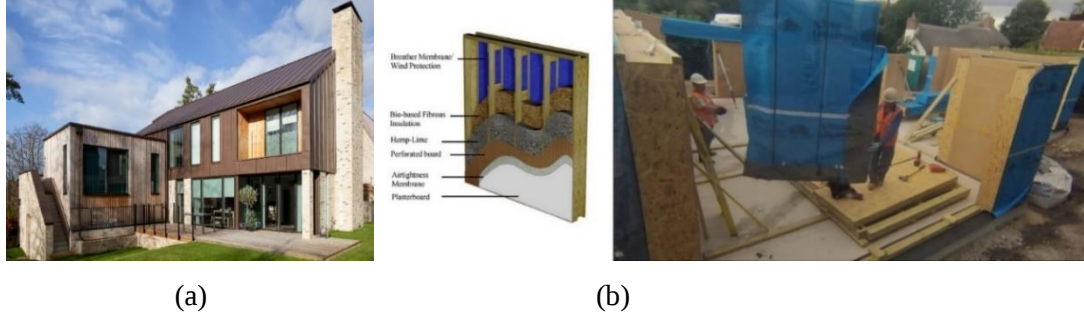
#### 4.10 The Acre

Tablo 4.10 The Acre

| Yapının Adı           | THE ACRE                                                                |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| İşlevi:               | Konut                                                                   |
| Yeri:                 | Cumnor Tepesi, Oxford, İngiltere                                        |
| Yapım Yılı:           | 2017                                                                    |
| İnşaat Alanı:         | -                                                                       |
| Mimarı:               | John Pardey Architects                                                  |
| YAPIDA KULLANILAN AYM |                                                                         |
| Kenevir<br>-Duvarlar  | 1-Kökenine Göre; Organik / Doğal Ürün                                   |
|                       | 2-Kullanım Yerine Göre;<br>Bölücü/Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
|                       | 3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre; -                    |

Proje 5 büyük müstakil evden oluşan bir sitedir. Acre'de kullanılan HempCell sistemi, AB tarafından finanse edilen Hempsect projesinin bir parçası olarak geliştirilen yeni bir panel duvar sistemidir. 2017'de tamamlanan proje, hem gömülü karbonu hem de kullanımdaki enerji tüketimini önemli ölçüde azaltan biyo tabanlı, prefabrike, önceden kurutulmuş, panelli bir kenevir-kireç yapı sistemi için pazarı genişletmeyi amaçlıyordu. Panelin ana malzemeleri, kenevir-kireç ve ağaç lifi veya kenevir lifi gibi doğal liflerdir. Kenevir-kireç mükemmel higrik ve orta derecede termal direnç özellikleri sergilerken hem kenevir hem de odun lifi mükemmel higrik kapasite ve iyi termal direnç özelliği sergiler. Sonuç olarak, HempCell'in yerinde

dökme kenevir-kireç sistemlerinden çok daha iyi termal performans göstermesi beklenmektedir (Orhon ve Altin, 2020).



Şekil 4.10 The Acre evi dış cephe görünüşü (a) ve HempCell detayı (b) (Orhon ve Altin, 2020)

#### 4.11 Wise Binası / Alternatif Teknoloji Merkezi

Tablo 4.11 Wise binası (centre for alternative technology)

| Yapının Adı                                    | WİSE BİNASI / ALTERNATİF TEKNOLOJİ MERKEZİ                                |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| İşlevi:                                        | Teknoloji Merkezi                                                         |
| Yeri:                                          | Machynlleth, İngiltere                                                    |
| Yapım Yılı:                                    | 2010                                                                      |
| İnşaat Alanı:                                  | -                                                                         |
| Proje Müellifi:                                | Pat Borer ve David Lea                                                    |
| <b>YAPIDA KULLANILAN AYM'LER</b>               |                                                                           |
| <b>Yüksek Fırın Cürufu</b><br>-Temel           | <b>1-Kökenine Göre;</b> İnorganik / Yan Ürün                              |
|                                                | <b>2-Kullanım Yerine Göre;</b><br>Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
|                                                | <b>3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre;</b><br>Geri Dönüşüm |
| <b>Kenevir Beton (Hempcrete),</b><br>-Duvarlar | <b>1-Kökenine Göre;</b> İnsan Yapımı                                      |
|                                                | <b>2-Kullanım Yerine Göre;</b><br>Bölücü/Örtücü Ürün/ Doğrudan Kullanım   |
|                                                | <b>3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre;</b><br>Geri Dönüşüm |
| <b>Meşe Ağacı Mantarı</b><br>-Zemin yalıtımı   | <b>1-Kökenine Göre;</b> Organik / Doğal Ürün                              |
|                                                | <b>2-Kullanım Yerine Göre;</b><br>Bölücü/Örtücü Ürün/ Doğrudan Kullanım   |
|                                                | <b>3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre;</b> -               |
| <b>Sıkıştırılmış Toprak</b><br>-Duvarlar       | <b>1-Kökenine Göre;</b> Organik / Doğal Ürün                              |
|                                                | <b>2-Kullanım Yerine Göre;</b><br>Bölücü/Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım  |
|                                                | <b>3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre;</b> -               |

|                                           |                                                                                |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Selüloz (Kağıt)</b><br>-Çatı Kaplaması | <b>1-Kökenine Göre; İnsan Yapımı</b>                                           |
|                                           | <b>2-Kullanım Yerine Göre;</b><br>Bölücü/Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
|                                           | <b>3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre;</b><br>Geri Dönüşüm      |

Yapının temelinde kullanılan betonda portland çimentosunun (OPC) yarısı öğütülmüş yüksek fırın cürufuyla değiştirilerek somutlaşmış karbon emisyonlarını büyük ölçüde azaltılmıştır. Çerçevesi ise, FSC (Orman Yönetim Konseyi) sertifikalı beyaz ahşaptır. Ahşap çerçeveyi destekleyen kaide duvarları, kum kireci (kalsiyum silikat) tuğlaları kullanılarak doldurulmuştur. Bunlar, standart tuğlaları ateşlemekten çok daha az enerji kullanır. Gerekli esnekliği sağlamak için özenle tasarlanmış hareket derzleri ve kireç harcı kullanılmıştır. Zemini taşıyan levhalar, 200 mm'lik torbalı perlit yalıtımı üzerine kenevir döşenerek yapılmıştır. Geri dönüştürülmüş bir polietilen buhar kontrol membranı ve radon bariyeri kullanılmıştır. Zeminlerin tamamı, kontrplak gevşek serilmiş, gizlice çivilenmiş, dışbudak döşeme tahtası kullanılarak tescilli bir yüzer zemin ile tamamlanmıştır. Binanın dış duvarlarının çoğunu bir kenevir ve kireç karışımı oluşturur ve yapısal ahşap çerçeveyi kaplar. Hempcrete duvarlar mükemmel yalıtım ve hava sızdırmazlığı sağlar ve nefes alabilen, higroskopik yapıları nemi düzenler. Hempcrete'in yüksek termal kütlesi, ısıyı emdiği ve depoladığı, bir sıcaklık tamponu görevi gördüğü ve yapay soğutma ihtiyacını azalttığı anlamına gelir. Duvarlar 500 mm kalınlığındadır ve U-değeri yaklaşık 0.14W/m<sup>2</sup> K'dir. Amfinin, 100 mm'lik katmanlar halinde sıkıştırılmış 500 mm kalınlığında, 320 ton sıkıştırılmış topraktan yapılmış 7,2 m yüksekliğinde duvarları vardır. Toprak duvarlar binanın aşırı ısınmasını önler ve yakalanan ısıyı yavaşça serbest bırakarak günün daha soğuk saatlerinde sıcaklığı tamponlar. Çatının çoğu 450 mm selüloz (geri dönüştürülmüş kağıt) ile yalıtılır ve U değeri 0,09 W/m<sup>2</sup>K verir. Bu, geleneksel cam elyafı veya plastik köpük yalıtımına kıyasla çok düşük bir yerleşik enerjiye sahiptir. Teraslı alanlarda 150 mm ahşap zemin kaplaması altında 250 mm mantar izolasyonu vardır ve U değeri 0,14W/m<sup>2</sup>K'dir. Soğuk köprülenmeyi önlemek için temellerin kilit yerlerinde de mantar kullanılmıştır ("The WISE building", 2021).



(a)

(b)

Şekil 4.11 Wise Binası dış cephe görünüşü (a) iç mekân görünüşü (b) (“The WISE building”, 2021)

#### 4.12 San Francisco Federal Binası

Tablo 4.12 San Francisco federal binası

| Yapının Adı                                              | SAN FRANCISCO FEDERAL BİNASI                                       |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| İşlevi:                                                  | İş Merkezi                                                         |
| Yeri:                                                    | California, ABD                                                    |
| Yapım Yılı:                                              | 2007                                                               |
| İnşaat Alanı:                                            | 240 fit uzunluğunda ve 65 fit genişliğinde 18 katlı / 652.000 m2   |
| Mimarı:                                                  | Morphosis                                                          |
| YAPIDA KULLANILAN AYM                                    |                                                                    |
| Yüksek Fırın<br>Cürufu<br>-Temel<br>-Strüktür<br>-Döşeme | 1-Kökenine Göre; İnorganik /Yan ürün                               |
|                                                          | 2-Kullanım Yerine Göre;<br>Taşıyıcı Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
|                                                          | 3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre;<br>Geri Dönüşüm |

Yapımında, atık ve enerji tüketimini en aza indiren yapı malzemeleri ve inşaat stratejileri kullanılmıştır. Bina, beton temellerinde ve çerçevesinde klasik yüksek oranlarda Portland çimentosu kullanımını değiştirerek kirliliği en aza indirir. Binanın beton karışımında, Portland çimentosunun %50'si çelik endüstrisinden geri dönüştürülmüş bir atık ürün olan yüksek fırın cürufu ile değiştirilerek yaklaşık 5.000 ton CO<sub>2</sub>'nin atmosfere salınması önlenerek inşa edildi. Böylelikle konansiyonel betondan kaynaklanan sera gazı emisyonlarını önemli ölçüde azaltıldı (“United states federal”, 2013).



(a)

(b)

(c)

Şekil 4.12 San Francisco Federal Binası dış cephe görünüşü (a) iç mekân görünüşleri (b) (c) ("United states federal", 2013)

#### 4.13 3D Baskılı Gaia Evi

Tablo 4.13 3D Baskılı Gaia evi

| Yapının Adı                      | 3D BASKILI GAIA EVİ                                                     |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| İşlevi:                          | Konut                                                                   |
| Yeri:                            | Massa Lombardo, İtalya                                                  |
| Yapım Yılı:                      | 2018                                                                    |
| İnşaat Alanı:                    | 30 m2                                                                   |
| Proje Müellifi:                  | WASP                                                                    |
| YAPIDA KULLANILAN AYM'LER        |                                                                         |
| Saman ve Pirinç Kabuğu<br>-Duvar | 1-Kökenine Göre; Organik / Atık                                         |
|                                  | 2-Kullanım Yerine Göre;<br>Bölücü/Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
|                                  | 3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre; -                    |

AYM'lerle yapılmış, 3 boyutlu yazdırılmış bir dış kabuğa ve ahşap bir çatıyı tutan iç ahşap kirişlere sahip sürdürülebilir bir yapıdır. Evin dış duvarları, yerel killi topraktan yapılmış doğal bir çamur karışımının yanı sıra kesilmiş saman ve pirinç kabuğu gibi tarımsal atık malzemeler kullanılarak sahada 3 boyutlu olarak basılmıştır. Karışım, bir vince asılan bir 3D yazıcı kullanılarak katmanlaşmış ve içlerinde dikey boşluklara yalıtım için pirinç kabukları doldurulmuştur. Bu yalıtım yöntemi kış aylarında bile iç ısıtma ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır. Duvar yapısındaki dış boşluk, yapıda doğal havalandırma için boş tutulur ve evin duvarlarına bir enerji kaynağının gömülmesine izin verir. Pirinç kabukları ayrıca yapının iç duvarlarını kaplamak için bir sıva olarak ve çatısının üstünde bir yalıtım

tabakası olarak kullanıldı. Bu yöntem hem ucuz, hem tamamlanmasının sadece 10 gün sürdürmekte hem de çamur karışımının üretilmesi 1.000 pounddan daha az maliyetlidir (Jordahn, 2019).



