

## Sürdürülebilir Bir Materyal Olarak Tuğla Tozunun Potansiyel Kullanımı

Oğuzhan Yavuz BAYRAKTAR<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi/İnşaat Mühendisliği, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye

\*Corresponding author: [obayraktar@kastamonu.edu.tr](mailto:obayraktar@kastamonu.edu.tr)

+Speaker: [obayraktar@kastamonu.edu.tr](mailto:obayraktar@kastamonu.edu.tr)

Presentation/Paper Type: Oral/Full Paper

**Özet** – Sürdürülebilirlik; Birleşmiş Milletlerin 1989’da yayınladığı bir rapor tarafından ilk defa açıklanmış ve günümüzde pek çok araştırma konusunun merkezi olmuştur. Çevre (yeşil) dostu ve akıllı binalar; mevcut kirlilikten büyük ölçüde sorumlu olan yapı sektörünün sürdürülebilirlik hareketlerinin bir sonucudur. Her geçen gün biraz daha artan endüstriyel üretim; mevcut kirlilik çeşidi zincirine bir halka daha eklemekte ve oluşan bu kirlilik dünyayı ciddi anlamda tehdit etmektedir. Kirliliğin yaşadığımız çevreye oluşturacağı tehlikeye önlem almak için yakın tarihte yapılan Kyoto Sözleşmesi kapsamında dünyadaki CO<sub>2</sub> salınım oranlarını büyük ölçüde azaltma zorunluluğu üzerinde durulmuştur. Bunu dikkate alarak; yapı sektöründe mühim ölçüde hem verimlilik hem de tasarruf sağlamak için üretim sonucu meydana gelen endüstriyel atıklar, çimento ve betonda kullanılmaktadır. Bu stratejiyle bir yandan sektörde verimlilik ve tasarruf sağlanırken öbür yandan hem bu endüstriyel atıkları depolama sorunu hem de bu atıkların çevreye vereceği zararın önüne geçilmesi hedeflenmektedir.

Yukarıda bahsi geçen endüstriyel atıklardan biri de tuğla tozudur. Tuğla tozu; çeşitli sebeplerle kullanılamaz hale gelen atık tuğlaların öğütülmesiyle elde edilen bir materyaldir. Kısaca tuğla tozu; atık tuğlaların öğütülmesiyle oluşan bir katkı materyalidir. Şu sıralarda; tuğla tozunun tamamen yok edilmesi üretici firma için önemli bir sorundur ve bundan dolayı da kirlilik için endişedir. Bunun önüne geçmek için hammaddesi kil olan tuğla tozu; silis esaslı olduğundan beton ve çimento üretiminde kullanılmalıdır. Bu çalışmada; inşaat sektöründe sürdürülebilirlik adına endüstriyel bir atık materyal olan tuğla tozunun potansiyel kullanımı araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler** –Tuğla tozu, Endüstriyel Atık, Yapı sektörü, Sürdürülebilirlik, Kyoto Sözleşmesi

### 1.GİRİŞ

Pek çok bilim ve uğraş alanında karşımıza çıkan Sürdürülebilirlik kavramı; ilk defa Birleşmiş Milletlerin Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından 1989’da yayınladığı bir raporla tanımlanarak hayatımıza girmiş ve günümüzde de pek çok araştırma konusunun merkezi olmuştur. Raporla sürdürülebilirlik "İnsanlık, gelecek kuşakların gereksinimlerine cevap verme yeteneğini tehlikeye atmadan, günlük ihtiyaçlarını temin ederek, kalkınmayı sürdürülebilir kılma yeteneğine sahiptir." olarak tanımlamıştır. Çevre(yeşil) dostu ve akıllı binalar; mevcut kirlilikten büyük ölçüde sorumlu olan yapı sektörünün sürdürülebilirlik hareketlerinin bir sonucudur. Daimi olma yeteneği anlamına da gelen Sürdürülebilirlik; kirliliğin en büyük sorumlularından olan yapı sektöründe yavaş yavaş adından söz ettirmeye başlamış ve bu konu üzerine araştırmalar yapılmaya başlamıştır. Hem çevre ve hem de inşaat mühendisliğinin önemli ilgi alanlarından biri olan Sürdürülebilirlik kavramı; bu kavramlar ile beraber kullanıldığında yenilenebilir enerji ve malzeme kullanarak çevreyi korumak, tasarruf etmek gibi anlamlara gelmektedir. Geçmişte olduğu gibi; günümüzün ve geleceğinde en ciddi problemlerinden biri olarak görülen çevre kirliliği; sürdürülebilirlik ile ilgili oldukça çok çalışma yapılmaktadır [1,2].

Günümüzde insanoğlunun barınma ihtiyacını karşılama isteğinin konut talebini artırmasıyla inşaat sektörünün hızlı ve sürekli bir şekilde gelişmesine neden olmuştur. Bunun sonucunda da her geçen gün hem bu sektördeki hammaddeye olan ihtiyacı artırmış hem de endüstrinin kontrolsüz olarak gelişmesine bağlı olarak hâlihazırda mevcut olan çevre kirliliği problemlerine bir yenisini daha eklemiştir. Ortaya çıkan bu kirlilik sorunları da dünyamız üzerinde sahip olduğu ciddi tesirlerini günden güne daha belirgin olarak hissettirmeye başlamıştır. 1992 yılında yapılan Kyoto Sözleşmesi kapsamında dünyadaki CO<sub>2</sub> salınım oranlarının önemli ölçüde düşürme zorunluluğu vurgulanmıştır. Bahsedilen sözleşme kapsamını göz önünde bulundurarak; inşaat sektöründe önemli ölçüde hem verimlilik ve hem de tasarruf sağlamak için çeşitli alanlarda üretim sonucu açığa çıkan endüstriyel atıkları çimento ve betonda belirli miktarda kullanılmaktadır. Bu planla yola çıkarak bir yandan sektörde verimlilik ve tasarruf sağlanırken öbür yandan hem bu endüstriyel atıkları depolama sorunu hem de bu atıkların çevreye vereceği zararın önüne geçilmesi hedeflenmektedir.

Her gün biraz daha büyüyen sanayi faaliyetlerinden dolayı pek çok atık materyal açığa çıkmaktadır. Bu açığa çıkan materyallerin önemli bir kısmı depolarda ya da fabrikaların dışında stoklanarak muhafaza edilmekte olup bunun bir sonucu olarak da çevre kirliliği biraz daha büyümektedir. Muhafaza edilen atık materyallerin pek çok alanda

değerlendirilmesiyle; bundan dolayı oluşan çevre kirliliğinin önüne geçmek hedeflenir. Belirtilen bu atık materyal ve yan ürünlerinin kullanılması, bir yandan mevcut sınırlı doğal kaynakların tüketimini azaltarak doğanın zarar görmesini engelleyip diğer yandan bu materyallerin bir yerde toplanması durumunda, öngörülen ihtimal olasılığı yüksek çevre sorunlarını da en aza indirmektedir.

