



YAPI MALZEMESİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ VE MİMARLIĞA ETKİLERİ*

Arzu ÇAKMAK^{al}

Sorumlu Yazar: Arzu Çakmak; E-mail: cakmakarzu@gmail.com

Özet

Gelişen teknolojiler ile istenilen malzeme üretiminin sağlanması mimarlıkta yapı malzeme çeşitlerini artırmıştır. Fizik ve organik kimya bilimlerindeki gelişmelerle sürekli kendisini yenileyen malzeme bilimi, 21. yüzyıl ile birlikte başlayan dijital dönüşümde yeniden sorgulanmaya başlanmıştır.

Bu çalışmanın çıkış noktasını, yapı malzemelerindeki teknolojik gelişim ile mimari ürün arasındaki bu dikkat çekici etkileşim oluşturmaktadır. Bu çalışmanın amacı teknolojik ilerleme sürecinde yapı malzemeleri alanındaki olmuş ve olabilecek yeniliklere bir bakış açısı kazandırmaktır. Bu amaçla çalışma kapsamında yapı malzemelerinin tarih içerisindeki gelişiminin mimariye yansımaları, önemli bilimsel olayları ve mimari eşikleri de belirtecek bir kronolojik dizim ile açıklanmıştır. Çalışma sonuçlarının yeni malzeme üretim sürecinde geçmişte kullanılan bazı malzemelerin gelişiminin ve üstün özelliklerinin tanınmasına katkı sağlaması, gelecekte üretilecek malzemelerin gelişimine ışık tutulması hedeflenmektedir. Bu çalışma ile aynı zamanda gelecekte yapılacak araştırmalar için bir altlık oluşturulması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler

Mimarlık
Yapı malzemesi
Teknoloji
Tarihsel süreç
Sanayi devrimi

HISTORICAL DEVELOPMENT OF THE BUILDING MATERIALS AND ITS EFFECTS ON ARCHITECTURE

Abstract

Providing the desired material production with the developing technologies has increased the variety of building materials in architecture. Materials science, which constantly renews itself with developments in physics and organic chemistry sciences, has started to be questioned again in the digital transformation that started with the 21st century.

The starting point of this study is this remarkable interaction between the technological development in building materials and the architectural product. The aim of this study is to gain a perspective on the innovations that have been and may be in the field of building materials in the process of technological progress. For this purpose, within the scope of the study, the reflections of the development of building materials in history on architecture are explained with a chronological sequence that will also indicate important scientific events and architectural thresholds. It is aimed that the results of the study will contribute to the recognition of the development and superior properties of some materials used in the past in the new material production process, and to shed light on the development of the materials to be produced in the future. With this study, it is also aimed to create a base for future research.

Keywords

Architecture
Building material
Technology
Historical process
Industrial revolution

*Bu makale 12-14 Haziran 2020 tarihleri arasında Ankara'da gerçekleştirilen "Construction Materials, Engineering, and Architecture Congress'de bildiri olarak sunulmuş ve eleştirilere uygun olarak geliştirilmiştir.

^a Akdeniz Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Antalya; ¹ORCID 0000-0002-4634-5923

Makale Bilgisi: Araştırma Makalesi Başvuru: 15.05.2021; Düzeltme:30.06.2021.; Kabul:30.06.2021; Çevrimiçi yayın:30.06.2021

Atf için: Çakmak, A. (2021). Yapı Malzemesinin Tarihsel Gelişimi ve Mimarlığa Etkileri, ATA Planlama ve Tasarım Dergisi, 5:1; 41-54.

© 2017 ATA PTD, Tüm Hakları Saklıdır

1. GİRİŞ

Mimarlık tarihi incelendiğinde, sosyo-kültürel etmenler kadar fiziksel etkilerin de mimarlık üzerinde dönüştürücü etkileri olduğu gözlemlenmektedir. Bu fiziksel etmenlerin en önemlilerinden biri yapı malzemeleridir. Afetler, seller, iklimsel etkiler gibi fiziksel etmenler kadar bulunulan bölgenin materyal altyapısı da mimarlık tarzlarının yerleşmesinde ve başkalaşmasında rol oynamaktadır. Özellikle inşai faaliyetlerin yakın çevreden elde edilen malzemelerle gerçekleştirildiği modern-öncesi dönemlerde yapı malzemeleri, yerel yapım tekniklerinin üretilmesine ve yerel mimarilerin oluşmasına neden olmuştur. Ancak kullanılan malzemelerin farklılaşması ve malzeme teknolojilerindeki gelişimlere paralel olarak değişik bölgelerde malzemeye bağlı farklı yerel mimarilerin gelişmesi, farklı mimari stillerin doğması da bu dönemlerdeki malzemelerin farklılaşması ile açıklanabilir. Farklı dönemlerde yoğunlukla kullanılan malzemeler, fiziksel kapasiteleri ve görünümleri gibi özellikleri ile o dönemin mimarlığının özelliklerini oluşturmuştur. Kısaca, yapı malzemeleri mimarlıkta dönemsel ve yerel stillerin oluşumuna katkı sağlayarak mimarlığın çeşitlenmesini sağlamaktadır. Bu çalışmada mimarlıkta dönemsel değişimlerin, yapı malzemesindeki değişim ve dönüşümlerle ilişkisi kronolojik bir altyapı ile ortaya konulmaya çalışılacaktır.

İnsanlığın gelişimine paralel olarak kullandığı yapı malzemeleri de tarih boyunca değişime uğramıştır. Bu değişimle birlikte yapım teknikleri ve estetik anlayışta değişmiştir. Malzeme alanındaki ilk büyük değişimi yaratan buluş, paleolitik çağda ateşin bulunması olarak kabul edilmektedir. Ateşin bulunması ile birlikte metalürji alanında büyük gelişmeler olmuştur. Metal işlenmeye başlanmıştır. Ancak, metalin yapı malzemesi olarak kullanılabilmesi 19. yüzyıla kadar mümkün olamamıştır (Akman, 2003: 31). Bu arada uzun yüzyıllar boyunca mimarlık, ahşap, taş ve kerpiç gibi doğal malzemelerin kullanımına dayanmıştır. Ateş ile birlikte geliştirilen ilk yapay malzeme MÖ. 8300 yıllarından itibaren kullanılan tuğla olmuş (Fiala, 2019:1); ve zamanla tuğla doğal taşla birlikte

yığıma yapım sisteminin en çok kullanılan malzemelerinden biri haline gelmiştir.

Aydınlanma çağından itibaren fizik ve kimya bilimlerindeki artan bilgi birikimi, 19. yüzyılda Sanayi Devrimi ile birlikte yaşanan değişimlerle malzemenin gelişimini yeni bir boyuta taşıyarak yapı malzemesinin endüstrileşmesini sağlamıştır. 20. yüzyılda ise fizik ve kimyanın daha da ilerlemesi ile savunma, otomotiv ve uzay sanayi gibi diğer endüstrilerdeki gelişimlerin artması, malzeme biliminin de gelişimini büyük oranda etkilemiştir. Böylece, malzemenin atomik ve kimyasal olarak geliştirilmesi sağlanarak istenilen özelliklerde malzeme üretimi gerçekleştirilmeye başlanmıştır (Yıldız, 2019 :11). Bu dönüşüm ortaya çıkardığı betonarme, çelik, cam vb. yeni yapı malzemeleri ve onların estetik ve fiziksel kapasiteleri ile mimarlığa yeni ufuklar açmış; yapı malzemelerinde yaşanan bu değişimlere paralel olarak 20. yüzyıl mimarlığı yapısal ve estetik olarak büyük dönüşümler yaşamıştır.