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.13 3D Baskılı Gaia evi dış cephe görünüşleri (a) (b) yapım aşamaları (c) (d) (Jordahn, 2019)



(a)



(b)



(c)



(d)

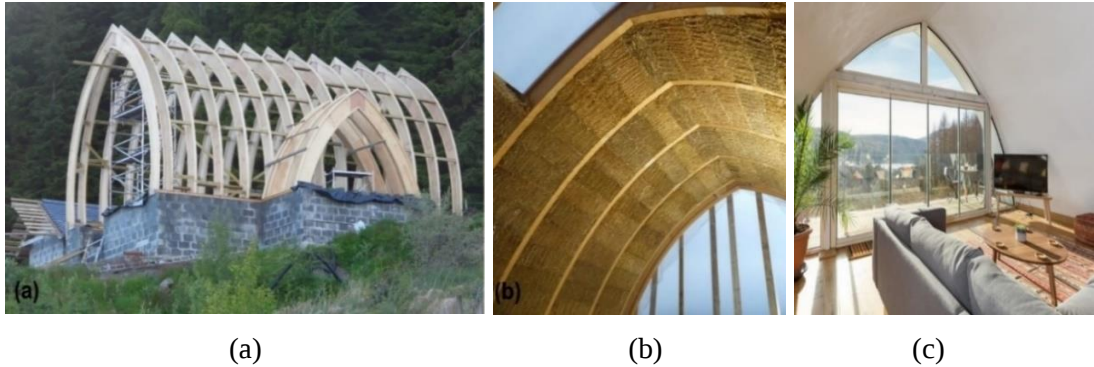
Şekil 4.14 Miselyum mantar köklerinin nişansta veya başka bir besin maddesi ile bağlanarak tuğla gibi kalıplanma aşamaları (a) (b) (c) (d) (Maloney, 2014)

#### 4.14 Jill Saman Balyası Evi

Tablo 4.14 Jill saman balyası evi

| Yapının Adı                   | JİLL SAMAN BALYASI EVİ                                            |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| İşlevi:                       | Konut                                                             |
| Yeri:                         | Strontian, İskoçya                                                |
| Yapım Yılı:                   | 2018                                                              |
| İnşaat Alanı:                 | -                                                                 |
| Mimarı:                       | Justine ve Robert Dunn                                            |
| YAPIDA KULLANILAN AYM         |                                                                   |
| Saman<br>Balyası<br>- Yalıtım | 1-Kökenine Göre; İnsan Yapımı                                     |
|                               | 2-Kullanım Yerine Göre;<br>Bölücü/Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım |
|                               | 3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre; Geri Dönüşüm   |

Binanın ahşap iskeleti, 14 büyük (ana yapı) ve 4 küçük (sundurma için) ham taştan oluşmaktadır. İzolasyon için kanalların arasına yaklaşık 500 balya saman yerleştirilmiştir. Hasır balya izolasyon kalınlığı 30 cm'dir. Bitmiş yapının hem içi hem de dışı, havadaki nemin içeriden dışarıya hareket etmesini sağlayan kireçle kaplanmıştır. Çatı malzemesi İngiliz kil kiremitidir. Balyaların kuru kalması için nem içeride emilir, kamıştan geçerek dışarıdan alınır. Dışarıdaki nemi gidermek için bu sistemin iki temel bileşeni vardır. İlk bileşen, olukların üzerinde ve çatının alt kiremitinin arkasında bir havalandırma boşluğudur. Bu boşluk, paslanmaz çelik bir ağ ile hayvanlardan ve böceklerden korunmaktadır. İkinci bileşen, havalandırılmalı çatı sırtıdır. Bu sistem, havanın kirecin dışı ile tavanın alt tarafı arasından geçmesine izin verir ("Jill Strawbale House", 2018).



Şekil 4.15 Jill saman balyası evi taşıyıcı sistemi (a) evin saman balyası yalıtım katmanı (b) evin yapımının tamalandıktan sonraki iç mekân görünüşü (c) ("Jill Strawbale House", 2018)

#### 4.15 Jackie Chan Dublör Eğitim Merkezi

Tablo 4.15 Jackie Chan dublör eğitim merkezi

| Yapının Adı                               | JACKİE CHAN DUBLÖR EĞİTİM MERKEZİ                                    |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| İşlevi:                                   | Eğitim Merkezi                                                       |
| Yeri:                                     | Tianjin, Çin                                                         |
| Yapım Yılı:                               | 2017                                                                 |
| İnşaat Alanı:                             | 330.000 m2                                                           |
| Proje Müellifi:                           | Miniwiz                                                              |
| YAPIDA KULLANILAN AYM'LER                 |                                                                      |
| Eski DVD'ler<br>-Dış cephe kaplaması      | 1-Kökenine Göre; İnsan Yapımı                                        |
|                                           | 2-Kullanım Yerine Göre; Bölücü/Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım       |
|                                           | 3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre; İleri Dönüşüm     |
| Pirinç Kabuğu<br>-Tavan panelleri         | 1-Kökenine Göre; Organik / Atık                                      |
|                                           | 2-Kullanım Yerine Göre; Bölücü/Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
|                                           | 3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre; -                 |
| Eski Araba Lastikleri<br>-İç mekân döşeme | 1-Kökenine Göre; İnsan Yapımı                                        |
|                                           | 2-Kullanım Yerine Göre; Bölücü/Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
|                                           | 3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre; Geri Dönüşüm      |

“Geri dönüşüm ve yeniden kullanım” ilkesine dayalı bir mega restorasyon projesidir. Yarı inşa edilmiş halde çürümeye terk edilmiş bir sinema kompleksi, stadyum büyüklüğünde bir etkinlik alanı ve alışveriş merkezi, ileri dönüştürülmüş malzemeler kullanılarak hayata döndürüldü. Restorasyonunda kullanılan geri dönüştürülmüş atık malzemeler; dış cephe için eski DVD'ler, döşeme için lastikler, tavan panelleri için pirinç üretiminden doğan kabuk atıklar ve suni çim tabanı için polietilen plastik torbalardır. Miniwiz şirketi, yenileme çalışmaları boyunca, ek malzeme ve boya kullanımını sınırlamak için özgün bir kilitleme teknolojisi uyguladı ve böylelikle dış cephede boya kullanılmadı. Üç boyutlu efekt, orijinal yapıdan geri kazanılmış bir çelik desteğe vidalanan eski DVD'lerden yapılan kanatlarla elde edilir (Orhon ve Altın, 2020).



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.16 Jackie Chan dublör eğitim merkezi dış cephe görüşleri (a) (b) (c) (Orhon ve Altın, 2020)

#### 4.16 Prahran Hotel

Tablo 4.16 Prahran hotel

| Yapının Adı                     | PRAHRAN HOTEL                                                    |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| İşlevi:                         | Konaklama                                                        |
| Yeri:                           | Prahran, Melbourne, Avustralya                                   |
| Yapım Yılı:                     | 2013                                                             |
| İnşaat Alanı:                   | 550 m <sup>2</sup>                                               |
| Mimarı:                         | Techne Architecture                                              |
| YAPIDA KULLANILAN AYM           |                                                                  |
| Beton Drenaj Boruları -Strüktür | 1.Kökenine Göre: İnsan Yapımı                                    |
|                                 | 2.Kullanım Yerine Göre: Taşıyıcı Ürün / Doğrudan Kullanım        |
|                                 | 3.Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre: İleri Dönüşüm |

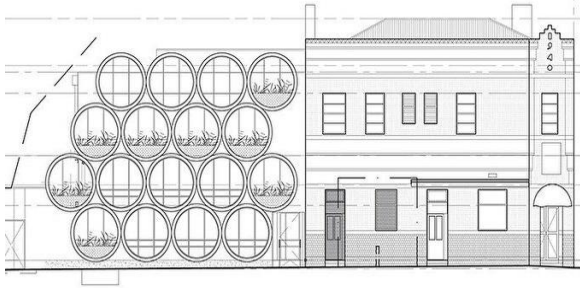
Zamanında yeraltı drenaj inşaatında kullanılmış ve şuan kullanılmayan bu boruların her birinin ağırlığı 2,5 ton ile 7,4 ton arasında değişmektedir. Bu projede toplam 40 ton ağırlığında beton borular kullanılmış ve alışlagelmişin dışında bir cephe oluşturulmuştur. Borular, iç mekânda sosyalleşme alanları olarak kullanılmaktadır (Clarke, 2022)



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Şekil 4.17 Prahran hoteli dış cephe görüşleri (a) (b) (c) iç mekân görüşleri (d) (e) (Clarke, 2022)

#### 4.17 Karton Katedral Christchurch

Tablo 4.17 Karton Katedral Christchurch

| Yapının Adı                                                        | KARTON KATEDRAL CHRISTCHURCH                                        |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| İşlevi:                                                            | Dini / Anıt                                                         |
| Yeri:                                                              | Christchurch Şehri ,Yeni Zelanda                                    |
| Yapım Yılı:                                                        | 2013                                                                |
| İnşaat Alanı:                                                      | -                                                                   |
| Mimarı:                                                            | Shigeru Ban                                                         |
| YAPIDA KULLANILAN AYM                                              |                                                                     |
| Karton Borular<br>-Dış Cephe<br>Kaplama<br>-Dekorasyon<br>Ürünleri | 1.Kökenine Göre: İnsan Yapımı                                       |
|                                                                    | 2.Kullanım Yerine Göre:<br>Bölücü-Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım   |
|                                                                    | Tamamlayıcı Ürün / Doğrudan Kullanım                                |
|                                                                    | 3.Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre:<br>İleri Dönüşüm |

Yapı 2011 yılında Yeni Zelanda'nın Güney Adasındaki Christchurch şehrini vuran depremden sonra yenilenmiştir. Her iki uca yerleştirilmiş 2 büyük çelik boru çerçeve ile sağlamlaştırılan ana yapı, poliüretan ile kaplanmış, 21 metre yüksekliğinde ve 60 cm çapındaki ardışık portal çerçeveden oluşturulan 96 yangına dayanıklı ve su geçirmez mukavva borudan oluşmaktadır. Tekrarlama, çatının eğik düzlemlerini tanımlar ve yanal basınç, binanın tabanında bulunan her biri 6m yüksekliğinde 8 konteynerın kütlesi ile dengelenir. Bu çatının yaklaşık 50 yıl, kiliseyi atmosfer koşullarından koruyacağı öngörülmektedir. Mobilya- sandalyeler, minber ve vaftiz yazı tipi - Shigeru Ban tarafından, katedralin genel atmosferine uygun olarak ahşap ve kağıt borularla tasarlanmıştır (''Cardboard cathedral, christchurch'', 2018).



(a)

(b)

(c)

Şekil 4.18 Karton Katedral Christchurch'un yapım sürecinden fotoğraf (a) yapımı tamamlandıktan sonraki dış cephe görünüşü (b) iç mekân görünüşü (c) ("Cardboard cathedral, christchurch", 2018)

#### 4.18 Wat Pa Maha Chedi Kaew (Bir Milyon Şişe Tapınağı)

Tablo 4.18 Wat Pa Maha Chedi Kaew

| Yapının Adı                            | WAT PA MAHA CHEDİ KAEW                                                  |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| İşlevi:                                | İbadethane                                                              |
| Yeri:                                  | Sisaket, Tayland                                                        |
| Yapım Yılı:                            | 1984-1986                                                               |
| İnşaat Alanı:                          | -                                                                       |
| Proje Müellifi:                        | John Pardey Architects                                                  |
| YAPIDA KULLANILAN AYM                  |                                                                         |
| Şişe Camlar<br>-Duvar, Çatı ve Zeminde | 1-Kökenine Göre; İnsan Yapımı                                           |
|                                        | 2-Kullanım Yerine Göre;<br>Bölücü/Örtücü Ürün / Bileşen Olarak Kullanım |
|                                        | 3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre;<br>İleri Dönüşüm     |

Tapınak, Bangkok'tan kilometrelerce ötede, Sisaket bölgesinde bulunmakadır. Bira şişesinden bina yapma fikri tapınak yetkililerinin aklına 1984 yılında düşmüştür. Tapınağa bolca Heineken ve Chang marka bira şişesi bağışlandığını fark eden yetkililer önce binanın dış süslemelerinde bu şişeleri olduğu gibi kullanmaya başlamıştır. Yıllar ilerledikçe bu durum tümü bira şişelerinden oluşan bir tapınak inşa etmeye kadar varmıştır. Daha sonrasında tuvaletler, mozaikler, zeminler bile kırık cam ve şişe kapakları karışımından yapılmıştır. Toplamda yaklaşık 1,5 milyondan fazla bira şişesi kullanılmıştır. Tapınağın yapımı 32 yıldır devam etmektedir (Aytekin 2013).



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.19 Wat Pa Maha Chedi Kaew Tapınağı cam bira şişeleriyle yapılmış dış cephe görünüşleri (a) (b) kırık cam ve şişe kapaklarından mozaikler ve zemin kaplaması (c) (d) (Aytekin 2013)

#### 4.19 Bima Mikro Kütüphanesi

Tablo 4.19 Bima Mikro Kütüphanesi

| Yapının Adı                              | BİMA MİKRO KÜTÜPHANESİ                                                     |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| İşlevi:                                  | Kütüphane                                                                  |
| Yeri:                                    | Bandung / Endonezya                                                        |
| Yapım Yılı:                              | 2017                                                                       |
| İnşaat Alanı:                            | 160 m2                                                                     |
| Mimarı:                                  | SHAU Architecture and Urbanism                                             |
| <b>YAPIDA KULLANILAN AYM</b>             |                                                                            |
| Dondurma Kapları<br>-Dış Cephe Kaplaması | <b>1.Kökenine Göre:</b> İnsan Yapımı                                       |
|                                          | <b>2.Kullanım Yerine Göre:</b><br>Bölücü-Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım   |
|                                          | <b>3.Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre:</b><br>İleri Dönüşüm |

Bina, zemin ve çatı için I-kirişlerden ve beton levhalardan yapılmış basit bir çelik yapı ile inşa edilmiştir. Var olan sahnenin üzeri yeniden betonla kaplandı ve daha önce eksik olan geniş bir merdiven eklendi. Bina tropikal bir iklimde yer aldığı için klima kullanılmadan hoş bir iç mekân iklimi yaratmayı amaçlanmıştır. Bu nedenle mahallede uygun maliyetli, iç mekânı gölgeleyebilen, gün ışığının geçmesine izin veren ve yeterli çapraz havalandırma sağlayan cephe malzemeleri aranmıştır. Başlangıçta, kullanılmış, beyaz ve yarı saydam bidonlar satan birkaç küçük satıcı bulundu. Ancak, inşaattan önce bidonlar artık ihtiyaç duyulan miktarlarda mevcut değildi. Bunun yerine, toptan satılan kullanılmış plastik dondurma kovaları bulundu. Kovalar daha sonra zeminden çatıya uzanan dikey çelik nervürlerin arasına yerleştirildi ve yağmur suyunu itmek için dışarıya doğru eğim verildi. 2000 kovayı monte edildi ("Bima Microlibrary / SHAU", 2016).