Yukarıda bahsedilen katı endüstriyel atıklardan biri de çeşitli sebeplerle kullanılamaz hale gelen tuğla atıklarının bir yere toplanıp öğütülmesiyle elde edilen tuğla tozudur. Şu sıralarda; tuğla atığının tamamen yok edilmesi üretici firma için önemli bir sorundur ve bundan dolayı da çevre kirliliği için endişedir. Bu sorunun üstesinden gelmek için; Tuğla tozu kil esaslı bir materyal olduğundan hem beton ve hem çimento üretiminde kullanılabilir. Böylece hem bu sorunu çözüme kavuştururken hem de beton ve çimentonun hammadde maliyetini azaltabiliriz. Bu çalışmada Sürdürülebilirlik kavramı kapsamında; tuğla tozunun çevre (yeşil) dostu ve akıllı binalarda sürdürülebilir bir materyal olarak potansiyel kullanımı incelemiştir.

## 2.TUĞLA VE KİREMİT MALZEMELERİNİN TARİHÇESİ

Tarihte üretilen ilk yapı malzemesi olan tuğla; Kil ve suyun karışıp ateşle pişirilmesiyle doğmuştur. Önceki çağlarda barınma ihtiyacını karşılamak için yapılmış olan her yapı, önce bir Tuğla imalat yeri olmuş ve sonrasında da bu yapının inşa edilmesinde kullanılmıştır. Buna göre tuğladan yapılan ilk evin; ilk tuğla imalat yeri olduğunu söylemek pek de yanlış olmaz. Eski çağlarda insanlar yerleşim yerlerini ve kültürlerini kuracakları bölgeyi seçerken tuğla yapımında kullanılan Alüvyonlu toprağın bol olduğu yerleri seçmeye özen gösterdiği bilinmektedir. Bu dönemler; tuğla sanatının başlangıcı olarak da kabul edilmektedir. Bu bölgelerin Mezopotamya topraklarında yer alan Nil ve Tigris nehirlerinin aşağı kısmının olduğu bölgelerdir. Tuğla üretiminin daha bu tarihlerde başlanmış olduğunu ve o zamanın en gösterişli yapılarının bile tuğla ile inşa edildiği kanısına bölgede yapılan kazılarda bulunan kalıntılardan elde edilen bulgulardan ulaşılmıştır [3].

Bölgede inşa edilen yapılarda kullanılan bu pişmemiş kil bloklar günümüzde üretilen tuğlalara benzer bir şekilde düzeltilmiştir. Bölgede yapılan arkeolojik kazı çalışmalarında; takriben milattan önce 14000’li yıllardan kalan; dünyanın tarihinin ilk tuğlası bulunmuştur. İnsanoğlu ateşi bulmasıyla beraber pek çok işi kısa sürede yapma başarısı gösterdi. İnsanlar; yaklaşık milattan önce 3000’li yıllarda kil ve suyu birlikte karıştırıp kalıplara dökmüş ve bunları da kurutup pişirerek ilk kez harman tuğlası üretimi gerçekleştirmiştir. Bölgede ilk defa harman tuğlası üretimi gerçekleştiği bu dönemde; Çin’de de pişmiş topraktan kiremit üretilmiştir. Dünyanın çeşitli yerlerinde bulunan müzelerde; tuğla ve kiremit tarihçesi hakkında bize bilgi veren ve tarihsel olarak büyük öneme sahip olan kil tabletler sergilenmektedir. Bunlardan biri Kahire Müzesi’nde sergilenen M.Ö 1300’lü yıllarda Nil Nehri’nin balçığından yapılmış ve II. Ramses mühürlü tuğladır. Bir diğer örnek olarak; Berlin Müzesi’nde

sergilenen II. Nebukadnezar tarafından yaptırılan üzeri renkli sırlarla çevrili tuğla kapı Babilce verilebilir. Paris Louvre Müzesi’nde ziyaretçinin beğenisine sunulan Kral Arta Xerses-Memnonun palastının kabartma işlemeli ve renkli sırlanmış tuğla mimarisi de bunlara bir örnektir [5]. Yunanlı yazarlardan Pindar’a göre; Yunanlılar mermeri bularak onu hem heykel hem de binalarda kullanmıştır. Yunanlılar mermeri yapılarında duvar malzemesi olarak kullanmış fakat mermerin olumsuz özelliklerinden dolayı; önceden kullandıkları tuğlaya geri dönmüşlerdir. Tuğlanın kullanılmaya başlanmasıyla yaşanan çatı malzemesi boşluğunu da Korintlerin konkav kiremidi bulmasıyla kapanmıştır. Korintlerin bulunduğu konkav kiremitler; günümüzde çatılarda kullandığımız kiremitlere göre daha kalın ve boyutlarının daha büyük olmasına karşın büyük benzerlikler de göstermektedir. Konkav kiremitler üzerine yapılan araştırma; kiremidin kalınlığının 2-3 cm, eninin 50 cm ve boyunun 80-100 cm olduğunu göstermiştir. Korintlerin bulunduğu kiremidi geliştirme görevini ilk önce Yunanlılar üstlenmiş. Yunanlılardan görevi devralan Romalılar; Yunanlıların geliştirdiği kiremidi öylesine iyi geliştirdiler ki kiremidin neredeyse günümüz üretim kalitesine yaklaştığı söylenebilir [3].

Babil bölgesinde; Alman arkeologların üstlendiği 19. yüzyılın son çeyreği ile 20. yüzyılın ilk çeyreği arasında yapılan kazı ve araştırmalarda günümüzde kullanılan tuğlalarla büyük benzerlik gösteren tuğlalara rastlanılmıştır. Pişmiş kilden yapılan tuğlanın hem sistematik hem de düzenli olarak ilk kullanıldığı bina olarak kabul edilen bu tarihi yapı; aynı zamanda Dünya’nın yedi harikasından biridir. Bu yapı; yüksek kapasiteli ilk üretim yeri olduğu için pişmiş yapı malzemesi endüstrisi için bir simgedir. Bu dönemle başlayan süreçte tuğla üretiminin Anadolu ve Avrupa gibi çeşitli yerlere yayıldığı ve kullanımının günden güne artarak devam ettiği görülmektedir. Mezopotamya bölgesindeki tuğla ve tuğla üretimi; bu topraklar üzerinde yaşayan çeşitli kültürler ile gelişmiş ve farklı boyutlara taşmıştır. Tuğlanın; yerleşim bölgelerinin değişilmez ve vazgeçilmez malzemesi olmasında doğu ve batı kültürünün hemen hemen beraber ilerlemesi büyük rol oynamıştır. Romalılar; tuğla ve kiremit malzemelerine ilk standartları geliştirmiş ve uygulamıştır. Romalılar aynı zamanda; Tuğla ve kiremitte malzeme kalınlığının yol açtığı sorunları çözüme kavuşturmaya çalışmış ve böylece bu malzemeler üzerine araştırma çalışmaları onlar sayesinde başlamıştır. Bu çalışmalar sonucunda; malzemede kalınlığın neden olduğu kuruma ve pişme sorunlarının üstesinden gelmek için olabildiğince ince fakat eski malzemeye oranla daha sağlam malzemeler imal etmişlerdir. Bununla birlikte Romalılar; Avrupa’nın ileri gelen ülkelerine tanıtmış ve kullanımının artmasını sağlamıştır. Anadolu göz önüne alındığında; bölgedeki tuğla ve kiremit endüstrisindeki gelişmelerin yukarıdaki zaman zarflarına paralel olarak ilerlediği görülür. Anadolu bölgesinde endüstriyel olarak ilk tuğla üretim ve kullanımı; parayı bulan topluluk olan Lidyalılar tarafından başlatıldığı çeşitli tarih kaynaklarında yazmaktadır. Aynı dönem zarfı; Babil kulesinin yapım aşaması süreciyle yaklaşık olarak aynı zamana denk gelmektedir [3].