Yüksel'in (2008) de belirttiği gibi mimarlıkta malzemeler ve biçimler endüstri devrimine kadar çok yavaş bir değişim geçirirken, 20. yüzyılda büyük bir hızla ciddi bir değişim yaşamıştır (Yüksel, 2008). Çünkü, Endüstri Devrimi ile birlikte yeni malzemelerin üretimi ve kullanımı artmıştır. Çelik, cam, beton gibi birçok yeni yapı malzemesinin endüstri dönemi ile birlikte fiziksel ve kimyasal kapasitesinin gelişimi yapı tasarımını geri dönülmez, köklü bir değişime uğratmıştır. Endüstriyel malzeme olanaklarının anlaşılması ile de mimarlığın strüktürel ve estetik dönüşümünün yanı sıra yapım sektörünün de gelişimi sağlanmıştır (Tekin, 2021: 1). Böylece, inşaat sektörü 20. yüzyılın en hızlı büyüyen sektörlerinden biri haline gelmiştir. Bu bağlamda 21.yüzyıl, her geçen gün gelişen bilim ve teknolojiye paralel olarak yapı malzemeleri alanında bizlere büyük bir çeşitlilik vadetmektedir. Yapı malzemesi çeşitliliğindeki artış ile mimaride de çeşitlilik her geçen gün artmaktadır. Farklı tasarım arayışları doğmasına neden olmuştur. Endüstri Dönemine kadar malzemeler ve biçimler hemen hemen birbirinin aynısı iken 21. yüzyıla kadar olan süreçte ciddi bir değişim yaşanmıştır. Endüstri Devrimi ile birlikte ise yeni malzemelerin üretimi ve kullanımı artmıştır. Çelik, cam, beton gibi birçok malzemenin endüstri dönemi ile

birlikte gelişimi yapı tasarımını geri dönülmez, köklü bir değişime uğratmıştır. Endüstriyel malzeme olanaklarının anlaşılması ile mimarlığın da gelişimi sağlanmıştır (Tekin, 2021: 1). 21. yüzyılda gelişen teknoloji ile mimaride sınırların kalktığı, tanımların ve üslupların değişmeye başladığı gözlemlenmiştir. Geleceğe yönelik tasarımların yapıldığı bir sürece girilmiştir. Önceden ayda yaşam bir hayal olmaktadır şu anda ayda yaşam için malzeme problemlerine çözüm bulunmaya başlanılmıştır (Lin, 1987'den aktaran Akman, 2003: 36). Paleolitik çağdan beri insanoğlunun geliştirerek sürdürdüğü yapı malzemesi konusundaki arayış ve araştırmalar, uygarlığın vazgeçilmez ve ayrılmaz bir parçası olarak tüm zamanlarda var olmuştur. Gelecekte de insanoğlunun malzeme alanındaki araştırmalarının ve uygulamalarının ilgi çekerek devam edeceği açık bir şekilde gözlemlenmektedir (Akman, 2003: 36). Yapı malzemesi alanındaki arayışlar ile birlikte istenilen özelliklerde malzeme üretiminin sağlanması, mimarlıkta birçok sınırın kalkacağı, tasarımların estetiksel özellikleri ile birlikte birçok işlevleri de yerine getirebilen özelliklerde olabileceği, yeni bir mimarlık anlayışı getireceği düşünülmektedir.

Bilgisayar ve iletişimin kullanılması ile birlikte geleneksel malzemelerin geliştirilmesi ve yeni malzemelerin oluşturulması da hızlı bir sürece girmiştir. Teknolojik gelişimin yapılarda kullanılmaya başlanması ile disiplinler arası çalışmalar başlanmış ve her malzemenin kullanılabilirliği analiz edilmeye başlanmıştır. Malzeme ile teknolojinin bu kadar iç içe olma durumu ise yapılardaki birçok detayın önceden çözümünün sağlanması ile birlikte malzemenin hızlı bir şekilde denenebilmesini ve hemen alternatiflerinin üretilebilmesini sağlamıştır. Bu bağlamda da yapı malzemesinin gelişiminin önü gittikçe açılmaktadır. Mimarının de yapı malzemesi çeşitlerine göre gelişim geçirdiği de açıkça söylenebilir (Eriç, 1970: 36).

Bu çalışma da yapı malzemelerindeki teknolojik gelişimin ve mimari ürün arasındaki etkileşimin incelenmesi çıkış noktası olmuştur. Mimari ürünlerin, malzeme çeşitlerine göre tarih boyunca değişim geçirdiği gözlemlenmektedir. Fizik ve organik kimya bilimlerindeki gelişmelerle sürekli kendisini yenileyen

malzeme, bilgi akışı ve bilgisayarların yapıya girmesi ile sorgulanmaya başlanmıştır. Geçmişte mimari tasarımlar, yapı malzemelerine göre yapılırken son zamanlarda tasarıma göre malzeme üretimi gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Gelecekte de hızlı bir şekilde yeni malzeme üretimlerinin gerçekleştirileceği öngörülmektedir. Yeni malzeme üretimlerinin sağlanması da yeni bir mimari anlayışı oluşturacaktır. Çalışma kapsamında geçmişten bugüne kadar olan süreçte doğal oluşum yapı malzemelerinden istenilen özelliklerde üretimi sağlanabilen yapı malzemelerindeki hızlı gelişimin mimariye yansımaları tarihi bir süreç içerisinde yayınlardan, tezlerden, makalelerden ve literatür taramalarından incelenmiştir. Geçmişte kullanılan bazı malzemelerin yararlı özelliklerinden dolayı şu anda da kullanıldığı gözlemlenirken birçok yapı malzemesinin de değişime uğradığı gözlemlenmektedir. Bu değişimler ile birlikte mimari üsluplarında değiştiği gözlemlenmektedir. Bu çalışmanın amacı teknolojik ilerleme sürecinde yapı malzemeleri alanındaki olmuş ve olabilecek yeniliklere bir bakış açısı kazandırmaktır. Bu amaçla çalışma kapsamında yapı malzemelerinin tarih içerisindeki gelişiminin mimariye yansımaları, önemli bilimsel olayları ve mimari eşikleri de belirtecek bir kronolojik dizim ile açıklanmıştır. Çalışma sonuçlarının yeni malzeme üretim sürecinde geçmişte kullanılan bazı malzemelerin gelişiminin ve üstün özelliklerinin tanınmasına katkı sağlaması, gelecekte üretilecek malzemelerin gelişimine ışık tutulması hedeflenmektedir. Bu çalışma ile aynı zamanda gelecekte yapılacak araştırmalar için bir altlık oluşturulması amaçlanmaktadır. Bu bağlamda gelecekte yapı malzemelerinde ki gelişim ile birlikte mimari tasarımların değişimlerinde bizi nelerin beklediğine yol göstermek amaçlanmaktadır.