(a)



(b)

Şekil 4.20 Bima Mikro Kütüphanesi dış cephe görünüşü (a) dış cephe detay görünüşü ("Bima Microlibrary / SHAU", 2016)

#### 4.20 Pet Pavilion

Tablo 4.20 Pet pavilion

|                                            |                                                                            |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>Yapının Adı</b>                         | <b>PET PAVILION</b>                                                        |
| <b>İşlevi:</b>                             | Pavyon                                                                     |
| <b>Yeri:</b>                               | Enschede, Hollanda                                                         |
| <b>Yapım Yılı:</b>                         | 2014                                                                       |
| <b>İnşaat Alanı:</b>                       | 227 m2                                                                     |
| <b>Proje Müellifi:</b>                     | Michiel de Wit, Filip Jonker, Martijn Giebels                              |
| <b>YAPIDA KULLANILAN AYM'LER</b>           |                                                                            |
| <b>Pet Şişeler</b><br>-Dış cephe kaplaması | <b>1-Kökenine Göre;</b> İnsan Yapımı                                       |
|                                            | <b>2-Kullanım Yerine Göre;</b><br>Bölücü/Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım   |
|                                            | <b>3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre;</b><br>İleri Dönüşüm |

Yapının ana taşıyıcısı çelik iskelettir. Yapının dış cephe kaplamasında çift cidarlı oluklu transparan levhalar kullanılmıştır. Bu levhaların arası kısmi olarak tabandan tavana kadar 40.000'in üzerinde plastik şişeden örülmüştür. Yapı malzemesi olarak kullanılan plastik şişelerin büyük bir kısmı yakma fırınlarından toplanmıştır. Toplanan şişeler 100x100x80 cm' lik balyalar halinde preslenerek yapıda kullanılmıştır. Ayrıca, pavyon, beton gibi malzemeleri kullanan birçok kalıcı yapının aksine, "geçici bir binanın, yeniden kullanılmadan veya geri dönüştürülmeden önce, maddi değerini kaybetmeden, amacına tam olarak hizmet edebileceğini göstermektedir". Sanat sergileri ve etkileşimli etkinlikler, sanatı resmi bir müze ziyareti olmadan erişilebilir kılmak amacıyla pavyonun içini işgal ediyor. Ayrıca alan, mahalle konseyi için forumlar düzenleyen bir topluluk buluşma yeri olarak kullanılıyor ve yerel sosyal alan üzerinde "anıtsal bir etki" haline geldi (Santos, 2020).



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.21 Pet Pavilion dış cephe görünüşü (a) yapım aşamasından çelik iskeleti (b) iç mekan çelik iskeletin arasına atık olarak toplanan pet şişelerden cephe kaplaması uygulaması (c) (Santos, 2020)

#### 4.21 The Beehive (Arı Kovanı)

Tablo 4.21 The Beehive (Arı Kovanı)

| Yapının Adı                                                | THE BEEHİVE (ARI KOVANI)                                            |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| İşlevi:                                                    | Ofis                                                                |
| Yeri:                                                      | Surry Hills, Avustralya                                             |
| Yapım Yılı:                                                | 2017                                                                |
| İnşaat Alanı:                                              | -                                                                   |
| Proje Müellifi:                                            | Callum Coombe                                                       |
| YAPIDA KULLANILAN AYM'LER                                  |                                                                     |
| Pişmiş Toprak<br>Çatı Kiremitleri<br>-Gölgeleme<br>Elemanı | 1-Kökenine Göre; İnsan Yapımı                                       |
|                                                            | 2-Kullanım Yerine Göre;<br>Bölücü/Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım   |
|                                                            | 3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre;<br>İleri Dönüşüm |

Mimari değeri olan bir eser genellikle pahalı ve kıt malzemelere bağlıyken, tasarım ekipleri her yerde bulunan terakota kiremit gibi değeri düşük bir atık ürünün nasıl yeniden tanımlanabileceğini araştırıyor. Bu keşif, inşaatın Avustralya'nın atık üretiminin %50'si kadarını oluşturduğu ve bir binanın enerji ayak izinin büyük

ölçüde malzemenin içerdiği enerjiye dayandığı gerçeğinden hareket etmektedir. Fakat bu etki, malzemenin yeniden kullanımıyla çözülebilmektedir. Bu yüzden 8 metre genişliğinde olan ana cephenin karşı karşıya olduğu sert batı güneşini filtrelemek için kolayca tedarik edilebilen ve yeterli bir yeniden kullanım pazarı olmayan pişmiş toprak çatı kiremitleri kullanılmıştır (“The Beehive: Atık”, 2018).



Şekil 4.22 The Beehive ofis binası dış cephesinde atık çatı kiremitlerinin kullanımı (a) iç mekandan cephe görünüşü (b) cephe kaplaması detayı (c) (“The Beehive: Atık”, 2018)

#### 4.22 Big Dig House

Tablo 4.22 Big Dig House

| Yapının Adı                                                           | BİG DİG HOUSE                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| İşlevi:                                                               | Konut                                                                                                  |
| Yeri:                                                                 | Lexington, Amerika Birleşik Devletleri                                                                 |
| Yapım Yılı:                                                           | 2008                                                                                                   |
| İnşaat Alanı:                                                         | 353 m <sup>2</sup>                                                                                     |
| Proje Müellifi:                                                       | Single Speed Design                                                                                    |
| YAPIDA KULLANILAN AYM'LER                                             |                                                                                                        |
| I-93 otoyolundan atılan çelik ve beton<br>-Taşıyıcı sistem,<br>Döşeme | 1-Kökenine Göre; İnsan Yapımı                                                                          |
|                                                                       | 2-Kullanım Yerine Göre;<br>Taşıyıcı Ürün / Doğrudan Kullanım<br>Bölücü/Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım |
|                                                                       | 3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre;<br>İleri Dönüşüm                                    |

Altyapı atığının nasıl kurtarılabileceğini ve yeniden kullanılabileceğini gösteren prototip bir binadır. Bu evin yapısal sistemi Boston'daki sökülmüş I-93 otoyolundan atılan çelik ve betondan oluşmaktadır. Malzemelerin yeniden montajı prefabrik bir

sistemmiş gibi planlandı. Malzemeler, standart yapıya göre çok daha yüksek yük taşıma kapasitesine sahiptir ve büyük ölçekli çatı bahçeleri ile diğer programlı buluşların entegrasyonuna kolayca izin verir. Yeniden kullanılan otoyol malzemeleri, nasıl kurtarıldıklarını ve yeniden birleştirildiklerini göstermek için açıkta bırakıldı. Ana merdiven, çıkma büyük kazı yapısından gelen kablolarla asılıydı (“Big Dig House”, 2009).



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)

Şekil 4.23 Big Dig House yapımında kullanılan I-93 otoyolundan atılan çelik ve betonlar (a) (b) (c) bu çelik ve betonların yapıda bir araya gelişleri (d) (e) yapının son halinin dış cephe görünüşü (f) iç mekân görünüşü (g) (“Big Dig House”, 2009)

#### 4.23 D Cafe Personel Kafeteryası

Tablo 4.23 D Cafe personel kafeteryası

|                                                    |                                                                            |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>Yapının Adı</b>                                 | <b>D CAFE PERSONEL KAFETERYASI</b>                                         |
| <b>İşlevi:</b>                                     | Restoran / Kafe / Bar                                                      |
| <b>Yeri:</b>                                       | Kocaeli (İzmit), Gebze / Türkiye                                           |
| <b>Yapım Yılı:</b>                                 | 2015                                                                       |
| <b>İnşaat Alanı:</b>                               | 125 m2                                                                     |
| <b>Proje Müellifi:</b>                             | MuuM Mimarlık / Sam İnşaat                                                 |
| <b>YAPIDA KULLANILAN AYM'LER</b>                   |                                                                            |
| <b>Atık Çelik Plakalar</b><br>-Dış cephe kaplaması | <b>1-Kökenine Göre;</b> İnsan Yapımı                                       |
|                                                    | <b>2-Kullanım Yerine Göre;</b><br>Bölücü/Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım   |
|                                                    | <b>3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre;</b><br>İleri Dönüşüm |

Yapının dış cephe kaplamasından geri dönüşümden elde edilen çelik plakalar kullanılmıştır. Tek katlı yapının, insan ölçeğine temas eden boyutu, kullanıcı dostu tasarımı ve geri dönüşümlü malzemelerle tanımlanmış yüzeyi, yapının karakterini niteleyen özellikler olarak değerlendirildi (İtez, 2016).



(a)



(b)

Şekil 4.24 D Cafe personel kafeteryası dış cephe görünüşleri (a) (b) (İtez, 2016)

#### 4.24 Konteyner Park (Mercan)

Tablo 4.24 Konteyner Park (Mercan)

|                                                                 |                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Yapının Adı</b>                                              | <b>KONTEYNER PARK (MERCAN)</b>                                                                                |
| <b>İşlevi:</b>                                                  | Teknopark                                                                                                     |
| <b>Yeri:</b>                                                    | Engi Üniversitesi Kampüsü, İzmir                                                                              |
| <b>Yapım Yılı:</b>                                              | 2015                                                                                                          |
| <b>İnşaat Alanı:</b>                                            | 1,000 m <sup>2</sup>                                                                                          |
| <b>Proje Müellifi:</b>                                          | ATÖLYE Labs                                                                                                   |
| <b>YAPIDA KULLANILAN AYM'LER</b>                                |                                                                                                               |
| <b>Eski Deniz Konteynerları</b><br>-Taşıyıcı Sistem ve Duvarlar | <b>1-Kökenine Göre; İnsan Yapımı</b>                                                                          |
|                                                                 | <b>2-Kullanım Yerine Göre;</b><br>Taşıyıcı Ürün / Doğrudan Kullanım<br>Bölücü/Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım |
|                                                                 | <b>3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre;</b><br>İleri Dönüşüm                                    |

Proje, kampüsün merkezinde yıkılmış bir fakülte binasının atıl bir arazi olarak bulunmasıyla başladı. Yıkılmış bina temelleri üzerine, İzmir Limanı'nda yer alan ve 12 km uzaklıkta atıl duran ikinci el 35 tane konteynerlerin yeniden işlevlendirildiği bir program hazırlandı. Var olan ağaç dokusuna yaklaşılarak gölgesinden faydalanan konteyner modülleri, hakim rüzgar yönü ve güneş açıları dışında, eski bina temel izlerini takip ederek şekillendi ('Katalizör Konteynerler', 2016).



(a)



(b)

Şekil 4.25 İzmir Ege Üniversitesi kampüsü içinde 35 adet atıl konteynerden teknopark yapımı (a) (b) ('Katalizör Konteynerler', 2016)

#### 4.25 Seul'deki 10 Katlı 1000 Geri Dönüştürülmüş Kapı Kaplı Bina

Tablo 4.25 Seul'deki 10 katlı 1000 geri dönüştürülmüş kapı kaplı bina

| Yapının Adı                             | SEUL'DEKİ 10 KATLI 1000 GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ KAPI KAPLI BİNA          |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| İşlevi:                                 | Konut                                                               |
| Yeri:                                   | Seoul, Güney Kore                                                   |
| Yapım Yılı:                             | 2009                                                                |
| İnşaat Alanı:                           | -                                                                   |
| Proje Müellifi:                         | Choi Jeong-hwa                                                      |
| YAPIDA KULLANILAN AYM'LER               |                                                                     |
| Eski Kapılar<br>-Dış cephe<br>kaplaması | 1-Kökenine Göre; İnsan Yapımı                                       |
|                                         | 2-Kullanım Yerine Göre;<br>Bölücü/Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım   |
|                                         | 3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre;<br>İleri Dönüşüm |

Güney Koreli Sanatçı Choi Jeong-Hwa, 10 katlı sade bir binayı göz kamaştırıcı bir görsel zevke dönüştürmek için parlak renkli 1000 geri dönüştürülmüş kapı kullandı. Kapılar, orta binanın iskelesini uzatarak, hantal kütleye pikseli bir çekicilik kazandırmaktadır (Michler, 2011).