Anadolu bölgesinde tuğla ve kiremit; Yunanlılardan sonra Bizanslıların katkısıyla gelişmiştir. Gelişmeyi Bizanslılardan devralan Selçuklular; bu konu üzerinde bayağı gelişme kaydetti. Özellikle Selçuklu mimarisinde tuğla; taş ile birlikte kullanılıp önemli bir mimari ilişki yaşamıştır. Anadolu bölgesinde Selçuklu devrinin bitmesiyle Osmanlı dönemine geçiş yaşanmış ve bu dönemde tuğla ve kiremit üretiminde önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Yine aynı dönemde Osmanlı kiremitlerinin yapımı da gerçekleştirilmiştir [3].

Osmanlılar döneminde; Anadolu'daki tuğla ve kiremit ilk standartlar getirilmiştir. Osmanlı'da padişah Fatih Sultan Mehmet döneminde tuğlalar 4.5x28x28 cm ebatlarında, taban tuğlaları ise 25x25 cm boyutlarında ve kare şekilli ya da çapları 30-60 cm arasında değişen altıgen biçiminde imal edilmiştir. Anadolu'da Osmanlıların belirlediği standartlar dışında üretilen tuğlalar; inşa edilen yapılarda kullanılmasına izin vermemekle birlikte üretilen bu tuğlanın satışına bile izin vermemiştir. Tuğla endüstrisinde 18. asıra kadar önemli gelişmeler yaşanmamıştır. Sanayi devrimi ile birlikte tuğla endüstrisindeki bu gelişim durgunluğu da sona ermiştir. Her şeyden öte standardize etme çabaları ve iş gücünün azaltılmasına yönelik çalışmalar bu endüstride de göz önünde tutulmuştur. Tuğla ve kiremit endüstrisinde teknolojinin en son gelişmeleri de yoğun olarak kullanılmaktadır. Her iki malzemede 21. asrın vazgeçilmez iki malzemesi olarak kabul edilir [3,4].

### 3.TUĞLA VE KİREMİT HAMMADDELERİ VE HAMMADDELERİN BİLEŞİMİ

Ülkemizde üretimden dolayı çeşitli yerlere dağılmış ve çok sayıda alt birimi olan tuğla sanayisinde; hammaddesinin kolay elde edildiği yerlerde küçük yoğunlaşmalar halinde sektöre hizmet eden yaklaşık 520 tuğla fabrikası vardır. Sektöre hizmet eden tuğla fabrikası sayısından yola çıkılarak yıllık tuğla ve kiremit hammadde kullanımının yaklaşık 30 milyon ton olduğu bulunabilir. Türkiye'de tuğla; basit olarak üretilen, maliyeti düşük ve tüketimi yaygın olan bir malzemedir [6].

Tuğla bünyesel olarak kil esaslı bir malzemedir. Killer; içerik olarak birbirlerinden farklı olduğundan bu konuda belli bir sınıflandırma yapmak olanaksız olsa da tuğla yapımına en uygun kil grubu İllit killeridir. İllit dışındaki diğer kil grupları bünyelerine fazla su aldığından ötürü fazla şişme gösterirler ve bunun sonucunda yüksek hacim kaybına uğrayacağından tuğla için kullanılması uygun olamaz. Genelde saf olarak bulunmayan killerin tuğla yapımına uygunluğu; büyük oranda safsızlıklarının cinsine ve ölçüsüne bağlı olarak değişir [7,8].

Kumlu kil olarak isimlendirilen toprak cinsi tuğla ve kiremit üretimine uygun olan topraklardır. Bu tip killerin demir, silis ve karbonat bakımından daha zengin olmasından dolayı seramik killerinden farklılık gösterirler. Bu toprakların bünyesinde kuvars, montmorillonit, serisit, kaolinit, limonit, hidromika, kalsit, illit ve klorit gibi mineraller bulunur. Toprakların diğer kısmı ise amorf killerden meydana gelir. Bu tip topraklarda kaliteyi bozan unsurlar; kireç taşı parçaları, organik maddeler, iri kaya artıkları ve jips sayılabilir. Tuğla;

eski çağlardan beri alüvyal ovalarda katkı malzemesi olarak büyük önem kazanmıştır [8,9].

Tuğla ve kiremit üretiminde genel olarak saf olmayan kil kullanılır. Bünyesel olarak tek tip mineral yaygın olabilir fakat safsızlığın cinsi ve ölçüsü özellikleri etkiler. Grimshaw; killerin genel olarak kil minerallerinden oluştuğunu söyler. Ancak bununla birlikte yine Grimshaw'a göre killer; saf olmayan malzemeler de içerebilir ve bu safsızlıklar malzeme özelliklerine de tesir eder. Tuğla ve kiremit üretiminde kullanılan hammaddelerin bünyesinde bulunan safsızlıklar etkilerini; kullanılan kilin kökenine, kil mineralleri ve kil dışı minerallerin oranına, tane boyutuna ve morfolojisine, üretilen malzemenin üretim şartlarına (ısıtma ve soğutma hızı, maksimum sıcaklık, mevcut olan diğer maddelerin etkileri) bağlı olarak belirtiler gösterebilir. Killerin bünyesinde kimyasal bileşimler, silis, alümina, alkali ve toprak alkali içerikli mineraller, demir bileşikler, kalsiyum bileşikler, magnezyum bileşikler, titanyum bileşikler ve tuz kompleksleridir [3,33].

### 4.TUĞLA VE KİREMİT ENDÜSTRİSİ VE ÜRETİMİ

#### 4.1.Tuğla ve Kiremit Endüstrisi

Dünyanın en eski yapı malzemelerinden olan tuğla ve kiremit; bulunduğu çağlardan itibaren sahip olduğu ana özelliklerden hiçbirini kaybetmeden günümüze kadar ulaşmıştır. Tuğla ve kiremit; dünyada yer ve zaman fark etmeksizin üretilmesine karşın sanayileşmenin ürünü olarak ortaya çıkan diğer yapı malzemeleriyle rekabet gücünü her zaman bünyesinde bulundurur. Tuğla ve kiremit ayrıca mineralojik yapısındaki zenginlik ve içeriğinin bileşimi açısından incelendiğinde dünyamızın oluşumuna benzerlik göstermektedir. Muhtemelen yukarıda bahsedilen rekabet gücünün kaynağı; tuğla ve kiremidin bünyesini oluşturan yapı taşlarının geçirdiği aşamalarla yeryüzünün jeolojik gelişimi arasındaki ilişki olabilir. Tuğla ve kiremit malzemelerinin sahip olduğu mineral zenginliğinin sağladığı esneklikten dolayı; bu malzemeler çağın modernliğine göre uyum sağlayabilir [3].

#### 4.2.Tuğla ve Kiremit Üretimi

Tuğla ve kiremit üretim aşamaları 6 farklı adımda incelenebilir [3].