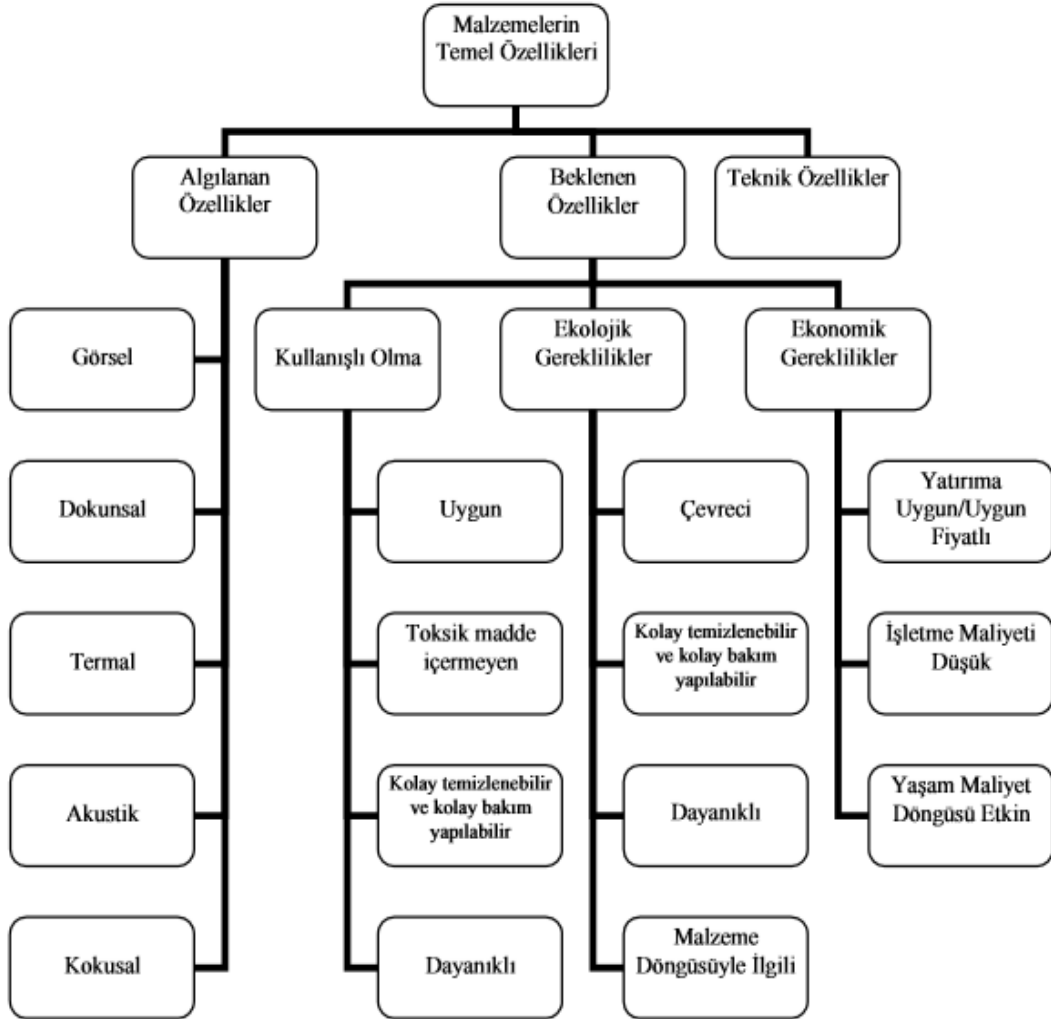
2. MALZEME KAVRAMI

İnsanlık tarihinde malzemelerin önemli bir yeri vardır. Çeşitli yapıların ve eşyaların yapımında kullanılan malzemeler çağlara isimlerini vermiştir. Çağlara ismini veren malzemeler, taşın kullanımı ile başlayıp metallerin bulunması ile devam etmiştir (Cıvalı Taş Devri, Bakır Devri, Bronz Devri, Demir Devri, Tunç Devri, vs.) (Aran, 2007:1, Kalemtaş, 2010: 4). Bu sebeple malzeme tarihte önemli bir yer tutmaktadır.

Malzeme tanımı ilk çağlarda insanların doğada bulduğu her şey olarak tanımlanırken günümüzde ise insanların gereksinimlerini karşılamak, belli bir amacı gerçekleştirmek için kullanılan, ön işlemlerden geçen veya geçmeyen her maddeye denilmektedir (Karagöz, 2008: 8). Eşya ve nesne gibi birçok şeyin meydana gelmesini malzemelerin işlenmesi sağlarken, maddelerin işlenmesi de yeni malzemelerin oluşturulabilmesini sağlamaktadır. Maddeleri oluşturan ana etken ise atomların bir araya gelme şeklidir. Maddeleri oluşturan atomların yapısında yapılan değişiklikler amaçlar doğrultusunda üretilen malzemeleri oluşturabilmektedir. Bunlara seramikte kullanılan kil, yüzeylerde kullanılan şap gibi bir amaç için üretilen malzeme örnekleri verilebilir (Çorbacı, 2015:4).

Malzemeler, fiziksel, mekaniksel, kimyasal olarak istenilen özelliklere sahip, mühendislik ürün ve sistemlerinin imalinde kullanılan katılardır (Aran, 2007:1). Her malzemenin

kendine özgü özellikleri vardır. Bunlar; fiziko-dışsal özellik şeklinde tanımlanabilmektedir. Malzemelerin, asit-baz karakteri, korozyon dayanımı, su geçirirliği, katı-sıvı-gaz durumları gibi özellikleri fiziko-kimyasal özelliklerdir. Malzemelerin, ısısal genişmesi, iletkenliği, ısı geçirgenliği gibi özellikleri ısısal özelliklerdir. Malzemelerin, su geçirirliği, donma gibi özellikleri rötre ve genişme özellikleridir. Malzemelerin ses geçirgenliği, yansıtma, yutma gibi özellikleri akustik özelliklerdir. Malzemenin yansıtması, şeffaflığı yada gibi özellikleri ışık yansıtma özellikleridir. Malzemelerin çevresel performansı, ekonomik olması gibi özellikleri dışsal özelliklerdir. Bu özelliklerin de dereceleri çeşitli etkenler ile değiştirilebilir. Hegger, Drexler ve Zeumer, malzemelerin temel özelliklerini; algılanan özellikler, beklenen özellikler ve teknik özellikler olarak üç grupta toplamıştır (Resim 1) (Çorbacı, 2015: 6-9).



Resim 1. Malzemelerin Temel Özellikleri (Çorbacı, 2015: 6).

Malzemelerin temel özellikleri üç gruba ayrılmıştır (Resim 1). Bunlardan birincisi algılanan özellikler; malzemenin görsel, dokunsal, termal, akustik, kokusal gibi duyu organlarımızla hissedebildiğimiz özellikleridir. İkincisi beklenen özellikler; malzemenin kullanışlı olması (uygunluğu , toksik madde içermemesi, kolay temizlenebilir veya kolay bakım yapılabilirliği, dayanıklılığı), ekolojik gereklilikleri (çevreci, kolay temizlenebilir veya kolay bakım yapılabilirliği, dayanıklılığı, malzeme döngüsüyle ilgili olması), ekonomik gerekliliği (yatırıma uygun/uygun fiyatlı, işletme maliyeti düşük, yaşam maliyet döngüsü etkin olması) gibi özelliklerdir. Üçüncü temel özelliği ise malzemenin teknik özellikleridir. Fakat her malzeme, gelişen teknoloji ile farklı şekillerde değiştirilebilir. Malzemenin bilinen özelliklerinden birinin ya da birkaçının değiştirilmesi o malzemenin yeni bir malzeme olmasını sağlamaktadır.

Teknolojik gelişim, malzemelerin yeniliklerini sağlayarak mimarlık alanında da yeni ve farklı malzeme arayışlara neden olmuştur. Malzemelerin gelişimine bakıldığında var olan malzemenin değişimi ve yeni malzeme üretimi olmak üzere farklı iki durumla karşılaşmaktayız. Yeni kavramı da var olan durum ya da durumların geliştirilmesi ile veya farklı bir durumun oluşturulması olarak tanımlanabilmektedir. Var olan her şey zaman içerisinde yeni olan, zamanın geçmesi ile de eski olmaktadır (Baktır, 2006: 6, 7). Atabaş bu durumu “bugünün öncü materyali-yapısı-teknolojisi; yarının ortalama standart materyali-yapısı-teknolojisi olabilecektir” şeklinde ifade etmektedir (Atabaş, 2000: 87).