(a)



(b)

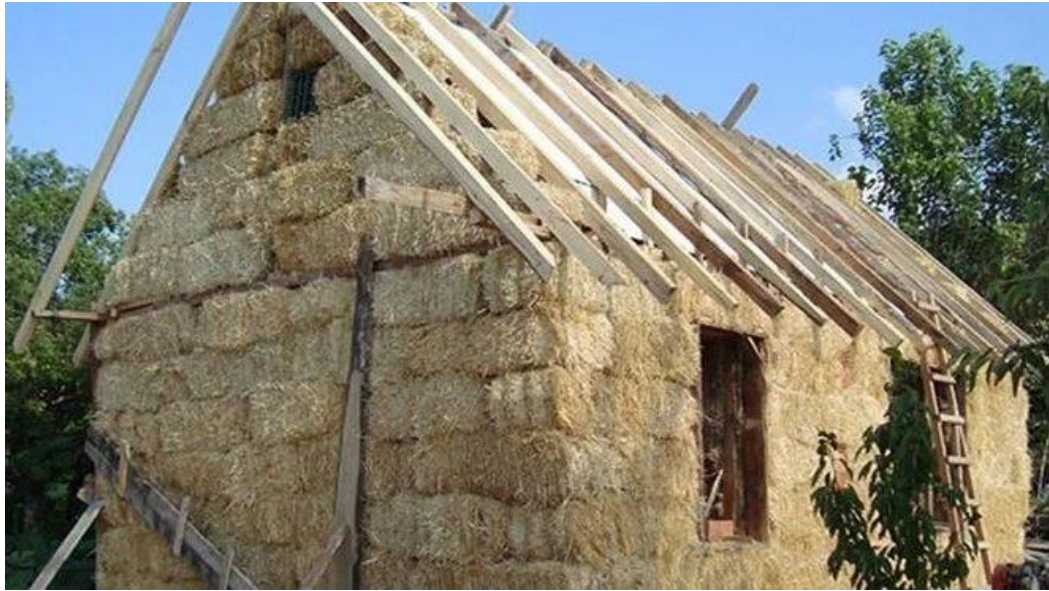
Şekil 4.26 Seul'deki 10 katlı bir binanın dış cephe kaplamasında kullanılan 1000 geri dönüştürülmüş kapı görselleri (a) (b) (Michler, 2011)

#### 4.26 Kütahya’da Saman Balyası Ev

Tablo 4.26 Kütahya’da saman balyası ev

| Yapının Adı                              | KÜTAHYA’DA SAMAN BALYASI EV                                         |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| İşlevi:                                  | Konut                                                               |
| Yeri:                                    | Domaniç, Kütahya, Türkiye                                           |
| Yapım Yılı:                              | 2009                                                                |
| İnşaat Alanı:                            | -                                                                   |
| Proje Müellifi:                          | Naim Gün (71) ve Feride Gün (66) çifti                              |
| YAPIDA KULLANILAN AYM’LER                |                                                                     |
| Saman Balyası<br>-Dış cephe<br>kaplaması | 1-Kökenine Göre; İnsan Yapımı                                       |
|                                          | 2-Kullanım Yerine Göre;<br>Bölücü/Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım   |
|                                          | 3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre;<br>İleri Dönüşüm |

Kütahya'nın Uludağ eteklerinde bulunan Domaniç'e bağlı Muratlı köyünde yaşayan yaşlı bir çift, 150 m2'lik betonarme apartman dairesindeki evlerinde ısınma sorunu yaşamaları nedeniyle 160 balya saman kullanarak yaptıkları ahşap iskeletli evde hayatlarını sürdürmektedirler. Dış cephede kendi köylerinden çıkan kayrak taşını, evin zemini için laminant parke, çatı kaplaması için de sac kullanılmıştır. Yapımı yaklaşık bir ayda bitirilmiştir. Maliyeti ise o yılki para ile 7 bin 500 liradır (NTV,2018).



Şekil 4.27 Kütahya’da saman balyası ev (NTV, 2018)

#### 4.27 Bir Farkındalık Projesi Kağıt Tuğla

Tablo 4.27 Bir farkındalık projesi kağıt tuğla

| Yapının Adı                                                             | BİR FARKINDALIK PROJESİ KAĞIT TUĞLA                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| İşlevi:                                                                 | Pavyon                                                                                                 |
| Yeri:                                                                   | Tekirdağ, Türkiye                                                                                      |
| Yapım Yılı:                                                             | 2015                                                                                                   |
| İnşaat Alanı:                                                           | 5x3x1.5m                                                                                               |
| Proje Müellifi:                                                         | Namık Kemal Üniversitesi Mimarlık Bölümü Öğrencileri                                                   |
| YAPIDA KULLANILAN AYM'LER                                               |                                                                                                        |
| Atık Karton<br>Bardaklar<br>-Dış cephe<br>kaplaması,<br>taşıyıcı sistem | 1-Kökenine Göre; İnsan Yapımı                                                                          |
|                                                                         | 2-Kullanım Yerine Göre;<br>Taşıyıcı Ürün / Doğrudan Kullanım<br>Bölücü/Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım |
|                                                                         | 3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre;<br>İleri Dönüşüm                                    |

Namık Kemal Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nce tasarlanan, atık karton bardaklardan oluşan, yaklaşık 5x3x1.5m ebatındaki pavyonun; karton bardakların birbiri içine geçirilmesiyle oluşturulan değişik yüksekliklerde sütunlar düşey elemanlar olarak, bardakların yan yana birleştirilmesiyle bal peteği görünümü alan örtü de çatı elemanı olarak kullanıldı. Bu mekanın üretiminde 15775 adet atık karton bardak, 4 kg zımba tüketildi. Proje "atık dönüşümü ve yeniden kullanım kavramlarına dikkat çekmek ve bu konulara dair bir farkındalık oluşturmak", aynı zamanda "kentte yok olmaya başlayan doğal kaynakların değerlendirilmesine ve yeniden kullanılmasına dikkat çekmek" amacıyla gerçekleştirilmiştir. Atık bardak pavyonu için yaklaşık üç ay boyunca yerleşkede bulunan kantinlere belediyenin de desteğiyle atık toplama kutuları konulmuş, ayrıca Tekirdağ'da bulunan fastfood firmalarının atık karton bardakları toplanılmıştır (Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, b.t.)



(a)

(b)

Şekil 4.28 Namık Kemal Üniversitesi öğrencilerinin yaptığı atık karton bardaklarından pavyon dış cephe görünüşü (a) içten görünüşü (b) (Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, b.t.)

#### 4.28 Geri Dönüşümlü Palet Pavyonu

Tablo 4.28 Geri Dönüşümlü Palet Pavyonu

| Yapının Adı                                               | GERİ DÖNÜŞÜMLÜ PALET PAVYONU                                                                           |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| İşlevi:                                                   | Pavyon                                                                                                 |
| Yeri:                                                     | İtalya'nın Floransa kentindeki Alman Kültür Enstitüsü Villa Romana'nın bahçesinde                      |
| Yapım Yılı:                                               | 2012                                                                                                   |
| İnşaat Alanı:                                             | 100 m2                                                                                                 |
| Proje Müellifi:                                           | Avatar Architettura                                                                                    |
| YAPIDA KULLANILAN AYM'LER                                 |                                                                                                        |
| Eski Paletler<br>-Dış cephe kaplaması,<br>taşıyıcı sistem | 1-Kökenine Göre; İnsan Yapımı                                                                          |
|                                                           | 2-Kullanım Yerine Göre;<br>Taşıyıcı Ürün / Doğrudan Kullanım<br>Bölücü/Örtücü Ürün / Doğrudan Kullanım |
|                                                           | 3-Dönüştürerek Yeniden Kullanım Stratejisine Göre;<br>İleri Dönüşüm                                    |

Yapısal olarak, gördüğünüz gibi, ahşap paletler baklava şeklinde yeniden şekillendirilmiş, özel yapılmış derzlerle birleştirilmiş ve şeffaf ve opak PVC membran ile sarılmış ve kaplanmıştır (Grozdanic,2012).



(a)



(b)

Şekil 4.29 Floransada geri dönüştürülmüş paletler kullanılarak inşa edilmiş pavyonun dış cephe görünüşü (a) içten görünüşü (b) (Grozdanic,2012)

## **BÖLÜM BEŞ**

### **DEĞERLENDİRME VE SONUÇ**

Alternatif yapı malzemeleri, sürdürülebilir kalkınmaya yönelik sürdürülebilir inşaat için çok önemli bir rol üstlenmiştir. Bu malzemeler çevreyi koruyarak sürdürülebilirliğin temel taleplerini karşılamaktadır. İnsanlara ekonomik faydalar sağlarken hem topluluklara hem de toplumun tamamına sosyal değer katmaktadır.

Üçüncü bölümde oluşturulan malzeme sınıflandırmasının ve incelenen AYM seçeneklerinin, dördüncü bölümde günümüzde bu malzemeler kullanılarak inşa edilmiş uygulama örnekleri üzerinden değerlendirilmesi 5.1, 5.2, 5.3 ve 5.4'teki tablolarla verilmiştir. Burdan çıkarılan sonuç dünyanın her yerinde AYM kullanılarak bir yapı inşa edebilmenin mümkün olduğu ve bu malzeme kataloğuyla birlikte yapının tüm kısımlarına cevap verebilecek illaki bir AYM'nin günümüzde mevcut olduğudur.

İncelenen tüm yapı malzemelerinden ve tartışılan vaka çalışmalarından çıkan ana sonuç, ABM'lerin çevresel etkiyi azaltmaya yardımcı oldukları için çevreye duyarlı malzemeler olduklarıdır. Sadece enerji ve kaynaklardan tasarruf ederek, hızla yenilenebilir malzemeler, geri dönüştürülmüş içerik, endüstriyel / tarımsal yan ürünler / atıklar vb. kullanarak emisyonları en aza indirerek yapının çevresel etkisini azaltır hatta ortadan kaldırır. Ayrıca, ABM'ler geleneksel alternatiflerinden daha ucuzdur.

İnşaat sektöründe alternatif yapı malzemelerinin kullanımının yaygınlaşması halinde, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilebileceği ve en büyük kalkınma hedefi olan küresel ısınmanın azalacağı değerlendirilmektedir.

Yukarıda belirtilen çevresel, sosyal ve ekonomik kaygılar nedeniyle, alternatif yapı malzemelerinin kullanımına dünya çapında artan bir ilgi vardır. Tartışılan vaka çalışmaları, ABM'lerin sürdürülebilir, uygun maliyetli ve ekolojik alternatifler olarak

birçok kullanımda geleneksel ve konvansiyonel yapı malzemelerinin etkin bir şekilde yerini alabileceğini göstermektedir.

Alternatif yapı malzemeleri üzerine yeni fikirler geliştirmek, bu yönde atılmış iyi bir adımdır. Bu maksatla gelecekteki benzer çalışmalarda yapım sektöründeki tüm paydaşların sürdürülebilir yapım için AYM kullanımına yönelik entegrasyonun ve bilgi paylaşımının desteklenmesine, bu malzemelerin kullanımına dönük farkındalık yaratmak ve bu ham madde kaynaklarını pazara indirebilmek üzere bu çalışmada önerilen sınıflandırılmanın/kataloglamanın iyileştirilmesine dönük çalışmalar yapılması önerilir.



Tablo 5.1 Yapılan malzeme sınıflandırmasına göre sunulan örneklerin değerlendirilmesi 1

| NO  | YAPININ ADI                              | KULLANILAN AYM       | 1-KÖKENLERİNE GÖRE; |           |          |            |           |          |              | 2-KULLANIM YERLERİNE GÖRE; |                         |                         |                         |                     |                         | 3-DÖNÜŞTÜREREK YENİDEN KULLANIM STRATEJİLERİNE GÖRE; |               |
|-----|------------------------------------------|----------------------|---------------------|-----------|----------|------------|-----------|----------|--------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|---------------|
|     |                                          |                      | ORGANİK             |           |          | İNORGANİK  |           |          | İNSAN YAPIMI | TAŞIYICI ÜRÜNLER           |                         | BÖLÜCÜ / ÖRTÜCÜ ÜRÜNLER |                         | TAMAMLAYICI ÜRÜNLER |                         | GERİ DÖNÜŞÜM                                         | İLERİ DÖNÜŞÜM |
|     |                                          |                      | Doğal Ürün          | Atık Ürün | Yan Ürün | Doğal Ürün | Atık Ürün | Yan Ürün |              | Doğrudan Kullanım          | Bileşen Olarak Kullanım | Doğrudan Kullanım       | Bileşen Olarak Kullanım | Doğrudan Kullanım   | Bileşen Olarak Kullanım |                                                      |               |
| 4.1 | Dünyanın İlk Biyobazlı Cephesi           | Kenevir Lifi         | X                   |           |          |            |           |          |              |                            |                         |                         | X                       |                     |                         |                                                      |               |
| 4.2 | Tourner autour du Ried                   | Mısır                | X                   |           |          |            |           |          |              |                            |                         | X                       |                         |                     |                         |                                                      |               |
| 4.3 | Uluslararası Panyaden Okulu Spor Merkezi | Bambu                | X                   |           |          |            |           |          |              | X                          |                         | X                       |                         | X                   |                         |                                                      |               |
| 4.4 | Hy-Fi Kulesi                             | Miselyum             | X                   |           |          |            |           |          |              |                            |                         | X                       |                         |                     |                         |                                                      |               |
| 4.5 | House of Cunha                           | Sıkıştırılmış Toprak | X                   |           |          |            |           |          |              |                            |                         | X                       |                         |                     |                         |                                                      |               |
| 4.6 | Higo                                     | Şişe Mantarı         | X                   |           |          |            |           |          |              |                            |                         | X                       |                         |                     |                         |                                                      |               |
| 4.7 | M&S Cheshire Oaks Mağazası               | Kenevir              | X                   |           |          |            |           |          |              |                            |                         |                         | X                       |                     |                         |                                                      |               |
| 4.8 | Hotel Palacio de Sal                     | Tuz                  |                     |           |          | X          |           |          |              |                            |                         | X                       |                         | X                   |                         |                                                      |               |
| 4.9 | Ice Hotel Jukkasjärvi                    | Buz                  |                     |           |          | X          |           |          |              | X                          |                         | X                       |                         | X                   |                         |                                                      |               |