##### 4.2.1. Kil Ocağından Kilin Getirilmesi

Tuğla ve kiremidin üretilmesinde kullanılan killer; doğada genel olarak sıkışmış olarak rutubetli ve plastik kıvamda bulunur ve kil ocaklarından toplanılarak araçlara doldurularak fabrikaya hammadde depolarına götürülür. Üretimde kullanılacak killer; ayrıca bazen kuru ve toz haline dönüştürülebilir biçimde, bazen de kaya kaynaklı olarak bulunur ve çıkarılır. Bundan dolayı ocaktan çıkarılan ve üretim depolarına getirilen kil; hem boyutsal olarak hem de bileşim olarak istenilen özellikleri taşıması için birtakım ön hazırlıktan geçmesi gerekir [3].

Üretim tesislerine getirilen kil; ilk önce öğütme işlemine tabii tutulur. Bunun nedeni hammaddenin işlenebilirlik özelliği

kazanabilmesini sağlamaktır. Üretimde kullanılacak hammaddenin hem homojen bir materyal olması hem de malzemenin plastiklik ve kohezyon özelliklerinin gerçekleşebilmesi istenildiği için kilin iyice ufalanıp ince partiküller haline alması sağlanır. Bu amaçla yola çıkarak çeşitli makineler kullanılarak hammaddenin içerisindeki taşlar ayıklanıp istenilen dane çapına kadar öğütülür [3].

#### 4.2.2. Hammadde hazırlama

Kil ocaklarından üretim tesislerine getirilen hammaddeye; toprak besleyiciler yardımıyla ezme ve su verme işlemine tabii tutulur. Kilin yeterli oranda su ile birlikte ezilip karıştırılmasıyla homojen bir kil hamuru elde edilir. Kile az miktarlarda su katılarak plastiklik özelliğinin artırılması hedeflenir. Bu hammaddeye su katma işlemi öğütme öncesi ya da öğütme işleminden sonra da yapılabilir. Hammadde hazırlama evrelerinde en mühimi dinlendirme işlemidir. Dinlendirme işlemi üretilen hammaddenin kalitesine tesir eden bir faktördür. Yoğrulmuş kil çamurunun dinlendirme işlemi sırasında direnç kazanması; killerin tiksotropik özelliğinden kaynaklanmaktadır. Dinlendirme işlemi öğütme öncesinde yapılabildiği gibi; öğütme sonrasında da yapılabilir [3].

#### 4.2.3. Şekillendirme

Hammadde hazırlama işlemi sona erdikten sonra şekillendirme işlemi için uygun hale gelen kil hamuru; farklı yöntemlerle şekillendirilip farklı biçim ve boyutlarda yarı ürün tuğla ve kiremit elde edilir. Hammaddeyi şekillendirme evresinde genel olarak kalıplama, presleme ve extrude (vakumlama) yöntemleri kullanılır. Kalıplama yöntemi genel olarak harman tuğla üretiminde kullanılırken; presleme yöntemi kiremit üretiminde kullanılır. Bir diğer şekillendirme yöntemi olan extrude; hazırlanan kil hamuru sonsuz vida yardımı ve basınçla bulunduğu kalıptan çıkartılır. Bu yöntemde vakum pres makinasına gönderilen hammaddenin vakum yöntemi ile havası alınıp plastik hale gelmesi sağlanmaktadır. Helezonlar vasıtası ile itilen hammadde vakum pres makinasının ağız kısmındaki yardımıyla iki boyutlu bir şekil alarak sonsuz bant olarak vakum pres makinesinden çıkarılmaktadır. Çıkarıldıktan sonra ince tellerle kesilen malzeme üçüncü boyutlu şeklini de alarak kurumaya bırakılmaktadır [3].

#### 4.2.4. Kurutma

Şekillendirme işleminden çıkan hammadde; bir sonraki adım olan kurutma işlemine tabii tutulur. Kurutma işleminde; kil bünyesinde bulunan ve şekillendirmeye elverişli olsun diye katılan suyun farklı yöntemlerle hammaddeden uzaklaştırılması hedeflenir. Bu aşamada; doğal kurutma ve suni kurutma olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmaktadır [3].

Ülkemizde daha çok tercih edilen ve kullanılan ve havadaki ısıdan yararlanma prensibine dayanan bir kurutma sistemi olan doğal kurutma işleminde; Extruder' den yaş olarak çıkan ürünlerin sehpaye dizilip geniş kapalı yerlere veya açık alanlara bırakılarak kurumanın gerçekleşmesi

beklenilmektedir. Doğal kurutmada ek bir enerji gerektirmediği için maliyeti düşüktür. Bu doğal kurutma yönteminin dezavantajları ise; kurutma için geniş alanlara ihtiyaç duyulması, kurutmanın çok ağır ve uzun sürede yapılabilmesi, kontrolün yeterli olmaması, kurutmanın hava koşullarına bağlı olması, işçiliğinin fazla olmasıdır. Bir diğer kurutma yöntemi olan suni kurutma; kurutmayı doğal koşullara bırakmadan ek bir enerjiyle ısının ve hava hareketini fazlalaştırarak yapmaktır. Killi hammaddenin bünyesinde bulunan serbest suyun, önce yüksek buhar basıncı ve az sıcaklık, kurutmanın sonuna doğru alçak buhar basıncı ve yüksek sıcaklık sağlayarak hammaddeden uzaklaştırılması prensibine dayanır. Bu suni kurutma için; ek olarak kurutma odaları veya tünel kurutma fırınları gerekmektedir ve kurutma bu fırınlarda yapılır [3].

#### 4.2.5. Pişirme

Kuruyan ürünler; tuğla ve kiremit üretiminde en son evre olan pişirme işlemine tabii tutulur. Kil kurutma işleminde bünyesindeki suyu kaybetmesinden ötürü boyutsal olarak küçülür. Pişirme aşaması sırasında kimyasal tepkimelere maruz kalan kil; yaklaşık 300°C sıcaklıkta içeriğindeki organik maddeler tamamen yanar, 450-650°C arasındaki sıcaklıklarda molekül suyunu kaybeder ve son olarak 850-950°C arasındaki sıcaklıklarda hamurun pişmesiyle oluşan bu yeni malzeme artık sert, şeklini değiştirmeyen, belirli mukavemet ve renge sahip bir ürün haline almıştır [3].

Pişirme aşaması aşağıdaki 5 aşamadan oluşur;

1. Doldurma
2. Isıtma
3. Pişirme
4. Soğutma
5. Boşaltma

Pişirme işleminde kullanılan fırın tiplerine gelirsek; ülkemizde en çok tercih edilen ve kullanılan fırın tipi Hoffman fırınlarıdır. Hoffman fırınının, kesiti dairesel tonoz biçimindedir. Ateş hareketli olup, mamuller sabittir. Bu fırın; kendisine eklenen yakıttan elde edilen ısıyı çok yüksek verimle kullanan ve üretim kapasitesi ve hızı yüksek olan bir fırındır. Fırınlarda yakıt olarak genellikle kömür vb. katı yakıtlar, nadiren sıvı yakıtlar kullanılmaktadır. Hoffman fırınlardaki enerji tüketimi tünel fırınlara oranla daha fazla olup, iyi bir yapılanma gerektirdiği için maliyet yüksektir [3].