Mimari tasarımlarda malzeme özellikleri çok önemli bir yer tutmaktadır. Bu sebeple uygulanacak tasarıma uygun yapı malzemesi seçiminin yapılabilmesi için kullanılacak malzemenin var olan özelliklerinin iyi bilinmesi ya da tasarıma uygun malzeme üretiminin sağlanması gerekmektedir. Aksi takdirde mimari tasarımın uygulanmasında maddi ve manevi büyük zararlar oluşabilmektedir. Bu zararların bir kısmı düzeltilebilecek boyutta olurken düzeltilemeyecek boyutta zararlar da meydana gelebilmektedir.

2.1. Tarihsel Süreç İçerisinde Yapı Malzemeleri ve Mimarlığa Yansımaları

Yapı malzemesi olarak ilk zamanlarda insanlar doğada bulduğu malzemeleri başka bir malzemeye dönüştürmeden kullanmaktadır. Zamanla ihtiyaçları doğrultusunda doğada bulunan malzemeleri şekillendirmeye ve geliştirmeye başlamışlardır (Baktır, 2006: 50). Bu gelişim ile birlikte çeşitli malzemeler zaman içerisinde üretilmeye başlanmıştır. Malzemelerin çeşitlenmesi ile oluşturulan mekanlar da değişime uğramaya başlamıştır. Bu bağlamda geçmişten günümüze kadar olan süreçte yapı malzemeleri ve mimariye yansımaları tarihsel bir süreç içerisinde önemli dönemler bazında endüstri dönemi öncesi ve sonrası şeklinde incelenmektedir.

2.1.1. Endüstri Devrimi Öncesi Yapı Malzemeleri

• Taş Malzeme:

M.Ö. yaklaşık 2,5 milyon yıl önce Paleolitik çağda insanlar barınma ihtiyacını taş mağaralar ve oyukluklarda sağlarken; bu dönemlerde taşı yapı malzemesi olarak kullanmadıkları gözlemlenmiştir. Taş o zamanlarda avlanmayı ve hayvanlardan korunmayı sağlamak için üretilen araçların malzemesidir. Göçebe şeklinde yaşayan insanoğlu mağaraları terk ettikten sonra barınak ihtiyacı duymuşlardır. Bu ihtiyaçla birlikte taşı yapı malzemesi olarak kullanmaya başlamış ve barınaklarını oluşturmaya başlamışlardır (Akman, 2003: 32).

M.Ö. 90. yüzyıl – M.Ö. 12. yüzyıl aralığında Mezolitik çağda ve M.Ö. 90. yüzyıl- M.Ö. 55. yüzyıl aralığında Neolitik çağda insanlar barınak duvarlarını etraflarında buldukları taşlardan oluşturmuştur. Çamuru da taşlarda bağlayıcı olarak kullanmışlardır. Zamanla bu taşları işlemeye başlamaları ile birlikte estetik ve düzgün duvarlar inşa etmeye başlamışlardır (Akman, 2003: 32; URL-1). Yapılarda kullanılan doğal taşın şeklinin değiştirilmesi ile güzel olana ulaşma arzusunun o zamanlarda başladığı gözlemlenmektedir. Günümüzde de moloz taş duvar üretimleri görülmektedir.

• Ahşap Malzeme:

Yapı malzemesi olarak ahşap malzemesinin kullanımı ilk çağlara kadar uzanmaktadır. Ahşap yapı malzemesi olarak taştan sonra doğal olarak görülen ikinci malzeme olmuştur (Batur, 2004:

3). İnsanların ilk çağlarda barınak olarak ağaç kavuklarını ya da mağaraları kullandığı bilinmektedir. Marangozculuk ve inşaatçılık bilgilerini geliştirerek kendilerine doğadaki malzemeyi kullanarak ev inşa etmeye başlamışlardır. İnsanlar yaz aylarını geçirebilmek amacı ile ağaç dalları ile kütükleri birleştirip aralarını balçıkla kapatarak evler oluşturmuşlardır. Fakat yağışların evleri yıkması ile tekrar mağaralara döndükleri bilinmektedir [URL-2]. İlk çağlardan günümüze kadar olan süreç içerisinde yapıların hemen hemen tüm alanlarında ahşabın malzeme olarak kullanıldığı bilinmektedir (Batur,2004: 3). Urartuların kalelerinde, tapınaklarında, saraylarında depo gibi birçok alanlarında yapılan kazılarda, ahşabın hatıl, kapı, söve, direk gibi elemanların yapımında kullanıldığı görülmektedir (Morkoç, 2020: 111). Çatalhöyük’ te antik bir ev restorasyonunda da evin tavanında ahşaplar görülmüştür (Resim 2) [URL-2].



Resim 2. Çatalhöyük’te antik bir ev [URL-2].

• **Kerpiç Malzeme:**

M.Ö. 75. yüzyılda göçebe halinde yaşayan insanlar, yerleştikleri alanlarda taş toplama sıkıntısına girince kendi taşlarını oluşturmak zorunda kalmışlardır. Kerpicini kullanarak ilk yapay taşlarını icat etmeye başlamışlardır.

Çamuru dikdörtgen şekline getirip kurutarak kerpiç bloklar elde etmişlerdir. Bu blokları üst üste dizerek duvarları oluşturmuşlardır [URL-3]. Bu tekniğe de “pise tekniği” demişlerdir. Pise tekniği ile yapılmış en eski örnek Irak'ta Musul vilayetinde Temrik ve Tell M'lefaat kentlerinde bulunmuştur. Anadolu'daki en eski örnek ise Diyarbakır il sınırları içinde bulunan Çayönü'ndedir (Resim 3) [URL-4]. Kerpiç malzemesinin büyük boyutlarda üretildiği ve bunun da hatıl olarak kullanıldığı Çayönü'ndeki kalıntılarda gözlemlenmiştir [URL-3].



Resim 3. Çayönü M.Ö. 75.yüzyıl [URL-5]

MÖ 40. Yüzyıl - MÖ 20. yüzyıl aralığında Kaldeliler ve Sümerler'in de yapılarında kerpiç kullandığı gözlemlenmiştir. Kerpiçleri ziftle yapıştırarak ve evlerin üzerini de çamur, kireç veya zift tabakalarıyla örterek kerpiç yapının daha sağlam bir şekilde yapılmasını sağlamışlardır. Günümüzde de Anadolu'nun bazı köylerinde yapıların kerpiçten yapıldığı gözlemlenmektedir. Kerpiç malzemesinin ekonomik olması, rutubeti önlemesinden dolayı romatizma hastalığına iyi gelmesi ve yapının yazın sıcak, kışın soğuk bir şekilde kalmasını sağlaması nedeniyle hala yapı malzemesi olarak tercih edilmektedir [URL-6]. 2017'de Şekil.3'de gösterilen Harran evlerinde yaşayanlar ile yapılan bir görüşmede yazın çok sıcak olan Şanlıurfa da kerpiçten yapılan evler sayesinde yaşam alanlarının çok sıcak olmadığı ifade edilmiştir (Resim 4). Bu bağlamda bu malzemenin özellikleri gelecek tasarımlarda da değerlendirilebilmesi için ışık olmalıdır.