Tablo 5.2 Yapılan malzeme sınıflandırmasına göre sunulan örneklerin değerlendirilmesi 2

| NO   | YAPININ ADI                       | KULLANILAN AYM         | 1-KÖKENLERİNE GÖRE; |           |          |            |           |          |              | 2-KULLANIM YERLERİNE GÖRE; |                         |                         |                         |                     |                         | 3-DÖNÜŞTÜREREK YENİDEN KULLANIM STRATEJİLERİNE GÖRE; |               |
|------|-----------------------------------|------------------------|---------------------|-----------|----------|------------|-----------|----------|--------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|---------------|
|      |                                   |                        | ORGANİK             |           |          | İNORGANİK  |           |          | İNSAN YAPIMI | TAŞIYICI ÜRÜNLER           |                         | BÖLÜCÜ / ÖRTÜCÜ ÜRÜNLER |                         | TAMAMLAYICI ÜRÜNLER |                         | GERİ DÖNÜŞÜM                                         | İLERİ DÖNÜŞÜM |
|      |                                   |                        | Doğal Ürün          | Atık Ürün | Yan Ürün | Doğal Ürün | Atık Ürün | Yan Ürün |              | Doğrudan Kullanım          | Bileşen Olarak Kullanım | Doğrudan Kullanım       | Bileşen Olarak Kullanım | Doğrudan Kullanım   | Bileşen Olarak Kullanım |                                                      |               |
| 4.10 | The Acre                          | Kenevir                | X                   |           |          |            |           |          |              |                            |                         |                         | X                       |                     |                         |                                                      |               |
| 4.11 | Wise Binası                       | Meşe Ağacı Mantarı     | X                   |           |          |            |           |          |              |                            |                         | X                       |                         |                     |                         |                                                      |               |
|      |                                   | Sıkıştırılmış Toprak   | X                   |           |          |            |           |          |              |                            |                         | X                       |                         |                     |                         |                                                      |               |
|      |                                   | Kenevir Beton          |                     |           |          |            |           |          | X            |                            |                         | X                       |                         |                     |                         | X                                                    |               |
|      |                                   | Selüloz (Kâğıt)        |                     |           |          |            |           |          | X            |                            |                         |                         | X                       |                     |                         | X                                                    |               |
|      |                                   | Yüksek Fırın Cürufu    |                     |           |          |            |           | X        |              |                            | X                       |                         |                         |                     |                         | X                                                    |               |
| 4.12 | San Francisco Federal Binası      | Yüksek Fırın Cürufu    |                     |           |          |            |           | X        |              |                            | X                       |                         |                         |                     |                         | X                                                    |               |
| 4.13 | 3D Baskılı Gaia Evi               | Saman ve Pirinç Kabuğu |                     | X         |          |            |           |          |              |                            |                         |                         | X                       |                     |                         |                                                      |               |
| 4.14 | Jill Saman Balyası Evi            | Saman Balyası          |                     |           |          |            |           |          | X            |                            |                         | X                       |                         |                     |                         | X                                                    |               |
| 4.15 | Jackie Chan Dublör Eğitim Merkezi | Pirinç Kabuğu          |                     | X         |          |            |           |          |              |                            |                         |                         | X                       |                     |                         |                                                      |               |
|      |                                   | Eski DVD'ler           |                     |           |          |            |           |          | X            |                            |                         | X                       |                         |                     |                         |                                                      | X             |
|      |                                   | Eski Araba Lastikleri  |                     |           |          |            |           |          | X            |                            |                         |                         | X                       |                     |                         | X                                                    |               |
| 4.16 | Prahran Hotel                     | Beton Drenaj Boruları  |                     |           |          |            |           |          | X            | X                          |                         |                         |                         |                     |                         |                                                      | X             |

Tablo 5.3 Yapılan malzeme sınıflandırmasına göre sunulan örneklerin değerlendirilmesi 3

| NO   | YAPININ ADI                  | KULLANILAN AYM                         | 1-KÖKENLERİNE GÖRE; |           |          |            |           |          |              | 2-KULLANIM YERLERİNE GÖRE; |                         |                         |                         |                     |                         | 3-DÖNÜŞTÜREREK YENİDEN KULLANIM STRATEJİLERİNE GÖRE; |               |
|------|------------------------------|----------------------------------------|---------------------|-----------|----------|------------|-----------|----------|--------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|---------------|
|      |                              |                                        | ORGANİK             |           |          | İNORGANİK  |           |          | İNSAN YAPIMI | TAŞIYICI ÜRÜNLER           |                         | BÖLÜCÜ / ÖRTÜCÜ ÜRÜNLER |                         | TAMAMLAYICI ÜRÜNLER |                         | GERİ DÖNÜŞÜM                                         | İLERİ DÖNÜŞÜM |
|      |                              |                                        | Doğal Ürün          | Atık Ürün | Yan Ürün | Doğal Ürün | Atık Ürün | Yan Ürün |              | Doğrudan Kullanım          | Bileşen Olarak Kullanım | Doğrudan Kullanım       | Bileşen Olarak Kullanım | Doğrudan Kullanım   | Bileşen Olarak Kullanım |                                                      |               |
| 4.17 | Karton Katedral Christchurch | Karton Borular                         |                     |           |          |            |           |          | X            |                            |                         | X                       |                         | X                   |                         |                                                      | X             |
| 4.18 | Wat Pa Maha Chedi Kaew       | Şişe Camlar                            |                     |           |          |            |           |          | X            |                            |                         |                         | X                       |                     |                         |                                                      | X             |
| 4.19 | Bima Mikro Kütüphanesi       | Dondurma Kapları                       |                     |           |          |            |           |          | X            |                            |                         | X                       |                         |                     |                         |                                                      | X             |
| 4.20 | Pet Pavilion                 | Pet Şişeler                            |                     |           |          |            |           |          | X            |                            |                         | X                       |                         |                     |                         |                                                      | X             |
| 4.21 | The Beehive (Arı Kovanı)     | Pişmiş Toprak Çatı Kiremitleri         |                     |           |          |            |           |          | X            |                            |                         | X                       |                         |                     |                         |                                                      | X             |
| 4.22 | Big Dig House                | I-93 otoyolundan atılan çelik ve beton |                     |           |          |            |           |          | X            | X                          |                         | X                       |                         |                     |                         |                                                      | X             |
| 4.23 | D Cafe Personnel Kafeteryası | Atık Çelik Plakalar                    |                     |           |          |            |           |          | X            |                            |                         | X                       |                         |                     |                         |                                                      | X             |
| 4.24 | Konteyner Park (Mercan)      | Eski Deniz Konteynerları               |                     |           |          |            |           |          | X            | X                          |                         | X                       |                         |                     |                         |                                                      | X             |

Tablo 5.4 Yapılan malzeme sınıflandırmasına göre sunulan örneklerin değerlendirilmesi 4

| NO   | YAPININ ADI                                                | KULLANILAN AYM        | 1-KÖKENLERİNE GÖRE; |           |          |            |           |          |              | 2-KULLANIM YERLERİNE GÖRE; |                         |                         |                         |                     |                         | 3-DÖNÜŞTÜREREK YENİDEN KULLANIM STRATEJİLERİNE GÖRE; |               |
|------|------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------|-----------|----------|------------|-----------|----------|--------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|---------------|
|      |                                                            |                       | ORGANİK             |           |          | İNORGANİK  |           |          | İNSAN YAPIMI | TAŞIYICI ÜRÜNLER           |                         | BÖLÜCÜ / ÖRTÜCÜ ÜRÜNLER |                         | TAMAMLAYICI ÜRÜNLER |                         | GERİ DÖNÜŞÜM                                         | İLERİ DÖNÜŞÜM |
|      |                                                            |                       | Doğal Ürün          | Atık Ürün | Yan Ürün | Doğal Ürün | Atık Ürün | Yan Ürün |              | Doğrudan Kullanım          | Bileşen Olarak Kullanım | Doğrudan Kullanım       | Bileşen Olarak Kullanım | Doğrudan Kullanım   | Bileşen Olarak Kullanım |                                                      |               |
| 4.25 | Seul'deki 10 Katlı 1000 Geri Dönüştürülmüş Kapı Kaplı Bina | Eski Kapılar          |                     |           |          |            |           |          | X            |                            |                         | X                       |                         |                     |                         |                                                      | X             |
| 4.26 | Kütahya'da Saman Balyası Ev                                | Saman Balyası         |                     |           |          |            |           |          | X            |                            |                         | X                       |                         |                     |                         |                                                      | X             |
| 4.27 | Bir Farkındalık Projesi Kağıt Tuğla                        | Atık Karton Bardaklar |                     |           |          |            |           |          | X            | X                          |                         | X                       |                         |                     |                         |                                                      | X             |
| 4.28 | Geri Dönüşümlü Palet Pavyonu                               | Eski Ahşap Paletler   |                     |           |          |            |           |          | X            | X                          |                         | X                       |                         |                     |                         |                                                      | X             |

## KAYNAKÇA

- About us. (b.t.). Grasscrete. 21 Nisan 2021.  
<https://www.grasscrete.com/docs/aboutUs/index.html>
- Altunina, L. K., Kuvshinov, V. A., ve Dolgikh, S. N. (2010). Cryogels for plugging in cold and permafrost regions. *In Hidrotehnika* (Vol. 3, 52-57).
- Arjmandi, R., Hassan, A., Majeed, K., ve Zakaria, Z. (2015). Rice husk filled polymer composites. *International Journal of Polymer Science*, 2015.  
<https://doi.org/10.1155/2015/501471>
- Ashour, A., Amer, M., Marzouk, A., Shimizu, K., Kondo, R., ve El-Sharkawy, S. (2013). Corncobs as a potential source of functional chemicals. *Molecules*, 18(11), 13823-13830. <https://doi.org/10.3390/molecules181113823>
- Aytekin, D. (19 Şubat 2013). Bira şişelerinden tapınak. Yesilist.  
<https://www.yesilist.com/bira-siselerinden-tapinak/>
- Banana by-products and banana peel powder manufacturer | Mokshada Agro products, Jalgaon. (2014). IndiaMART.com.  
<https://www.indiamart.com/shreeguru-banana-wafers/>
- Baraya, S. (26 Ağustos 2020). Adobe: The most sustainable recyclable building material. Archdaily. [https://www.archdaily.com/945692/adobe-the-most-sustainable-recyclable-building-material?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com/945692/adobe-the-most-sustainable-recyclable-building-material?ad_medium=gallery)
- BBC NEWS Türkçe (26 Nisan 2017). Plastik atıklardan yol yapıldı.  
<https://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-39712762>
- Betona Alternatif 8 Yeşil Yapı Malzemesi. (b.t.). Yesilodak. 2 Aralık 2022.  
<https://www.yesilodak.com/betona-alternatif-8-yesil-yapi-malzemesi>

Bhavya, K., ve Sanjeev, N. (2017). Effect of different types of coarse aggregates on physical properties of mostly used grades M20, M25, M30 of concrete. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 14(1), 46-51. doi: 10.9790/1684-1401024651

Big Dig House / Single Speed Design. (24 Haziran 2009). ArchDaily. <https://www.archdaily.com/24396/big-dig-house-single-speed-design>

Bima Microlibrary / SHAU Indonesia. (4 Temmuz 2016). ArchDaily. <https://www.archdaily.com/790591/bima-microlibrary-shau-bandung>

Biogranulates (19 Kasım 2017). Materialdistrict. <https://materialdistrict.com/material/biogranulates/>

Bonnefin, I. (15 Şubat 2017). Emerging materials: Grasscrete. Certified Energy. <https://www.certifiedenergy.com.au/emerging-materials/emerging-materials-grasscrete>

Bonnefin, I. (18 Kasım 2022). Emerging materials: Ferrock. Certified Energy. <https://www.certifiedenergy.com.au/emerging-materials/emerging-materials-ferrock>

Bribián, I. Z., Capilla, A. V., ve Usón, A. A. (2011). Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and environment*, 46(5), 1133-1140. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.12.002>

Bristow, C. (2019). "Identifying barriers to the use of natural building materials in mainstream construction in Ireland" MSc. Architectural Engineering: Environmental Design, (1-98). University of Bath.

Britannica, E. (18 Kasım 2022). Hemp. <https://www.britannica.com/plant/hemp>

Buckley, S. (4 Kasım 2020). Sustainable construction & building materials. Architecture and Design. <https://www.architectureanddesign.com.au/features/list/sustainable-construction-building-materials>

Building materials. (b.t.). Miscanthus Buscheritz. 18 Şubat 2022. <https://www.miscanthus-buscheritz.de/en/building-materials.html>

Burgaz, E. (25 Eylül 2017). Doğa Dostu Bir Yapı Malzemesi Olarak Mantar. Bigumigu. <https://bigumigu.com/haber/doga-dostu-bir-yapi-malzemesi-olarak-mantar/>

Cardboard cathedral, christchurch - shigeru ban. (26 Aralık 2018). Arquitecturaviva. <https://arquitecturaviva.com/works/catedral-de-carton-en-christchurch-2>

Castro, F. (5 Eylül 2021). Bamboo sports hall for Panyaden international school / Chiangmai life construction. Archdaily. <https://www.archdaily.com/877165/bamboo-sports-hall-for-panyaden-international-school-chiangmai-life-construction>

Chailertborisuth, S. (3 Haziran 2013). Soya bean uses in construction. WordPress. <https://fennsheetal.wordpress.com/2013/06/03/soya-bean-uses-in-construction/>

Chakraborty, I., ve Chatterjee, K. (2020). Polymers and composites derived from castor oil as sustainable materials and degradable biomaterials: current status and emerging trends. *Biomacromolecules*, 21(12), 4639-4662. <https://doi.org/10.1021/acs.biomac.0c01291>

Chew, K. C. (2010). Singapore's strategies towards sustainable construction. The IES Journal Part A: Civil & Structural Engineering, 3(3), 196-202.

Christina, K. (12 Mart 2022). Hempcrete: A new kind of brick!. Youngzine.  
<https://youngzine.org/news/innovative-solutions/hempcrete-new-kind-brick>

Christou, M., Alexopoulou, E., Pages, X., Alfos, C., Monti, A., ve Nissen, L. (2012).  
“Non-food Crops-to-Industry schemes in EU27” WP1. Non-food crops.