Bir diğer fırın tipi olan tünel fırında, ana prensip olarak ürünler hareketli iken ateş sabittir. Uzun bir tünel ve içinde hareketli fırın vagonları vardır. Yarı mamul ürünler fırın vagonlarına fırının dışında biriktirilirken ve fırının içinde vagonlar belli bir hızda hareket etmektedir. Fırın içinde hareket eden ürünler ısıyı gittikçe artan, rutubeti azalan bir hava ortamı ile karşılaşmaktadır. Bu bölge ısınma bölgesidir. Orta bölümde pişme bölgesi (cehennemlik) vardır. Burada pişen ürün ilerlemeye devam ederek daha önce pişmiş olan malzemenin üzerinden geçerek malzemeyi soğutmuş olan ve kendisi ısınan hava ile temas ettikçe giderek soğumaya başlamaktadır. Daha

sonra fırın dışına çıkan ürünler fırın vagonları üzerinden alınmaktadır [3].

Tünel fırında Hoffman fırınıyla kıyaslandığında pişirme bölgesinde genellikle sıvı yakıt kullanılmakta olup, bazen katı yakıtlı sistemlerde yapılabilmektedir. Tünel fırınlar, ürün kalitesi yüksek, yakıt ve emek tasarrufu sağlayan, fabrikasyon süresi kısa sistemlerdir. Tünel fırının dezavantajı; ilk yatırım ve bakım maliyetlerinin çok yüksek olmasıdır. Genellikle fırın debisinin çok sık değiştirilmemesi önerilir [3].

#### 4.2.6. Kalite Kontrol, Paketleme ve Depolama

Piştirilerek hazır hale getirilen ve fırınlardan çıkarılan ürünler soğuma sonrası istenilen yere götürülür. Nakliyat işleminde genel olarak kamyonlar kullanılmakta fırın veya fırın vagonu önüne yanaşan araca ürün yüklenmektedir [3].

### 5.SÜRDÜRÜLEBİLİR MATERYAL OLARAK TUĞLA TOZU VE ATIK TUĞLA TOZU

Hem çevre mühendisliği hem de inşaat mühendisliği alanlarının yeni bir araştırma gözdesi olan Sürdürülebilirlik; dünya genelinde insanlar tarafından her ne kadar sürdürülebilir yapılar maliyetinden dolayı pek fazla tercih edilip satın alınmasa da bu konu üzerine araştırmalar yapan uzmanlar tarafından gelecekte kentleşmenin kilit taşı olarak görülmektedir. Sürdürülebilir hareketin sonuçlarından çevre dostu (yeşil) ve akıllı binalara günümüzde inşaat sektörünün söz sahiplerinin gereksinim ve talep yoksunluğu; sürdürülebilir yapının adaptasyonu için ana engeller olarak görülsede, günümüzde inşa edilen yapılarda kullanılan malzemenin sınırlı hammadde kaynağından dolayı bu binalar geleceğimiz için vazgeçilmezlerimizden birisi olacak gibi görünüyor. Bu adaptasyonu engelleyen gereksinim ve talep eksikliği; bireylerin bilgi eksikliğinden ve ekonomik imkânsızlıklardan kaynaklanmaktadır. Dünya genelinde az olan çevre dostu(yeşil) ve akıllı binaya yatırım yapan müteahhit ve yapı firmaları; bu binaları inşa ederken günümüzde inşa ettiğimiz normal betonarme yapılara göre daha maliyetli olması sebebiyle yatırımdan hedeflediği karı yapmak için konut müşterilerinden daha fazla para talep etmektedir. Bundan dolayı da konut müşterileri ve yatırımcılar tarafından ekonomik olarak desteklenmemektedir. Günümüz yapılarıyla mukayese edildiğinde yapımında kullanılan malzemelerin daha maliyetli olması bu sürdürülebilir yapının maliyetini ve fiyatını artırmaktadır. Sürdürülebilir binaların yapımında kullanılan malzemelerin maliyetinin azaltmak için bu konu araştırmalar yoğun olarak yapılmaktadır. Şu sıralarda; bu malzemelerin yerine oransal olarak maliyeti düşük malzemeler ikame etmek koşuluyla yapılan deneyler ve çalışmalar yoğun bir şekilde ilerlemektedir.

Kinuthia ve Nidzam birlikte yaptığı araştırmada; çeşitli nedenlerle kullanılamaz hale gelen tuğla atıklarının öğütülmesiyle elde edilen atık tuğla tozunun sürdürülebilir yapıda kullanımını araştırmıştır. Yaptıkları çalışmada; yapıda tuğla tozunun (BD) potansiyel kullanımını belirlemek için laboratuvar incelemeleri gerçekleştirmiştir. Çalışmada; Portland çimentosunun yerine belli oranlarda tuğla tozunu ya

tek başına ya da hammaddesi kömür kaynaklı bir yan ürün olan Tozlaştırılmış Yakıt Kül (PFA) ile birlikte ikame ederek çimentolar ürettiler. Ürettikleri çimentolardan elde ettikleri harcı çeşitli mekanik testlere tabii tuttular. Testlerden elde ettikleri sonuçlar, tuğla tozunun PFA ile kısmen ikame edilmesinin, kendi başına kullanılmasına oranla daha sağlam bir malzeme ile sonuçlandığını göstermiştir. Elde edilen bu sonuçlar, neredeyse sıfır endüstriyel atıklarla sürdürülebilir altyapı gelişimini sağlamak için tuğla tozu ve benzeri endüstriyel yan ürünlerin kullanılmasının teknolojik, ekonomik ve çevresel avantajlarını ortaya koymaktadır [10].

### 5.1. TUĞLA VE MİNERALOJİK OLARAK TUĞLA TOZLARI

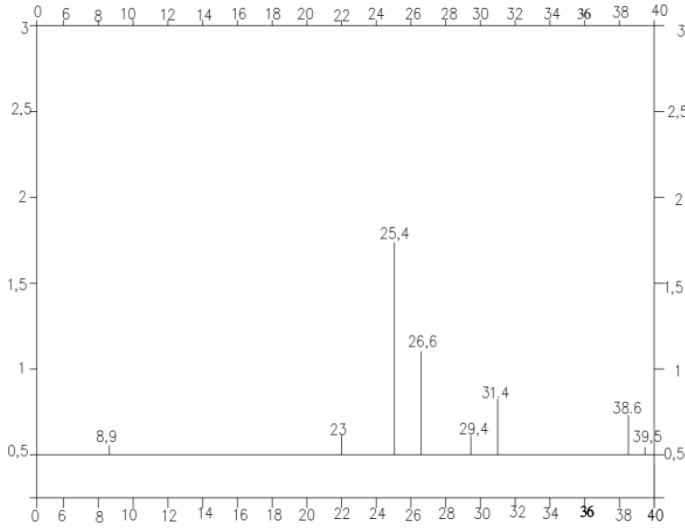
#### 5.1.1.Tuğla

Dünyada üretimi yapılan ilk yapım malzemesi olan Tuğla; en eski çağlardan beri önemli yapılarda yerini almıştır. Endüstriyel olarak tuğlanın ilk üretimi; MÖ. 4000 yılında Babil Kulesinin yapımına denk gelmektedir. Kil esaslı bir malzeme olan tuğla; dayanıklılık ve mukavemetlilikleri, düşük ses ve ısı geçirgenlikleri ve yanmaya karşı direnç gibi özellikleriyle günümüzde de en çok tercih edilen ve kullanılan yapı malzemelerinden biridir. Bu nedenle tuğla üretimi; endüstriyel olarak boyut kazanmıştır [11,12,13,14,15,16]