Resim 4. Harran Evleri, Şanlıurfa

• **Ateşin Keşfinden Sonra Metal Malzemelerin Buluşu:**

M.Ö 70. yüzyılda malzeme bilminde büyük değişiklikler yaşanmıştır. Bu yüzyılda ateşi verimli yakma tekniği bulunmuş ve metalürji alanında büyük değişimler yaşanmıştır. Isı kullanılarak birçok yerel malzemenin değişimi ve gelişimi sağlanmıştır. Bu dönemde elde edilen gelişmelere kilin tuğlaya dönüşümü, bakır oksit cevherlerinin ergitilmesiyle bakırın oluşumu, bakır ve kalayın ergitilmesiyle tuncun elde edilmesi, demirin işlenmesi ve ısıtılması ile çelik malzemelerin önünün açılması gibi birçok örnek verilebilir (Akman, 2003: 31). Bu sebeple tarihte ve malzeme alanında ateşin keşfi önemli bir yer tutmaktadır. Tunç çağı gibi tarihte bazı dönemlerin malzemede yaşanan gelişmeler ile ismini aldığı bilinmektedir. Mimari yapılarda tarihsel süreçte yaygın olarak ilk kullanılan metaller; bakır, bronz, demir, çinko ve kurşundur (Mozaikçi, 2010: 46). Troya Megaron IIA yapısının ön tarafındaki yıkıntı avlusunda kömürleşmiş ahşap hatılların birbirine tutturulması için bakır çivilerin kullanıldığı düşünülmektedir (Efe, 2012: 28). Fakat teknolojik gelişmeler ile birlikte daha sonradan alüminyum, çelik ve titanyum gibi metallerin farklı alışımları keşfedilmiştir ve keşfedilmeye de devam edilmektedir (Mozaikçi, 2010: 46)

• **Erken Dönemde Demir Malzeme :**

M.Ö 27. yüzyılda Mezopotamya'da demirin malzeme olarak kullanımı başlamıştır. Demir kütüğünün süngerimsi ve saf içeriği sayesinde ısıtılıp, dövülerek işlenebilirliği sağlanmıştır. Hititlerin M.Ö. 2000 yıllarında çeşitli aletlerini demir cevherlerinden yaptığı gözlemlenmiştir. Bunun yanında yapılarında harçsız kesme duvarlarını, demir kenetlerle bağladığı, ahşap kapılarının ahşaplarının birbirlerine montesini demir ve bronz çivilerle sağladığı da

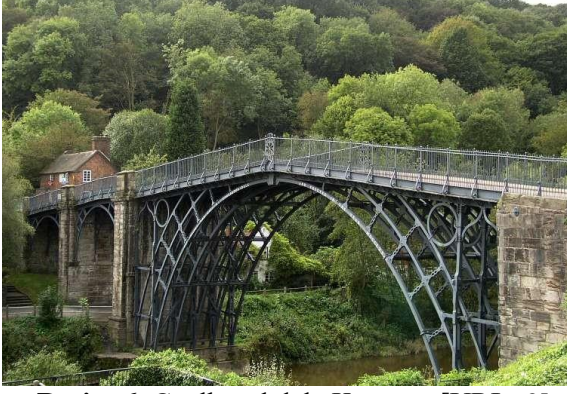
gözlemlenmiştir. Ancak; demirin inşaat sektörüne girmesi esas olarak Yunan ve Roma uygarlıklarında demir kökenli malzemelerin ankraj ve taş bağlama elemanı olarak yaygın bir şekilde kullanması ile başlamıştır (Resim 5) (Kurugöl-Küçük, 2015: 526). Böylece demirin yapı malzemesi olarak inşaat sektörüne girmesinin önü açılmıştır.



Resim 5. Üsküdar meydan cami duvarı kenet bağlantı sistemi (Kurugöl-Küçük, 2015: 526).

• **Modern Öncesi Dönemde Demir Malzeme:**

MS. 17 ve 18. yüzyılda üzerinde en çok çalışılan malzemelerden biri paslanma sorunu yüzünden yapı malzemesi olarak yoğun şekilde kullanılmayan demir olmuştur. Demirle ilgili ilk deneysel çalışmaların İngiliz bilim adamı Robert Hooke (1635-1703) tarafından yapıldığı bilinmektedir (Çorbacı, 2015: 17). Metalürji alanındaki gelişmeler ile birlikte demire alternatif olarak basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşük malzeme olan font kullanılmaya başlanmıştır. Çelik çağı, bir girişimci olan Abraham Darby'nin 1709 yıllarında taş kömürünü kullanarak kok kömürü üretebilmeye başlamasıyla ve demiri de kok kömürü ile işleyebilmesiyle başlamıştır [URL-7-8]. Bu sayede 1713'de haftada 6 ton üretim yapan fırınlar yerine 1790'da haftada 17 ton üretim yapan yüksek fırınların inşası yapılmıştır. Yüksek fırınlarda kok kömürünün kullanılması önemli gelişmelerin başlangıcı olmuştur (Şeşen v.d., 2005: 3). Abraham Darby tarafından, İngiltere, Seven Nehri üzerinde bulunan Coalbrookdale Köprüsü, font kullanılarak 1778'de tamamlandığı tahmin edilen ilk köprüdür (Resim 6) (Özhendekci, 2016: 1).



Resim 6. Coalbrookdale Köprüsü [URL- 9].

1780 yıllarında ise İngiliz demir ustası Henry Cort tarafından yüksek fırın ve puddling metotları geliştirilerek dövme demir üretimindeki safsızlık sorunu azaltılmış ve bu sayede büyük miktarda, iyi kalitede çelik üretimi gerçekleştirilmiştir. İlerleyen zamanlarda geliştirilen yöntemlerden Bessemer (1855), Siemens-Martin (1864), Thomas (1879) yöntemlerinin bulunmasıyla ham demirin sıvı halinin arıtılması sağlanarak dökme demir üretimi olanağı sağlanmıştır [URL 7-10]. Bu üretim ile dökme demir en çok üretilen demir çeşiti olmuştur. 20. yüzyıl başlarında da elektrikli fırınların kullanılmaya başlanması ile de çelik yapı tekniklerinde büyük gelişmeler olmuştur [URL-7].

• **Cam Malzeme:**

Cam ilk kez İ.Ö. 3000'lerde Ortadoğu'da kullanılmıştır. Kum, soda ve kirecin belirli bir ısı altında reaksiyonu ile camın oluşturulduğu gözlemlenmiştir (Türkseven, 1999: 18). Yapılarda pencere olarak kullanımı ise M.Ö. 25. yüzyıla uzanmaktadır. Mimarlıkta cam gelişiminin en önemli adımı ise M.Ö. 1 yüzyılda Suriye/Filistin bölgesinde camın üfleme yöntemiyle elde edilmesi olarak kabul edilir. Tekniklerin daha da artması ile birlikte 15. yüzyılda Venedik'te ilk düz cam kullanımı gerçekleşmiştir. Aynı zamanda Avrupa'nın Gotik Mimarlığı sembolü olan vitraylı camların üretimi gerçekleştirilmiş ve cam mimarlığının ilk örneklerinin çıkmaya başladığı gözlemlenmektedir (Resim 7). Gelişen teknoloji ile birlikte de demir ve çeliğin kullanılması ile de geniş açıklıklar cam ile geçilebilmiştir (Turhan, 2017: 138). Böylece camın yapı malzemesi olarak cephelerde kullanımının önü açılmıştır.