Ciccu, R., ve Costa, G. (2012). Recycling of secondary raw materials from end-of-life car tires. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 155, 1115-1126.  
doi:10.2495/SC1209 2

Clarke, P. (13 Nisan 2022). 15 perfect recycled materials for all architecture projects. Arch2o.  
<https://www.arch2o.com/15-perfect-recycled-materials-for-all-architecture-projects/>

Coffee husk cashew husk coffee shell husk. (b.t.). Alibaba. 8 Aralık 2021.  
[https://www.alibaba.com/product-detail/Coffee-Husk-Cashew-Husk-Coffee-Shell\\_1700006212841.html](https://www.alibaba.com/product-detail/Coffee-Husk-Cashew-Husk-Coffee-Shell_1700006212841.html)

Cogley, B. (5 Ağustos 2020). Arquipélago Arquitetos builds low-slung Brazilian house with rammed earth. Dezeen. <https://www.dezeen.com/2020/08/05/house-in-cunha-arquipelago-arquitetos-rammed-earth/>

Conifer Needles Panels. (6 Kasım 2018). Materialdistrict.  
<https://materialdistrict.com/material/conifer-needles-panels/>

Conservation magazine archive. (11 Mayıs 2022). Conservationmagazine.  
<https://www.conservationmagazine.org/2012/09/diaper-roofing/>

Cordwood construction. (2 Kasım 2022). Wikipedia  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Cordwood\\_construction#cite\\_note-Roy2018-2](https://en.wikipedia.org/wiki/Cordwood_construction#cite_note-Roy2018-2)

Cork | How it's made. (b.t.). Okanagan Hardwood Flooring. 9 Ocak 2022.  
<https://okanaganhardwoodfloors.com/cork-how-its-made>

Craven, J. (16 Ağustos 2019). Adobe is the mud brick you'll learn to love. ThoughtCo <https://www.thoughtco.com/what-is-adobe-sustainable-energy-efficient-177943>

Cripps, K. (07 Kasım 2019). Kyoto's Sagano bamboo forest, one of the world's prettiest groves. Edition.cnn. <https://edition.cnn.com/travel/article/sagano-bamboo-forest/index.html>

Critical Concrete (10 Ocak 2017). Reed in architecture. <https://criticalconcrete.com/reed-in-architecture/>

Crook, L. (28 Ağustos 2020). Sea stone is a concrete-like material made from shells. Dezeen. <https://www.dezeen.com/2020/08/28/sea-stone-newtab-22-design-shells-materials/>

Curwell, S., Hamilton, A., ve Cooper, I. (1998). Promoting BEQUEST: Building environmental quality evaluation for sustainability through time. In Proceedings of the CIB World Building Congress. Gävle, Sweden: CIB.

Çelik, Ç., ve Gürdal, E. (2010). Yerfıstığı kabuğunun agrega olarak kullanım olanakları. İTÜDERGİSİ/a, 4(1).

Çeltik Kavuzu - Pirinç Kabuğu Satışı ve Fiyarları. (b.t.). Akyelkayisi. 19 Nisan 2021. <https://www.akyelkayisi.com/urun-detaylari-product-details/celtik-kavuzu-pirinc-kabugu-rice-hull-husk>

Çimento-harç. (b.t.). Yukselkayamakina. 2 Kasım 2021. <https://www.yukselkayamakina.com/urunlerr/cimentoharc>

- Da Costa, J. P., Rocha-Santos, T., ve Duarte, A. C. (2020). The environmental impacts of plastics and micro-plastics use, waste and pollution: EU and national measures.
- Dabaieh, M., ve Sakr, M. (Kasım 2015). BUILDING WITH REEDS: Revitalizing a building tradition for low carbon building practice. In International Conference CIAV+ ICTC (s. 72-88).
- Danraka, N. (2017). Assessing the Effectiveness of Coconut Shell (CS) as Aggregate in Concrete.
- Das, H., Saikia, P., ve Kalita, D. (2015). Physico-mechanical properties of banana fiber reinforced polymer composite as an alternative building material. In Key Engineering Materials (Vol. 650, s. 131-138). Trans Tech Publications Ltd. doi:10.4028/www.scientific.net/KEM.650.131
- Dauda, A. M., Akinmusuru, J. O., Dauda, O. A., Durotoye, T. O., Ogundipe, K. E., ve Oyesomi, K. O. (2018). Geotechnical properties of lateritic soil stabilized with periwinkle shells powder. *Int. J. Civ. Eng. Technol.*, 10 (1), 2014-2025. doi: 10.20944/preprints201811.0100.v1
- De Fazio, P., ve Feo, A. (2017). Thermal and mechanical characterization of panels made by cement mortar and sheep's wool fibres. In 50th AiCARR International Congress on Beyond NZEB Buildings (Vol. 140). Elsevier Ltd.
- Dean, B., Dulac, J., Petrichenko, K., ve Graham, P. (2016). The Global Status Report 2016—GABC. UNEP, GABC: Paris, France.
- Demirkollu, M. (6 Ocak 2021). Asfalt Dökümü Uygulamasında Dikkat Edilecek Kurallar. Sanalsantiye. <https://www.sanalsantiye.com/asfalt-dokumu-uygulamasinda-dikkat-edilecek-kurallar/>

DESA, UN. (2015). World population prospects: The 2015 revision, key findings and advance tables. United Nations Department of Economic and Social Affairs. Population Division working paper no ESA/P/WP, 241.

Di Placido, A. M., Pressnail, K. D., ve Touchie, M. F. (2014). Exceeding the Ontario Building Code for low-rise residential buildings: Economic and environmental implications. *Building and environment*, 77, 40-49. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.03.015>

Dietz, S. (29 Temmuz 2014). Slag: From by-product to valuable construction material [Blog yazısı]. Thermo Fisher Scientific. <https://www.thermofisher.com/blog/metals/slag-from-by-product-to-valuable-construction-material/> doi: 10.1007/978-3-030-20637-6\_36

Dried Corn cob From Vietnam (b.t.). Alibaba. 26 Mart 2021. [https://www.alibaba.com/product-detail/Dried-Corn-cob-From-Vietnam\\_50045752789.html](https://www.alibaba.com/product-detail/Dried-Corn-cob-From-Vietnam_50045752789.html)

Du Plessis, C. (2002). Agenda 21 for sustainable construction in developing countries. CSIR Report BOU E, 204, 2-5.

Engin, Y. (1 Kasım 2022). Yüksek fırın cürufu. Beton ve Çimento. <https://www.betonvecimento.com/tag/yukse-firin-curufu>

Engin, Y. (19 Şubat 2015). Betonda Uçucu Kül Kullanımı: Madalyonun Diğer Yüzü. Beton ve Çimento. <https://www.betonvecimento.com/beton-2/betonda-ucucu-kul-kullanimi>

Engin, Y. (25 Haziran 2020). Tuzdan çimento üretildi. Beton ve Çimento. <https://www.betonvecimento.com/cimento/tuzdan-cimento-uretildi>

Eski araç lastiği sağlıklı dönüşecek. (23 Aralık 2018). Yeni Şafak.  
<https://www.yenisafak.com/ekonomi/eski-arac-lastigisaglikli-donusecek-3416746>

Fast remove fish skin brush plastic fish scales graters scraper easy kitchen cleaning tool (blue) (b.t.). Amazon. 21 Ocak 2021. <https://www.amazon.com/Plastic-Graters-Scraper-Kitchen-Cleaning/dp/B08H872MNB?th=1>

Fatima, S. (2017). Sustainable construction of bottle wall and binding material. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) , 04(04), 2079-2080. <https://www.irjet.net/archives/V4/i4/IRJET-V4I4433.pdf>

Finite: A more sustainable alternative to concrete made from desert sand. (2 Mart 2018). Materialdistrict. <https://materialdistrict.com/article/finite-concrete-desert-sand/>

Fison, L. (6 Mayıs 2017). Chybik + Kristof uses 900 plastic chairs to clad Czech furniture showroom. Dezeen. <https://www.dezeen.com/2017/05/06/chybik-kristof-900-plastic-chairs-clad-czech-furniture-showroom-brno/>

Forti, R., ve Henrard, M. (2016). Agriculture, forestry and fishery statistics. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Retrived from: <https://ec.europa.eu/eurostat/publications/statistical-books>.

Frearson, A. (6 Temmuz 2013). The modern seaweed house by Vandkunsten and Realdania. Dezeen. <https://www.dezeen.com/2013/07/10/the-modern-seaweed-house-by-vandkunsten-and-realdania/>

Furniture, G. W. (16 Mart 2018). Different styles of wooden furniture. Medium. <https://medium.com/@goodwoodfurniture2017/different-styles-of-wooden-furniture-f32ad9e2f33d>

Gandhi, K. S., ve Shukla, S. J. (2021). Durability study of expansive clay treated with bagasse ash and cement slag. *Innovative Infrastructure Solutions*, 6(2), 1-11.

Ganiron Jr, T. U. (2013). Use of recycled glass bottles as fine aggregates in concrete mixture. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 61, 17-28.

Ghosh, A. K. (2018). A review on paper Crete: a sustainable building material. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 5(10), 1499-1510.

Glass recycling collections. (16 Kasım 2022). *Businesswaste*.  
<https://www.businesswaste.co.uk/glass-recycling/>

Glutex Biovate Wallcovering. (14 Kasım 2015). *Materialdistrict*.  
<https://materialdistrict.com/material/glutex-biovate-biobased-wallcovering/>

Gold, L.W.,(1989). The Habbakuk Project – Building Ship from Ice in In Proceedings of International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions (POAC’89), Lulea, Sweden, Vol.1, 1211-1228.

Goshima, K. (10 Aralık 2014). HIGO / Na Nakayama architects. *Archdaily*.  
<https://www.archdaily.com/778566/higo-na-nakayama-architects>

Gradinaru, C. M., Barbuta, M., Babor, D., ve Serbanoiu, A. A. (2019). Corn cob ash as sustainable puzzolanic material for an ecological concrete. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series I: Engineering Sciences*, 61-66.

Grozdanic, L. (1 Mart 2012). Recycled Pallet Pavilion / Avatar Architettura. *Evolo*.  
<https://www.evolo.us/recycled-pallet-pavilion-avatar-architettura/>

Grozdanic, L. (17 Mart 2017). Students use rice husks to build affordable homes in the Philippines. İnhabitat. <https://inhabitat.com/students-use-rice-husks-to-built-affordable-homes-in-the-philippines/>

Gür, N.V. (2007). *Mimaride sürdürülebilirlik kapsamında değişken yapı kabukları için bir tasarım destek sistemi* [Doktora Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.

Habitat, U. N. (2016). World Cities Report 2016. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme

Halliday, S. (2008). Sustainable construction. Science Education, Oxford: Butterworth-Heinemann. 59-85.

Hamakareem, M. I. (8 Mart 2020). Applications of rice husk ash in building constructions. The Constructor. <https://theconstructor.org/building/rice-husk-ash-building-constructions/38303/>

Hamilton, A. (14 Haziran 2013). Peat cutters head for the moors [Blog yazısı]. Shetland Islands of Opportunity. <https://www.shetland.org/blog/peat-cutters-head-for-the-moors>

Hart, M. (1999). The guide to sustainable community indicators (2. Baskı). North Andover: Hart Environmental Data.

Hirshberg, J. (7 Şubat 2022). All about cork - A natural born technology. Green Building Supply. <https://www.greenbuildingsupply.com/Learning-Center/Flooring-Cork-LC/Cork-101>

Hitti, N. (12 Aralık 2018) Rowan Minkley and Robert Nicoll recycle potato peelings into MDF substitute. Dezeen. <https://www.dezeen.com/2018/12/12/rowan-minkley-robert-nicoll-recycle-potato-peelings-mdf-substitute/>

Hoşkara, E. (2007). *Ülkesel koşullara uygun sürdürülebilir yapım için stratejik yönetim modeli* [Doktora Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Houben, H., ve Guillaud, H. (1994). *Earth construction: a comprehensive guide*.

Hurma çekirdeği hamuru ve hurma çekirdeği kabuğu hammadde. (b.t.). Alibaba. 23 Aralık 2021. <https://turkish.alibaba.com/product-detail/Palm-Kernel-Pulp-and-Palm-Kernel-1700006296050.html>

Ice hotel. (6 Şubat 2023). Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Ice\\_hotel](https://en.wikipedia.org/wiki/Ice_hotel)

Illampas, R., Ioannou, I., ve Charnpis, D. C. (2009). Adobe: an environmentally friendly construction material. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 120, 245-256. doi: 10.2495/SDP090241

Islam, S. M., Hashim, R., Islam, A. B. M., ve Kurnia, R. (2014). Effect of peat on physicomechanical properties of cemented brick. *The Scientific World Journal*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/328516>

İhlas Haber Ajansı / Yerel (10 Temmuz 2015). Mermer artıkları otoyola dönüşüyor. Haberler.com. <https://www.haberler.com/yerel/mermer-artiklari-otoyola-donusuyor-7495624-haberi/>

İtez, Ö. (10 Mayıs 2016). D cafe personel kafeteryası. Arkitera. <https://www.arkitera.com/proje/d-cafe-personel-kafeteryasi/>

Japonya konteyner ev döşenmiş, mobil konteyner odaları. (b.t.). Alibaba. 28 Kasım 2021. <https://turkish.alibaba.com/product-detail/Japonya-konteyner-ev-d%C3%B6%C5%9Fenmi%C5%9F-mobil-konteyner-1460008080764.html>

Jensen, L. (2017). and U. United Nations. The Sustainable Development Goals Report.

Jewell, N. (10 Eylül 2013). Bellwether materials – Softbatts sheep’s wool insulation | Inhabitat - Green design, innovation, architecture, green building. İnhabitat. <https://inhabitat.com/meet-the-ten-finalists-in-the-cradle-to-cradle-product-innovation-challenge/bellwether-materials-softbatts-sheep-wool-insulation/>

Jha, P., Sachan, A. K., ve Singh, R. P. (Şubat 2020). Utilization of stone dust as an effective alternative for sand replacement in concrete. *In International Conference on Innovative Technologies for Clean and Sustainable Development* (s. 513-526). Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-030-51485-3\_34

Jill Strawbale House. (29 Temmuz 2018). Sunartstrawbale. <https://sunartstrawbale.co.uk/accommodation/>.