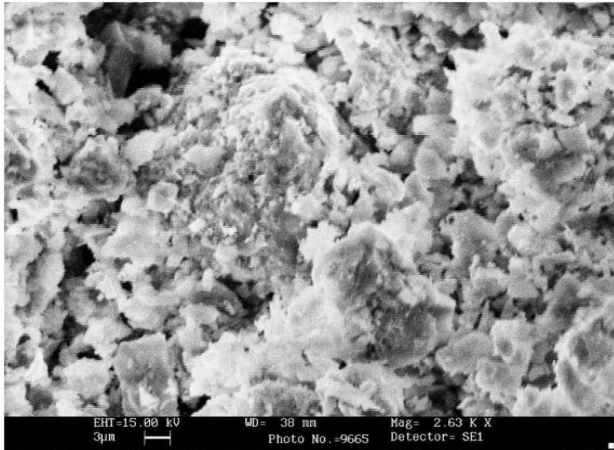
Tuğla; üretime elverişli toprakların bol olması, bu malzemenin maliyeti düşük ve basit olarak üretilmesine imkân vermesinden dolayı hem kentlerde hem de kırsal kesimlerdeki tarımsal yapılarda yoğun olarak tercih edilip kullanılmakta ve üretilmektedir. Türkiye’de hayvan barınakları, tarımsal ürün depoları gibi yapılar genellikle tek katlı ve prefabrik yapı malzemeleri ile inşa edilmektedir. Bu malzemeler arasında önemli yere sahip olan tuğlalar, yaygın olarak tercih edilen ve kullanılan yapı malzemeleridir [17,18,19,20].

#### 5.1.2.Mineralojik olarak tuğla tozları

Tuğlanın, 750 °C’de piştirilerek üretimi sırasında açığa çıkan ve özellikleri TS EN 197-1 standardında belirtilen esaslara uygun tuğla tozunun X-ışınları difraksiyonu aşağıdaki şekilde gösterilmektedir [16,21].

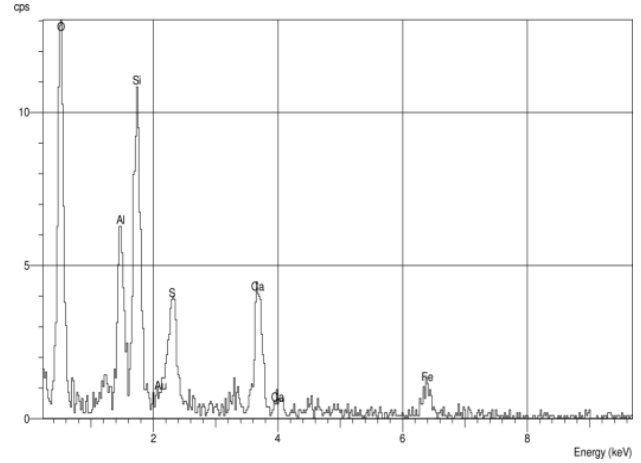


Tuğla tozu üzerinde yapılan X-ışınları difraksiyonuna göre, mineral yapısı, alüminyum oksit ( $Al_2O_3$ ), magnezyum silikat ( $Mg_2SiO_4$ ), magnezyum orto silikat ( $2[MgO, 96FeO, 04]O.SiO_2$ ), Silis oksit ( $SiO_2$ ) ve magnezyum orto silikat ( $Mg_2SiC_4$ )'tan oluştuğu görülmüştür [6,16,22].



Şekil 2. Tuğla tozunun mikro yapısı [6,22]

Tuğla tozunun enerji dağılım sisteminde incelenen element sayıları grafiği Şekil 3'de görülmektedir [16].



Şekil 3. Tuğla tozunun element sayıları [6,22]

## 5.2. TUĞLA ÜRETİMİNDE OLUŞAN ATIK MALZEME MİKTARI

Ülkemizin yıllık üretim kapasitesi adet baz alınarak bakıldığında 6 milyar adet ve ağırlık baz alınarak bakıldığında ise kapasite 19.000.000 tondur. Hammaddenin ocaktan toplanıp tuğla haline gelinceye kadar geçen zaman zarfında tuğla atığı olarak açığa çıkan kayıp %20–25 civarında olduğu varsayılmaktadır. Günümüz koşullarında üretim sırasında meydana gelebilecek %20–25 oranındaki kayıp tuğla üretim maliyetlerini daha da yükselmesine sebep olmaktadır. Ülkemizde 2005 senesi üretim kapasitesi %80 olduğundan hemen hemen 15.200.000 ton üretim yapılmıştır [6,16,23].

Tuğla üretiminde açığa çıkan toplam atık miktarı yaklaşık %20-25 arasında olduğundan; ülkemizdeki yaklaşık tuğla atık miktarı, 15.200.000 ton/yıl x 0,25=3.800.000 ton/yıl olarak hesaplanabilir [6,16,23].

Ülkemizde açığa çıkan tuğla ve mermer atıklarına üzerine yapılan hesaplama sonucu yıllık 3.800.000 ton tuğla ve 2.592.000 ton mermer atığı olduğu varsayılmaktadır [6,16,23].

## 5.3. ATIK TUĞLA TOZUNUN KULLANIM ALANLARI

Altyapı çalışmalarında kullanılan betonlarda tane çapı küçük agregalar tercih edilmekte olup tuğla veya kiremit kırıklarının kum yerine altyapı betonlarında kullanılabilmesi mümkündür. Betonda tuğla veya kiremit kırıkları yüksek sıcaklığa dayanıklı, hafif beton ve renkli harç üretiminde kullanılabilir. Tuğla kırıklarının betonda kullanılması üzerine yapılan çalışmalarda; tuğla kırığı kullanılarak üretilen betonun renginin kırmızı olduğu ve bu renk özelliğinden dolayı yapılarının dekoratif ve mimarisi için beton blok üretilmesinde de kullanılabilceği tavsiye edilir [8,24].

Çeşitli nedenlerden dolayı ortaya çıkan tuğla ve kiremit atıklarının öğütülerek elde edilen atık tozunun spor alanlarında zemin veya başka amaçlarla kullanılabilmek mümkündür. Bu atıklar üzerine yapılan araştırmalarda 1995'deki 7 milyar tuğla ve kiremitten, çeşitli sebeplerden dolayı yaklaşık %7 oranında atık madde çıktığını belirtir. Bu kadar büyüklükteki atık materyalin değerlendirilebilmesi çevre açısından büyük

öneme sahiptir. Bu maddelerin sıva veya betona katkı malzemesi olarak da kullanılabilmesi tavsiye edilir [16,25].