Resim 7. Sainte-Chapelle, Paris (Turhan, 2007: 56)

• **Tuğla ve Kiremit Malzeme:**

M.Ö. 4 yüzyılda kil, su ve ateşin reaksiyonu ile oluşan pişmiş tuğlanın endüstriyel anlamda ilk defa üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu dönem Babil Kulesi'nin yapımına denk düşmektedir. Babil Kulesi yapımında kullanılan tuğla miktarından dolayı da tuğla üretimi ve endüstrisi açısından önemli bir simge olmaktadır (Resim 8). Yine aynı dönemde Korintler tarafından tuğla hamurunun tokmak aracılığıyla dövülerek yaygın hale getirilmesi ile çatılara örtü malzemesi olarak kiremit bulunmuştur. Günümüzde kullanılan iç bükey kiremitlerinin de aynı yöntemle üretimi sağlanmaktadır. İlk zamanlarda üretilen kiremitler günümüz kiremitlerinden daha kalın ve büyük olarak üretilmiştir [URL-11]. Fakat her malzemede olduğu gibi kiremit alanında yapılan çalışmalar da günümüzde kullanılan kiremitlerin oluşumunu sağlamıştır.



Resim 8. Babil Kulesi -M.Ö. 4 y.y.- Sümerliler [URL-11]

• **Roma Betonlu Malzemesi**

Yerel malzemelerden olan taş, kerpiç ve tuğla gibi malzemelerin duvar yapımında bağlayıcı harcı çamur olmuştur. İlk çağlardan beri yapı

malzemesinin bağlayıcı maddesi sorun olarak görülmüştür. Prehistorik dönemde ise bağlayıcı malzeme olarak alçı, bitüm ve bir oranda kireç denenmiştir. Romalılar ise kirecin içerisine Pozzuoli toprağını katarak hidrolik bağlayıcıyı bulmuşlardır. Daha sonra da bağlayıcı içerisine kum ve çakıl karıştırarak betonu elde etmişlerdir. Bu buluş Dünya uygarlık tarihinde çimento ve betonun mucitleri olarak Romalıların ve kısmen de Yunanlıların kabul edilmesini sağlamıştır (Akman, 2003: 30). Romalılar daha sonra taş ve tuğla kırıklarını, kireç harcı ya da puzzolana adı verilen volkanik taş ile karıştırıp kalıplara dökerek beton elde etmişlerdir. Elde edilen malzemeye Roma Betonu denilmiştir. Romalılar yapılarında bu beton türünü kullanmışlardır. M.Ö. 3. yüzyılda Latium ve Campania'da gerçekleştirilen bu duvar biçimi ekonomik oluşundan dolayı ve taş ile gerçekleştirilmesi mümkün olmayan alanlarda uygulanabilirliğinden dolayı M.S. 5 yüzyıl Orta Çağ'a kadar kullanımı devam etmiştir [URL-12]. Roma betonunun sağlamlığına en güzel örnek Pantheon, Roma yapısı verilebilmektedir (Resim 9).



Resim 9. Babil Kulesi-M.Ö. 4 y.y- Sümerliler (Engül, 2017)

Çelik donatı kullanılmadan yapılan yapının günümüze kadar kalması yapının sanatsal değerinin yanında yapı tekniği açısından da önemli bir yer tutmaktadır (Çördük, 2006: 58). Sağlam bir şekilde günümüze kadar varlığını sürdüren bu yapının yapım tekniği ve malzemesi birçok araştırmanın konusu olmaya devam etmektedir.

• **Horasan Harcı**

Miladî 0'a yakın olarak bilinen Horasan Harcı da kireç ve tuğla tozu ile üretilen bir bağlayıcı türüdür. Çok kuvvetli ve suya dayanıklı bir malzeme olmasından dolayı dikkatleri üzerine çekmektedir. Daha çok hamam yapılarında

kullanımı ile bilinen harç Bizans, Osmanlı ve Selçuklu eserlerinin restorasyonunda da önemli ölçüde kullanılmıştır (Resim 10). Özellikle 15. yüzyıldan sonra kullanım alanı oldukça genişlemiştir. Günümüzde de aslına uygun olması açısından birçok yapının restorasyon uygulamalarında da kullanıldığı gözlemlenmektedir [URL-13]



Resim 10. Gazi Mihal Hamamı ve kubbelerinde kullanılan horosan sıvası, Edirne (Eskici,2007:279)

2.1.2. Endüstri Devrimi ve Sonrasında Yapı Malzemeleri

Endüstri devriminde günlük hayatın değişimi ile birlikte yapı çeşitleri ve yapı ihtiyaçları artmıştır. Geniş açıklık geçme sorunları ile birlikte çelik ve camın gelişimi ve kullanımı yaygınlaşmış, yeni yapı malzemeleriyle geliştirilen sistemler sayesinde daha yüksek katlı yapıların yapılma olanağı sağlanmıştır. Malzeme bilimini, fizik, kimya bilimlerinin gelişiminin yanında savunma gibi diğer endüstrilerin gelişimi de önemli ölçüde etkilemiştir. Özellikle 20. yüzyılda malzemenin kimyasal ve atomik düzeyde geliştirilebilmesiyle birlikte istenilen özelliklerde malzeme üretimi gerçekleştirilmeye başlanmıştır (Baktır, 2006: 1). Bu dönemde malzeme hakkında bilinen bilgiler değişime uğramıştır. Geleneksel birçok malzeme özellikleri geliştirilmiş ve yeni malzeme çeşitlerinin üretimi gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Bu değişimler ile birlikte mimari üsluplar da değişmeye başlamıştır (Yıldız-Seçkin, 2019: 11).

• **Portland Çimentosu:**

19. yüzyıl da Portland çimentosu bulunmuştur. İlk çimento, 1824 yılında İngiltere'nin Leeds kentinde duvarcılık yapan Joseph Aspdin tarafından bugün de kullanılan çimento, kil ve kalkerli malzemelerin basit fırınlarda pişirilmesi ile elde edilmiştir. 21 Ekim 1824'te Portland çimentosunun patentini alan Aspdin, 1825'de kurduğu fabrika ile ilk İngiliz çimento üreticisi

olmuştur. 1885’de Amerika’da mucit ve sanayici Frederic Ransome döner fırınları geliştirerek çimentonun yaygın bir şekilde kullanımını sağlamıştır. 1890’da Letiyeli çimento bulunmuştur (URL-14; Çorbacı, 2015: 18, 19). Portland çimentosu, hazır beton teknolojileri ile farklı içeriklerde kullanılmaya başlansa da yapıların inşasında en yaygın kullanılan üründür. Geleneksel çimento formunda olan ürün, gri-yeşil renkte olup yüksek sıcaklıklarda iyi bir performansı olmasına karşın soğuk iklim koşullarında verimsiz ve kuruma süresi uzundur. Fakat sıvı yalıtım konusunda oldukça iyi bir üründür [URL-15].

• **Betonarme**

Portland çimentosunda ki gelişmelerle birlikte beton ve donatıyı bir arada ilk defa Fransız çiftçi Joseph-Louis Lambot kullanmıştır. 1848’de beton içerisinde demir bir tel kullanarak betonarmeyi ilk defa bir tekne yapımında kullanmış ve 1851’de beton ve çeliğin birlikte kullanımıyla patent almıştır (Resim 11) (Atabey, 2019: 1; Topçu, 2014: 5).



Resim 11. İlk betonarme uygulaması, tekne (Atabey, 2019:1)

Fransız bahçıvan Monier ise saray bahçesindeki saksılarda beton ve çeliği bir arada kullanarak 1868 yılında betonarme için patent almıştır (Çorbacı, 2015: 18). 19. ve 20. yüzyılda betonarme ve çimento teknolojilerinde büyük gelişmeler sağlanmıştır. Çimento türlerinin artırılmasını sağlamaya çalışmak, endüstriyel atıkları çimento veya beton üretiminde kullanmak, kimyasal takviyeler ile birlikte betona istenilen özellikleri kazandırmaya çalışmak beton endüstrisindeki gelişmelerdendir. 1960-1970 yılları arasında betona yüksek işlenebilirlik özelliği katan süper-

akışkanlaştırıcıların bulunması beton teknolojisinde bir devrim yaratmıştır (Akman, 2003: 35).

• **Plastik Malzeme**

20. yüzyılın malzemesi olarak bilinen plastik ve kompozit gibi birçok malzeme de yapı sektörüne girmeye başlamıştır (Yıldız-Seçkin, 2019: 8). 1955’te Le Corbusier’in öğrencisi olan mimar Ionel Schein ilk defa tamamen plastikten oluşan bir ev icat etmiştir (Resim 12) [URL-16].



Resim 12. Tamamen plastikten oluşan ev [URL-16].

Plastikler aslında 19. yüzyıl ortalarında kauçuk gibi doğal malzemelerden üretilmektedir. Daha sonraları çoğu kömür katranı, madeni yağ (petrol) ve doğal gazların türevinden elde edilmeye başlanmıştır (Hegger, vd. 2007: 66). Plastikler yapısal olarak polimerlerden oluşan malzemelerdir. Bu malzemeler istenilen şekle kolayca girebilmektedir. Isı ve ses yalıtımı sağlamaktadırlar. Uygulamasının kolay olması ve hafif olması taşıma ve depolamada kolaylık sağlar (Çorbacı, 2015). Bu özelliklerinde dolayı 1960’larda mimarlıkta sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Plastik günümüzde cephe panoları, kapı kasa kanatları ve aydınlatma elemanları gibi yapı ile ilgili birçok alanda kullanılmaktadır [URL-17].

Tarihsel süreç içerisinde, malzemelerin keşifleri ve önemli dönemleri hazırlanmış olan Çizelge 1’de gösterilmiştir. Çizelgeye göre insanoğlunun malzeme üzerindeki deneyimleri ve arayışları tarih boyunca devam etmiştir. Doğal malzemelerin kullanımı ile başlayan süreç teknolojik gelişmelerin de etkisi ile istenilen özelliklerde malzeme üretimine kadar devam etmektedir. Bu durum malzeme de bilinen sınırların kalkmasını sağlayarak malzemeye karşı algının değişmesini sağlamıştır. Teknolojinin gelişim ve değişimi ile yapı

kullanıldığı ve malzeme üzerine araştırmalar yapıldığı bilinmektedir.

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte bilinen birçok malzemenin değişime uğradığı ya da yeni malzemeler üretildiği bilinmektedir. Polikarbonat, poliüretan kaplamalar, efte kaplamalar, fotovoltaik paneller gibi çeşitli birçok malzemenin yapı sektöründe kullanıldığı bilinmektedir. Şu anda da sıklıkla kullanılan ve gelecekte daha çok kullanılacağı düşünülen son teknoloji ile üretilen nanoteknolojik malzemeler de yapı sektörüne hızlı bir şekilde girmektedir. İstenilen özelliklerde malzemelerin üretimi sağlanmaya başlamıştır. Çevreci malzemeler üretilerek hava kirliliğini azaltabilen dış cephe kaplama malzemeleri gibi çeşitli birçok malzemelerin üretimi gerçekleştirilmektedir.

Endüstri Devrimine kadar malzemeler birbirlerinin tekrarı niteliğindeki 18. yüzyıl ve özellikle de 19. yüzyıl Endüstri Devriminden sonra malzeme ve mimari üslup anlamında büyük değişimler yaşanmıştır. Malzeme ile birlikte bilinen çoğu kavram ve çevreyi algılama şekli hızlı bir şekilde değişime uğramıştır. İnsanoğlunun var oluşundan bugüne kadar olan süreçte, sürekli yeniyi arayış arzusu hızlı bir şekilde malzeme çeşitlerini ve mimari anlayışları değişime uğratmıştır. Bu değişimde çok yönlü çözüm ve mekânsal algıda zenginliği beraberinde getirmiştir. Böylece mimari akım ve kavramların değişimini kaçınılmaz kılmıştır.

Yapılan araştırmalara göre malzeme insanoğlunun varoluşundan beri sürekli değişim ve gelişim göstermiştir. Var olduğumuz müddetçe de bu değişim devam edecektir. Her geçen gün teknolojinin artması ve gelişmesi ile birlikte yeni malzeme olanakları sunulmaktadır. Yeni malzemelerin üretimi ile birlikte geçmişte kullanılan malzemeler de ilgi çekmeye başlamıştır. Bazı toplumlarda eski malzemelere geri dönüşün bağlandığı ve onları geliştirmeye başlandığı gözlemlenmektedir. Eski malzemelerin birçok yararlı özelliklerinin de farkındalığı yeni malzemelerin kullanımı ile sağlanmıştır. Teknolojik gelişmeler insanların refah düzeyini artırırken doğal kaynakların da hızlı bir şekilde tüketimine neden olmaktadır.

Tasarımlarda ilk zamanlar yapı malzemesinin bilinen kapasitesi, tasarımlara yön verirken;

günümüzde ise gelişen teknoloji ile tasarımlara göre yapı malzemesi üretimi gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Yapı malzemeleri, tasarımlarda görünen ya da görünmeyen en önemli bir bileşen haline gelmiştir. Bir yapının kaliteli ve uzun ömürlü olması için projenin doğru yapılması, işçiliğinin düzgün yapılması ve en önemlisi de kullanılan yapı malzemenin doğru seçilmesi ve bunun içinde özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Kullanılacak yanlış yapı malzemesi seçimi büyük zararlar ile sonuçlanabilir.

Her malzemenin kullanımında önemli unsurlar vardır. Doğru yerde doğru malzemenin kullanımının sağlanması gereklidir. Ekonomik olması, kalitesi, doğaya ve insan sağlığına dost olması, esnek taşınabilir ve değişebilir olması gibi birçok ölçütün iyi bilinmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir. Bu anlamda bir malzemenin tarihsel gelişimi ve şimdiki hali iyi bilinmelidir. Gelişen teknoloji ile birlikte inovatif yapım teknikleri de malzeme alanında yeni ufuklar açmaya devam etmektedir. Geçmişte malzemeye göre tasarım yapılırken şimdi ve gelecekte tasarıma göre istenilen özellikte malzeme yapımı geliştirilmektedir. Tüm bu gelişmelerin oluşturduğu yeni yapım teknolojileri, malzemenin çeşitliliğinin artması, geleneksel bazı malzemelere ilginin artması bir bütün olarak değerlendirildiğinde yeni bir mimari akımın doğmasına neden olabileceği düşünülmektedir.

Yeni malzemelerin yaşam alanlarında faydalı birçok özelliğinin olmasının bilinmesine karşın geçmişte kullanılan birçok malzemenin üstün özelliğinin olduğu ve çevreci olduğu da bilinmektedir. Yeni malzeme üretiminin hızlı bir şekilde ilerlediği son zamanlarda, bugüne kadar kullanılan malzemelerin olumlu ve olumsuz özellikleri tespit edilerek ihtiyaca uygun daha çevreci ve insan sağlığına uygun malzemeler üretilmesi beklenmektedir. Bir başka çalışmada geçmişte kullanılan malzemelerin üstün özelliklerinin araştırılması ile gelecekte üretililecek malzemelere ışık tutması ve bunların mimaride oluşturabileceği durumlar incelenebilir.