Jordahn, S. (27 Şubat 2019). 3D-printed Gaia house is made from biodegradable materials. Dezeen. <https://www.dezeen.com/2019/02/27/gaia-wasp-3d-printed-house-biodegradable-video/>

Kara, G. (21 Temmuz 2016). Pet Şişelerden EV Yapımı. Elisihobiler. <https://www.elisihobiler.com/sasirtan-geri-donusum-projesi-pet-siselerden-ev-insasi/>

Katalizör Konteynerler. (22 Mart 2016). XXI. <https://xxi.com.tr/i/katalizor-konteynerler>

Kazmi, D., Williams, D. J., ve Serati, M. (2020). Waste glass in civil engineering applications — A review. *International Journal of Applied Ceramic Technology*, 17(2), 529–554

Kenaf nedir, kenaf bitkisi, kenaf lifi nedir. (b.t.). Tekstil Sayfası. 22 Şubat 2022.  
<https://tekstilsayfasi.blogspot.com/2020/10/kenaf-nedir-kenaf-bitkisi-lifi.html>

Khalfan, M. M. A. (2002). Sustainable architecture and building design.

Kim, J. J., ve Rigdon, B. (1998). Sustainable architecture module: Introduction to sustainable design. National Pollution Prevention Center for Higher Education. Ann Arbor.

Kim, J.-J., Rigdon, B., ve Graves, J. (1998). Sustainable Architecture Module: Qualities, Use, and Examples of Sustainable Building Materials. In Sustainable Building Materials (1-44). Ann Arbor, Michigan: National Pollution Prevention Center for Higher Education.

Kinhal, V. (12 Mayıs 2016). Biocomposites. Agri Kinetics.  
<https://www.agrikinetics.com/miscanthus-giganteus/biocomposites/>

Knapic, S., Oliveira, V., Machado, J. S., ve Pereira, H. (2016). Cork as a building material: a review. *European Journal of Wood and Wood Products*, 74(6), 775-791. <https://doi.org/10.1007/s00107-016-1076-4>

Kokoboard'dan Fıstık Kabuğu İçerikli biyo-kompozit Levhalar. (4 Şubat 2013). Yapi. [https://www.yapi.com.tr/urunhaberleri/kokoboarddan-fistik-kabugu-icerikli-biyo-kompozit-levhalar\\_104241.html](https://www.yapi.com.tr/urunhaberleri/kokoboarddan-fistik-kabugu-icerikli-biyo-kompozit-levhalar_104241.html)

Konteyner taşımacılığı. (18 Ekim 2011). Wikipedia.  
[https://tr.wikipedia.org/wiki/Konteyner\\_taşımacılığı](https://tr.wikipedia.org/wiki/Konteyner_taşımacılığı)

Korjenic, A., Klarić, S., Hadžić, A., ve Korjenic, S. (2015). Sheep wool as a construction material for energy efficiency improvement. *Energies*, 8(6), 5765-5781. <https://doi.org/10.3390/en8065765>

Krippendorff, J. (9 Mayıs 2011). Recycled denim reborn as sustainable insulation. ConstructConnect. <https://canada.constructconnect.com/joc/news/projects/2011/05/recycled-denim-reborn-as-sustainable-insulation-joc044242w>

Kum ve Agreg. (b.t.). Erissan. 25 Ekim 2021. <https://erissan.com.tr/urunlerimiz/agrega/>

Kumar, V. (30 Temmuz 2021). 25 different types of concrete [Basic Overview]. Rankred. <https://www.rankred.com/different-types-of-concrete/>

Kuru pirina. (b.t.). Dogusprina. 8 Nisan 2022. <https://www.dogusprina.com/>

Kuveyt'te 42 milyon atık araç lastiğinde işlem başladı. (7 Eylül 2021). Haber7com. [//www.haber7.com/dunya/haber/3138175-kuveytte-42-milyon-atik-arac-lastiginde-islem-basladi](https://www.haber7.com/dunya/haber/3138175-kuveytte-42-milyon-atik-arac-lastiginde-islem-basladi)

Kuznetsova, V. (4 Aralık 2019). Lastiklerden 100 inanılmaz güzel DIY el sanatları. Technoluxpro. <https://room.technoluxpro.com/tr/dekor/svoimi-rukami/podelki-iz-shin.html>

Küçükkurt Zor, A. (3 Mayıs 2019). Yeni Nesil saman Evler son Yılların Yeni Gözdesi. 8 Mart 2021, <https://www.myfikirler.org/yeni-nesil-saman-evler-son-yillarin-yeni-gozdesi.html>

Lareina. (22 Ocak 2022). Build a Cordwood Fence for Yard Privacy. Homedesigninspired. <https://www.homedesigninspired.com/build-a-cordwood-fence-for-yard-privacy/>

Lava tiles (Natural). (2 Nisan 2014). Materialdistrict. <https://materialdistrict.com/material/lava-tiles-natural/>

LeBlanc, R. (25 Haziran 2019). Wood Pallet Recycling. Liveabout. <https://www.liveabout.com/wood-pallet-recycling-2878155>

Legge, A. (9 Şubat 2018). A smart, natural wool insulation for healthy buildings. The Construction Specifier. <https://www.constructionspecifier.com/smart-natural-wool-insulation-healthy-buildings/>

Magloff, L. (Nisan 2021). Bio-based construction materials made from ancient kenaf plant. Springwise. <https://www.springwise.com/innovation/property-construction/kenaf-ventures-air-pollution-extraction/>

Mahajan, B. (20 Temmuz 2022). What is Grasscrete | Types of Grasscrete | Grasscrete benefits | Installation of Grasscrete | Grasscrete cost [Blog yazısı]. Civiconcepts. <https://civiconcepts.com/blog/grasscrete>

Maloney, R. (25 Haziran 2014). HyFi reinvents the brick. Arup. <https://www.arup.com/news-and-events/hyfi-reinvents-the-brick>

Mangukiya, J. (11 Temmuz 2022). An emerging sustainable construction material - Mycelium bricks. Happho. <https://happho.com/an-emerging-sustainable-construction-material-mycelium-bricks/>

Marut, J. J., Alaezi, J. O., ve Obeka, I. C. (2020). A Review of Alternative Building Materials for Sustainable Construction Towards Sustainable Development. *Journal of Modern Materials*, 7(1), 68-78. <https://doi.org/10.21467/jmm.7.1.68-78>

Meinhold, B. (4 Şubat 2010). Efficient & affordable modular house made from wood pallets!. Inhabitat. <https://inhabitat.com/pallet-haus-an-efficient-affordable-modular-house/>

- Memon, S. A., Javed, U., ve Khushnood, R. A. (2019). Eco-friendly utilization of corncob ash as partial replacement of sand in concrete. *Construction and Building Materials*, 195, 165-177. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.063>
- Michler, A. (12 Şubat 2011). 1000 Recycled Doors Transform the Facade of a 10-Story Building in Seoul. Inhabitat. <https://inhabitat.com/1000-recycled-doors-adorn-the-facade-of-a-10-story-building-in-seoul/>
- Miscanthus. (26 Haziran 2022). Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Miscanthus>
- Mohamed, A. A. A. (Aralık 2011). Innovations and sustainability in modern architecture - the impact of building materials selection. Urbenviron Cairo 2011, *4th International Congress On Environmental Planning And Management, Green Cities: A Path To Sustainability*. doi:10.13140/RG.2.1.3161.4480
- Mohlala, L. M., Bodunrin, M. O., Awosusi, A. A., Daramola, M. O., Cele, N. P., ve Olubambi, P. A. (2016). Beneficiation of corncob and sugarcane bagasse for energy generation and materials development in Nigeria and South Africa: A short overview. *Alexandria Engineering Journal*, 55(3), 3025-3036. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2016.05.014>
- Monaghan, E. (b.t.). Jeans as a building material. Wrtdesign. 9 Kasım 2022. <https://www.wrtdesign.com/offsite/jeans-as-a-building-material>
- Morton, T. (2008). Earth masonry: Design and construction guidelines. IHS BRE Press.
- Mutkekar, S., ve Shweta, S. P. (2017). Flyash as a Sustainable Alternate Building Material for Low Cost Housing. *Int. J. Sci. Res.(IJSR)*, 6(7), 201-205.

- Mužíková, B., Otcovská, T., ve Padevět, P. (2017). Water Absorption Capacity Coefficient and Mass Moisture of Rammed Earth Material. *Acta Polytechnica CTU Proceedings*, 13, 85-88. <https://doi.org/10.14311/APP.2017.13.0085>
- Müller, W. W., ve Saathoff, F. (2015). Geosynthetics in geoenvironmental engineering. *Science and technology of advanced materials*. 16 (3): 034605. doi:10.1088/1468-6996/16/3/034605
- Mwangasha, J. (19 Ekim 2017). How developers will use potato peels to build future cities. Construction Kenya. <https://www.constructionkenya.com/4959/potato-building-materials/>
- Nam, U.V. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development; Division for Sustainable Development Goals: New York, NY, USA, 2015.
- Nations, U. (2014). World urbanization prospects: The 2014 revision, highlights. department of economic and social affairs. Population Division, United Nations, 32.
- Ndoke, P. N. (2006). Performance of palm kernel shells as a partial replacement for coarse aggregate in asphalt concrete. *Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies*, 5(9), 145-152.
- Nepal, B., ve Aggrawal, V. (2014). Papercrete: A study on green structural material, *International journal of applied engineering research*.
- NTV (16 Ocak 2018). 160 balya samanla yaptıkları evde oturuyorlar. <https://www.ntv.com.tr/turkiye/160-balya-samanla-yaptiklari-evde-oturuyorlar,TEUXD9FhhkS-Iz-ofZF45A>

- Odeyemi, S. O., Abdulwahab, R., Adeniyi, A. G., ve Atoyebi, O. D. (2020). Physical and mechanical properties of cement-bonded particle board produced from African balsam tree (*Populous Balsamifera*) and periwinkle shell residues. *Results in Engineering*, 6, 100126.
- Oktay, B. (2005). A model for measuring the sustainability of historic urban quarters: comparative case studies of Kyrenia and Famagusta in North Cyprus, [Unpublished doctoral dissertation], Famagusta: Eastern Mediterranean University.
- Olanipekun, E. A., Olusola, K. O., ve Ata, O. (2006). A comparative study of concrete properties using coconut shell and palm kernel shell as coarse aggregates. *Building and environment*, 41(3), 297-301. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.01.029>
- Onyegiri, I., ve Ugochukwu, I. B. (2016). Traditional building materials as a sustainable resource and material for low cost housing in Nigeria: Advantages, challenges and the way forward. *International Journal of Research in Chemical, Metallurgical and Civil Engineering*, 3(2), 247-252.
- Orhon, A. V. (2020). Sürdürülebilir mimarlık olgusuna döngüsel ekonomi perspektifinden eytişimsel bir bakış. *Ege Mimarlık*, 108, 110-117.
- Orhon, A. V., ve Altin, M. (2020). Utilization of alternative building materials for sustainable construction. In *Environmentally-Benign Energy Solutions* (s. 727-750). Springer, Cham.
- Osso, A., Gottfried, D., Walsh, T., ve Simon, L. (1996). *Sustainable Building Technical Manual*; Public Technol. Inc.: New York, NY, USA, 292.

Özbirinci, Y. (24 Ocak 2020). Bu şirket asfalt yapımında plastik atıkları kullanıyor. Wearethehippies. <https://www.wearethehippies.com/bu-sirket-asfalt-yapiminda-plastik-atiklari-kullaniyor/>

Pajuvirta, A. (31 Ekim 2022). 'Almanya'da oduna talep arttı' iddiası. Artı49. <https://www.arti49.com/almanyada-oduna-talep-artti-2372528h.htm>

Palacio de Sal. (19 Ekim 2022). Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Palacio\\_de\\_Sal](https://en.wikipedia.org/wiki/Palacio_de_Sal)

Palm Çekirdek Kabuğu Kömür Yapma Makinesi (13 Eylül 2022). Bestonmachinery. <https://bestonmachinery.com/tr/charcoal-making-machine/palm-kernel-shell/>

Patel, C., ve Chugan, P. K. (2013). Measuring awareness and preferences of real estate developers for green buildings over conventional buildings. Consumer Behaviour and Emerging Practices in Marketing, Eds. Jayesh Aagja, Ashiwini K. Awasthi and Sanjay Jain, Institute of Management, Nirma University, Himalaya Publishing House, Mumbai, 332-341.

Patil, K. M., ve Patil, M. S. (2017). Sustainable Construction Materials and Technology in Context with Sustainable Development. International Journal of Engineering Research and Technology, 10(1), 112-117.

Pearce, A. R., ve Ahn, Y. H. (2013). Sustainable buildings and infrastructure: paths to the future. Routledge.