#### 5.4.TUĞLANIN ENDÜSTRİ ATIĞI OLARAK YERİ

Günümüz dünyasında endüstriyel faaliyetlerden dolayı atık malzemeler açığa çıkmaktadır. Atık malzemelerin artması çevreyi ciddi olarak tehdit ettiği bilindiği için bu atıkların kullanılabilirliği hakkında birçok ülkede araştırmalar yapılmaktadır. Atık malzemelerini, oluştukları ana malzemeleri azaltarak ana malzemelerin yerine değerlendirilmesiyle çevreye verilen zararın en aza indirilmesi hedeflenmiştir. Böylelikle hem doğal kaynaklar daha iyi kullanılmış olacak hem de atık malzemelerin değerlendirilmesiyle çevre kirliliği azalacaktır [16,34]. Dünyada inşaat sektörünün hızla gelişmesiyle, sektörün önemli girdilerinden olan tuğla talebini artırıp hammadde ihtiyacını da beraberinde ortaya çıkarmaktadır. Fabrikada oluşan tuğla atıklarının; fabrika dışına taşınması hem çevre hem de ekonomik anlamda endişe oluşturmaktadır. Bu konu üzerine yapılan inceleme ve araştırmalar atık miktarının toplam üretimin (hava şartları ve malzemeye bağlı) %10'u civarında olduğunu belirtmektedir [16,26].

Türkiye'de Turgutlu, Afyon, Çorum bölgelerinde sektöre hizmet eden çok sayıda tuğla fabrikası bulunmaktadır. Tuğla fabrikalarındaki üretim esnasında ortaya çıkan pişmemiş hatalı mamuller üretim safhasına gönderilirken pişme sonucu çıkan kırık tuğlalar fabrika çevresinde depolanmaktadır. Artan tuğla fabrikası atıklarının depolanması problem olmakta birlikte ayrıca bu atıklar çevre kirliliği bakımından da büyük önem arz etmektedir [16,27].

Dünyada; inşaat sektörünün alt dallarındaki üretim esnasında açığa çıkan toz haldeki bu atık materyaller ekonomik olarak diğer sektörleri olumsuz yönde etkilemekle kalmayıp ayrıca tarım topraklarını bozarak verimsiz hale getirmektedir. Katı atık arıtma sistemleri de, tuğla ve mermer üretiminde oluşan toz haldeki atıklar üzerinde etkili olmadığından bu sorunun üstesinden gelememektedir [6,16,23].

Endüstriyel faaliyetler sonucunda ortaya çıkan bu atıkların; ucuz hammadde kaynağı olarak değerlendirilmesi hem yukarıda açıklanan problemlere çözüm olması ve hem de ekonomiye kazandırılması büyük önem taşır [16].

Endüstriyel atık birikintisinin yok edilememesi koşulunda çevreye zararlı hale gelmektedir. Bu durum göz önünde bulunduran gelişmiş ülkeler, atıkların yeniden üretime kazandırılması çalışmalarına büyük önem vermiştir [16].

#### 6.TUĞLA TOZUYLA İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Wong ve diğerleri yaptığı çalışmada; atık materyal olan tuğla atığının potansiyel kullanımını üzerine inceleme yapmıştır. Ayrıca tuğla atığının çimento ve agrega yerine kullanımını ve bu kullanım sonucu oluşan beton harcının mekanik dayanımlar ve bazı dayanıklılık özelliklerine göre aktivitesini de ele alınmıştır. Sonuçta; tuğla atığının ikame malzemesi olarak en ideal kullanımının, bu atığın öğütülerek elde edilmesiyle elde edilen tuğla tozu halinde olduğu ve böylece betonun hem

mukavemet hem de bazı durabilite özelliklerini olumlu yönde etkilediği vurgulanmıştır [28].

Dalkılıç yaptığı çalışmada; çimento katkı malzemesi olarak çimento harcına tuğla tozu farklı oranlarda eklenmesinin harcın özellikleri üzerine etkileri ve donatı korozyonuna karşı koruma performansı incelemesi amaçlamıştır. Bu amaçla çimento harcına ağırlıkça %5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 ve 40 oranlarında tuğla tozu ekleyerek numuneler elde edilmiştir. Elde edilen numuneler üzerine farklı deneyler yapılmıştır. Tuğla tozunun çimento harcına etkisi; numunelerin eğilme ve basınç dayanımlarına ve fiziksel özelliklerindeki aktifliği göz önünde bulundurularak incelemiştir. Mekanik olarak en iyi sonucu %5 tuğla tozu katkılı çimentonun verdiği ve donatı korozyonuna karşı koruma performansı kapsamında en iyi sonucu %15 tuğla tozu katkılı numunenin verdiği gözlemlendiğini belirtmiştir [16].

Korkmaz yaptığı çalışmada; çimento harcında puzolanik katkı materyali olarak Kırşehir-Kaman yöresi tuğla tozu ve Muğla-Yatağan ilçesinde bulunan termik santral uçucu küllerinin değerlendirilebilirliğini araştırmayı hedeflemiştir. Bundan yola çıkarak atık tuğla tozu ve uçucu külünü hem ayrı olarak hem birlikte olarak çimento yerine ilave edip numuneler elde etmiştir. Numuneler üzerinde farklı deneysel çalışmalar yapmıştır. Bu deneysel çalışmalar sonucunda; hem atık tuğla tozu ve hem de uçucu külü içeren ikameli harçların priz başlama ve priz sona erme zamanlarında artma meydana geldiği ve uçucu külün basınç dayanımına etkisinin diğer karışımlara göre daha yüksek çıktığını gözlemlemiştir [8].

Özgan ve Yıldız yaptıkları çalışmada, portland çimentosunu ağırlıkça %0, %5, %10, %15, %20 ve %25'i yerine krom magnezit tuğla tozları ikame ederek altı farklı karışım elde etmiş ve çimentonun priz başlama ve bitiş sürelerine olan tesirini araştırmışlardır. Sonuç olarak, %5 katkılı krom magnezit tuğla tozunun çimentoda priz başlama ve bitiş sürelerini kontrol çimentosuyla kıyaslandığında kısmen azalttığı ancak tozun miktarı arttıkça priz başlama ve bitiş sürelerinin uzadığını analiz etmişlerdir [8,29].

Lavat ve diğerleri yaptığı çalışmada; seramik çatı kiremitlerinin, puzolanik katkı malzemesi olarak değerlendirilebilirliğini araştırarak, değişik bileşimlere sahip çimentolar oluşturarak, %30 atık katılacağını göstermişlerdir. Öncelik olarak, atık malzemelerin karakteristik özellikleri SEM, XRD ve FT-IR analizleri ile tespit etmişlerdir. Yaptıkları FT-IR analizine göre pişmiş kildeki puzolanik aktivitenin kristalitenin azalması ile açıklanabileceği kanısına varmışlardır. Bununla beraber, tuğla tozlarındaki felsfat ve kuvars varlığının puzolanik aktivitede herhangi bir etkisini olmadığını da ayrıca belirtmişlerdir [30].

Topçu ve Canbaz birlikte yaptığı çalışmada; kiremit üretimi sırasında betonda kullanılacak seviyede kiremit kırığı atığının açığa çıktığını analiz etmişlerdir. Kırmızı renkli görünümü sebebiyle bu atıklar kullanılarak mimari açıdan renkli beton ve harç üretiminde kullanılabilmesini belirtmişlerdir. Yaptıkları bu çalışmada 0-2 mm boyutlarına kadar inceltmiş kiremit kırıkları ile harç çubukları

üretmişlerdir. Bu çalışma sonucunda kiremit kırığı kullanımının eğilme dayanımı ve dona dayanıklılık yönünden pozitif sonuçlar almışlar. Bu yüzden %100 oranında kum yerine altyapılarda kullanılacak beton üretiminde kiremit kırığı kullanımını tavsiye etmişlerdir [8,31].