KAYNAKLAR

- Akman, S. M. 2003. Yapı Malzemelerinin Tarihsel Gelişimi. Türkiye Mühendislik Haberleri, 426.
- Aran, A. 2007. Mal-201- Malzeme Bilgisi 2007-2008 Ders Notları. İTÜ Makina Fakültesi.
- Atabaş, A. 2000. Teknoloji(nin) / materyal(i) hegemonik öncü mü?. Domus Dergisi, 4:87
- Baktır, S. 2006. Yapı Malzemelerindeki Teknolojik Gelişmelerin Mimari Biçimlenmeye Etkileri. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Batur, A. 2004. Gelişmiş Ahşap Yapım Sistemleri ve Türkiye Koşulları Yönünden Değerlendirilmesi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Gebze.
- Çorbacı, F. 2015. Yapı Malzemelerinin Kullanımında Mimari Faktörler. Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çördük, A. 2006. Yunan ve Roma Mimarisindeki Yapı Teknikleri. Ege Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Efe, T. 2012. Küllüoba Kazıları ve Batı Anadolu Tunç Çağları Üzerine Yapılan Araştırmalar. Masrop E-Dergisi, 7: 28
- Engül, S. 2017. Panteon Tapınağı Tarihi, Mimarisi, Kubbesi, <https://serhatengul.com/roma-pantheon-tapinagi-tarihi-mimarisi/>
- Eriç, M. 1970. Yapı Malzemesinden Mimariye. Mimarlık Dergisi, 8(11): 31.
- Eskici, B. 2007. Mimari Onarımlarda Malzeme Kullanımı ve Yöntem Sorunları. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, 1: 279.
- Fiala J., Mikolas M. and Krejsova K. 2019. Full Brick, History and Future, IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 221, DOI: 10.1088/1755-1315/221/1/012139
- Hegger, M., Drexler, H. ve Zeumer M. 2007. Adım Adım Yapı Malzemeleri, Yem Yayın, İstanbul.
- Kalemtaş, A. 2010. MMM291 Malzeme Bilimi. Bursa Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri, Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, https://depo.btu.edu.tr/dosyalar/metalurji/Dosyalar/Ayse_Kalemtas_Malzeme_Bilimi_Malzemelerin_Tarihsel_Gelisimi.pdf
- Karagöz, S. 2008. Malzeme Bilgisi. Ders Notu. Adnan Menderes Üniversitesi Aydın Meslek Yüksekokulu.
- Kurugöl, S. ve Küçük, G. S. 2015. Tarihi Eserlerde Demir Malzeme Kullanım ve Uygulama Teknikleri. 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu.
- Lin, T.D. 1987. Concrete for Lunar Base Construction. ACI Concrete International. V.9, N.7, ss.48-53
- Morkoç, N. A. 2020. Arkeolojik Kaynaklar Işığında Urartu Devleti'nde Ahşap Malzeme Kullanımı. Bellek Uluslararası Tarih ve Kültür Araştırma Dergisi, 2:106-121
- Mozaikçi, B. 2010. Mimarlıkta Forma Dayalı Algı Kavramı, Metal Malzemeler Üzerine Bir İnceleme. İTÜY, Tasarımda Genç Bakışlar Ulusal Sempozyumu.
- Tekin, Ç. 2021. Değişim. Yapı dergisi, <https://yapidergisi.com/degisim/>, (Erişim Tarihi: 16/5/2020).
- Turhan, E. 2007. Mimari Tasarımda Cam Kullanımı ve Alışveriş Merkezlerinde Değerlendirilmesi. Yüksek lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Türkseven, İ. 1999. Camın Tarihsel Gelişim Serüveni, teknoloji/malzeme. <http://egemimarlik.org/29/7.pdf>, (Erişim Tarihi: 18/05/2020)
- Topçu, A. 2014. Betonarme. http://mmf2.ogu.edu.tr/atopcu/index_dosyalar/Tarih/BeTarihi.pdf, (Erişim Tarihi: 16/05/2020)
- Yıldız, B. ve Seçkin P. N. 2019. Mimaride Malzemelerin Algısal Farklılıklarının Değerlendirilmesi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt:1, Özel Sayı:1
- Yüksel, E. 2008. Ekolojik Kapsamda Malzeme ve Mobilya Kullanımına Etkileri. M.S.Ü. İç Mimarlık Sanatta Yeterlik Tezi, İstanbul.

- URL-1. Çağ, (2020). Wikipedi. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Çağ>, (erişim tarihi: 16 Mayıs 2020).
- URL-2. Ev. Wikipedia, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Ev> (Erişim Tarihi: 12/2/2021).
- URL-3. Kerpiç, Kurutulmuş Tuğla. <https://www.kimnezamanicatetti.com/kerpic-kuru-tugla/>, (Erişim Tarihi: 16/5/2020).
- URL-4. Kerpiç ve Tuğlanın (Adobe) Arkeolojisi. (2018) Arkeotekno. http://www.arkeotekno.com/pg_335_kerpic-ve-tuglanin-adobe-arkeolojisi, (Erişim Tarihi: 16/5/2020).
- URL-5. Neolitik Çağ'da Anadolu (2015). Tarih Bilimi, <https://www.tarhibilimi.gen.tr/neolitik-cagda-anadolu/> (Erişim Tarihi: 01/10/2020).
- URL-6. Kerpiç, (2020). Wikipedi, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Kerpiç>. (Erişim Tarihi: 14/5/2020).
- URL-7. Alternatif Yapı Malzemeleri. Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, https://kisi.deu.edu.tr/burak.felegoglu/02.Celik_Part1.pdf, (Erişim Tarihi: 01/5/2020).
- URL-8. Abraham Darby. Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Abraham_Darby_I (Erişim Tarihi: 09/2/2021).
- URL-9. Coalbrookdale Köprüsü. Bir Mühendisin Günlüğü, <https://muhendisbey.wordpress.com/tag/coalbrookdale-koprusu-hakkinda-bilgi/> (Erişim Tarihi: 09/2/2021).
- URL-10. Henry Cort. Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Henry_Cort. (Erişim Tarihi: 09/2/2021).
- URL-11. İnsan yapımı ilk Yapı Malzemesi: Tuğla. Doğuş Blok, <https://www.dogusblok.com.tr/tugla-hakkinda/tuglanin-tarihi/> (Erişim Tarihi: 20/05/2020).
- URL-12. Roma Betonu,. (2020). Wikipedi, https://tr.wikipedia.org/wiki/Roma_betonu, (Erişim Tarihi: 2/5/2020).
- URL-13. Horosan Harcı, (2020) Wikipedi, https://tr.wikipedia.org/wiki/Horosan_harcı, (Erişim Tarihi: 18/5/2020)
- URL-14. Erdoğan, T. S. ve Erdoğan, Y. T. Portland Çimentosunun Joseph Aspdin Tarafından İcadı Çimento Üretiminde Aspdin Ailesinin Rolü. http://www.asbeton.com/pdf/portland_cimentosunun_icadi.pdf, (Erişim Tarihi: 10/2/2021).
- URL-15. Portland Çimento Nedir? İnşaat Hesabı, <https://insaathesabi.com/blog/portland-cimento-nedir/> (Erişim Tarihi: 10/2/2021).
- URL-16. Ionel Schein. Frac Centre-Val de Loire, <https://www.polinyapi.com.tr/bizden-haberler/plastik-malzemeler-hakkinda-bilgi.html>, (Erişim Tarihi: 12/02/2021).
- URL-17. Plastik Malzemeler Hakkında Bilgi, Polin. <https://www.polinyapi.com.tr/bizden-haberler/plastik-malzemeler-hakkinda-bilgi.html>, (Erişim Tarihi: 05/05/2020).