Pinto, J., Cruz, D., Paiva, A., Pereira, S., Tavares, P., Fernandes, L., ve Varum, H. (2012). Characterization of corn cob as a possible raw building material. *Construction and Building Materials*, 34, 28-33. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.02.014>

Poliüretan köpük nedir? (17 Kasım 2017). Bursavanaceketi.  
<https://www.bursavanaceketi.com/poliuretan-kopuk-nedir/>

Powdered snail Shell. (22 Kasım 2022). Carpparticles.  
<https://www.carpparticles.co.uk/product/powdered-snail-shell/>

Pritchett, L. (17 Şubat 2021). These sustainable homes are made out of coffee husks.  
Livekindly <https://www.livekindly.co/sustainable-homes-made-coffee-husks/>

Pungercar, V., ve Musso, F. (2021). Salt as a Building Material: Current Status and  
Future Opportunities. TPJ, 6(2), 393-413. doi: 10.15274/tpj.2021.06.02.4

Putinja, I. (25 Mayıs 2017). Olive waste can be used to make effective building  
materials. Olive Oil Times. <https://www.oliveoiltimes.com/world/olive-waste-can-used-make-effective-building-materials/57111>

Rahman, F. U. (20 Ağustos 2018). Blast furnace slag cement - Manufacture,  
properties and uses. The constructor. <https://theconstructor.org/concrete/blast-furnace-slag-cement/23534/>

Rammed earth is a sustainable, strong, and durable building material. (b.t.). Kristina  
Hunter Flourishing. <https://www.kristinahunterflourishing.com/blog/an-ancient-building-technique-is-gaining-new-fans-rammed-earth-construction>

Rammou, E., Mitani, A., Ntalos, G., Koutsianitis, D., Taghiyari, H. R., ve  
Papadopoulos, A. N. (2021). The potential use of seaweed (*Posidonia oceanica*) as  
an alternative lignocellulosic raw material for wood composites manufacture.  
*Coatings*, 11(1), 69. <https://doi.org/10.3390/coatings11010069>

RISE Design Studio (15 Nisan 2019). Rammed earth walls: natural and sustainable  
living [Blog yazısı]. Risedesignstudio.  
<https://risedesignstudio.co.uk/blog/index.php/2019/04/15/rammed-earth-walls/>

Rice husk ash - A sustainable material for concrete. (25 Ekim 2020). Pinoy Builders.  
<https://pinoybuilders.ph/rice-husk-ash-a-sustainable-material-for-concrete/>

Russ, E. (4 Şubat 2010). Eco friendly green building with used empty bottles.  
Lushome. <https://www.lushome.com/eco-friendly-green-building-old-empty-bottles/1891>

Salyangoz Kabuğu. (b.t.). Kabuk. 6 Mayıs 2021.  
<https://www.kabuk.gen.tr/salyangoz-kabugu.html>

Salzer, C., Wallbaum, H., Lopez, L. F., ve Kouyoumji, J. L. (2016). Sustainability of social housing in Asia: a holistic multi-perspective development process for bamboo-based construction in the Philippines. *Sustainability*, 8(2), 151.  
<https://doi.org/10.3390/su8020151>

Santos, S. (8 Ocak 2020). From Recycled Plastic Waste to Building Material.  
Archdaily. <https://www.archdaily.com/870029/from-recycled-plastic-waste-to-building-material>

Sappington, L. (2 Aralık 2015). Valley journal: Used tires recycle into hearty paving.  
Valley Journal - Local News for Polson, Pablo, Ronan, Charlo, St. Ignatius & Arlee, Montana. <https://www.valleyjournal.net/Article/14362/Used-tires-recycle-into-hearty-paving>

Sarioğlu, M. P. (2018). Sürdürülebilir mimarlık. Docplayer.  
<https://docplayer.biz.tr/106908010-Surdurulebilir-mimarlik.html>

SBR Kauçuk Zemin Kaplama. (b.t.). Karankaucuk. 9 Mart 2021.  
<https://karankaucuk.com/urun/sbr-kaucuk-zemin-kaplama/>

Scalite (30 Ocak 2020). Materialdistrict. <https://materialdistrict.com/material/scalite/>

Sev, A. (2009). Sürdürülebilir Mimarlık (1. Baskı). İstanbul: YEM Yayın, İstanbul.

Sharman, J. (2016). “Alternative housing: a different approach to materials, styles and community thinking (Part one)”.

Shelke, A. S., Ninghot, K. R., Kunjekar, P. P., ve Gaikwad, S. P. (2014). Coconut shell as partial replacement for coarse aggregate. International Journal of Civil Engineering Research, 5(3), 211-214.

Shen, L. Y., Ou, X., ve Feng, C. C. (2006). Sustainable construction. SDP Research Group, Dept of Building & Real Estate, The Hong Kong Polytechnic University.

Sheth, J. T., ve Joshi, S. (2015). Paper Crete: A Sustainable Building Material. Strategic Technologies of Complex Environmental Issues-A Sustainable Approach, 85.

Sheth, K. N. (Nisan 2016). Sustainable building materials used in green buildings. In 9th International Conference on Engineering and Business Education (ICEBE) & 6th International Conference on Innovation and Entrepreneurship (ICIE) (23-26).

Shoubi, M. V., Shoubi, M. V., ve Barough, A. S. (2013). Investigating the application of plastic bottle as a sustainable material in the building construction. International Journal of Science, Engineering and Technology Research, 2(1), 28-34.

Siddique, R., ve Mehta, A. (2020). Utilization of industrial by-products and natural ashes in mortar and concrete development of sustainable construction materials. In Nonconventional and Vernacular Construction Materials (s. 247-303). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102704-2.00011-1>

- Simon, D., Arfvidsson, H., Anand, G., Bazaz, A., Fenna, G., Foster, K., ... ve Wright, C. (2016). Developing and testing the Urban Sustainable Development Goal's targets and indicators—a five-city study. *Environment and Urbanization*, 28(1), 49-63. <https://doi.org/10.1177/0956247815619865>
- Sirotyuk, V. V. (2009). Use of geosynthetic materials for reinforcement of winter roads and ice ferries. *Avtomobilnue Dorogi*, 11(936), 64-67. Sirotyuk, V.V., et al., 2009. Use of geosynthetic materials for reinforcement of winter roads and ice ferries. *Avtomobilnue Dorogi*. 11, (936), 64-67 (in Russian).
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of business research*, 104, 333-339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Soneye, T., Ede, A. N., Bamigboye, G. O., ve Olukanni, D. O. (Aralık 2016). The study of periwinkle shells as fine and coarse aggregate in concrete works. In 3rd International Conference on African Development Issues (s. 361-364).
- Soya fasulyesi stok fotoğrafı 1467898517. (b.t.). Shutterstock. 22 Eylül 2022. <https://www.shutterstock.com/tr/image-photo/soy-bean-mature-seeds-immature-soybeans-1467898517>
- Spišáková, M., ve Mačková, D. (2015). The use potential of traditional building materials for the realization of structures by modern methods of construction. *Selected Scientific Papers-Journal of Civil Engineering*, 10(2), 127-138. doi: 10.2478/sspjce-2015-0024
- Staff, I. (4 Eylül 2012). UK retailer marks and Spencer earns BREEAM rating for new Daylit store near London. *Inhabitat*. <https://inhabitat.com/m-and-s-store-in-cheshire-oaks-redefines-the-benchmark-for-sustainable-architecture-in-uk/>

Stanwix, W., ve Sparrow, A. (18 Şubat 2016). Using hemp in construction. Mother Earth News. <https://www.motherearthnews.com/sustainable-living/green-homes/hempcrete-ze0z1602zbay/>

Steinberger, J. K., Krausmann, F., ve Eisenmenger, N. (2010). Global patterns of materials use: A socioeconomic and geophysical analysis. *Ecological Economics*, 69(5), 1148-1158. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.12.009>

Stone powder. (b.t.). Indiamart. 2 Temmuz 2022. <https://www.indiamart.com/proddetail/stone-powder-16810764755.html>

Strength of Seaweed. (18 Mart 2014). Materialdistrict. <https://materialdistrict.com/article/strength-seaweed/>

Sugarcane Waste As A Sustainable Building Material. (b.t.). Ivandimensions. 2 Mayıs 2021. <https://www.ivandimensions.com/blog/sugarcane-waste-as-a-sustainable-building-material/>

Syeda, A., Shrujal, B., ve Kumar, J. (2014). A case study on bamboo as green building material. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 4, 78-82.

Talaş Hakkında Genel Bilgiler. (26 Mart 2021). Talasuretimi. <https://www.talasuretimi.com/toz-talas-2-2/>

Technology World Channel XD (15 Ekim 2019). İlkel Yöntemlerle Muhteşem Ev yapan Adamlar Doğal yaşam Bamboo House Bambudan Ev Yapımı [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=qU1OS6cY6Qc>

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi (b.t.). 5 Haziran Dünya Çevre Günü Etkinliği Gerçekleştirildi.<http://gsf.nku.edu.tr/5HaziranD%C3%BCnya%C3%87evreG%C3%BCn%C3%BCEtkinli%C4%9FiGer%C3%A7ekle%C5%9Ftirildi/haberayrinti/m/9797/12411/29>

Timbercrete: components, advantages, and applications. (13 Temmuz 2022). Theconstructor. <https://theconstructor.org/building/timbercrete-components-advantages-applications/565251/>

Torunoğlu, E. (2003). Sürdürülebilir kalkınma paradigması üzerine ön notlar. Tübitak Vizyon 2023: Panel için notlar: İstanbul.

Türkçü, H.Ç. (1988). *Endüstrileşmiş Yapım Konut Sorunu Açısından İrdelenmesi*. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi MM/MİM-88 EY 155.

The Beehive: Atık Malzeme ile Mimarlık. (27 Haziran 2018). Arkitera. <https://www.arkitera.com/haber/the-beehive-atik-malzeme-ile-mimarlik/>

The pros of asphalt roofing shingles. (4 Ekim 2021). Oregonroofguys. <https://oregonroofguys.com/roofing-contractors-pros-cons-asphalt-shingles/>

The WISE building. (26 Temmuz 2021). Cat. <https://cat.org.uk/info-resources/free-information-service/building/the-wise-building/>

This highway was made from recycled diapers. (27 Şubat 2022). Optimistdaily. <https://www.optimistdaily.com/2022/02/this-highway-was-made-from-recycled-diapers/>

Thornhill, T. (12 Eylül 2011). Nappy days! Britain's mountain of disposables recycled into roof tiles in CO2-saving measure. 28 Mart 2021, <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2036446/Britains-nappy-mountain-recycled-roof-tiles-saving-22-000-tonnes-CO2-year.html>

Thorns, E. (16 Aralık 2017). Could cork be nature's answer to our environmental and construction needs? Archdaily. <https://www.archdaily.com/884983/could-cork-be-natures-answer-to-our-environmental-and-construction-needs>

Thorns, E. (29 Kasım 2017). The luxury pavilion built from recycled bedsprings. Archdaily. <https://www.archdaily.com/884520/the-luxury-pavilion-built-from-recycled-bedsprings>

Truman, C. (Nisan 2016). The built environment green building with shipping containers [Bildiri Özeti]. Green Buildings: How to Start A Shipping Container Building Project. [https://www.researchgate.net/profile/Curt-Truman-2/publication/315196750\\_GREEN\\_BUILDINGS\\_How\\_to\\_Start\\_A\\_Shipping\\_Container\\_Building\\_Project/links/58cc0dcd92851c374e12d6d1/GREEN-BUILDINGS-How-to-Start-A-Shipping-Container-Building-Project.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Curt-Truman-2/publication/315196750_GREEN_BUILDINGS_How_to_Start_A_Shipping_Container_Building_Project/links/58cc0dcd92851c374e12d6d1/GREEN-BUILDINGS-How-to-Start-A-Shipping-Container-Building-Project.pdf)

Uçucu Kül Tuğla. (b.t.). Stringfixer. 15 Mart 2021. [https://stringfixer.com/tr/Fly\\_ash\\_brick](https://stringfixer.com/tr/Fly_ash_brick)

United states federal building. (2 Mayıs 2013). Archityperereview. <https://archityperereview.com/project/united-states-federal-building/>

Usman, A. U., Khamidi, M. F. ve Hassan, T. (2018). "Sustainable building material for green building construction, conservation and refurbishing" Management in Construction Research Association (MiCRA) Postgraduate Conference.

Vasiliev, N. K., Pronk, A. D. C., Shatalina, I. N., Janssen, F. H. M. E., ve Houben, R. W. G. (2015). A review on the development of reinforced ice for use as a building material in cold regions. *Cold Regions Science and Technology*, 115, 56-63. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2015.03.006>

Vyas, S., Ahmed, S., ve Parashar, A. (2014). BEE (Bureau of energy efficiency) and Green Buildings. *International Journal of Research*, 1(3), 23-32.

Walker, P., Thomson, A., ve Maskell, D. (2020). Straw bale construction. In *Nonconventional and vernacular construction materials* (s. 189-216). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102704-2.00009-3>

What is silica fume [Web log post]. (b.t.). Allcarbon. 14 Aralık 2021. <https://www.allcarbon.info/what-is-silica-fume-microsilica/>

What is timbercrete? (5 Ağustos 2020). Justwoodfurniture. <https://www.justwoodfurniture.net/what-is-timbercrete/>

Why need to add silica fume in concrete? (b.t.). Microsilica-fume. 9 Haziran 2021. <http://www.microsilica-fume.com/need-add-silica-fume-concrete.html>

World Wide Fund for Nature. (1991). *Caring for the Earth: A strategy for sustainable living*. IUCN--the World Conservation Union.

World's First Biobased Façade. (14 Ekim 2013). Materialdistrict. <https://materialdistrict.com/article/worlds-first-biobased-facade/worlds-first-biobased-facade-5/>

Yer fıstığı öyle faydalı ki! (b.t.). Yeniakit. 7 Eylül 2021, <https://www.yeniakit.com.tr/haber/yer-fistigi-oyle-faydali-ki-541375.html>

Young, M. (12 Ağustos 2012). Sketch-like outdoor sculptures. Trendhunter.  
<https://www.trendhunter.com/trends/horizons-by-neil-dawson>

Zafar, S. (1 Ekim 2022). Uses of coconut wastes. BioEnergy Consult.  
<https://www.bioenergyconsult.com/tag/uses-of-coconut-wastes/>