Demir, ve Orhan yaptıkları çalışmada; tuğla atıklarının tekrardan üretimde değerlendirilebilirliğini araştırmışlardır. Hazırladıkları karışımlardaki atık ilave miktarının artması durumunda kuru çekme değerlerinde azalma olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte, toplam küçülmeye atık miktarı ve pişme sıcaklığının tesiri olduğunu da ayrıca belirtmişlerdir. %30'luk atık içeriğinin tuğla reçetesine katılarak en ekonomik pişme sıcaklığının 900°C'de olduğunu belirlemişlerdir [32].

### 7.KAYNAKÇA

1. Karan, T.' Kentsel Sistemler Çerçevesinde Sürdürülebilirlik Kavramı : Bahçelievler İlçesinde Sürdürülebilir Konut Algısı, Yüksek Lisans Tezi; Bahçeşehir Üniversitesi;2013.
2. Yılmaz, M.; Bakış,A.; “Sustainability in Construction Sector” ; Procedia - Social and Behavioral Sciences 195 (2015) 2253 – 2262;2015.
3. Özçay, Ü. “Kiremit Sektöründeki Endüstriyel Atıkların Geri Kazanılması”; Yüksek Lisans Tezi; Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; İstanbul; 2010.
4. Yanık, G., (2005), “Turgutlu (Manisa) Neojen Oluşuklarının Tuğla Kiremit Hammaddesi Yönünden Mineralojik Petrografik ve Jeokimyasal incelenmesi”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
5. Baykara, M.A., (2000), “Seramik yapı malzemelerinde mikro yapının biyolojik boyutu”, Tuğla ve Kiremit Endüstrisi Dergisi, 9, 10-14.
6. Kırgız, M. S., “Mermer ve Tuğla Endüstrisi Atıklarının Çimento Üretiminde Mineralojik Katkı Olarak Kullanılması”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara, 1-228 (2007).
7. Çelik, A., “Kütahya Yöresi Tuğla Fabrikası Atıklarının Tuğla Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi,1-76 (2005).
8. Korkmaz,S.,” Bazı Yapay Puzolanların Harçların Basınç Dayanımlarına Ve Alkali Silika Reaksiyonu Üzerine Etkileri; Yüksek Lisans Tezi; Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; Ankara; 2010.
9. DPT (Devlet Planlama Teşkilatı)., “Madencilik Özel ihtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Çimento Hammaddeleri Ve Yapı Malzemeleri Çalışma Grubu Raporu: Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri”, DPT:234, ÖİK:491, VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ankara, Cilt 2, 1-183 (1996).
10. Kinuthia,J.M.; Nidzam,R.M.,” Towards zero industrial waste: Utilisation of brick dust waste in sustainable construction”; Waste Management;2018.
11. Görçiz , G., 2000.“Ülkemizde Tuğla ve Kiremit Endüstrisi”, 2000’li Yıllarda Sağlıklı ve Güvenli Konutlar için Tuğla-Kiremit Paneli, TUKDER, Ocak, Ankara.
12. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), 2001. Toprak Sanayi Hammaddeleri. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisasa Komisyonu Raporu, Ankara, 2615, 626, 85-90.
13. Aksin, E., 2007. Endüstriyel Atıklarının Tuğla ve Kiremit Üretiminde Değerlendirilmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 89s, İzmir.
14. Bıyık, M., 2007. BaCO3 ve SrCO3 Katkısıyla Tuğla Üretiminde Çiçeklenmenin Giderilmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü., Yüksek Lisans Tezi, 155s, Afyonkarahisar.
15. Şahin, Ş.E., 2008. Ham ve Kalsine Kolemanit Atıklarının Tuğla Yapımında Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 79s, Kütahya.
16. Dalkılıç, S.,” Tuğla Tozu Katkılı Harçlarda Donatı Korozyonunun Araştırılması, “Yüksek Lisans Tezi; Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü;Isparta;2014.
17. Akman, M.S., 1990. Yapı Malzemeleri. İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Matbaası, 1408, 162s, İstanbul.
18. Yüksel, A.N., Şişman, C.B., 2003. Tarımsal İnşaat. Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı, 278, 36, Tekirdağ.
19. Karaman, S., 2006. Yapı Tuğlalarında Renk Oluşumu. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Dergisi, 9(1), 125-129.
20. Ulusoy, A., 2008. Uçucu Kül-Tekstil Fabrikası Atık Külü ve Bazaltik Pomzanın Tuğla Üretiminde Katkı Olarak Kullanılması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 149s, Kahramanmaraş.
21. TS EN 197 – 1, 2005. “Çimento – Bölüm 1: Genel Çimentolar– Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1-7.
22. Arslan, M., Kırgız, M., S., 2004. “Mermer ve Tuğla Fabrikaları Atıklarının Mineralojik Katkı Olarak



Kullanımının Araştırılması, beton özelliklerine etkilerinin belirlenmesi”, TÜBİTAK, 1011042 -3027, 31, 32.

23. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), 1993. Sanayi ve Çevre. Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisasa Komisyonu Raporu. ISBN. 975-19-0713-6, Ankara, 24-29.

24. Anöz, Ö., Ay, N., “Utilization Of Waste Clay Bricks As Aggregate In Concrete Production”, III. International Terra Cotta Symposium, Eskişehir, Turkey, 374379, June (2003).

25. Baradan, B., 1996, Pişmiş Toprak Sanayi Atıklarının Değerlendirilmesi, Tuğla ve Kiremit Endüstrisi Dergisi, Temmuz-Ağustos 1996, 8-9, Manisa.

26. Yıldız, K., 2008. Farklı Tuğla Fabrikası Atıklarının Tuğla Üretiminde Kullanılabilirliği, Makale, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, (2) 31-41.

27. Emrulloğlu, C. B., Karademir, H., Emrulloğlu, Ö.F., 2004. Tuğla Kırıklarının Tuğla Üretiminde Kullanımı, 5 Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon 13-14 Mayıs 2004, İzmir, Türkiye.

28. Wong, C.L.;Mo,K.H.;Yap,S.P.; Alengaram,U.J.; Ling,T.; “Potential use of brick waste as alternate concrete-making materials: A review”;2018.

29. Özgan, E., Yıldız, K., “Krom Magnezit Tuğla Tozunun Portland Çimentosunun Priz Başlama ve Bitiş Sürelerine Etkisinin Bulanık Mantıkla Tahmini”, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 24(2): 257-264 (2009).

30. Lavat, A., Trezza, M., and Poggi M., “Characterization of ceramic roof tile wastes as pozzolanic admixture” Waste Management, 29 (2009) 1666-1674.

31. Topçu, İ.B., Canbaz, M., “Atık Kiremitlerin Altyapılarda Kullanımı”, 4. Kentsel Altyapı Ulusal Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 15-16 Aralık, Eskişehir, 353-364 (2005).

32. Demir, İ. ve Orhan, M., (2003), “Reuse of waste bricks in the production line” Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon.

33. Grimshaw, R. W., (1971), “The chemistry and physics of clays”, Tech boks, 4012 William Court, İndia, 1023.

34. Çakar, B., 2009. Esnek Üst Yapılarda Tuğla Kırığı Atıkları Kullanımının Deneysel Olarak İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir