

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KIRPILMIŞ CAM ELYAF VE POLİPROPİLEN KATKILI TUĞLA
ÜRETİMİ

Mehmet BERKGİL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

EKİM 2019

Tezin Başlığı: **Kırpılmış Cam Elyaf Ve Polipropilen Katkılı Tuğla Üretimi**

Tezi Hazırlayan: Mehmet BERKGİL

Sınav Tarihi: 16.10.2019

Yukarıda Adı Geçen Tez Jürimizce Değerlendirilerek İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi Olarak Kabul Edilmiştir.

Sınav Jüri Üyeleri

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Yaşar AYAZ

İnönü Üniversitesi

Prof. Dr. İbrahim TÜRKMEN

İnönü Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Emin ÖNCÜ

Dicle Üniversitesi

Prof. Dr. Kazım TÜRK

Enstitü Müdürü

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Kırpılmış Cam Elyaf Ve Polipropilen Katkılı Tuğla Üretimi” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların, hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Mehmet BERKGİL

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KIRPILMIŞ CAM ELYAF VE POLİPROPİLEN KATKILI TUĞLA ÜRETİMİ

Mehmet BERKGİL

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

72 + x sayfa

2019

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Yaşar AYZ

Bu çalışmada lif katkılu tuğla üretimi gerçekleştirmek için tuğla üretiminde kullanılan killi toprak ile boyları 6 mm ve 12 mm olan kırılmış cam elyaf ile 6 mm, 12 mm ve 19 mm olan polipropilen lif kullanılmıştır.

Killi toprağa ağırlıkça % 0 (katkısız), % 0,5 , % 1 ve % 1,5 oranlarında kırılmış cam elyaf ve polipropilen katılmıştır. Kırılmış cam elyaf bulunan karışımlardan pişirilmiş ve pişirilmemiş tuğla üretimi yapılmıştır. Polipropilen katkılu karışımlardan ise pişirilmemiş tuğla üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen bu örneklerin hacim kayıpları, birim hacim ağırlıkları, basınç dayanımları ve eğilme hasar yükleri belirlenmiştir. Çalışma sonucu pişirilmemiş polipropilen ve kırılmış cam elyaf katkılu numunelerde katkı oranı arttıkça, numunelerin basınç dayanımları ve eğilme hasar yüklerinin arttığı, pişirilmiş kırılmış cam elyaf katkılu numunelerde ise katkı oranı arttıkça, basınç dayanımları ve eğilme hasar yüklerinin azaldığı görülmüştür. Pişirilmemiş kırılmış cam elyaf ve polipropilen katkılu numunelerde, katkı oranının artması ile hacim kaybının ve birim hacim ağırlığın azaldığı görülmüş, pişirilmiş kırılmış cam elyaf katkılu numunelerde ise katkı oranının artması ile hacim kaybı artmış ancak birim hacim ağırlığında önemli bir değişiklik görülmemiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Lif, Tuğla, Polipropilen, Kırılmış Cam Elyaf

ABSTRACT

Msc Thesis

GLASS FIBER AND POLYPROPYLENE ADDED BRICK PRODUCTION

Mehmet BERKGİL

InonuUniversity
Graduate School of Natural andApplied Sciences
Department of Civil Engineering

72 + x page

2019

Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Yaşar AYAZ

In this study, fiber reinforced bricks were produced by using glass fiber with 6 mm and 12 mm length and polypropylene fiber with 6 mm, 12 mm and 19 mm length.

Glass fiber and polypropylene fiber were added to the clay soil in proportion of 0% (without additives), 0.5%, 1% and 1.5% by weight. oven-baked and unbaked bricks were produced from glass fiber mixtures. Polypropylene fibers were used to produce unbaked bricks. Volume reduction, density, compressive strengths and bending loads of these samples were determined. As a result of the study, it has been observed that as the rate of additive increases in the samples with polypropylene and glass fiber additives, the compressive strength and bending damage loads of the samples increased, but in baked samples the compressive strengths and flexural damage loads decreased as the additive ratio increased. It was seen that the volume reduction and density decreased with the increase of the additive ratio of glass fiber and polypropylene fiber in unbaked samples. In baked samples the volume reduction increased but a significant change was not observed in the density.

KEYWORDS: Fiber, Brick, Polypropylene, Glass Fiber

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimimin ve tez çalışmamın her aşamasında bana her türlü desteği veren, benden bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen değerli danışman hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Yaşar AYAZ' a, katkılarından dolayı Prof. Dr. Mehmet Burhan KARAKOÇ' a,

Yüksek lisans eğitimim boyunca yardımlarını esirgemeyen İnönü Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü hocalarına,

Tez çalışmam boyunca her türlü konuda desteğini esirgemeyen kadim dostlarım İnş. Müh. Sinan TURGUT ve İnş. Müh. Hüseyin YILMAZ' a,

Her zaman yanımda olan ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ.....	3
3. KURAMSAL TEMELLER.....	10
3.1. Killi Toprak.....	10
3.1.1. Kilin kullanım alanları.....	11
3.1.2. Killi toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	12
3.1.2.1. Killerin plastisite özellikleri.....	12
3.1.2.2. Rötire.....	13
3.1.2.3. Renk.....	13
3.1.3. Kil türleri.....	14
3.1.4. Tuğla üretiminde kullanılan killerde aranan özellikler.....	14
3.2. Kil İle Üretilen Yapı Malzemeleri.....	16
3.2.1. Kerpiç.....	16
3.2.2. Tuğla.....	18
3.2.2.1. Tuğlanın tarihçesi.....	19
3.2.2.2. Tuğla üretimi ve özellikleri.....	20
3.2.2.3. Tuğla çeşitleri.....	20
3.2.3. Kiremit.....	21
3.3. Kırpılmış Cam Elyaf.....	21
3.4. Polipropilen.....	22
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	23
4.1. Materyal.....	23
4.1.1. Killi toprak.....	23
4.1.2. Kırpılmış cam elyaf.....	23
4.1.3. Polipropilen.....	23

4.2.	Yöntem.....	24
4.2.1.	Karışım oranlarının belirlenmesi.....	25
4.2.2.	Karışımın hazırlanması.....	27
4.2.3	Piştirilmiş ve piştirilmemiş tuğlaların fiziksel özelliklerinin belirlenmesi.....	34
4.2.3.1.	Hacim kayıplarının belirlenmesi.....	34
4.2.3.2.	Birim hacim ağırlıkların belirlenmesi.....	35
4.2.3.3.	Basınç dayanımlarının belirlenmesi.....	35
4.2.3.4.	Eğilme hasar yüklerinin belirlenmesi.....	37
5.	ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	38
5.1.	Piştirilmemiş KCE Katkılı Tuğlaların Fiziksel Özellikleri.....	38
5.1.1.	Piştirilmemiş KCE katkılu tuğlaların hacim kayıpları.....	38
5.1.2.	Piştirilmemiş KCE katkılu tuğlaların birim hacim ağırlıkları.....	40
5.1.3.	Piştirilmemiş KCE katkılu tuğlaların basınç dayanımları.....	42
5.1.4.	Piştirilmemiş KCE katkılu tuğlaların eğilme hasar yükleri.....	44
5.2.	Piştirilmiş KCE Katkılı Tuğlaların Fiziksel Özellikleri.....	46
5.2.1.	Piştirilmiş KCE katkılu tuğlaların hacim kayıpları.....	46
5.2.2.	Piştirilmiş KCE katkılu tuğlaların birim hacim ağırlıkları.....	48
5.2.3.	Piştirilmiş KCE katkılu tuğlaların basınç dayanımları.....	50
5.2.4.	Piştirilmiş KCE katkılu tuğlaların eğilme hasar yükleri.....	52
5.3.	Piştirilmemiş PP Katkılı Tuğlaların Fiziksel Özellikleri.....	54
5.3.1.	Piştirilmemiş PP katkılu tuğlaların hacim kayıpları.....	54
5.3.2.	Piştirilmemiş PP katkılu tuğlaların birim hacim ağırlıkları.....	56
5.3.3.	Piştirilmemiş PP katkılu tuğlaların basınç dayanımları.....	58
5.3.4.	Piştirilmemiş PP katkılu tuğlaların eğilme hasar yükleri.....	61
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	63
7.	KAYNAKLAR.....	65
	ÖZGEÇMİŞ.....	72

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1	Etüvde kurumaya bırakılmış killi toprak.....	27
Şekil 4.2	Tartımı yapılan killi toprak.....	27
Şekil 4.3	Tartımı yapılmış KCE.....	28
Şekil 4.4	Tartımı yapılmış PP.....	28
Şekil 4.5	Killi toprak ile KCE'nin veya PP'nin karıştırılması.....	29
Şekil 4.6	Elle yoğrulmuş karışım.....	29
Şekil 4.7	Mayalanmaya bırakılmış karışım.....	30
Şekil 4.8	Kalıpların yağlanması.....	30
Şekil 4.9	Kalıplara karışımların yerleştirilmesi.....	31
Şekil 4.10	Kalıplara yerleştirilmiş tuğla numuneleri.....	32
Şekil 4.11	Kalıptan çıkarılmış tuğla numuneleri.....	32
Şekil 4.12	Kaplara yerleştirilen tuğla numuneleri.....	33
Şekil 4.13	Piştirme işlemi uygulanacak tuğlaların fırına yerleştirilmesi.....	33
Şekil 4.14	Piştirme işlemi uygulanan fırının kapatılması.....	34
Şekil 4.15	Basınç testi cihazı.....	36
Şekil 4.16	Numunelere uygulanan basınç dayanım testi.....	36
Şekil 4.17	Eğilme testi cihazı.....	37
Şekil 4.18	Numunelere uygulanan eğilme testi	37
Şekil 5.1	Piştirilmemiş KCE katkılı tuğlaların hacim kayıpları.....	39
Şekil 5.2	Piştirilmemiş KCE katkılı tuğlaların birim hacim ağırlıkları.....	41
Şekil 5.3	Piştirilmemiş KCE katkılı tuğlaların basınç dayanımları.....	43
Şekil 5.4	Piştirilmemiş KCE katkılı tuğlaların eğilme hasar yükleri.....	45
Şekil 5.5	Piştirilmiş KCE katkılı tuğlaların hacim kayıpları.....	47
Şekil 5.6	Piştirilmiş KCE katkılı tuğlaların birim hacim ağırlıkları.....	49
Şekil 5.7	Piştirilmiş KCE katkılı tuğlaların basınç dayanımları.....	51
Şekil 5.8	Piştirilmiş KCE katkılı tuğlaların eğilme hasar yükleri.....	53
Şekil 5.9	Piştirilmemiş PP katkılı tuğlaların hacim kayıpları.....	56
Şekil 5.10	Piştirilmemiş PP katkılı tuğlaların birim hacim ağırlıkları.....	58
Şekil 5.11	Piştirilmemiş PP katkılı tuğlaların basınç dayanımları.....	60
Şekil 5.12	Piştirilmemiş PP katkılı tuğlaların eğilme hasar yükleri.....	62

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1	Deney örneklerinin açıklaması.....	25
Çizelge 4.2	Deney karışım miktarları.....	26
Çizelge 5.1	Piştirilmemiş KCE katkılı tuğlaların hacim kayıpları.....	38
Çizelge 5.2	Piştirilmemiş KCE katkılı tuğlaların birim hacim ağırlıkları.....	40
Çizelge 5.3	Piştirilmemiş KCE katkılı tuğlaların basınç dayanımları.....	42
Çizelge 5.4	Piştirilmemiş KCE katkılı tuğlaların eğilme hasar yükleri.....	44
Çizelge 5.5	Piştirilmiş KCE katkılı tuğlaların hacim kayıpları.....	46
Çizelge 5.6	Piştirilmiş KCE katkılı tuğlaların birim hacim ağırlıkları.....	48
Çizelge 5.7	Piştirilmiş KCE katkılı tuğlaların basınç dayanımları.....	50
Çizelge 5.8	Piştirilmiş KCE katkılı tuğlaların eğilme hasar yükleri.....	52
Çizelge 5.9	Piştirilmemiş PP katkılı tuğlaların hacim kayıpları.....	55
Çizelge 5.10	Piştirilmemiş PP katkılı tuğlaların birim hacim ağırlıkları.....	57
Çizelge 5.11	Piştirilmemiş PP tuğlaların ortalama basınç dayanımları.....	59
Çizelge 5.12	Piştirilmemiş PP katkılı tuğlaların eğilme hasar yükleri.....	61

SİMGELER VE KISALTMALAR

d_h	Birim hacim ağırlık
M_k	Kuru ağırlık
V_h	Kuru hacim
f_b	Tuğlanın basınç dayanımı
P_k	Kırılma anındaki yük
A_0	Tuğlanın basınç uygulanan yüzünün alanı
k	Tuğlanın biçim katsayısı
L_1, L_2, L_3	Tuğlanın kenar uzunlukları
KCE	Kırılmış cam elyaf
PP	Polipropilen
P	Pişmiş
LL	Likit limit
PL	Plastik limit
PI	Plastiklik endeksi

1. GİRİŞ

Piştirilmemiş tuğla gibi olan kerpiç samanın toprağa katkı olarak katılıp suyla yoğrulduktan sonra kalıplanıp güneşte kurutulması ile üretilen yapı malzemesidir. Kerpiç basit yöntemlerle üretilebilmektedir. Basit yöntemlerle üretilebilmesi maliyeti de düşürmektedir. Doğal malzemelerden üretimi gerçekleştirilen kerpiç doğaya zararlı madde içermemektedir. Isı yalıtımı özelliği de oldukça iyidir. Suya karşı dayanımının zayıf olması ise kerpicein en büyük dezavantajdır. Ancak killi topraktan üretilen başka bir yapı malzemesi olan tuğla ise suya karşı dayanıklıdır. Bu dayanıklılığı ise tuğla pişirme işlemi sayesinde kazanmaktadır.

Farklı yapı malzemeleri içerisinde yapılarda geçmiş zamanlardan beri kullanılan pişmiş toprak malzemeleri günümüzde de önemini yitirmemiştir. Piştirilmiş toprak malzemeler ekonomik, kolay elde edilmesi ve yapıda kullanımının kolay olması nedeniyle özellikle tarımsal yapılarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Tuğla bu malzemelerin en başında gelmektedir. Uygun toprağın bulunduğu her yerde tuğla kolaylıkla üretilebilmektedir. Tuğla, taş ve betona göre daha az birim hacim ağırlığa sahiptir. Tuğlaların ısı yalıtımı daha fazla, standart boyutları sayesinde kullanımının kolay olması ve ince tutulan duvar kalınlığı ile yapının yararlı alanının artmasını sağlar (Şişman vd 2006).

Dünya’da üretimi yapılan ilk yapı malzemesi tuğladır. Tuğla üretimine elverişli olan topraklar kumlu kil olarak isimlendirilebilirler. Tarih öncesi devirlerden beri Nil Vadisi ve Mezopotamya gibi yapı taşı olmayan alüvyon ovalarda tuğla yapı malzemesi olarak önem kazanmıştır(Anonymous, 2019b). Fırat-Dicle havzasından elde edilen M.Ö 6000 yıllarına ait yapı kalıntılarından tarihte ilk kez güneşte kurutulmuş tuğlaların kullanıldığı tespit edilmiştir (Şahin 2009).

Ülkemizde insanlar kullanacağı kiremit ve tuğlanın daha çok kırmızı renkte olmasını tercih etmektedirler. Örneğin hammadde içerisinde fazla miktarda kireç varsa tuğlanın rengi açılır ve sarı renkte olan bir kiremit teknik özellikleri yönünden çok iyi olsa bile piyasada tercih edilmemektedir (Anonymous, 2019b).

Bu çalışmada tuğlaların basınç dayanımlarını ve eğilme hasar yüklerini iyileştirmek ve daha kaliteli ürünler üretebilmek amacı ile kırılmış cam elyaf ve polipropilen lif

tuğla üretiminde katkı maddesi olarak kullanılmıştır. 6 mm ve 12 mm boylarındaki kırpılmış cam elyaf ve 6 mm, 12 mm ve 19 mm boylarındaki polipropilen killi toprak içerisine % 0 (kontrol numuneleri), % 0,5, % 1, ve % 1,5 oranlarında katılarak karışımlar oluşturulmuştur. Karışımlar önce karıştırıcı ile sonra elle yoğrularak şeffaf torbalara koyulmuştur. Torbalardaki numuneler hava almayacak şekilde 24 saat bekletildikten sonra kalıplara yerleştirilmiştir. Kalıplardaki numuneler 24 saat bekledikten sonra kalıplardan çıkarılıp etüv'e yerleştirilerek 105 ± 5 °C' de 24 saat kurutulmuştur. KCE katkılı pişmiş olarak üretilecek numuneler tuğla fabrikasına götürülerek pişirilmiştir.

KCE katkılı karışımlardan pişirilmiş ve pişirilmemiş, PP katkılı karışımlardan ise pişirilmemiş olarak tuğla üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen tuğla numunelerinin hacim kayıpları, birim hacim ağırlıkları, basınç dayanımları ve eğilme hasar yükleri tespit edilmiştir.

2.LİTERATÜR BİLGİLERİ

Colletti vd.(2016) tarafından yapılan çalışmada, tuğla üretiminde seramik çamurunun kullanılma olasılığı incelenmiş olup, uygun mekanik ve estetik özellikler ve dayanıklılık ile karakterize edilen eko-tuğlalar üretebilmek için alternatif bir çevre dostu katkı maddesi bulmak amaçlanmıştır. Bu amaçla bir İtalyan fabrikası tarafından üretimi gerçekleştirilen iki tip tuğla, geleneksel olarak kullanılmakta olan silisli kumun yerine seramik çamur ilavesi ile aynı başlangıç kilinden elde edilen yeni tasarlanmış bir tuğla ile karşılaştırılmıştır. Üretilen tuğlaların fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak seramik çamuru eklenmesi ile üretilen tuğlaların, geleneksel tuğlaların özelliklerini iyi bir şekilde yerine getirebildiği ve mekanik özelliklerini sağladığı görülmüştür.

Abbas vd.(2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, tuğlalar konvansiyonel toprak malzemeler ve uçucu kül kullanılarak üretilmiştir. Kömür santralinden uçucu kül ile tuğla numunelerinin imalatı yerel bir tuğla endüstrisinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ana değişken olarak belirlenen uçucu kül yüzdesi kilin % 0-25'i olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak uçucu kül içeren tuğlaların basınç dayanımı uçucu kül içermeyen tuğlaların basınç dayanımı ile karşılaştırıldığında uçucu kül miktarı arttıkça basınç dayanımının düştüğü gözlenmiştir.

Esmeray ve Atış (2019) tarafından yapılan çalışmada, inşaat sektöründe kanalizasyon çamurunun değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Numuneler farklı sıcaklık (900°C ve 1050°C) değerlerinde incelenmiştir. Atık malzemeler %5, %10, %15 oranlarında kile eklenmiştir. Farklı oranlarda atık malzemelerle 10 farklı karışımın üretimi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, kanalizasyon çamuru ile üretilen tuğlanın mukavemet üzerinde olumsuz bir etki yaptığı ancak sıcaklık artışının mukavemeti olumlu etkilediği görülmüştür.

Garcia vd.(2012) tarafından yapılan çalışmada zeytinyağı sanayi atıklarının imhasının, üretim sürecinden bağımsız olarak çevresel bir problem olduğu ve bu problemi çözmek amacıyla %5, %10, %15, %20 ve %25 ağırlıklı ıslak zeytinyağı tortusu kullanarak numuneler üretilmiştir. Sonuç olarak ağırlıkça %10 ıslak

zeytinyağı tortusu eklenmesinin, kaliteli tuğlaların üretilmesinde faydalı olduğu görülmüştür.

Çiçek ve Çinçin (2015) tarafından yapılan çalışmada uçucu kül ve kireçten yapılmış hafif, yüksek ısı yalıtım tuğlalarının üretimi incelenmiştir. Mekanik ses tuğlalarında optimum koşulları belirlemek için Seyitömer Termik Santrali uçucu kül ve kireç karışımlarının otoklavda buharla kürlenmesi ile silindirik tuğla numuneleri üretilmiştir. Belirlenen optimum koşullarda daha sonra gerçek boyutlu tuğlalar üretilip standart testlere tabi tutulmuştur. Sonuç olarak da yeterli mekanik mukavemete ve çok daha düşük birim hacim ağırlığa sahip içi boş tuğlaların üretiminin uygulanabilir olduğu görülmüştür.

Bilgin vd.(2012) tarafından gerçekleştirilen çalışmada atık mermer tozunun katkı maddesi olarak endüstriyel tuğlalarda kullanılabilirliği araştırılmıştır. Mermer atıkları Türkiye'nin güneybatısında yer alan mermer yataklarından toplanmış ve endüstriyel tuğla harcı ise İstanbul'daki bir tuğla firmasından elde edilmiştir. Farklı oranlardaki atık malzemeler, ağırlığa göre %0 ile % 80 arasında endüstriyel tuğla harcı ile karıştırılmıştır. Test numunelerinin eğilme dayanımları 900, 1000 ve 1100° C' lik üç farklı sıcaklıkta incelenmiştir. Üretilen endüstriyel tuğlanın fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri üzerinde mermer tozu katkısı miktarının pozitif etkisi olduğu görülmüştür.

Kazmi vd.(2016) yaptıkları çalışmada kil tuğla üretiminde iki ana ürün olan şeker kamışı ve pirinçten elde edilen atık ilavesinin etkisini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Tuğla örnekleri, şeker kamışı küspesi külü ve pirinç kabuğu külü nün çeşitli dozajları (kil ağırlığına göre %5, %10 ve %15) kullanılarak bir endüstriyel tuğla fabrikasında üretilmiştir. Bu tuğlaların mekanik özellikleri incelenmiştir. Şeker kamışı küspesi külü ve pirinç kabuğu külü içeren kil tuğlaların, katkısız kil tuğlalarına kıyasla daha düşük basınç dayanımına sahip oldukları görülmüştür.

Demir (2006) tarafından yapılan çalışmanın temel amacı işlenmiş atık çayın kil tuğladaki kullanım potansiyelini araştırmaktır. İşlenmiş atık çay ilavesinin tuğlaların dayanıklılığı ve mekanik özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. İşlenmiş atık çayının organik doğası nedeniyle, gözenek oluşturu ve kil gövdesindeki bağlanma yeteneği araştırılmıştır. İlk olarak, işlenmiş atık çay 24 saat suda bekletilmiştir. Daha sonra, karşılaştırılabilir sonuçlar elde etmek amacıyla, ham tuğla kiline farklı

oranlarda atık (kütle olarak %0, %2.5 ve %5) ilave edilmiştir. Test örnekleri ekstrüzyon yöntemi ile üretilmiştir. Numuneler standart test yöntemleri kullanılarak test edilmiştir. Yanmamış ve ateşlenmiş numunelerin basınç dayanımının, saf numunelere kıyasla önemli ölçüde arttığı görülmüştür.

Gencel vd.(2013) yaptıkları çalışmada ferrokrom cürufu, zeolit ve kombinasyonlarının tuğlaların fiziksel, mekanik, ısı iletkenliği ve mikro yapı özelliklerine etkisini araştırılmışlardır. Tuğla hammaddesine ilave edilen katkılar ile üretilen yarı kuru karışımlar 20 MPa ile sıkıştırılmıştır. Numuneler 2 saat süreyle 900°C' ye kadar 5°C/dk şeklinde ateşlenmiştir. Cürufu tuğlaların yoğunluğu artarken, zeolitli tuğlaların hacminin azaldığı görülmüştür. Referans tuğlanın dayanımı 27,9 MPa olup %10, %20 ve %30' luk cürufun tuğla kiline eklenmesiyle elde edilen tuğlaların basınç dayanımı, 27.5-32 MPa'lık bir basınç mukavemeti sunmuştur. Tuğla kile %10, %20 ve %30 zeolit ilave edilmesiyle üretilen tuğlalar 14.3-22.3 MPa'lık bir basınç dayanımı göstermiştir. Cüruf ve zeolitin kombinasyonu da dahil edilen tuğlaların basınç dayanımının 17,4 ile 27,7 MPa arasında olduğu tespit edilmiştir.

Oskouei vd.(2018) yaptıkları çalışmada kerpiğin katkı maddeleri ile üretimi sonucu elde edilen numunelerin deneysel davranışları bulunmuştur. Saman, odun yongası, pirinç kabuğu ve hurma lifleri gibi doğal liflerin basınç dayanımı üzerindeki etkisi farklı miktardaki lifler ile test edilerek belirlenmiştir. Çamur tuğlaların mekanik davranışına etki edecek her bir bileşenin miktarları araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, suya karşı dayanıklılık ve dayanıklılık açısından en iyi örnek belirlenmiştir. Bu çalışmada basit örnek kerpiç tuğlaların basınç dayanımı 4.4 MPa olduğu, doğal katkı maddesi ile üretilen numunelerin basınç dayanımının 2.67 ile 16.53 MPa arasında olduğu belirlenmiştir.

Türkmen vd.(2017) yaptıkları çalışmada alçı ve Elazığ Ferrokrom Cürufu katkı maddelerinin, fırınlanmamış toprak tuğla malzemeleri üzerindeki mekanik ve fiziksel özelliklerine etkilerini araştırmışlardır. Bunun sonucunda alçı sabitleyicinin, Elazığ Ferrokrom Cürufuna kıyasla daha yüksek basınç dayanım değerlerini sağladığı görülmüştür.

Ulusoy(2008) yaptığı çalışmada yüksek kalitedeki pişmiş kil tuğlalarının elde edilmesinde uçucu kül-tekstil fabrikası atık külü ve bazaltik pomza' nın katkı olarak

kullanılabilirliğini araştırmıştır. Sonuç olarak tekstil külü ve bazaltik pomzanın ikisi ve belirlenen oranda uçucu külün uygun katkılar olduğu belirlenmiş ve pişmiş tuğla üretiminde faydalı bir biçimde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Şahin(2009) tarafından yapılan çalışmada tuğla bünyesine eklenen borik asit katkısının tuğla özelliklerinde meydana getirdiği değişimler incelenmiştir. Tuğla kiline, ağırlıkça %0, %1 ve %2 borik asit katkısı katılarak ekstrüzyon yöntemiyle tuğla numuneleri üretilmiştir. Sonuç olarak borik asit katkısının mekanik özellikleri geliştirdiği belirlenmiştir.

Kibar(2009) tarafından yapılan çalışmada tuğla kiline katı olarak katılan öğütülmüş cam katkısının pişmiş kil bünyesinde oluşturduğu fiziksel ve mekanik özellikler incelenmiştir. Tuğla kiline, ağırlıkça öğütülmüş cam %0, %2,5, %5 ve %10 oranında katılarak deney numuneleri üretilmiştir. Sonuç olarak öğütülmüş cam katkısının mekanik özellikleri geliştirdiği belirlenmiştir.

Görhan(2011) yaptığı çalışmada çeltik kavuzu katkılı kil tuğlası üretimi gerçekleştirerek yüksek yalıtım ve mühendislik özelliklerine sahip yapı tuğlası üretilmesini amaçlamıştır. Çeltik kavuzu hacimsel olarak tuğla kiline %5, %10 ve %15 oranlarında, ham halde ve öğütülmüş olarak iki farklı şekilde eklenmiştir. Şekillendirme işlemi yapılan numuneler farklı sıcaklıklarda (700, 800, 900 ve 1000 °C) pişirilerek numuneler üzerinde fiziksel ve mekanik testler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre çeltik kavuzu katkısı arttıkça tuğla örneklerinin basınç mukavemet değerlerini ve net birim hacim ağırlığını azaltmıştır. Basınç mukavemeti yönünden tuğla üretiminde hacimsel katkı olarak ham çeltik kavuzu katkısının %10, öğütülmüş çeltik kavuzu katkısının ise %15 oranına kadar kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Şahin(2008) çalışmasında; kolemanit atığı ham ve kalsine olarak tuğla kiline farklı oranlarda ilave edilmiş ve tuğla bünyelerinde meydana getirdikleri etkiler incelenmiştir. Bu incelemelerin sonucu olarak tuğla bünyesinde ham kolemanit atığının parçalanmalara sebep olduğu için kullanımının uygun olmadığı fakat kalsine kolemanit atığının ise mukavemeti arttırdığı ve su emmeyi azalttığı için kullanımının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Levent(2012) tarafından yapılan çalışmada katkı olarak tuğla bünyesine ilave edilen kırmızı çamurun tuğla özelliklerine etkisi incelenmiştir. Tuğla kiline, kırmızı çamur ağırlıkça %0 (kontrol serisi), %5 ve %10 katılarak presleme yöntemiyle tuğla numuneler üretilmiştir. Tuğla numunelerin pişirilmesi için 800°C, 900°C, 1000°C olmak üzere 3 farklı sıcaklık kullanılmıştır. Pişmiş numuneler üzerine mekanik ve fiziksel testler uygulanmıştır. Pişmiş numuneler üzerinde uygulanan deneylerin sonucu olarak % 10 kırmızı çamur katkılı numunelerin 1000 °C’ de basınç dayanımını arttırdığı gözlemlenmiştir. Kırmızı çamur katkılı numunelerin renkleri katkısız numunelerin renklerine göre daha kırmızı olmuştur.

Sürül(2015) çalışmasında uçucu kül ve yüksek fırın cürufu katkılarını tuğla üretiminde kullanarak yüksek mühendislik özelliklerine sahip tuğla üretebilmeyi amaçlamıştır. Uçucu kül ve yüksek fırın cürufu, ağırlıkça %10, %20, %30, %40 oranlarında tuğla üretiminde kile katkı olarak ayrı ayrı ve katkı oranı toplamda %40’ı aşmamak üzere %10, %20, %30 gibi farklı oranlarda birlikte kullanılarak tuğla örnekleri üretilmiştir. Tuğla örneklerini çeşitli sıcaklıklarda (850°C, 950°C ve 1050°C) pişirip fiziksel ve mekanik deneyler uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre uçucu külün katkı oranının artması tuğla örneklerinin basınç mukavemet değerlerini düşürmüştür. Yüksek fırın cürufunun katkı oranının artması tuğla örneklerin basınç mukavemet değerlerini artırmıştır. Pişirme sıcaklığının artması tuğla örneklerinde, basınç mukavemeti değerlerini arttırıcı etki yapmıştır.

Çinçin(2015) tarafından yapılan çalışmada kömür yakan termik santraller için büyük sorun oluşturan uçucu küller kullanılarak ısı yalıtımı yüksek ve hafif özellikte tuğla üretimi araştırılmıştır. Çalışmanın sonucu olarak üretilmiş olan tuğlaların, gaz betona alternatif ürün olabileceği düşünülmüştür.

Yıldırım(2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmada killi zemin ile uçucu külün belirli oranlarda karıştırılmasıyla üretilen tuğlaların farklı özellikleri incelenmiştir. Katkısız killi zeminden üretilen tuğlaların dayanımlarının 0,73 kPa’ dan 5,24 kPa değerine kadar pişme sıcaklığına bağlı olarak arttığı görülmüştür. Kil-uçucu kül karışımı malzemeden üretilen tuğla numunelerinde uçucu kül miktarının artması ile pişme sıcaklığına bağlı olarak tuğlalardaki dayanım da azalmıştır.

Karataş vd.(2018) yaptıkları çalışmada karbon fiber ve cam fiber katkılı polimerlerle kompozit malzemelerin işlenmesini araştırmışlardır. CFRP ve GFRP kompozit

malzemelerin geleneksel işleme metotlarıyla (tornalama, frezeleme, delme vb.) işlenmesinde, daha yüksek sıkıştırma kuvvetlerine yol açtığını göstermiştir.

Binici vd.(2009) endüstriyel gürültünün yalıtımı için daha iyi bir alternatif bulmak ve fiber takviyeli çamur tuğlaların mekanik özelliklerini geliştirmek için bir çalışma yapmışlardır. Elyaf takviyeli kerpiç tuğlaların basınç dayanımı ve ses yalıtım gereksinimlerini karşıladığı gözlemlenmiştir.

Gül (2011) yüzyıllar boyunca yapı malzemesi olarak kullanılan kerpicing özelliklerini farklı malzemeler kullanarak geliştirerek üretmeye çalışmıştır. Bunun için kerpiçte cam elyaf ve hava sürükleyici katkı kullanmıştır. Çalışma sonucunda yapılan basınç deneyleri ile cam elyaf ve hava sürükleyici katkı oranının artması ile basınç dayanım değerlerinin arttığı görülmüştür.

Sukontasukkul vd (2018) çelik ve polipropilen lif hibridizasyonunun elyaf takviyeli jeopolimerin eğilme performansı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Numunelere basınç ve eğilme testi uygulamışlardır ve genel olarak (%1 hariç) fiber içeriğinde artış olduğu bulunmuştur.

Bala vd. (2018) nanosilica parçacıklarının polimer modifiye asfalt bağlayıcıların performans özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda, nanosilica partiküllerinin polipropilen polimer modifiye bağlayıcının yorulma özelliklerini geliştirdiği ve bitüm modifiye ediciler olarak kullanıldığında nanosilica parçacıkları ile termoplastik polimer polipropilenin asfalt karışımların performansını ve dayanıklılığını geliştirdiği görülmüştür.

Hiremath vd (2018) yaptıkları çalışmada, farklı polipropilen lif dozajları kullanarak yükseltilmiş sıcaklığa maruz kalan numunelerin özelliklerini araştırmışlardır. Bu çalışmanın sonucunda elyaf dozajındaki artışın, yüzey çatlaklarını ve gözenekleri yüksek sıcaklıklarda azalttığı görülmüştür. Basınç dayanımı gibi mekanik özellikler ise 400 ° C' ye kadar artış gösterirken, daha sonra bu özelliklerde ani düşüş gözlenmiştir.

Mars vd. (2018) Poliamidin (PA) cam elyaf ile güçlendirilmiş matriks olarak düşük hız etki davranışını araştırmışlardır. Cam elyaf takviyeli poliamidin darbe analizini yaparak, çarpma hızının kompozit plakaların darbe tepkisi üzerinde önemli etkilere

sahip olduğunu ve temas kuvvetinin çarpma hızı ile orantılı olarak değiştiğini görmüşlerdir.

Obaid vd. (2018) cam elyaf takviyeli polipropilenin gevşeme davranışını kompozitlerde deneysel olarak ölçmüş ve analitik model tahminleri ile karşılaştırmışlardır. Deneysel veriler ile analitik model arasında iyi bir uyum sağlanmış ve bir bileşenin stres gevşeme davranışının çoğunun, sadece zamana bağlı matris modülü ve zamana bağlı bir kesme gerilimi aktarımını hesaba katan bir model kullanılarak tahmin edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.



3.KURAMSAL TEMELLER

3.1. Killi Toprak

Killi toprak, yapısında fazla miktarda kil maddesi içermesinden dolayı bu adı almıştır. İçeriğinde fazla oranda kil bulunması, su ile temas ettiğinde neredeyse bir oyuncak hamuru kıvamını almasına neden olmaktadır. Bu nedenle bir toprak tipinin killi toprak olduğunu anlamanın en basit yöntemlerinden birisi de herhangi bir sıvı ile etkileşime geçtiğinde aldığı kıvamı gözlemlemek ve yapısını incelemektir (Anonymous, 2019c).

Yeryüzünde bulunan en yaygın materyallerden biri kildir. Bu materyal dizileri çok büyük ve karmaşıktır. Kil ıslandığı zaman farklı şekiller alabilen yağlı, yumuşak, geçirimsiz bir topraktır. Yeryüzünde ve yer kabuğunun derin kısımlarında tabakalar şeklinde ve mineral yataklarında dağılmış kütleler biçiminde bulunur. Okyanus ve göl dibinde, nehir deltalarında ve çöllerin altında görülmektedir (Sarız ve Nuhoğlu, 1992).

Killerin genel özellikleri üzerinde yapılan incelemeler sonucu killer 3 gruba ayrılmıştır;

Bunlar;

- Islandıklarında plastiklik özelliği elde ederek istenilen şekli alabilenler,
- Sularını kaybettikleri zaman rijitleşenler fakat tekrar ıslandıklarında plastiklik özelliği tekrar elde edenler,
- Pişirildikleri zaman rijit yapı kazanan fakat tekrar ıslandıklarında artık plastik özellik kazanamayanlardır (Akman, 1990)

Önemli özellikleri;

- Kurutulup pişirildikten sonra kalıcı sertlik kazanmaları,
- Pişme ve kuruma sırasında çekme (rötre) yapmaları,
- Pişirildiklerinde çeşitli renkler elde edilebilmesi,
- Refrakterlik özellikleri göstermeleri (yüksek sıcaklıklarda ergimeye karşı direnç göstermeleri),

- Elektrik, ses ve ısıya karşı izolasyon özelliğine sahip olmaları,
- Renk giderme ve ağartma işlerinde kullanılabilmeleri (Grahl, 2001)

Doğal olarak bulunan kil, kalıplamak için plastik hale getirilir. Kurutulup pişirilmesinden veya fırınlanmasından sonra sabit şekilli, sert ve dayanıklı bir malzeme haline getirilmesinden dolayı ticari yönden önemlidir. Killer tanelerinin çapları 0,002 mm'den daha küçük olan zemin türleridir. Koloidal kil adı da çapları 0,001 mm'den daha küçük olan killere denmektedir (Köktürk, 1993).

3.1.1. Kilin kullanım alanları

Killer kaolinler (China Clays), bağlama killeri (Ball Clays), halloysit türü killer, şamot killeri (Ateş Kili- Fire Clay), bentonitler, yıkama killeri(Fuller's Earth), adi killer ve şiştler olarak olarak sınıflandırılırlar. Killerin kullanım alanları ise;

Seramik Endüstrisinde: Yeryüzünde yer alan killerin % 70–75 oranındaki miktarı seramik endüstrisinde kullanılmaktadır.

Kağıt Endüstrisinde: Kağıt endüstrisinde kaolin ve kil mineralleri boşluk doldurucu olarak kullanılmaktadır.

Petrol Endüstrisinde: Sondaj esnasında, sondaj çamuru hazırlanmasında ve su kaçaklarında kullanılmaktadır. Petrol endüstrisinde katalizör olarak da kullanılmaktadır.

İnşaat İşlerinde: Kerpiç, tuğla ve kiremit gibi yapı malzemelerinin üretiminde kullanıldığı gibi, fayans üretiminde de kullanılmaktadır. Ayrıca karayollarında, toprak barajların çekirdek dolgularında ve drenaj kanallarında kullanılmaktadır.

Ziraat İşlerinde: Kil mineralleri, ziraat yapmaya uygun tarım alanlarının ıslah edilmesinde kullanılmaktadır.

Dökümcülükte: Renk giderici ve emici olarak kullanılmaktadır.

Diğer endüstri dallarında: Boya, plastik vb. alanlarda kullanılmaktadır (Kibici, 2005).

3.1.2. Killi toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri

Saf olduğu zaman, rengi beyaz olan, fakat doğada genel olarak saf bir şekilde bulunmayan killer içinde demir ve magnezyum bulunduğu için rengi kırmızı, sarı veya esmer renktedir (Şahin, 2009).

Hiçbir zaman saf bir halde olmayan kilin içinde alüminyum silikatlar ($2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ile beraber kum, magnezyum, sodyum, demir, potasyum, kalsiyum bileşikleri gibi farklı yabancı bileşikler de içerirler (Köktürk, 1993).

Kil emdiği suyu kolay bir şekilde bırakmaz ve kilin su emme derecesi %70 civarındadır (Köktürk, 1993).

3.1.2.1. Killerin plastisite özellikleri

Çamur oluncaya kadar kil ne kadar su emerse o kadar plastiktir. Killerin plastisite suyu % 20-40 aralığında değişir. Plastiklik, farklı boyutlu taneciklerin yan yana bulunmasına da bağlıdır (Yılmaz, 1994).

Su ile şekillenme özelliği kil tanelerinin büyüklüğüne, kil içerisindeki minerallerinin yapısına, kildeki kuvars miktarına ve diğer nedenlere bağlıdır. (Yıldız, 1999)

Yıldız (1999) tarafından belirtildiğine göre üzerine bastırıldığında parmakların izlerini açık bir şekilde gösteren ve ele yapışmayan killer plastik hale gelmiş demektir. Kilin plastisite sayısı kurutulmuş kilin plastik hale gelinceye kadar aldığı su miktarı yüzdesidir.

Kilin plastikliğini tanecikler üzerinde su, katı tanelerin terkibi, boyutu, şekli, iç bünyesi, uyuşması, yüzeysel alanı ve molekül çekimi etkilemektedir.

Kil içerisindeki su miktarının azalması kilin katılaşmasına, kilin içerisindeki su miktarının çoğalması da kilin şekillendirilebilir ve akıcı hale geçmesini sağlar. Buna kil hamurunun kıvamı denilmektedir. Kil hamurunun kıvamı, ATTERBERG tarafından ortaya atılan bazı kıvam limitleri ile tarif edilmiştir. Bu limitler rötre, plastik ve likit limit olup aşağıda açıklanmıştır.

Rötre Limiti: Kilin, rötre yapamayacak oranda su ihtiva etmesidir. Toplam rötrenin % 10'u aşmaması gerekmektedir.

Plastik Limit: Kil'den çapı 3 mm olan makarna şeklinde numuneler üretilir. Üretilen bu numunelerin kırılmadan yuvarlanabileceği su içeriğine plastik limit denir. Plastik limit %8-25 aralığında olmalıdır.

Likit Limit: Kilin kendi ağırlığı ile viskoz bir çamur gibi aktığı su muhtevası olarak isimlendirilir.

ATTERBERG, kil- su oranını ise plastiklik endeksi ile belirlemiştir.

$$PI = LL - PL$$

$PI < 8$ ise; çok kumlu toprak demektir. Yüzeyleri pürüzlü, kalıplanması güçtür. Ürünün su emme yüzdesi yüksek, mukavemeti düşüktür.

$8 < PI < 25$ ise; tuğla üretimine elverişlidir.

$PI > 25$ ise; plastikliği fazla topraklardır. Kuruma sırasında rtresi fazla olacağından deformasyona uğrar ve çatlama gerçekleşir (Toydemir, 1978).

3.1.2.2. Rötre

Su ile yoğrulup kurumaya bırakılan kilin zamanla hacminde küçülme meydana gelir. Hacimce küçülme yeteri kadar kurutulan kilin pişirilmesi esnasında da devam eder. Hacimlerde meydana gelen bu küçülme olayına rötre denir. Kilin kuruması sonucu oluşan rötre plastisite özelliğine, pişirme sonucunda oluşan rötre ise; kimyasal reaksiyonlara ve pişirme sıcaklığına bağlıdır. Rötre, standart üretimi ve boyut tahminini zorlaştırdığı için yani büzülme esnasında iç yapıda çatlaklara sebep olacağı için istenmeyen bir özelliktir. Kilin kuruma ve pişme sırasında yapmış olduğu rtreye toplam rötre denir (Toydemir, 1978).

3.1.2.3. Renk

Renk tuğla üretimi için çok fazla önemlidir. Standartlara uygun mukavemeti olduğu halde rengi açık olan tuğlaların ticari değeri düşüktür. Fazla kalker ihtiva eden kil hammaddeleri pişirme rengi 900°C 'nin üstünde sarı renk alır. Kırmızı renk limonit, hematit gibi demir(Fe) bileşikleri sebebiyle meydana gelmektedir. Fe-oksitler pişme

sonucunda sertliğin daha yüksek olmasını sağlarlar. Su emmeyi düşürür. Fazla Fe, Fe-sülfat ve karbonatlar pişme sırasında tuğla yüzeyinde çiçeklenme, çatlama ve kopmaya neden olmaktadır (Arcasoy 1983).

3.1.3. Kil türleri

Kil mineralleri belirli iyon, sıcaklık, basınç vb. özelliklere sahiptir. Fiziksel ve kimyasal şartlarının uyumlulukları neticesinde kil mineralleri oluşurlar. Kil minerallerinde genellikle tek mineralli yataklar oluşturmazlar. Bir kil örneği genellikle birden fazla kil türü içermektedir (Görhan, 2011).

Aynı kimyasal bileşime sahip olan killeri başlıca üç tipte fakat farklı fiziksel karakteristiklere sahip olarak oluşurlar. Bunlar; ateş killeri, yüzey killeri ve şeyl'lerdir (Görhan, 2011).

Killeri karıştıran üreticiler killerin fiziksel özelliklerini ve killerin kimyasal kompozisyonundaki değişme miktarını azaltırlar. Bunun sonucunda killerin temizlenmesi masraf gerektirir (Dengiz, 2009).

3.1.4. Tuğla üretiminde kullanılan killerde aranan özellikler

Plastiklik: Killerin şekillendirilmesi ve işlenebilmesi için önemli bir özelliktir. Yeterli miktarda su ile yoğrulmuş kilin şekillendirilmesini ve şekillendirildikten sonra şeklinin korunmasını, içinde bulunan suyun büyük bir kısmı uzaklaştıktan sonra korunmasını plastiklik sağlamaktadır. Kilin plastik özellik kazanabilmesi için su ile yoğrulması gerekmektedir. Su haricinde başka bir sıvı yardımı ile kil plastik özellik göstermemektedir.

Hacim kaybı: Su ile yoğrulması sonucu plastiklik özelliği kazanan kil, kuruma ve pişirme sırasında boyutları yani hacmi değişir. Bu olaya kilin rötre yapması denir. Plastiklik özelliği kilin kuruması sonucu oluşan rötrede etkilidir (Levent, 2012).

Hacim kaybı, kuruma küçülmesi ve pişirme küçülmesi olmak üzere iki basamaktan oluşur. Su katılarak yoğrulup şekillendirilen ürünün kurutulması neticesinde oluşan

hacim kaybı(kuruma küçülmesi) ve kurutulmuş ürünün pişirilmesi neticesinde oluşan hacim kaybı(pişme küçülmesi)'dır.

Standartlar ölçülerde üretim yapılabilmesi için kullanılan killerin kuruma sırasında ve pişirme sırasında oluşan hacimsel küçülme oranları düşük olmalıdır. Yüksek sıcaklıklarda pişirme sırasında meydana gelen bir miktar hacim küçülmesi mekanik dayanımı arttırmaktadır.

Kilin çekme dayanımı: Şekillendirilmiş ve kurutulmuş killerin çekme dayanım değerleri dikkate alınmamaktadır. Kurutulma sonucu ürün şeklini koruyabilmelidir. Fırına girmeden önce oluşabilecek sarsıntılarda ve çarpmalarda kırılıp dağılmamalıdır. Killerin plastisitesi yükseldikçe ve ince tane oranı arttıkça bu dayanıklılık artar (Levent, 2012).

Sıcaklıkta ergime özelliği: Kil pişme esnasında 600°C-900°C sıcaklıklarda ergiyerek (camsı faz oluşumu) kristal ve kimyasal özelliklerini değiştirmeli, su ile dağılmamalı, yumuşamamalı, gözenekliliği azalmalıdır. Sağlam bir yapıya sahip olmalıdır. Pişen tuğlalar belli oranda su emme özelliğine ve aynı zamanda da yeteri kadar basınç dayanımına sahip olmalıdır (Levent, 2012).

Kum: Tuğla üretimi için tercih edilecek killerde bulunan kumlar genellikle küçük tane boyutuna (silt) sahiptir ve 10-40 µm çapındadır. Kilin malzemeye sağladığı plastiklik özelliğini dengede tutabilmek için dışarıdan pişmiş atık, öğütülmüş cüruf, uçucu kül ve kum gibi dolgu maddelerinin katılması yaygın bir yöntemdir. Fazla kum bulunduran killerin plastisiteleri düşüktür. Kalıplama sırasında dağılma olur ve yüzeyleri pürüzlüdür. Sertlik ve dayanımın düşük olmasına sebep olur (Levent, 2012).

Demir: Genel olarak demir oksit (Fe_2O_3) ve hidratları şeklinde bulunurlar ve kilin bünyesine dağılmışlardır. Pişmiş ürünlere kırmızı rengi verir. Tuğla ve kiremit üretiminde demir bileşikleri ürünün sertlik ve su emme yüzdesine etkisi büyüktür. Kilin barındırdığı fazla demir ve belirli bölgelerde toplanan demir sülfat ve karbonatlar, pişme esnasında şişmeye ve çatlamaya neden olabilmektedir (Levent, 2012).

Kalker (kireç): Kalker ve diğer kalsiyum bileşikleri yaygın bir şekilde bulunan malzemelerdendir. Kilin bünyesine homojen olarak karışmış ve ince olarak

öğütülmüş kalsiyum oksit (CaO) genel olarak fazla zararlı değildir. Fakat yüksek miktarda olduğu zaman pişmiş olan üründe sarımsı bir renk oluşturur. Pişme esnasında kiremit ve tuğlalarda şekil bozuklukları oluşturabilir. Havanın nemiyile tuğlada reaksiyona giren iri taneli kalsiyum (Ca) tuzları $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (kalsiyum hidroksit) şekline dönüşerek hacim genişlemesine sebep olacak ve tuğlanın yüzeyinde bölgesel çatlaklar oluşturacaktır. İnce öğütülmüş CaO miktarı pişmiş toprak ürünlerinde kullanılacak kilde %8' in üzerine çıkmamalıdır (Levent, 2012).

Organik maddeler: Killerin gri, yeşil, siyah ve mavi gibi çeşitli renklerde bulunması çoğu zaman bünyelerinde bulunan organik maddelerden kaynaklanmaktadır. Pişme esnasında organik maddeler oksitlenerek gaz halinde bünyeyi terk ederler (Levent, 2012).

Suda çözünür tuzlar: Genel olarak kilde; sülfat ve klorür esaslı tuzlar bulunmaktadır. Yüksek miktarda bulunan çözünür tuzlar tuğlada zaman ile çiçeklenme (effluorescen) ve yüzeyden dökülmeler (kireç çatlağı) gibi hasarların meydana gelmesine sebep olur. Bu sebeple kil bünyesindeki tuzların %1,5 ve altında olması kaliteli ürün için önemlidir (Levent, 2012).

3.2. Kil İle Üretilen Yapı Malzemeleri

Kil ile üretilen başlıca yapı malzemeleri kerpiç, tuğla ve kiremittir.

3.2.1. Kerpiç

Toprak ve saman karışımının suyla yoğrulup kalıplanması sonrası güneşte kurutularak üretilen yapı malzemesine kerpiç denir. En ilkel şartlarda bile üretilen kerpicin üretimi son derece basittir. Üretiminin basit olması maliyetinin de düşük olmasını sağlamaktadır (Gül, 2011). Hem ekonomik bakımdan ucuz, hem de kışın sıcak tuttuğundan dolayı tercih edilmektedir. Pişirilmemiş tuğla gibidir. Kerpiç üretilen toprak, su ile karıştırılarak içine saman serpilerek karışım ayakla çignenir ve ezilmek suretiyle çamur haline getirilir. Bu işleme çamurun özlendirilmesi denmektedir. Özlendirilmiş çamur, kerpiç biçimine sokulmuş tahta bölmelerden yapılı kalıplara dökülür. Kalıplara dökülen çamur iyice sıkıştırılır. Bu

sıkıştırma işlemi yapılmaz ise kerpiç zayıf olur. Sıkıştırılan çamurun üstü düzgünce bir tahta yardımı ile düzeltilir ve fazla çamur atılmış olur. Kalıp çekildikten sonra, çamur düz bir yerde kalır. İmkân var ise önce gölgede kurutulan kerpiç sonra güneşe bırakılır. Kerpicein her yüzünün kurumasını sağlamak için güneşe bakan yüzleri zamanla değiştirilerek çabuk kuruması sağlanır (Döndüren, 2008).

Tamamen doğal malzemeden üretilen kerpiç doğaya zararlı katkı içermemektedir. Hizmet ömrünü tamamladıktan sonra ise tamamen yeniden kullanılabilir. İyi bir ısı yalıtımına ve akustik özelliğe sahip olmasının yanı sıra nem düzenleyici olarak da görev yapmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı çevreci, konforlu ve ucuz yapılar sağlayan kerpiç özellikle kırsal bölgelerde her dönem de alternatif malzeme olmuştur (Gül, 2011).

Ekonomik ve kolay bulunabilen bir yapı malzemesi olan kerpiç eski çağlardan beri geleneksel yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Günümüzde ise yeni karışımlarla teknik ve mekanik özellikleri değiştirilerek üretilip kullanılmaktadır (Sarıbiyık, 2013).

Kerpiç üretilen toprak çok killi veya çok kumlu olmamalıdır. Kerpiç toprağında gereğinden fazla ince malzeme kullanılması halinde, büzülme ve çatlamalara neden olur. Topraktaki fazla miktarda kumda ise kil miktarının az olması sebebi ile tanelerin birbirine bağlanması gerçekleşmez. Kil, silt ve kum karışımından oluşan toprak ideal kerpiç toprağıdır. Toprak bünyesindeki kumun kaba ve ince kum barındırması arzu edilir (Şimşek vd. 2001). Kerpiç için ideal karışım oranlarını araştırmacılar farklı aralıklarda tutmaktadır. Tüm araştırmalarda kil oranı %25-35, kum oranı %50-75 arasında farklılık göstermektedir. TS 2514'e göre ise kerpiç toprağı %20-70 arasında kil barındırmakla beraber en uygun oran olarak %30-40 arasında kil ihtiva eden toprak önerilmektedir.

Tuğla gibi inşaatta kullanılan ve örülen kerpiç yine kilden yapılan harçla duvarlarda örülürler.

Güneşte kurutulduklarından dolayı iç kısımlardaki kuruma ile dış yüzeyin kuruması eşit olmamakta ve çatlamalara neden olmaktadır. Bunu engellemek için bitkisel artıklar (saman, sap) gibi maddeler kerpice katılmaktadır (Sarıbiyık, 2013).

En büyük dezavantajı ise suya karşı direncinin düşük olması olan kerpice bu özelliğini iyileştirmek için uçucu küllü kerpiç, çimentolu alçılı kerpiç üretimi çalışmaları devam etmektedir (Sarıbiyık, 2013).

İçerisine çimento katılarak üretilen kerpice çimentolu kerpiç denilmektedir. Çimentolu kerpiç bileşiminde çimento oranı %5, %7, %10 bulunanlar olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır (Sarıbiyık, 2013).

Ülkemizde özellikle kırsal bölgelerdeki inşa edilen yığma yapıların büyük oranı kerpiçten imal edilmektedir. Bu yapıların belirli kurallara göre yapılmasını sağlamak deprem ve su baskını gibi afetlerde can ve mal kaybını en aza indirebilmek amacı ile Kerpiç Yapıların Yapım Kuralları adıyla TS 2515 olup Nisan 1985'te hazırlanmıştır. Kerpiç bloklar ve bu blokların yapım kurallarıyla ilgili yönetmelik ise Şubat 1977'de hazırlanan TS 2514' tür. Bu yönetmeliklere uygun olarak kerpiç bloklar üretilmektedir (Döndüren, 2008).

3.2.2. Tuğla

Toprak malzemelerin pişirilmesi ile elde edilen tuğlalar; toprak malzemenin kolay bir şekilde temin edilmesi, pişirilme işleminin ekonomik olması ve yapıda kullanılmasının kolay olmasından dolayı yapı malzemeleri içerisinde en çok kullanılanların başında gelmektedir.

Tuğla imalatı son yıllarda hızla gelişen sanayi kollarından biri olmakla birlikte Türkiye ekonomisinde önemli bir yere sahip olmaktadır. Tuğla ham maddesi kil olan yapı malzemesidir. Tuğla dış etkenlere ve yanmaya karşı oldukça dayanıklı olduğundan dolayı yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Tuğla, keşfedildiği günden bugüne kadar farklı dizayn ve boyutlarda kullanılmıştır. Ham maddesi olan killi toprağın doğal ve ucuz olmasından dolayı kullanımından vazgeçilmemiştir. İnsanların daha sağlam binalar ve yüksek kuleler inşa etmek istemesinden dolayı M.Ö. 4. yüzyılda, pişmiş tuğlanın kullanılmasına başlanmıştır (Görçiz, 2000).

Tuğla keşfedildiği günden bugüne kadar dizaynı ve boyutları değişen fakat hiçbir zaman vazgeçilemeyen bir malzeme olma özelliğini korumuştur. Tuğlanın ham maddesi olan killi toprak ucuzluğu ve doğallığı ile yerine alternatif olacak bir malzemenin geçmesine izin vermemiştir (Ulusoy, 2008).

3.2.2.1. Tuğlanın tarihçesi

Tuğla hammaddesi kaynakları kum, çakıl vb. iri materyal içermemekte, daha çok akarsular tarafından taşınmakta olan ve suyun enerjisini kaybettiği yerlerde çökelen sedimentlerin birikmesi ile oluşmaktadır (Zal, 2010).

İnsanlar tarafından yapılan ilk eve belki de ilk tuğla üretim tesisi diyebiliriz. Bu evler özellikle deltalarda ve nehir kıyılarında bulunan yerleşim bölgelerinde, kurutulmuş kil tabletler ile yapılacak evlerin yanında oluşturulan basit bir üretim düzeneğiyle gerçekleştirilmiştir. Bu konuyla ilgili başlangıç tarihi vermek mümkün değildir. Ancak tuğla İncil'deki kayıtlara göre ilk olarak M.Ö. 1200 yılında üretilmiş ve Babil Kulesi'nin inşasında kullanılmıştır. Küçük tuğlalardan yapılan Hindistan'da Şanki Bengal'de çıkarılan Paharbur Mabedi'nde harç malzemesi olarak da çamur kullanılmıştır. Bu mabedin 8. ve 9. yüzyıllarda yapıldığı tahmin edilmektedir (Zal, 2010).

Mezopotamya bölgesi içerisindeki Fırat ve Dicle nehirlerinin kıyısında yapılan kazılarda bulunan pişmemiş kil tabletler M.Ö. 13. yüzyılı göstermektedir. Pişmiş topraktan üretilen malzemenin inşaatta kullanılışı çok eski devirlerden günümüze kadar gelmektedir. Başta eşya niteliği taşıyan kil pişirilmesinden sonra kullanım alanı genişlemiştir. Böylece insanlar yapılarını, tabiatta hazır bulunan taşın yanı sıra tuğladan da inşa etmeye başlamışlardır (Zal, 2010).

Mezopotamya uygarlıkları içerisinde yapı malzemesi olarak seramiğin kullanıldığını görüyoruz. Asurlar kili pişmemiş bir şekilde kullanmışlardır. Çin uygarlığı ise seramik malzemenin nicelik ve nitelik olarak şaşırtıcı örnekleriyle doludur. Binlerce kilometre uzunluğunda olan Çin Seddinde kalın iki duvar arasına taş ve toprak doldurarak inşa etmişlerdir (Zal, 2010).

Mısır'daki mabetlerin incelenmesi sonucu tuğlanın çok eski çağlardan beri Mısırlılar tarafından kullanıldığı anlaşılmıştır. Bu tuğlalar çığ ve büyük olarak imal edilmişlerdir. Sahra'da bulunan basamaklı piramit o bölge içerisindeki mevcut mezarların en eskisi olup iç kısmı tuğladan, dış kısmı ise mermer ve taştan yapılmıştır. Mermer ve taşlar çok eski devirlerde sökülmüş fakat iç kısmı oluşturan tuğlalar binlerce yıl boyunca her türlü iklim şartlarına rağmen günümüze kadar

ulaşmayı başarmışlardır. Avrupa’ da ise Romalılar kaliteli tuğla üretmeyi başarmışlardır (Zal, 2010).

3.2.2.2. Tuğla üretimi ve özellikleri

Kilin belli oranlarda su ile karıştırıldıktan sonra plastik hamur haline getirilip sonrasında şekil verilip doğal ortamda kurutulduktan sonra fırınlarda ve özel ocaklarda yüksek sıcaklıklarda (900°C-1300°C) pişirilmesi sonucunda tuğla üretilmektedir (Yüksel ve Şişman 2003).

Tuğla üretiminin ana mamülleri;

- TS 704 Harman tuğlası (duvarlar için)
- TS 705 Fabrika tuğlaları-duvarlar için dolu ve düşey delikli
- TS 1260 Taşıyıcı döşeme tuğlaları (statik çalışmaya katılan)
- TS 1261 Taşıyıcı döşeme tuğlaları (statik çalışmaya katılmayan)
- TS 4562 Fabrika tuğlaları-duvarlar için-klinker tuğla
- TS 4563 Fabrika tuğlaları-duvarlar için-yatay delikli
- TS 4377 Fabrika tuğlaları-duvarlar için-düşey delikli, hafif

şeklinde sıralanabilir(Anonymous, 2019b).

3.2.2.3. Tuğla çeşitleri

Tuğlalar imalat şekillerine, yapım yöntemlerine, boyutlarına, delik durumlarına, basınç dayanımlarına göre gruplandırılırlar (Sarıbyık, 2013).

İmalat şekillerine göre tuğlalar; makine tuğlaları, klinker tuğlaları, sinterleşme tuğlası, cephe tuğlası, ateş tuğlası diye beşe ayrılmıştır.

Yapım yöntemlerine göre tuğlalar; sinterleşmemiş tuğlalar ve klinker tuğlalar olarak ikiye ayrılmıştır.

Boyutlarına göre tuğlalar; normal tuğla, modüler tuğla, blok tuğla diye üçe ayrılır.

Delik durumlarına göre tuğlalar; dolu tuğla, düşey delikli tuğla, yatay delikli tuğla diye üçe ayrılmıştır.

3.2.3. Kiremit

Yan yana dizilerek suyu aşağıya geçirmeyip suyu dışarı akıtacak biçimde yapılmış olan ve çatıları örtmekte kullanılan, kızıl toprak renginde olan, pişmiş balçık levhalara kiremit denir (Sarıbiyık, 2013).

Mekanik yollarla (kesek kıranlar, eziciler, lamalı ya da silindirli kesiciler) ya da atmosferik olayların etkisi ile inceliği ve kıvamı homojen bir hale getirilmiş olan hamura dönüştürülen kilden yapılır. Denetimli bir şekilde nemlendirme işleminden sonra preslerde şekillendirilen hamur, uzun süre kurutulur ve fırında pişirilir. Pişirme aşamasından sonra, pişme derecesine göre ve toprağın türüne göre kahve-kırmızı, canlı kırmızı, pembe-beyaz, pembe-gri kiremitler elde edilir (Sarıbiyık, 2013).

Kiremitlerde pullanma, çarpılma, çatlama gibi özürlerin olmaması istenir. Bir metalle vurulduğu zaman iyi bir kiremit, tiz bir ses çıkarmalıdır. İçinde yabancı maddelerin bulunmamasına çok fazla ehemmiyet verilir. Kiremitlerin görünüşlerinde çok fazla renk farklılığı olmamalıdır(Sarıbiyık, 2013).

Kiremitler; düz kiremitler, yerli kiremitler ve makine kiremitleri olarak üçe ayrılır. Düz ve yerli kiremitler bunların arasından çok az kullanılır. Makine kiremitleri en çok kullanılanlardır (Sarıbiyık, 2013).

3.3. Kırpılmış cam elyaf

Kolemanit, silika, alüminyum gibi cam üretim maddelerinden cam elyaf elde edilmektedir. Ham madde bileşimi, çok ince bir şekilde öğütülerek karıştırılıp, homojen bir karışım yapılır. 1600°C civarındaki sıcaklıkta çalışan bir ergitme fırınında beslenir. Fırın içinde, sıvı hale karışım yavaşça geçer. İşleme uygun bir şekilde yerleştirilmiş bir sarma sistemi ile 50 m/s gibi yüksek bir hız ile daha sonraki uygulama türüne bağlı olarak 5 ile 20 mikron çapında çekilen cam lifleri bir mandal üzerine sarılarak “kek” adında bir bobin üzerinde sarılmaktadır. Kek adındaki bu bobin üzerine sarılan cam lifleri kurutulduktan sonra, kırpılmış demetten keçe, çok uçlu fitil, kırpılmış demetler gibi farklı cam elyaf ürünlerinin elde edilmesi amacıyla işleme tabi tutulup biçimlendirilirler. Cam elyafı biçimlendirildikten sonra yıpranma dayanımını arttırmak amacıyla kimyasallarla bir kaplama işlemi uygulanır. Kaplama malzemesi olarak genellikle elyafın kompozit malzemeye uygulanmasından önce

kolay bir şekilde kaldırılabilen ve suyla çözülebilen polimerler kullanılmaktadır (Gökçer, 2013).

Cam lifinin çekme mukavemeti yüksek olup yanmamaktadır. Ancak yüksek sıcaklıklarda eriyen bir malzemedir. Kerpiç dayanımını olumsuz etkileyen en önemli faktör olan suya karşı da cam lifi yüksek dayanıma sahiptir (Gül, 2011).

Kırılmış cam elyafın özellikleri şunlardır:

- Çekme Dayanımı: 3400 MPa
- Elastisite modülü: 77 GPa
- Uygulama Sıcaklığı: -60°C-+650°C
- Erime Noktası: 1120°C
- Yoğunluk 2,60 g/cm³(Anonymous, 2019a)

3.4. Polipropilen

Yarı şeffaf beyaz katı durumda olan polipropilen, 121 °C' ye kadar sıcaklıklarda uzun süre kullanılabilir. Erime noktası 175 °C' dir. Bu nedenle polipropilen malzemeler sterilize edilebilir. Birçok bükülmeden sonra bile sertliğini muhafaza etmektedir. Kolay bir şekilde renklendirilememektedir (Şahin, 2007).

İyi bir elektriksel direnci bulunmaktadır. Su absorpsiyonu ve geçirgenliği düşük olan polipropilen yakılabilmektedir, ancak yavaş yanmaktadır. Uygun bir şekilde modifiye edildiği zaman iyi bir ısı dayanımına sahip olmaktadır (Şahin, 2007).

4.MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Materyal

Yapılan çalışmada kullanılan malzemeler killi toprak, kırılmış cam elyaf ve polipropilendir.

4.1.1. Killi toprak

Tuğla üretiminin ana maddesi olan killi toprağı tuğla fabrikaları bulundukları yöreden temin etmektedirler. Bu çalışmada Elazığ ilinde tuğla üretimi yapan bir tuğla fabrikasında tuğla üretiminde kullanılan killi toprak temin edilmiştir.

4.1.2. Kırılmış cam elyaf

Piştirilmiş ve piştirilmemiş tuğla üretiminde killi toprak su alırken şişmekte, su kaybederken büzülmeaktadır. Üretilen tuğla numunelerinde katkı maddesi olarak kullanılacak malzemenin şişme ve büzülme esnasında, gevrek yapıda olması çatlamalara sebep olabileceğı, sünek yapıda olması ise killi toprak ile hareket edeceğinden dolayı çatlak oluşumuna sebep olmayacağı ve dayanımı arttıracığı düşünülmektedir. Bundan dolayı esnek bir yapıya sahip olan kırılmış cam elyaf katkı maddesi tercih edilmiştir. 6 mm ve 12 mm boylarına sahip 2 tip kırılmış cam elyaf kullanılmıştır.

Kırılmış cam elyaf'ın erime sıcaklığı 1120°C olduğundan üretilen tuğla numune içerisinde yapısını koruyabileceğı düşünülmüş ve bundan dolayı piştirilmiş ve piştirilmemiş olarak tuğla numuneleri üretilmiştir.

4.1.3. Polipropilen

Tuğla üretimi aşamasında killi toprağı su katılmakta, su katılan numuneler kurutma esnasında ise bu suyu kaybetmektedirler. Bünyesine su alan killi toprak şişmekte, su kaybeden killi toprak ise büzülmeaktadır. Tuğla üretiminde katkı maddesi olarak kullanılacak malzemenin gevrek yapıda olması şişme ve büzülme esnasında

çatlamalara neden olacağı için, sünek yapıda olması şişme ve büzülme esnasında killi toprak ile hareket edeceği için çatlamalara neden olmayacağı ve dayanımı arttıracığı düşünülmektedir. Bundan dolayı 6 mm, 12 mm ve 19 mm boylarına sahip 3 tip polipropilen kullanılmıştır.

Polipropilenin erime noktası 175°C olduğundan dolayı pişirme esnasında eriyip yapısının bozulacağından dolayı sadece pişirilmemiş olarak tuğla numuneleri üretilmiştir.

4.2. Yöntem

Bu çalışmada kırılmış cam elyaf ve polipropilen lifler ayrı ayrı karışımlar oluşturularak pişirilmiş ve pişirilmemiş numuneler üretilmiştir. Toplam 23 farklı karışım oluşturulmuştur. Polipropilen katkılı karışımlar ile pişmemiş numuneler, kırılmış cam elyaf katkılı karışımlar ile hem pişirilmiş ve hem de pişirilmemiş numuneler üretilmiştir. TSE 4790' a göre tuğla ve kiremit toprağı 800°C ile 1200°C arasında pişirildiklerinde, açık sarıdan koyu kahverengine kadar çeşitli renkler alarak tuğla ve kiremit için gerekli mukavemete ulaşmaktadırlar. Bundan dolayı üretilen tuğlalar 900°C ile 1000°C arasında pişirilmişlerdir. Pişmiş ve pişmemiş olarak üretilen numunelerin hacim değişimleri, birim hacim ağırlıklarını, basınç dayanımları ve eğilme hasar yükleri tespit edilmiştir.

4.2.1. Karışım oranlarının belirlenmesi

Çalışma esnasında üretilen numunelere verilen kısaltmalar ve bu kısaltmaların açıklamaları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Deney örneklerinin açıklaması

Kısaltma	Örneklerin Açıklaması
Kontrol-P	Katkısız olarak üretilen pişirilmiş tuğlalar
KCE6-0,5P	6 mm boyunda % 0,5 KCE katkılı pişirilmiş tuğlalar
KCE6-1P	6 mm boyunda % 1 KCE katkılı pişirilmiş tuğlalar
KCE6-1,5P	6 mm boyunda % 1,5 KCE katkılı pişirilmiş tuğlalar
KCE12-0,5P	12 mm boyunda % 0,5 KCE katkılı pişirilmiş tuğlalar
KCE12-1P	12 mm boyunda % 1 KCE katkılı pişirilmiş tuğlalar
KCE12-1,5P	12 mm boyunda % 1,5 KCE katkılı pişirilmiş tuğlalar
Kontrol	Katkısız olarak üretilen pişmemiş tuğlalar
KCE6-0,5	6 mm boyunda % 0,5 KCE katkılı pişirilmemiş tuğlalar
KCE6-1	6 mm boyunda % 1 KCE katkılı pişirilmemiş tuğlalar
KCE6-1,5	6 mm boyunda % 1,5 KCE katkılı pişirilmemiş tuğlalar
KCE12-0,5	12 mm boyunda % 0,5 KCE katkılı pişirilmemiş tuğlalar
KCE12-1	12 mm boyunda % 1 KCE katkılı pişirilmemiş tuğlalar
KCE12-1,5	12 mm boyunda % 1,5 KCE katkılı pişirilmemiş tuğlalar
PP6-0,5	6 mm boyunda % 0,5 PP katkılı pişirilmemiş tuğlalar
PP6-1	6 mm boyunda % 1 PP katkılı pişirilmemiş tuğlalar
PP6-1,5	6 mm boyunda % 1,5 PP katkılı pişirilmemiş tuğlalar
PP12-0,5	12 mm boyunda % 0,5 PP katkılı pişirilmemiş tuğlalar
PP12-1	12 mm boyunda % 1 PP katkılı pişirilmemiş tuğlalar
PP12-1,5	12 mm boyunda % 1,5 PP katkılı pişirilmemiş tuğlalar
PP19-0,5	19 mm boyunda % 0,5 PP katkılı pişirilmemiş tuğlalar
PP19-1	19 mm boyunda % 1 PP katkılı pişirilmemiş tuğlalar
PP19-1,5	19 mm boyunda % 1,5 PP katkılı pişirilmemiş tuğlalar

Çalışmada üretilen karışımda kullanılan killi toprak miktarları ile katkı olarak kullanılan kırılmış cam elyaf ve polipropilen miktarları Çizelge 4.2’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Deney karışım miktarları

	Killi Toprak Miktarı(g)	Kırılmış Cam Elyaf ve Polipropilen Miktarı(g)
Kontrol-P	3000	0
KCE6-0,5P	3000	15
KCE6-1P	3000	30
KCE6-1,5P	3000	45
KCE12-0,5P	3000	0
KCE12-1P	3000	60
KCE12-1,5P	3000	75
Kontrol	3000	0
KCE6-0,5	3000	15
KCE6-1	3000	30
KCE6-1,5	3000	45
KCE12-0,5	3000	15
KCE12-1	3000	30
KCE12-1,5	3000	45
PP6-0,5	3000	15
PP6-1	3000	30
PP6-1,5	3000	45
PP12-0,5	3000	15
PP12-1	3000	30
PP12-1,5	3000	45
PP19-0,5	3000	15
PP19-1	3000	30
PP19-1,5	3000	45

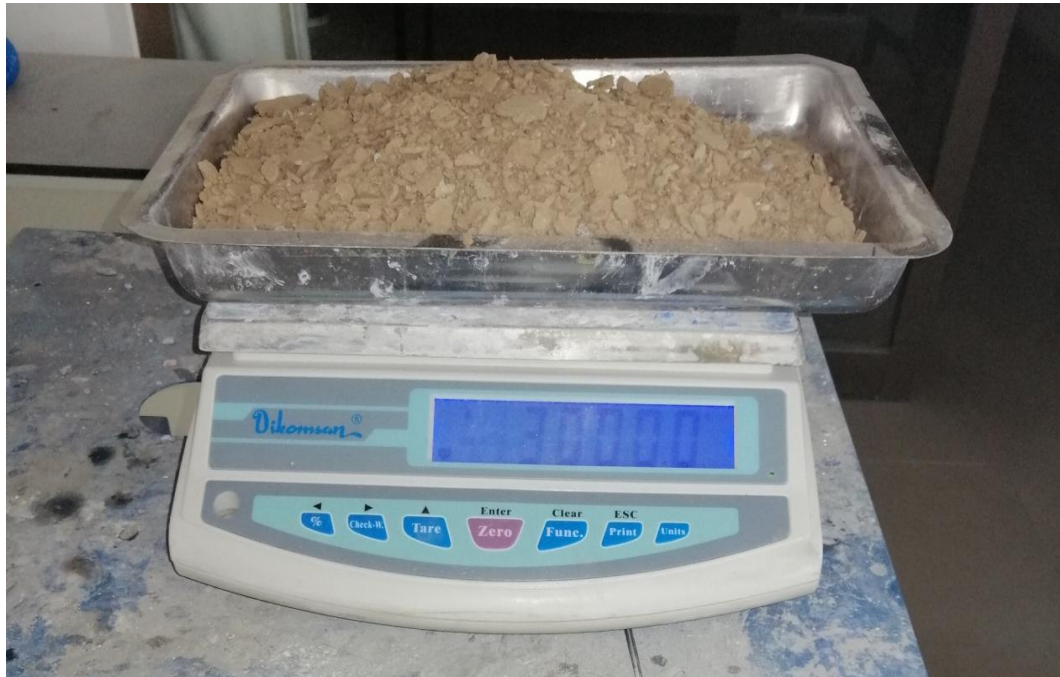
Çizelge 4.2’ de gösterilen karışım tiplerinin her birinden basınç dayanım testi ve eğilme dayanım testi için 3 adet numune üretilmiştir.

4.2.2. Karışımın hazırlanması

Elazığ ilinde bulunan tuğla fabrikasından alınan killi toprak içerisindeki su muhtevasını yok etmek için etüvde 24 saat kurutulmuştur (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Etüvde kurumaya bırakılmış killi toprak



Şekil 4.2. Tartımı yapılan killi toprak

Her bir karışım için Çizelge 4.2’de belirtilen miktarlarda etüv kurusu haline getirilmiş killi toprak (Şekil 4.2), KCE (Şekil 4.3) ve PP (Şekil 4.4) tartılarak karışım yapmak için hazır hale getirilmiştir.



Şekil 4.3. Tartımı yapılmış KCE



Şekil 4.4. Tartımı yapılmış PP



Şekil 4.5. Killi toprak ile KCE'nin veya PP'nin karıştırılması

Karışım suyu içerisine katılan cam elyaflar veya polipropilenler özel başlıklı matkap ile içerisine killi toprak katılarak karıştırılmıştır (Şekil 4.5). Matkapla hazırlanan karışımları homojen bir hale getirmek için elle yoğrulmuştur (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Elle yoğrulmuş karışım

Yoğrulan karışımlar içerisinde hava kabarcıkları kalmaması için her bir karışım hava almayacak şekilde torbalara konularak 24 saat mayalanmaya bırakılmıştır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Mayalanmaya bırakılmış karışım

Mayalanmaya bırakılan karışımlar numune kalıplarından kolay bir şekilde çıkarılması için karışımlar kalıplara yerleştirilmeden önce kalıplar yağlanmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Kalıpların yağlanması

Numuneler 50*50*50 mm ve 40*40*160 mm boylarında olan yağlanmış kalıplara yerleştirilip el ile sıkıştırılmıştır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Kalıplara karışımların yerleştirilmesi

Kalıplara yerleştirilen numunelerin üst yüzeyleri spatula ile düzeltilerek 24 saat laboratuarda bekletilmiştir (Şekil 4.10). Böylece etüvdeki kurutma işlemi sırasında oluşabilecek çatlakları engellenmek amaçlanmıştır.



Şekil 4.10. Kalıplara yerleştirilmiş tuğla numuneleri

24 saat boyunca kalıpta bekleyen numuneler kalıplardan çıkarılarak (Şekil 4.11) $105\pm5^{\circ}\text{C}$ 'de etüvde 24 saat kurutulmuştur.



Şekil 4.11. Kalıptan çıkarılmış tuğla numuneleri

KCE katkılı numunelerin pişirme işlemi uygulanacak olanları kaplara yerleştirilmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Kaplara yerleştirilen tuğla numuneleri

Kaplara yerleştirilen numuneler tuğla fabrikasına götürülüp fırına yerleştirilmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Pişirme işlemi uygulanacak tuğlaların fırına yerleştirilmesi

Numuneler fırına yerleştirildikten sonra fırın kapatılarak (Şekil 4.14) numuneler 900 °C -1000 °C arasında 3 saat boyunca pişirilmiştir.



Şekil 4.14. Pişirme işlemi uygulanan fırının kapatılması

4.2.3. Pişirilmiş ve pişirilmemiş tuğlaların fiziksel özelliklerinin belirlenmesi

4.2.3.1. Hacim kayıplarının belirlenmesi

Pişirilmemiş veya pişirilmiş numunelerin hacim değişimlerini belirlemek için; pişirilmeyecek numuneler etüv’de kurutulduktan sonra, pişirilecek numuneler ise pişirildikten sonra her bir kenarı (L_1 , L_2 , L_3) kumpas ile ölçülerek boyutları belirlenmiştir. Kumpas ile kenar boyları (L_1 , L_2 , L_3) belirlenen numunelerin hacimleri eşitlik (4.1)’de verildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$V=L_1 \times L_2 \times L_3 \quad (4.1)$$

L_1, L_2, L_3 =Kenar boyutları (mm)

İlk boyutları 50 mm*50 mm* 50 mm olan numunelerin hacminden Eşitlik (4.1)' den elde edilen değer çıkarılarak hacim kayıpları belirlenmiştir.

4.2.3.2. Birim hacim ağırlıklarının belirlenmesi

Numunelerin hacim ağırlıklarını belirlemek için Eşitlik (4.1) yardımı ile hacimleri belirlenen numunelerin ağırlıkları tartılarak belirlenmiştir. Ağırlıkları ve hacimleri belli olan numunelerin birim hacim ağırlıkları TS 705'e göre Eşitlik (4.2)' de verildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$d_h = \frac{M_k}{V_h} \quad (4.2)$$

d_h =Birim hacim ağırlık (g/cm³)

M_k =Kuru ağırlık (g)

V_h =Kuru hacim (cm³)

4.2.3.3. Basınç dayanımlarının belirlenmesi

Etüvde kurutulmuş numunelerin basınç dayanımları TS 705' e göre Eşitlik (4.3)'de verilen şekilde hesaplanmıştır.

$$f_b = \frac{P_k}{A_0} * k \quad (4.3)$$

f_b = Tuğlanın basınç dayanımı (MPa)

P_k =Kırılma anındaki yük (N)

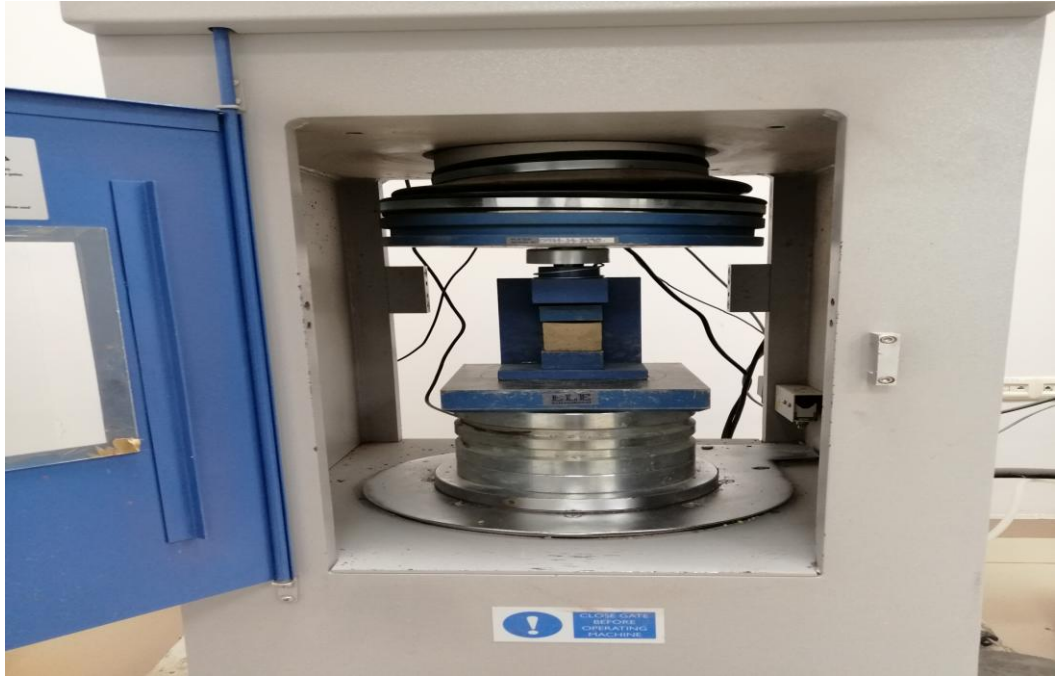
A_0 =Tuğlanın basınç uygulanan yüzünün alanı (mm²)

k =Tuğlanın biçim katsayısı (TS 705'e göre 1)

Basınç dayanımları Ele marka basınç test cihazı kullanılarak elde edilmiştir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Basınç testi cihazı



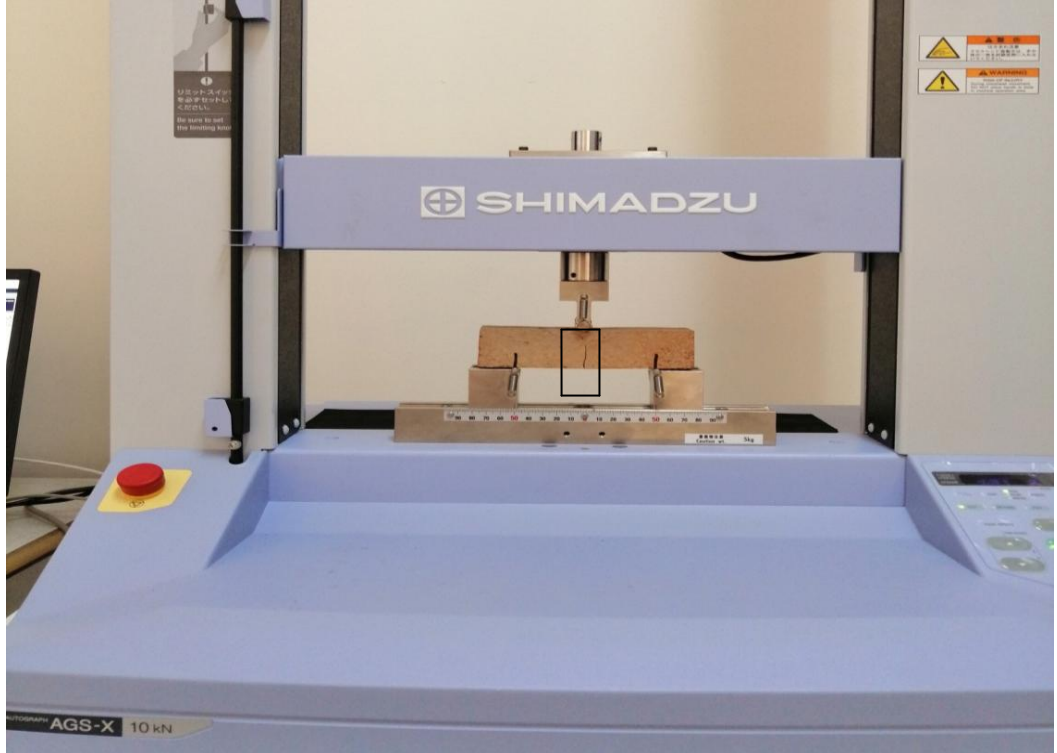
Şekil 4.16. Numunelere uygulanan basınç dayanım testi

4.2.3.4.Eğilme hasar yüklerinin belirlenmesi

Piştirilmiş ve piştirilmemiş numunelerin eğilme testi sırasındaki hasar yükleri Shimadzu marka cihaz yardımı ile belirlenmiştir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Eğilme testi cihazı



Şekil 4.18. Numunelere uygulanan eğilme testi

5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Piştirilmemiş ve piştirilmiş numunelerin hacim kayıpları, birim hacim ağırlıkları, basınç dayanımları, eğilme hasar yükleri belirlenmiştir.

5.1. Piştirilmemiş KCE Katkılı Tuğlaların Fiziksel Özellikleri

5.1.1. Piştirilmemiş KCE katkıli tuğlaların hacim kayıpları

KCE katkıli üretilen piştirilmemiş tuğlaların hacim kayıpları katkısız üretilen tuğlaların hacim kayıplarına göre düşük değerlere sahip olduğu görülmüştür. % 0.5, %1 ve %1.5 oranlarında 6 mm boyundaki KCE katkıli tuğlalarda, katkısız tuğlalara göre %8.82, %15.86 ve %19.22 oranlarında düşük hacim kayıpları görülmüştür. Yüzde kayıplar ile oluşan hacim kayıpları ise sırasıyla 12294.918, 11345.826 ve 10892.119 mm³ olarak elde edilmiştir. % 0.5, %1 ve %1.5 oranlarında 12 mm boyundaki KCE katkıli tuğlalar ise katkısız tuğlalara göre %10.08, %17.09 ve %20.82 oranlarında düşük hacim kayıpları görülmüştür. Yüzde kayıplar ile oluşan hacim kayıpları ise sırasıyla 12124.654, 11179.545, 10676.586 mm³ olarak elde edilmiştir (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1. Piştirilmemiş KCE katkıli tuğlaların hacim kayıpları

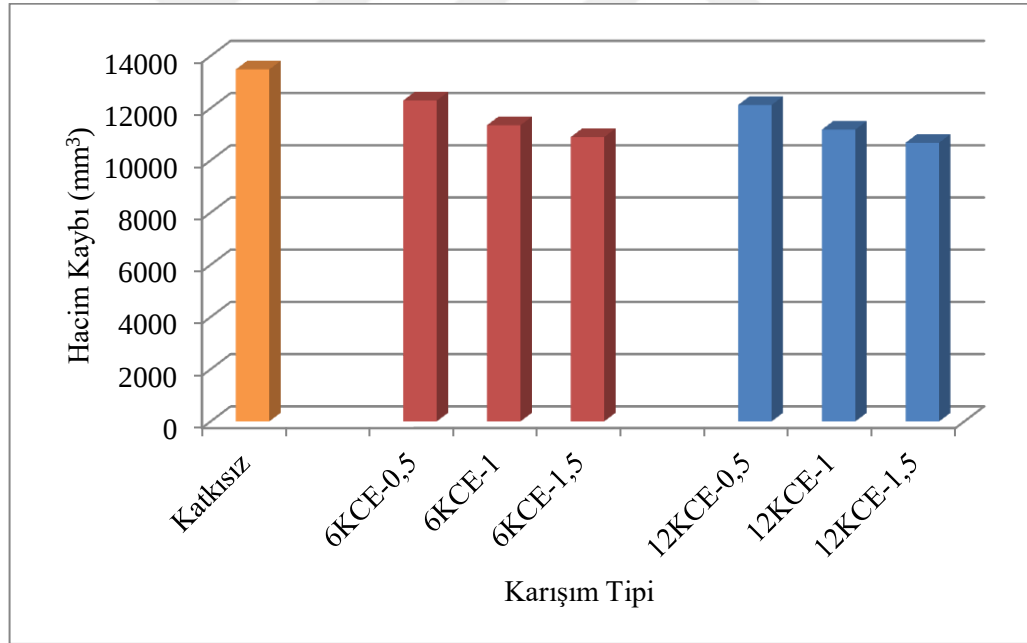
Karışım Tipi	Hacim Kaybı (mm ³)
Katkısız	13484.508
6KCE-0,5	12294.918
6KCE-1	11345.826
6KCE-1,5	10892.119
12KCE-0,5	12124.654
12KCE-1	11179.545
12KCE-1,5	10676.586

Demir ve Orhan (2001) çalışmalarında, pomza hammaddesinin tuğla üretiminde kullanılmasını araştırmışlardır. Araştırma sonucunda pomza katkının kuruma küçülmesini azalttığı belirlenmiştir.

Abi vd. yaptıkları çalışmada volkanik tüf katkısının tuğla özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Yapılan araştırma sonucunda, volkanik tüf miktarı arttıkça, kuruma ve pişme küçülmelerinde azalmalar görülmüştür.

Esmeray ve Atıs (2019) yaptıkları çalışmada, kil tuğla üretiminde lağım çamuru, fırın cürufu ve uçucu külün kullanımını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda kuruma küçülmesinin, sevk çamuru miktarı arttıkça azaldığını görülmüştür.

Türkmen vd. (2017) yaptıkları çalışmada, alçı ve Elazığ ferrokrom cürufu ile üretilmiş fırınlanmamış toprak tuğlaların mekanik ve fiziksel özellikleri incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda, alçı ve kireç birlikte kullanımının, diğer numunelere kıyasla büzülme değerlerinde önemli bir azalmaya yol açtığı görülmüştür. Benzer şekilde, Elazığ ferrokrom cürufunun eklenmesi büzülme değerlerinde düşüşe katkıda bulunduğu gözlenmiştir.



Şekil 5.1. Pişirilmemiş KCE katkılı tuğlaların hacim kayıpları

Şekil 5.1' e göre 6 mm veya 12 mm boyundaki KCE katkısı ile üretilen gerçekleştirilen pişirilmemiş tuğlaların hacim kayıplarının, katkısız olarak üretilen numunelerin hacim kayıplarından daha düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca 6 mm veya 12 mm boyundaki KCE katkısı ile üretilen gerçekleştirilen pişirilmemiş

tuğlalarda KCE katkı oranının ve boyunun artmasıyla ortalama hacim kaybının azaldığı Şekil 5.1’ de görülmüştür. Bu azalmanın KCE’ nin tuğla içerisindeki kılcal boşlukları doldurarak tuğlaların büzülmelerini azaltmasından dolayı olduğu düşünülmektedir. KCE katkı oranının artması da hacim kaybının azalmasını sağlamıştır. Tuğla üretimi aşamasında hacim kaybının azalmasıyla istenilen boyutlarda tuğla üretimi kolaylaşmaktadır.

5.1.2. Pişirilmemiş KCE katkılı tuğlaların birim hacim ağırlıkları

KCE %0.5, %1 ve %1.5 oranlarında tuğla üretiminde katkı olarak kullanılarak pişirilmemiş tuğlalar üretilmiştir. 6 mm boyundaki KCE katkılı olarak üretilen pişirilmemiş tuğlaların birim hacim ağırlıkları katkısız olarak üretilen tuğlaların birim hacim ağırlıklarına göre sırasıyla %2.29, %4.27 ve %5.56 daha düşük değerlere sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 5.2). Görülen bu düşük değerler ise sırasıyla 1.967, 1.927 ve 1.901 g/cm³’tür. 12 mm boyundaki KCE katkılı olarak üretilen pişirilmemiş tuğlaların birim hacim ağırlıkları ise katkısız olarak üretilen tuğlaların birim hacim ağırlıklarına göre sırasıyla %2.83, %4.97 ve %6.06 daha düşük değerlere sahip olduğu görülmüştür. Görülen bu düşük değerler ise sırasıyla 1.956, 1.913 ve 1.891 g/cm³’tür.

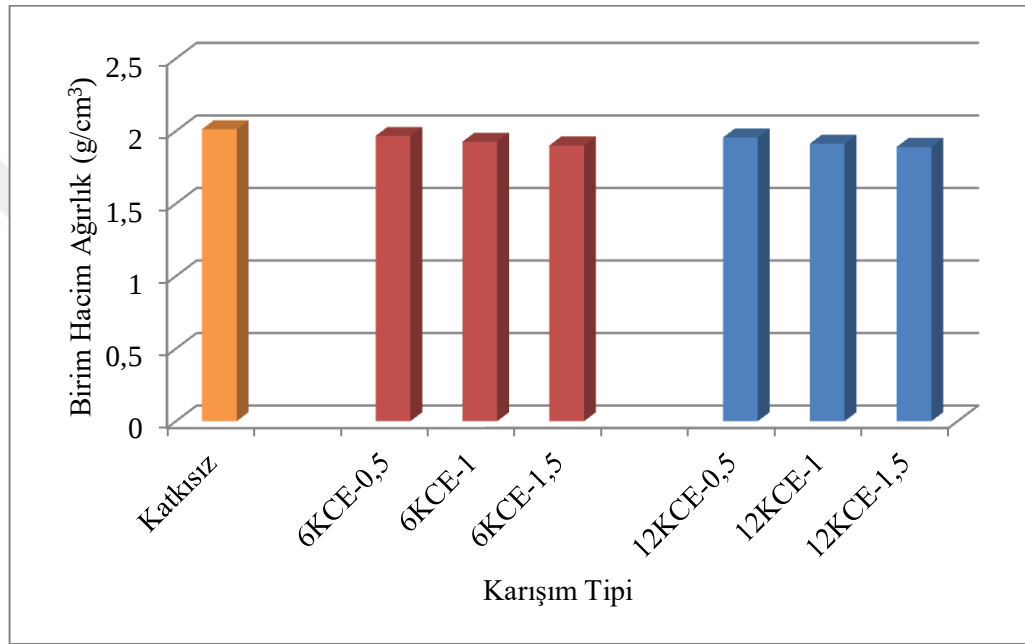
Çizelge 5.2. Pişirilmemiş KCE katkılı tuğlaların birim hacim ağırlıkları

Karışım Tipi	Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)
Katkısız	2.013
6KCE-0,5	1.967
6KCE-1	1.927
6KCE-1,5	1.901
12KCE-0,5	1.956
12KCE-1	1.913
12KCE-1,5	1.891

Binici vd. (2010) çalışmalarında kerpiç yapıların, avantajları ve dezantajları ile depreme dayanıksız olup olmadıklarını araştırmışlardır. Yapılan araştırma sonucunda pomza oranı arttıkça kerpiçlerin birim ağırlıklarının azaldığı görülmüştür.

Abi vd. yaptıkları çalışmada volkanik tüf katkısının tuğla özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Yapılan araştırma sonucunda, volkanik tüf miktarı arttıkça, birim hacim ağırlığında azalmalar görülmüştür.

Demir (2006), işlenmiş atık çay ile inşaat tuğla üretimi üzerine bir araştırma çalışma yapmıştır. Çalışma sonucunda katkı miktarı artıkça, yoğunluğun azaldığı görülmüştür.



Şekil 5.2. Pişirilmemiş KCE katkılı tuğlaların birim hacim ağırlıkları

6 mm ve 12 mm boyundaki KCE katkısıyla pişirilmemiş şekilde üretilen tuğlaların birim hacim ağırlıkları, katkısız olarak üretilen numunelerin birim hacim ağırlıklarından daha düşük olduğu görülmüştür (Şekil 5.2). Ayrıca 6 mm ve 12 mm boyundaki KCE katkısı ile üretilen pişirilmemiş tuğlalarda KCE katkı oranının ve boyunun artmasının hacim kaybını azalttığı görülmüştür (Şekil 5.1). KCE' nin katkı oranının ve boyunun artmasıyla tuğlanın hacim kaybının azalması, toplam hacmin fazla olması sağlamıştır. Tuğlanın hacminin fazla olması da birim hacim ağırlığının azalmasına sebep olduğu söylenebilir. Ayrıca yapılarda kullanılan tuğlaların birim hacim ağırlığının düşük olması bina yükünün azalmasını sağlayacaktır.

5.1.3. Pişirilmemiş KCE katkılı tuğlaların basınç dayanımları

Pişirilmemiş tuğla üretiminde, KCE %0,5, %1 ve %1,5 oranlarında katkı olarak kullanılmıştır. Çizelge 5.3' e göre 6 mm boyundaki KCE katkılı olarak üretilen pişirilmemiş tuğlaların basınç dayanımları katkısız olarak üretilen tuğlaların basınç dayanımlarından sırasıyla %4.76, %14.56, %23.67 oranlarında daha yüksek çıkmıştır. Elde edilen basınç dayanımları sırasıyla 2.863 MPa, 3.131 MPa ve 3.38 MPa olarak elde edilmiştir. 12 mm boyunda KCE ile üretilen pişirilmemiş tuğlaların basınç dayanımları ise katkısız olarak üretilen tuğlaların basınç dayanımlarından sırasıyla %9.51, %22.28 ve %31.8 oranlarında daha yüksek olarak elde edilmiştir. Elde edilen bu basınç dayanımları sırasıyla 2.993 MPa, 3.342 MPa ve 3.602 MPa olarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.3. Pişirilmemiş KCE katkılı tuğlaların basınç dayanımları

Karışım Tipi	Basınç Dayanımı (MPa)
Katkısız	2.733
6KCE-0,5	2.863
6KCE-1	3.131
6KCE-1,5	3.38
12KCE-0,5	2.993
12KCE-1	3.342
12KCE-1,5	3.602

Demir (2006) işlenmiş atık çay ile inşaat tuğla üretimi üzerine bir araştırma çalışma yapmıştır. Çalışma sonucunda katkı miktarı arttıkça, basınç dayanımının arttığı görülmüştür.

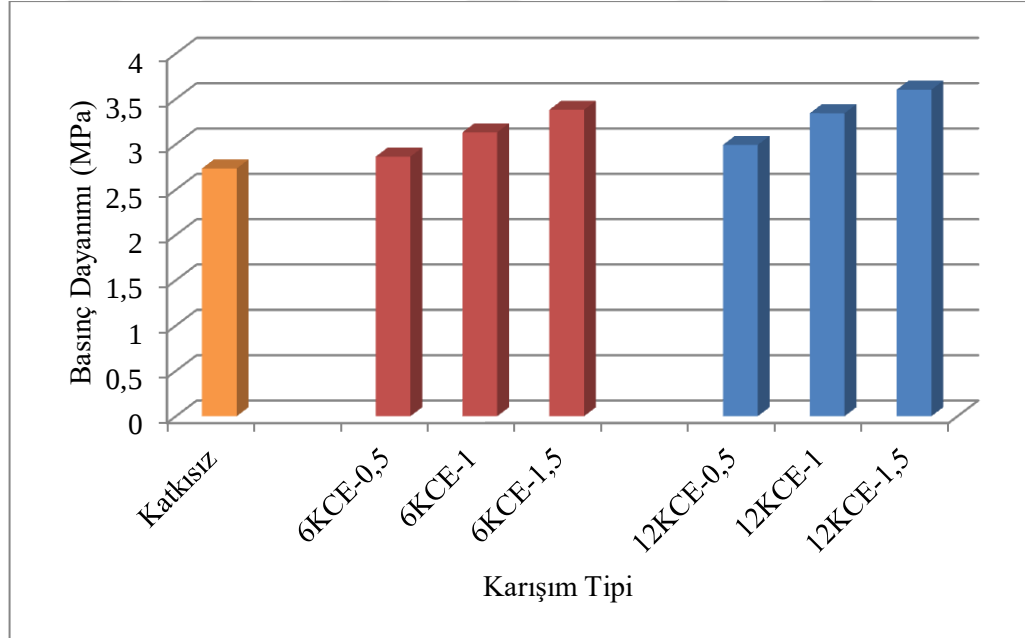
Gül (2011) yaptığı çalışmada, cam lifi ve hava sürükleyici katkı kullanılarak kerpiç özelliklerini iyileştirmeye çalışmıştır. Çalışma sonucunda cam lifi ve hava sürükleyici katkı oranının artması ile basınç dayanım değerinin arttığı görülmüştür.

Sürül (2015) tuğla üretiminde yüksek fırın cürufu ve uçucu külün katkı olarak kullanılmasını araştırmıştır. Yapılan araştırma sonucunda, tuğla örneklerinde basınç mukavemeti değerleri, pişirme sıcaklığının artması ve yüksek fırın cürufu katkı oranının artması ile artış göstermiş, uçucu kül katkı oranının artışı ile azalma göstermiştir.

Şahin (2009) çalışmasında borik asit katkılu tuğla üretimini araştırmıştır. Araştırma sonucunda, borik asit katkı miktarının artması ile basınç dayanımının arttığı görülmüştür.

Şahin (2008) çalışmasında ham ve kalsine kolemanit atıklarının tuğla yapımında kullanım olanaklarını araştırmıştır. Kalsine kolemanit oranını % 5 arttırarak kalsine kolemanit atığı oranı maksimum %45 olana kadar devam edilmiştir. Araştırma sonucunda kalsine kolemanit atığı oranı arttıkça mukavemet değerlerinde düzenli artış görülmüştür.

Türkmen vd. (2017) yaptıkları çalışmada, alçı ve Elazığ ferrokrom cürufu ile üretilmiş fırınlanmamış toprak tuğlaların mekanik ve fiziksel özellikleri incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda, alçının, Elazığ ferrokrom cürufuna kıyasla daha yüksek basınç dayanımı değerleri göstermiştir. Ancak, Elazığ ferrokrom cürufu katkı maddeleri kullanılarak üretilen numunelerin basınç dayanımında önemli bir azalma görülmemiştir.



Şekil 5.3. Pişirilmemiş KCE katkılu tuğlaların basınç dayanımları

6 mm veya 12 mm boyundaki KCE katkısı ile üretilen pişirilmemiş tuğlaların basınç dayanımlarının katkısız olarak üretilen numunelerin basınç dayanımlarından daha yüksek olduğu Şekil 5.3’de görülmüştür. Ayrıca KCE katkısı ile üretilen pişirilmemiş tuğlalarda KCE katkı oranının ve boyunun artması ile basınç dayanımının arttığı görülmüştür. KCE lifleri yanal deformasyonu azaltarak daha yüksek bir basınç mukavemeti değerine ulaşılmasını sağlarlar. KCE boyunun artması ile, kenetlenme boyu artacağından dolayı basınç dayanımının arttığı düşünülmektedir.

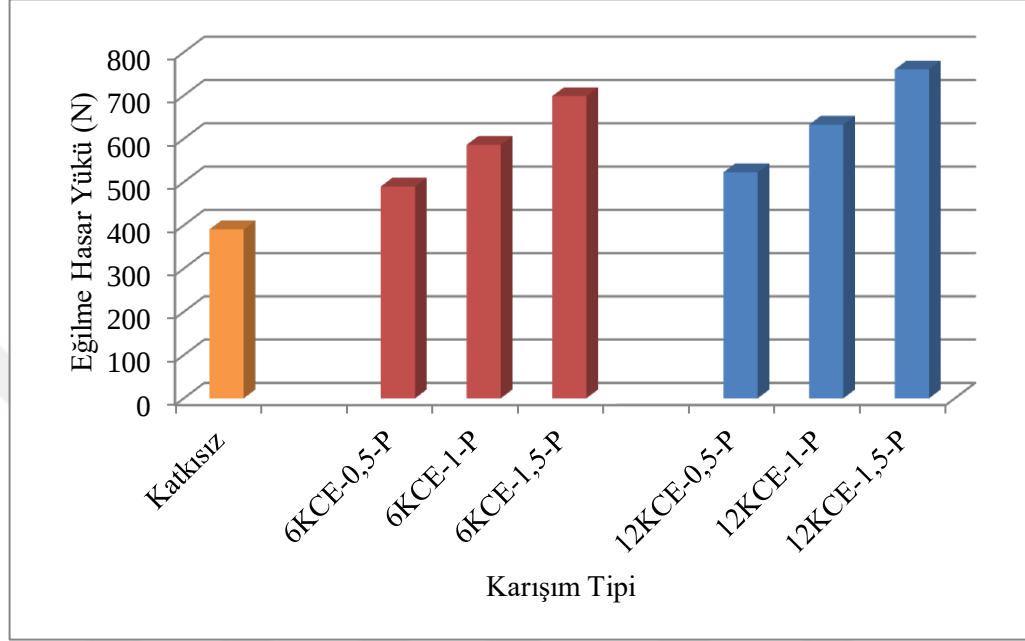
5.1.4. Pişirilmemiş KCE katkılı tuğlaların eğilme hasar yükleri

Pişirilmemiş tuğla üretiminde, %0,5, %1 ve %1,5 oranlarında KCE katkı olarak kullanılmıştır. Çizelge 5.4’e göre 6 mm boyundaki KCE katkılı olarak üretilen pişirilmemiş tuğlaların eğilme hasar yükleri, katkısız olarak üretilen tuğlaların eğilme hasar yüklerinden sırasıyla %25,39, %49,95 ve %78,80 oranlarında daha yüksek değerler elde edilmiştir. Elde edilen bu eğilme hasar yükleri sırasıyla 489,845 N, 585,807 N ve 698,516 N’dur. 12 mm boyundaki KCE katkılı olarak üretilen pişirilmemiş tuğlaların eğilme hasar yükleri ise, katkısız olarak üretilen tuğlaların eğilme hasar yüklerinden sırasıyla %33,75, %61,92 ve %94,61 oranlarında daha yüksek değerler elde edilmiştir. Elde edilen bu eğilme hasar yükleri sırasıyla 522,509 N, 632,572 N ve 760,257 N’ dur.

Çizelge 5.4. Pişirilmemiş KCE katkılı tuğlaların eğilme hasar yükleri

Karışım Tipi	Eğilme Hasar Yüğü (N)
Katkısız	390.66
6KCE-0,5-P	489.845
6KCE-1-P	585.807
6KCE-1,5-P	698.516
12KCE-0,5-P	522.509
12KCE-1-P	632.572
12KCE-1,5-P	760.257

Kizilkanat vd. (2015) çalışmalarında bazalt ve cam elyaf takviyeli betonun mekanik özelliklerini ve kırılma davranışını araştırmışlardır. Bu araştırma sonucunda cam elyaf eklenmesiyle eğilme mukavemetinde artış olduğu görülmüştür.



Şekil 5.4. Pişirilmemiş KCE katkılu tuğlaların eğilme hasar yükleri

6 mm veya 12 mm boyundaki KCE katkısıyla pişirilmemiş olarak üretimi gerçekleştirilen tuğlaların, katkısız olarak üretilen pişirilmemiş tuğlalarına göre eğilme hasar yükleri daha yüksek olduğu Şekil 5.4' de görülmüştür. Ayrıca KCE katkısı ile üretilen pişirilmemiş tuğlalarda KCE katkı oranının ve boyunun artması ile eğilme hasar yüklerinin arttığı da görülmüştür. Eğilme hasar yükünün artmasını, basınç dayanımının artmasını da sağlayan KCE ve killi toprağın birbirine kenetlenmesi sayesinde olduğu düşünülmektedir. KCE boyunun artması ile kenetlenme boyu artacağından dolayı eğilme hasar yükünün de bundan dolayı arttığı söylenebilir.

5.2. Pişirilmiş KCE Katkılı Tuğlaların Fiziksel Özellikleri

5.2.1. Pişirilmiş KCE katkılı tuğlaların hacim kayıpları

Pişirilmiş tuğla üretiminde KCE katkılı üretilen tuğlaların hacim kayıplarının katkısız üretilen tuğlaların hacim kayıplarına göre yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür. 6 mm ve 12 mm boyundaki KCE %0.5, %1 ve %1.5 oranlarında katkı kullanılarak tuğlalar üretilmiştir. 6 mm boyundaki KCE katkılı tuğlalarda, katkısız tuğlalara göre sırasıyla %4.68, %9.60, %14.62 oranlarında yüksek hacim kayıpları görülmüştür. Yüzde kayıplar ile oluşan hacim kayıpları sırasıyla 11296.381, 11827.12 ve 12368.58 mm³ olarak elde edilmiştir. 12 mm boyundaki KCE katkılı numunelerde ise katkısız numunelere göre sırasıyla %7.51, %12.22 ve %19.07 oranlarında daha yüksek hacim kayıpları elde edilmiştir. Yüzde kayıplar ile oluşan hacim kayıpları ise sırasıyla 11601.785, 12110.359 ve 12849.315 mm³ olarak elde edilmiştir (Çizelge 5.5).

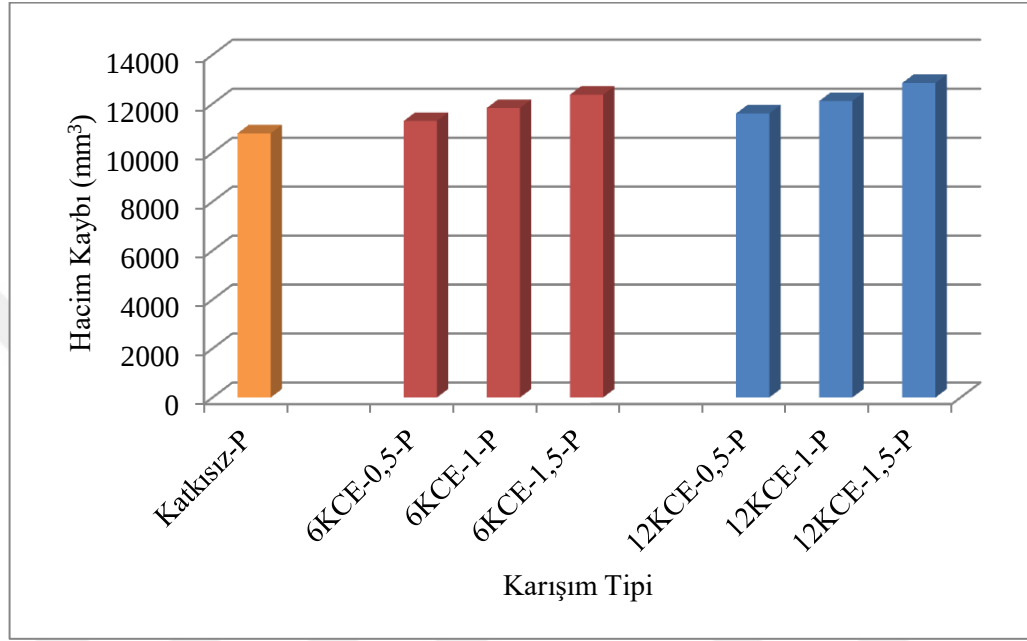
Çizelge 5.5. Pişirilmiş KCE katkılı tuğlaların hacim kayıpları

Karışım Tipi	Hacim Kaybı (mm ³)
Katkısız-P	10791.261
6KCE-0,5-P	11296.381
6KCE-1-P	11827.12
6KCE-1,5-P	12368.58
12KCE-0,5-P	11601.785
12KCE-1-P	12110.359
12KCE-1,5-P	12849.315

Demir vd. (2004) çalışmalarında, bazik pomzanın (Osmaniye-Ceyhan yöresi) yapı tuğlası üretiminde kullanılmasını araştırmışlardır. Araştırma sonucunda pomza katkısı kuruma küçülmesini arttırmış ancak toplam küçülmeyi azaltmıştır.

Abi vd. (2006) yaptıkları çalışmada, peridotit katkısı ile tuğla özelliklerinin geliştirilmesini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda peridotit katkı miktarı arttıkça pişme küçülme değerlerinde artış gözlenmiştir.

Şahin (2008) çalışmasında ham ve kalsine kolemanit atıklarının tuğla yapımında kullanım olanaklarını araştırmıştır. Araştırma sonucunda artan kalsine kolemanit atığı ile hazırlanan tuğla bünyelerinin 900°C’ deki pişme küçülmesi değerlerinin arttığı görülmüştür.



Şekil 5.5. Pişirilmiş KCE katkılı tuğlaların hacim kayıpları

Şekil 5.5’ e göre 6 mm veya 12 mm boyundaki KCE katkısıyla üretilen pişirilmiş tuğlaların hacim kayıpları katkısız olarak üretilen numunelerin hacim kayıplarından yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca 6 mm veya 12 mm boyundaki KCE katkısı ile üretilen pişirilmiş tuğlalarda KCE katkı oranının ve boyunun artması ile hacim kaybının arttığı görülmüştür. KCE’ in erime noktası 1120°C olarak belirtilmektedir. Bundan dolayı tuğlalar 900°C ile 1000°C arasında 3 saat pişirilmiştir. Ancak KCE’ nin uygulama sıcaklığı -60°C-+650°C arasında olduğundan dolayı, KCE’ nin pişirme sırasında özelliğini kaybettiği düşünülmektedir. Bundan dolayı tuğlanın hacim kaybının artmasına sebep olduğu düşünülmektedir. Hacim kaybının fazla olması istenilen boyutta tuğla üretilmesini olumsuz etkilemektedir.

5.2.2. Pişirilmiş KCE katkılı tuğlaların birim hacim ağırlıkları

Pişirilmiş tuğla üretiminde KCE %0.5, %1 ve %1.5 oranlarında katkı olarak kullanılarak tuğla üretimi gerçekleştirilmiştir. Çizelge 5.6' ya göre 6 mm boyundaki KCE katkılı olarak üretilen pişirilmiş tuğlaların birim hacim ağırlıkları, katkısız olarak üretilen tuğlaların birim hacim ağırlıklarına göre sırasıyla %0, %0.304 ve %0.549 daha düşük değerler elde edilmiştir. Elde edilen bu düşük değerler ise sırasıyla 1.837, 1.831, 1.827 g/cm³ olarak bulunmuştur. 12 mm boyundaki KCE katkılı olarak üretilen pişirilmiş tuğlaların birim hacim ağırlıkları ise katkısız olarak üretilen tuğlaların birim hacim ağırlıklarına göre sırasıyla %0.054, %0.311 ve %0.706 daha düşük değerler elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler ise sırasıyla 1.836, 1.832, 1.824 g/cm³ olarak bulunmuştur.

Çizelge 5.6. Pişirilmiş KCE katkılı tuğlaların birim hacim ağırlıkları

Karışım Tipi	Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)
Katkısız-P	1.837
6KCE-0,5-P	1.837
6KCE-1-P	1.831
6KCE-1,5-P	1.827
12KCE-0,5-P	1.836
12KCE-1-P	1.832
12KCE-1,5-P	1.824

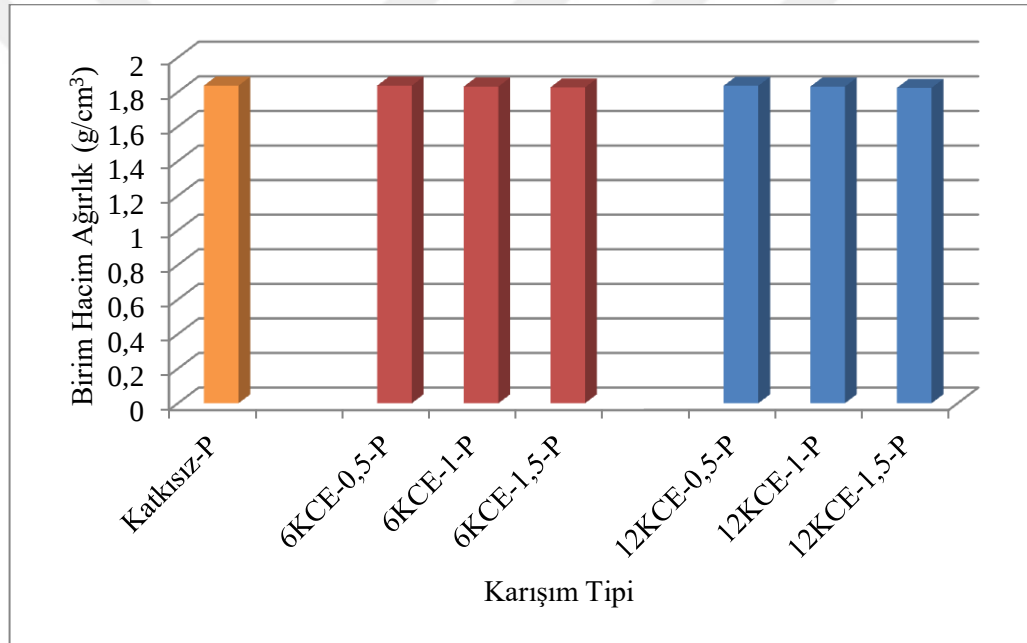
Abi vd. yaptıkları çalışmada, kırmızı çamur ve mermer tozu katkısının tuğla özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Yapılan araştırma sonucunda katkı miktarı arttıkça birim hacim ağırlıkları azaldığı gözlenmiştir.

Demir vd. (2004) çalışmalarında, bazik pomzanın (Osmaniye-Ceyhan yöresi) yapı tuğlası üretiminde kullanılmasını araştırmışlardır. Araştırma sonucunda pomza katkısının birim hacim ağırlığında azalmaya yol açtığı görülmüştür.

Abi vd. çalışmalarında, hematit ve mermer tozu katkısının tuğla özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Yapılan araştırma sonucunda katkı miktarı arttıkça birim hacim ağırlığının azaldığı gözlenmiştir.

Kazmi vd. (2016) yaptıkları çalışmada, atık şeker kamışı küspesi ve pirinç kabuğu külleri kullanımı ile sürdürülebilir kil tuğla üretimini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, atık şeker kamışı küspesi ve pirinç kabuğu içeriğindeki artışla, tuğla numunelerinin birim alandaki ağırlığının azaldığı görülmüştür.

Ulusoy (2008) uçucu kül, tekstil fabrikası atık külü ve bazaltik pomzanın tuğla üretiminde katkı olarak kullanılmasını araştırmıştır. Araştırma sonucunda katkılı tuğla numunelerinin birim hacim ağırlıklarının, katkısız tuğla numunelerine göre fazla olduğu görülmüştür. Pomza katkılı örneklerde katkı oranı arttıkça birim hacim ağırlık artarken, tekstil fabrikası atık külü katkılı örneklerde düştüğü görülmüştür.



Şekil 5.6. Pişirilmiş KCE katkılı tuğlaların birim hacim ağırlıkları

6 mm veya 12 mm boyundaki KCE'ler ile üretilen pişirilmiş tuğlalarının birim hacim ağırlıkları katkısız olarak üretilen pişirilmiş tuğlalarının birim hacim ağırlıklarına göre önemli bir değişikliğin olmadığı Şekil 5.6' da görülmüştür. Ayrıca KCE katkı oranının ve boyunun artması da ortalama birim hacim ağırlığında önemli bir değişime neden olmamıştır.

5.2.3. Pişirilmiş KCE katkılı tuğlaların basınç dayanımları

Pişirilmiş tuğla üretiminde, KCE %0.5, %1 ve %1.5 oranlarında katkı olarak kullanılmıştır. Çizelge 5.7' ye göre 6 mm boyundaki KCE katkılı olarak üretilen pişirilmiş tuğlaların basınç dayanımlarının, katkısız olarak üretilen tuğlaların basınç dayanımlarından sırasıyla %28.29, %41.17 ve %49.25 oranlarında düşük olduğu görülmüştür. Bu basınç dayanımları sırasıyla 10.729 MPa, 8.802 MPa ve 7.593 MPa olarak elde edilmiştir. 12 mm boyundaki KCE katkılı olarak üretilen pişirilmiş tuğlaların basınç dayanımlarının ise katkısız olarak üretilen tuğlaların basınç dayanımlarından sırasıyla %17.63, %37.28 ve %44.11 oranlarında daha düşük olduğu görülmüştür. Bu basınç dayanımları ise sırasıyla 12.323 MPa, 9.384 MPa, 8.362 MPa olarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.7. Pişirilmiş KCE katkılı tuğlaların basınç dayanımları

Karışım Tipi	Basınç Dayanımı (MPa)
Katkısız-P	14.961
6KCE-0,5-P	10.729
6KCE-1-P	8.802
6KCE-1,5-P	7.593
12KCE-0,5-P	12.323
12KCE-1-P	9.384
12KCE-1,5-P	8.362

Abi vd. yaptıkları çalışmada, kırmızı çamur ve mermer tozu katkısının tuğla özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Yapılan araştırma sonucunda katkı miktarı arttıkça basma dayanımlarının azaldığı gözlenmiştir.

Görhan (2012) yaptığı çalışmada, bor oksit ve borik asit katkısının kil tuğlası özelliklerine etkisini araştırmıştır. Araştırma sonucunda, bor oksit ve borik asit katkısının basınç dayanımını azalttığı görülmüştür.

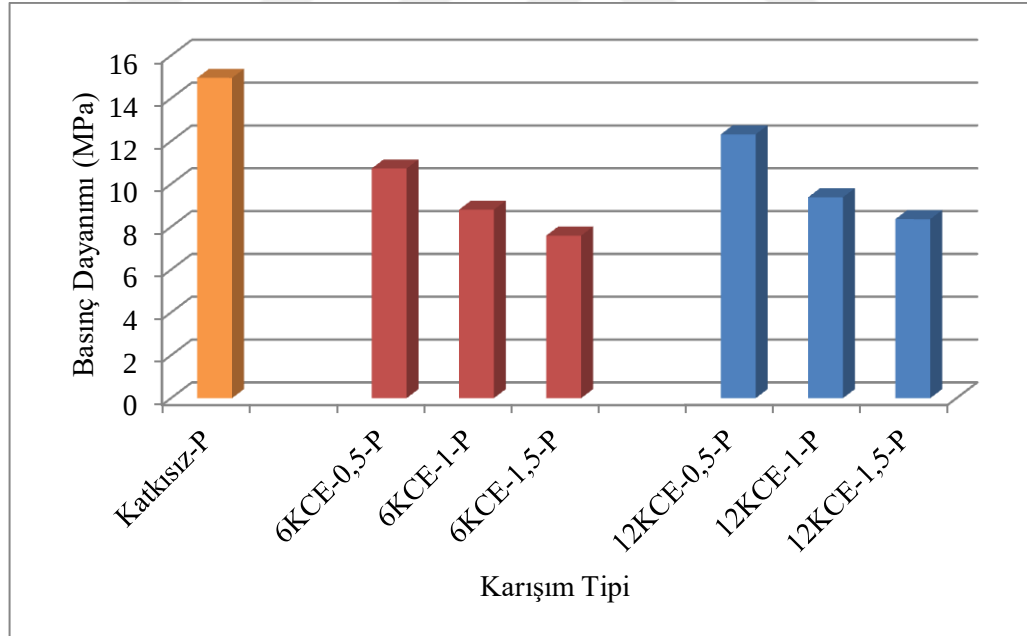
Abi vd. çalışmalarında, hematit ve mermer tozu katkısının tuğla özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Yapılan araştırma sonucunda katkı miktarı arttıkça basma dayanımlarının azaldığı gözlenmiştir.

Aksay vd. (2004) çalışmalarında, İzmir-Menderes yöresi asidik pomzanın tuğla olarak değerlendirilmesini araştırmışlardır. Yapılan araştırma sonucunda, pomza miktarı arttıkça tuğlaların mukavemetlerinde önemli ölçüde düşüş gözlenmiştir.

Abi vd. yaptıkları çalışmada volkanik tüf katkısının tuğla özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Yapılan araştırma sonucunda, volkanik tüf miktarı arttıkça, basma dayanımlarının azaldığı görülmüştür.

Kazmi vd. (2016) yaptıkları çalışmada, atık şeker kamışı küspesi ve pirinç kabuğu külleri kullanımı ile sürdürülebilir kil tuğla üretimini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, atık şeker kamışı küspesi ve pirinç kabuğu değerlerindeki artışla basınç dayanımının azaldığı görülmüştür.

Yıldırım (2018) çalışmasında termik santral uçucu külünün tuğla dayanımına etkisini araştırmıştır. Araştırma sonucunda pişirme sıcaklığı arttıkça dayanım artmasına rağmen, uçucu kül içeriğinin artışına bağlı olarak dayanım sade tuğla kiline nazaran azaldığı görülmüştür.



Şekil 5.7. Pişirilmiş KCE katkılı tuğlaların basınç dayanımları

6 mm ve 12 mm boyundaki KCE katkısı ile üretilen pişirilmiş tuğlaların basınç dayanımları katkısız olarak üretilen tuğlaların basınç dayanımlarından düşük olduğu Şekil 5.7' de görülmüştür. Ayrıca KCE katkısı ile üretilen pişirilmiş tuğlalarda KCE

katkı oranının artması ile basınç dayanımının azaldığı fakat KCE boyunun artması ile basınç dayanımının kısa boylu KCE' ye göre arttığı görülmüştür. KCE' nin erime noktası 1120°C olarak belirtilmektedir. Tuğlalar, KCE' nin erime noktasının yüksek olmasından dolayı 900°C ile 1000°C arasında 3 saat pişirilmiştir. KCE' nin uygulama sıcaklığının -60°C-+650°C arasında olmasından dolayı, KCE' nin pişirme sırasında özelliğini kaybettiği düşünülmektedir. Özelliğini kaybeden KCE'de tuğlada basınç dayanımının azalmasına sebep olmuştur. KCE miktarının artması da basınç dayanımının azalmasına sebep olmuştur. Fakat KCE' nin boyunun artması ile kısa boylu KCE katkılı tuğlalara göre basınç dayanımının arttığı görülmüştür.

5.2.4. Pişirilmiş KCE katkılı tuğlaların eğilme hasar yükleri

6 mm ve 12 mm boylarındaki KCE, pişirilmiş tuğla üretiminde %0.5, %1 ve %1.5 oranlarında katkı olarak kullanılmıştır. 6 mm boyundaki KCE katkılı olarak üretilen pişirilmiş tuğlaların eğilme hasar yüklerinin, katkısız olarak üretilen tuğlaların eğilme hasar yüklerinden sırasıyla %21,34, %42,31 ve %64,69 oranlarında daha düşük değerlere sahip olduğu görülmüştür. Bu eğilme hasar yükleri sırasıyla 1575,077 N, 1155,285 N ve 707,01 N olarak tespit edilmiştir. 12 mm boyundaki KCE katkılı olarak üretilen pişirilmiş tuğlaların eğilme hasar yükleri ise, katkısız olarak üretilen tuğlaların eğilme hasar yüklerinden sırasıyla %10.95, %36.68 ve %44.17 oranlarında daha düşük değerlere sahip olduğu görülmüştür. Bu eğilme hasar yükleri sırasıyla 1783.216 N, 1267.774 N ve 1118.027 N olarak tespit edilmiştir (Çizelge 5.8).

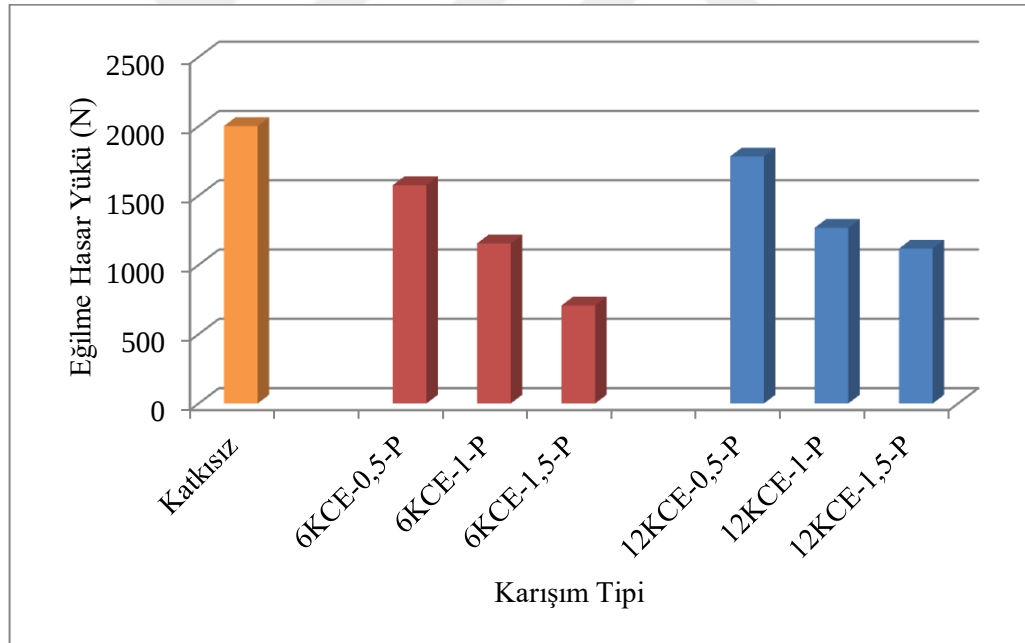
Çizelge 5.8. Pişirilmiş KCE katkılı tuğlaların eğilme hasar yükleri

Karışım Tipi	Eğilme Hasar Yüğü (N)
Katkısız	2002.421
6KCE-0,5-P	1575.077
6KCE-1-P	1155.285
6KCE-1,5-P	707.01
12KCE-0,5-P	1783.216
12KCE-1-P	1267.774
12KCE-1,5-P	1118.027

Sütçü ve Akkurt (2014) yaptıkları çalışmada, alternatif hammadde olarak kâğıt sanayi üretim atığı kullanılarak hafif refrakter izolasyon tuğlası geliştirilmesini araştırmışlardır. Bu çalışmada 1300°C’ de üretilen numunelerde gözenek yapıcı olarak odun talaşı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda talaş miktarı arttıkça eğilme dayanımında doğrusal olarak azalma görülmüştür.

Bilgin vd. (2012) yaptıkları çalışmada atık mermer tozunun tuğla endüstrisinde kullanımını araştırmışlardır. Araştırma sonucunda katkı oranı arttıkça eğilme mukavemetlerinin azaldığı görülmüştür.

Kazmi vd. (2016) yaptıkları çalışmada, atık şeker kamışı küspesi ve pirinç kabuğu külleri kullanımı ile sürdürülebilir kil tuğla üretimini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, yanmış kil tuğlalarda pirinç kabuğu ve şeker kamışı küspesi birleşmesi sonucunda eğilme mukavemetinin azaldığı görülmüştür.



Şekil 5.8. Pişirilmiş KCE katkılı tuğlaların eğilme hasar yükleri

6 mm veya 12 mm boyundaki KCE katkısıyla pişirilmiş olarak üretilen tuğlaların eğilme hasar yükleri, katkısız olarak üretilen pişirilmiş tuğlaların eğilme hasar yüklerinden düşük olduğu görülmüştür(Şekil 5.8). Ayrıca 6 mm ve 12 mm boyundaki KCE katkısı ile üretilen pişirilmiş tuğlalarda KCE katkı

oranının artması ile eğilme testindeki hasar yüklerinin azaldığı fakat KCE boyunun artması ile eğilme hasar yükünün kısa boylu KCE' lere göre arttığı görülmüştür. KCE'nin erime noktası 1120°C olarak belirtilmektedir. Tuğlalar, KCE'nin erime noktasının yüksek olmasından dolayı 900°C ile 1000°C arasında 3 saat pişirilmiştir. KCE'nin uygulama sıcaklığının -60°C-+650°C arasında olduğundan dolayı, KCE'nin pişirme sırasında özelliğini kaybettiği düşünülmektedir. Özelliğini kaybeden KCE'de tuğlada boşluklar oluşturmuş ve eğilme hasar yükünün azalmasına sebep olmuştur. KCE miktarının artması da eğilme hasar yükünün azalmasına sebep olmuştur. Fakat KCE'nin boyunun artması ile kısa boylu KCE katkılı tuğlalara göre eğilme hasar yükünün arttığı görülmüştür. Bu artışın sebebi olarak uzun boyu KCE'lerin tuğla içerisinde kısa boylulara göre daha az bölgeye yayılmasından dolayı, tuğla içerisinde oluşacak boşlukların daha az bölgeye yayılacağı düşünülmektedir. Bundan dolayı da 12 mm boyundaki KCE katkılı tuğlaların eğilme hasar yükleri, 6 mm boyundaki KCE katkılı tuğlaların eğilme hasar yüklerine göre fazla olmasını sağladığı düşünülmektedir.

5.3.Pişirilmemiş PP Katkılı Tuğlaların Fiziksel Özellikleri

5.3.1.Pişirilmemiş PP katkılı tuğlaların hacim kayıpları

PP katkılı pişirilmemiş tuğla üretiminde tuğlaların hacim kayıpları, katkısız pişirilmemiş olarak üretilen tuğlaların hacim kayıplarına göre düşük değerlere sahip olduğu görülmüştür. 6 mm, 12 mm ve 19 mm boyundaki PP %0.5, %1 ve %1.5 oranlarında ayrı ayrı katkı olarak katılarak tuğlalar üretilmiştir. 6 mm boyundaki PP katkılı numunelerde sırasıyla katkısız numunelere göre %8.57, %14.58 ve %21.97 oranlarında daha düşük hacim kayıpları görülmüştür. Yüzde kayıplar ile oluşan hacim kayıpları sırasıyla 12328.862, 11518.893 ve 10521.305 mm³ olarak elde edilmiştir. 12 mm boyundaki PP katkılı numuneler sırasıyla katkısız numunelere göre %11.65, %16.46 ve %22.86 oranlarında daha düşük hacim kayıpları elde edilmiştir. Yüzde kayıplar ile oluşan hacim kayıpları ise sırasıyla 11913.523, 11265.196, 10401.902 mm³ olarak elde edilmiştir. 19 mm boyundaki PP katkılı numuneler ise sırasıyla katkısız numunelere göre %18.34, %20.48 ve %37.25 oranlarında daha düşük hacim kayıpları elde edilmiştir. Yüzde kayıplar ile oluşan hacim kayıpları ise sırasıyla 11011.215, 10723.112, 8461.791 mm³ olarak elde edilmiştir (Çizelge 5.9).

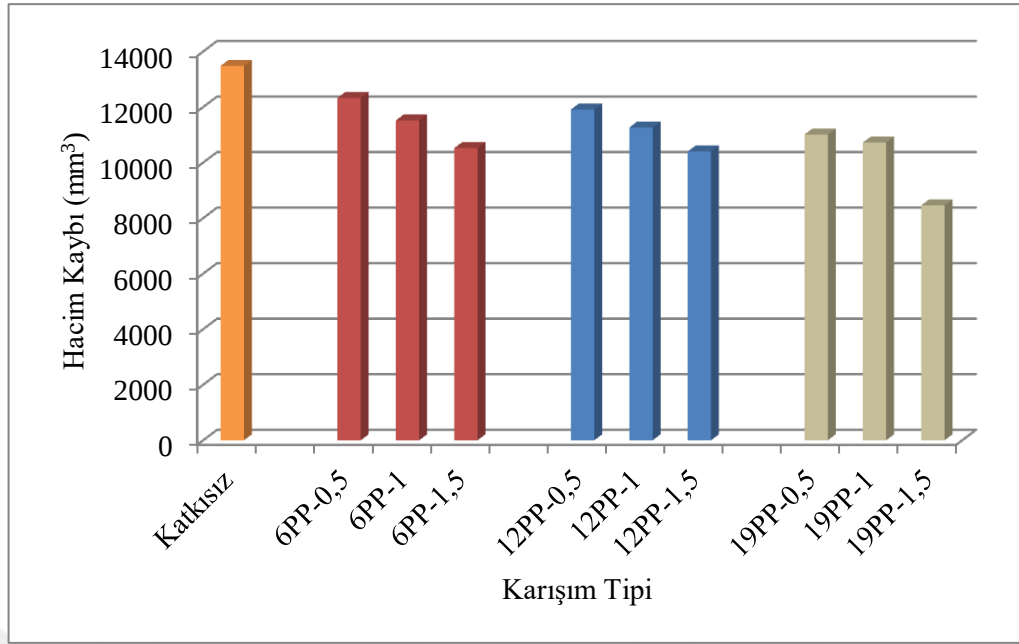
Çizelge 5.9. Pişirilmemiş PP katkılı tuğlaların hacim kayıpları

Karışım Tipi	Hacim Kaybı (mm ³)
Katkısız	13484.508
6PP-0,5	12328.862
6PP-1	11518.893
6PP-1,5	10521.305
12PP-0,5	11913.523
12PP-1	11265.196
12PP-1,5	10401.902
19PP-0,5	11011.215
19PP-1	10723.112
19PP-1,5	8461.791

Gürdal ve Acun (2004) tarafından mineral esaslı sıvalarda polipropilen lif katkısının fiziksel ve mekanik özelliklere etkisi incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucu lif boyu uzadıkça rötre (büzülme) etkisinin azaldığı görülmüştür.

Afroughsabet vd. (2018) tarafından, çelik ve polipropilen liflerin yüksek mukavemetli betonun klorid difüzivitesi ve kurutma büzülmesi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Yapılan araştırma sonucunda elyafların eklenmesi, betonun kurutma büzülmesini önemli ölçüde azalttığı gözlenmiştir. Bununla birlikte, lif içeriğinin arttırılmasının, özellikle PP fiberleri durumunda, sonuçlar üzerinde önemli bir etkisi olmadığı gözlenmiştir.

Dengiz (2009) çalışmasında Değirmisaz kömür üstü atıklarının tuğla üretiminde kullanılabilirliğini araştırmıştır. Araştırma sonucunda kile ilave edilen dekapaj atıkları ile üretilen numunelerde kuru küçülme, pişme küçülmesi ve toplam küçülme değerlerinde azalmalar tespit edilmiştir.



Şekil 5.9. Pişirilmemiş PP katkılı tuğlaların hacim kayıpları

6 mm, 12 mm ve 19 mm boyundaki PP katkısı ile üretilen pişirilmemiş tuğlaların hacim kayıpları katkısız olarak üretilen numunelerden düşük olduğu görülmüştür(Şekil 5.9). Ayrıca 6 mm, 12 mm ve 19 mm boyundaki PP katkısı ile üretilen pişirilmemiş tuğlalarda lif katkı oranının ve boyunun artması ile hacim kaybının azaldığı görülmüştür. Bu azalmanın sebebi olarak pişirilmemiş tuğla üretiminde PP'nin tuğla içerisindeki kılcal boşlukları doldurarak tuğlaların büzülmelerini azaltmasından dolayı olduğu düşünülmektedir. PP miktarı arttıkça hacim kayıplarının azalmasının sebebiyse, tuğla içerisinde PP'nin daha fazla bölgeye yayılması olduğu düşünülmektedir. Tuğla üretimi aşamasında hacim kaybının azalmasıyla istenilen boyutlarda tuğla üretimi kolaylaşmaktadır.

5.3.2. Pişirilmemiş PP katkılı tuğlaların birim hacim ağırlıkları

Pişirilmemiş tuğla üretiminde PP, %0.5, %1 ve %1.5 oranlarında katkı olarak kullanılarak tuğla üretimi gerçekleştirilmiştir. Çizelge 5.10' a göre 6 mm boyundaki PP katkılı olarak üretilen pişirilmemiş tuğlaların birim hacim ağırlıkları katkısız olarak üretilen tuğlaların birim hacim ağırlıklarına göre sırasıyla %1.54, %2.58 ve %3.92 oranlarında daha düşük elde edilmiştir. Elde edilen bu düşük değerler ise

sırasıyla 1.982, 1.961, 1.934' dür. 12 mm boyundaki PP katkılı olarak üretilen pişirilmiş tuğlaların birim hacim ağırlıkları, katkısız olarak üretilen tuğlaların birim hacim ağırlıklarına göre sırasıyla %1.99, %3.43 ve %4.87 oranlarında daha düşük değerler elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler ise sırasıyla 1.973, 1.944, 1.915 g/cm³'tür. 19 mm boyundaki PP katkılı olarak üretilen pişirilmiş tuğlaların birim hacim ağırlıklarının ise, katkısız olarak üretilen pişirilmemiş tuğlaların birim hacim ağırlıklarına göre sırasıyla %3.18, %4.47 ve %7.25 düşük değerlere sahip olduğu görülmüştür. Bu değerler ise sırasıyla 1.949, 1.923 ve 1.867 g/cm³'tür.

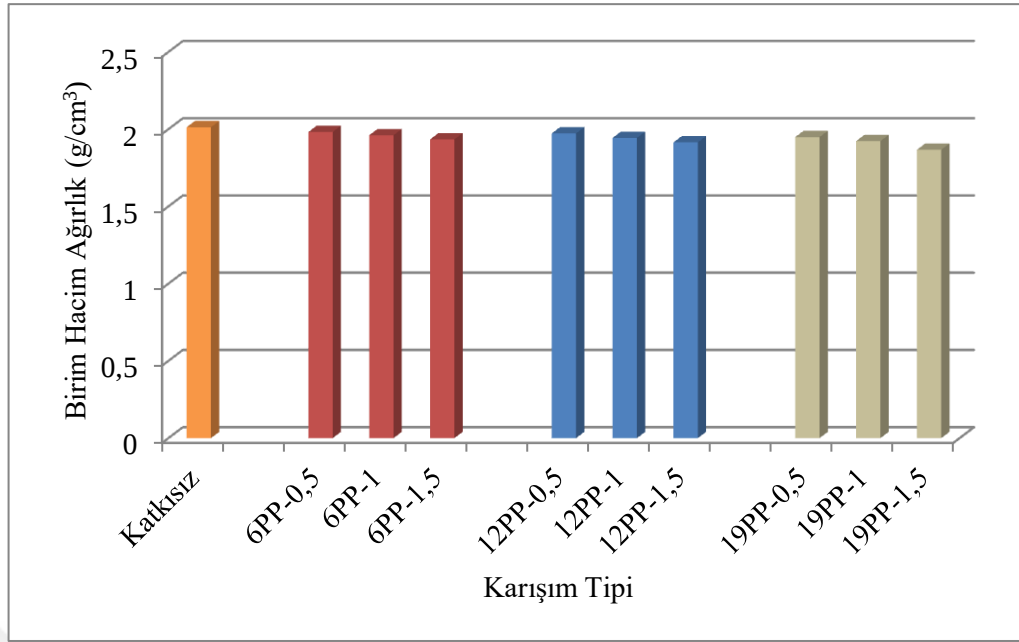
Çizelge 5.10. Pişirilmemiş PP katkılı tuğlaların birim hacim ağırlıkları

Karışım Tipi	Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)
Katkısız	2.013
6PP-0,5	1.982
6PP-1	1.961
6PP-1,5	1.934
12PP-0,5	1.973
12PP-1	1.944
12PP-1,5	1.915
19PP-0,5	1.949
19PP-1	1.923
19PP-1,5	1.867

Caf (2012) tarafından yapılan çalışmada, polipropilen ve çelik lifli betonların darbe dayanımları araştırılmıştır. Yapılan araştırma sonucunda polipropilen lif takviyeli betonlarda, birim ağırlıkların az da olsa azaldığı gözlenmiştir.

Dengiz (2009) çalışmasında değirmisaz kömür üstü atıklarının tuğla üretiminde kullanılabilirliğini araştırmıştır. Araştırma sonucunda kile ilave edilen dekapaj atıkları ile üretilen numunelerde yoğunluğun azaldığı görülmüştür.

Gencel vd. (2013) yaptıkları çalışmada, atık ferrokrom cürufu ve zeolitli tuğlaların özelliklerini incelemiştir. İnceleme sonucunda ferrokrom cürufu tuğlaların yoğunlukları, katkı maddesi içermeyen tuğlalardan biraz daha yüksek olduğu görülmüştür. Ferrokrom cüruf içeriği arttıkça, ateşleme yoğunluğu arttığı ancak zeolitin karışıma dahil edilmesiyle yoğunluğun azaldığı görülmüştür.



Şekil 5.10. Pişirilmemiş PP katkılı tuğlaların birim hacim ağırlıkları

6 mm, 12 mm ve 19 mm boyundaki PP katkısı ile pişirilmemiş olarak üretilen tuğlaların birim hacim ağırlıklarının katkısız olarak üretilen pişirilmemiş tuğlaların birim hacim ağırlıklarından düşük olduğu Şekil 5.10’ da görülmüştür. Ayrıca 6 mm, 12 mm ve 19 mm boyundaki PP katkısı ile üretilen pişirilmemiş tuğlalarda PP katkı oranının ve boyunun artması ile birim hacim ağırlığın azaldığı görülmüştür. Birim hacim ağırlığının, PP’nin katkı oranının ve boyunun artması ile tuğlanın hacim kaybının azalması, toplam hacmin fazla olması sağlamıştır. Bundan dolayı da birim hacim ağırlığın azaldığı düşünülmektedir. Yapılarda kullanılan tuğlaların birim hacim ağırlığının düşük olması bina yükünün azalmasını sağlayacaktır. Birim hacim ağırlığının düşük olması yapıların ağırlığının düşük olmasını sağlayacaktır.

5.3.3. Pişirilmemiş PP katkılı tuğlaların basınç dayanımları

Pişirilmemiş tuğla üretiminde, PP %0.5, %1 ve %1.5 oranlarında katkı olarak kullanılmıştır. 6 mm, 12 mm ve 19 mm boylarına sahip 3 tip PP ile tuğla üretimi gerçekleştirilmiştir. Çizelge 5.11’ e göre 6 mm boyundaki PP katkılı olarak üretilen pişirilmemiş tuğlaların basınç dayanımları, katkısız olarak üretilen tuğlaların basınç dayanımlarından sırasıyla %11.67, %28.54 ve %34.10 oranlarında daha yüksek elde

edilmiştir. Elde edilen bu basınç dayanımları sırasıyla 3.052 MPa, 3.513 MPa ve 3,665 MPa'dır. 12 mm boyundaki PP katkılı olarak üretilen pişirilmemiş tuğlaların basınç dayanımları katkısız olarak üretilen tuğlaların basınç dayanımlarından sırasıyla %16.79, %33.81, %41.20 oranlarında daha yüksek elde edilmiştir. Bu basınç dayanımları sırasıyla 3.192 MPa, 3.657 MPa, 3.859 MPa olarak elde edilmiştir. 19 mm boyundaki PP katkılı olarak üretilen pişirilmemiş tuğlaların basınç dayanımları ise katkısız olarak üretilen tuğlaların basınç dayanımlarından sırasıyla %23,20, %37,68, %44,93 oranlarında daha yüksek çıkmıştır. Bu basınç dayanımları sırasıyla 3.367 MPa, 3,763 MPa, 3,961 MPa olarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.11. Pişirilmemiş PP katkılı tuğlaların basınç dayanımları

Karışım Tipi	Basınç Dayanımı (MPa)
Katkısız	2.733
6PP-0,5	3.052
6PP-1	3.513
6PP-1,5	3.665
12PP-0,5	3.192
12PP-1	3.657
12PP-1,5	3.859
19PP-0,5	3.367
19PP-1	3.763
19PP-1,5	3.961

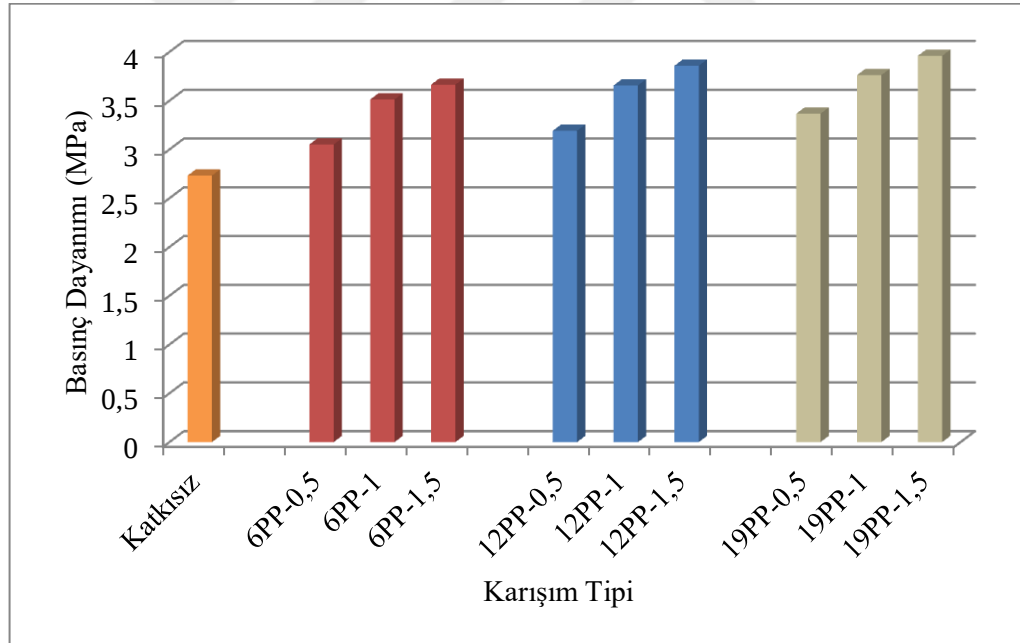
Afroughsabet ve Ozbakkaloglu (2015) tarafından, çelik ve polipropilen liflerin yüksek mukavemetli betonun mekanik ve dayanıklılık özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Yapılan araştırma sonucu hem PP hem de çelik fiber takviyeli betonların fiber içeriğindeki artış ile, betonun mekanik özelliklerinde artış olduğu görülmüştür.

Kakooei vd. (2012) yaptıkları çalışmalarında, polipropilen liflerin betonarme yapıların özellikleri üzerine etkileri incelenmişlerdir. Yapılan inceleme sonucunda beton basınç dayanımının polipropilen liflerin hacim oranlarındaki artışla orantılı olarak arttığı gözlenmiştir.

Afroughsabet vd. (2018) çalışmalarında, çelik ve polipropilen liflerin yüksek mukavemetli betonun klorid difüzyon hızı ve kurutma büzülmesi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Yapılan araştırma sonucunda liflerin varlığının, betonun mekanik özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Lif hacmindeki artış, betonun mukavemetinde artış sağladığı görülmüştür.

Binici vd. (2009) çalışmalarında fiber takviyeli kerpiç duvarlarının ses yalıtımını incelemişlerdir. Yapılan çalışmada plastik elyaf, saman, polistiren kumaş katkılı tuğlalar ile beton tuğlalar üretilmiştir. Basınç dayanım sonuçlarına göre en yüksek dayanım lif katkılı çamur tuğlalarda olduğu gözlenmiştir.

Dengiz (2009) çalışmasında değirmisaz kömür üstü atıklarının tuğla üretiminde kullanılabilirliğini araştırmıştır. Araştırma sonucunda, şişt ilaveli bünyelerde mukavemet, katkısız kile oranla düzenli bir yükseliş artış göstermiştir.



Şekil 5.11. Pişirilmemiş PP katkılı tuğlaların basınç dayanımları

6 mm, 12 mm ve 19 mm boyundaki PP katkısı ile pişirilmemiş şekilde üretilen tuğlaların ortalama basınç dayanımları katkısız olarak üretilen numunelerin ortalama basınç dayanımlarından yüksek olduğu Şekil 5.11’ de görülmüştür. Ayrıca PP katkısı ile üretimi gerçekleştirilen pişirilmemiş tuğlalarda lif katkı oranının ve boyunun

artması ile basınç dayanımının arttırdığı görülmüştür. PP lifleri yanal deformasyonu azaltarak daha yüksek bir basınç mukavemeti değerine ulaşılmasını sağlarlar. Bundan dolayı PP miktarının artması ile basınç dayanımının arttığı düşünülmektedir.

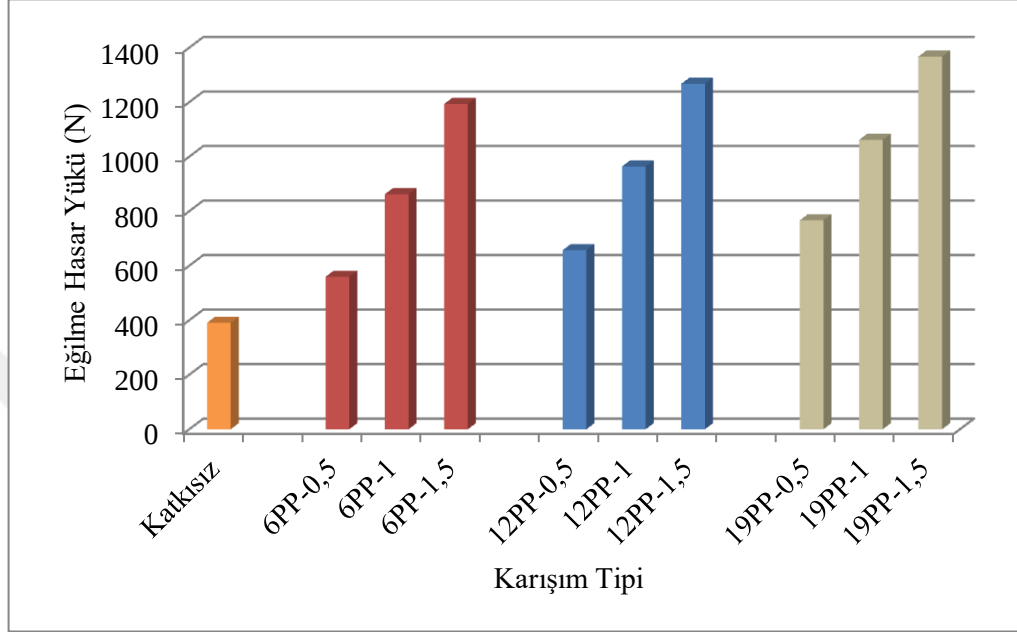
5.3.4. Pişirilmemiş PP katkılı tuğlaların eğilme hasar yükleri

Pişirilmemiş tuğla üretiminde, %0.5, %1 ve %1.5 oranlarında PP katkı olarak kullanılmıştır. Çizelge 5.12'ye göre 6 mm boyundaki PP katkılı olarak üretilen pişirilmemiş tuğlaların eğilme hasar yükleri, katkısız olarak üretilen tuğlaların eğilme hasar yüklerinden sırasıyla %43.19, %120.78 ve %205.47 oranlarında daha yüksek değerler elde edilmiştir. Elde edilen bu eğilme hasar yükleri sırasıyla 559.38 N, 862.49 N ve 1193.34 N' dur. 12 mm boyundaki PP katkılı olarak üretilen pişirilmemiş tuğlaların eğilme hasar yükleri, katkısız olarak üretilen tuğlaların eğilme hasar yüklerinden sırasıyla %68,20, %146,79 ve %224,47 oranlarında daha yüksek değerler elde edilmiştir. Elde edilen bu eğilme hasar yükleri sırasıyla 657,08 N, 964,11 N ve 1267,56 N değerlerine sahiptir. 19 mm boyundaki PP katkılı olarak üretilen pişirilmemiş tuğlaların eğilme hasar yüklerinin ise, katkısız olarak üretilen tuğlaların eğilme hasar yüklerinden sırasıyla %96,30, %171,83 ve %250,05 oranlarında daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu eğilme hasar yükleri sırasıyla 766,87 N, 1061,93 N ve 1367,50 N değerlerine sahiptir.

Çizelge 5.12. Pişirilmemiş PP katkılı tuğlaların eğilme hasar yükleri

Karışım Tipi	Eğilme Hasar Yüğü (N)
Katkısız	390.66
6PP-0,5	559.38
6PP-1	862.49
6PP-1,5	1193.34
12PP-0,5	657.08
12PP-1	964.11
12PP-1,5	1267.56
19PP-0,5	766.87
19PP-1	1061.93
19PP-1,5	1367.50

Fathi vd. (2017) çalışmalarında fiber ve camın kendiliğinden yerleşen betonun mekanik özelliklerine etkilerini araştırmışlardır. Bu araştırma sonucunda betondaki polipropilen elyafların, çekme mukavemetini arttırdığını gözlemişlerdir.



Şekil 5.12. Pişirilmemiş PP katkılı tuğlaların eğilme hasar yükleri

6 mm, 12 mm ve 19 mm boyundaki PP katkısıyla pişirilmemiş olarak üretimi gerçekleştirilen tuğlaların eğilme hasar yüklerinin katkısız olarak üretilen tuğlaların eğilme hasar yüklerine göre yüksek olduğu Şekil 5.12’ de görülmüştür. Ayrıca PP katkısı ile üretimi gerçekleştirilen pişirilmemiş tuğlalarda PP katkı oranının ve boyunun artması ile eğilme hasar yüklerinin arttığı da Şekil 5.12’de görülmüştür. Bu artışı PP ve killi toprağın birbirine kenetlenmesinin sağladığı düşünülmektedir. Lif boyunun artması ile kenetlenme boyu artmaktadır. Bundan dolayı PP’ nin boyunun artması ile eğilme hasar yükünün arttığı görülmüştür.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada tuğlaların basınç dayanımlarını ve eğilme testi sırasındaki hasar yüklerini iyileştirmek ve daha kaliteli ürünler elde etmek amacı ile kırılmış cam elyaf veya polipropilen lifler katkı maddesi olarak kullanılmıştır. Killi toprak içerisine 6 mm ve 12 mm boylarındaki kırılmış cam elyaf ve 6 mm, 12 mm ve 19 mm boylarındaki polipropilen lifler % 0 (kontrol numuneleri), % 0,5, % 1, ve % 1,5 oranlarında karışım suyu ile katılarak karışımlar oluşturulmuştur.

Polipropilen(PP) katkılı karışımlardan pişirilmemiş olarak tuğla üretimi gerçekleştirilirken kırılmış cam elyaf(KCE) katkılı karışımlardan pişirilmiş ve pişirilmemiş olarak tuğla üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretimi gerçekleştirilen numunelerin hacim kayıpları, birim hacim ağırlıkları, basınç dayanımları ve eğilme hasar yükleri bulunmuştur. Bulunan sonuçlara göre;

1- KCE katkılı pişirilmemiş tuğla üretiminde katkı oranının ve boyunun artması ile hacim kaybının ve birim hacim ağırlığının azaldığı görülmüştür.

2- Basınç dayanımı ve eğilme hasar yükleri pişirilmemiş KCE katkılı tuğlalarda katkı oranının ve katkı boyunun artması ile arttığı görülmüştür.

3- KCE katkılı pişirilmiş tuğla üretiminde KCE' in boyunun ve katkı oranının artması ile hacim kaybının arttığı, birim hacim ağırlığında ise önemli bir değişiklik görülmemiştir.

4- KCE katkılı pişirilmiş tuğla üretiminde katkı oranının artması ile basınç dayanımı ve eğilme hasar yüklerinin azaldığı görülmüştür.

5- PP katkılı pişirilmemiş tuğla üretiminde katkı boyunun ve oranının artması ile hacim kaybının ve birim hacim ağırlığının azaldığı görülmüştür.

6- Katkı oranının ve boyunun artmasıyla PP katkılı pişirilmemiş tuğlalarda basınç dayanımının ve eğilme hasar yükünün arttığı görülmüştür.

Bu deneysel çalışma sonucu olarak kırsal bölgelerde yapılan evlerde kerpiç yerine pişirilmemiş KCE ve PP katkılı tuğlaların kullanılabileceği düşünülmektedir.

Çalışmaya ek olarak önerilen çalışmalar aşağıda verilmiştir.

1- Kırpılmış cam elyaf ve polipropilen katkılı olarak üretilen pişirilmiş ve pişirilmemiş tuğlaların maliyet analizi yapılabilir.

2- KCE'nin uygulama sıcaklığı -60°C ile $+650^{\circ}\text{C}$ aralığıdır. KCE'nin maksimum uygulama sıcaklığı olan $+650^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar pişirilerek üretilen, KCE katkılı pişirilmiş tuğlaların hacim kayıpları, birim hacim ağırlıkları, basınç dayanımları ve eğilme hasar yüklerinin değişimleri hesaplanarak, KCE katkısının maksimum uygulama sıcaklığında tuğla özelliklerine etkisi bulunabilir.



7.KAYNAKLAR

- Abbas, S., Saleem, M. A., Kazmi, S. M., & Munir, M. J. (2017). Production of sustainable clay brick using waste fly ash: *Mechanical and durability properties*. *Journal of Building Engineering*, **14**, 7-14.
- Abi, E., Yılmaz, Y., & Emrulloğlu, Ö. F. (2006). Peridotit Katkısı İle Tuğla Özelliklerinin Geliştirilmesi, *3. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi Ve Sergisi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, November 15-17, İstanbul
- Abi, E. B. İ., Baklacı, N., & Emrulloğlu, Ö. F. Kırmızı Çamur Ve Mermer Tozu Katkısının Tuğla Özelliklerine Etkisi.
- Abi, E., Türbedar, T., & Emrulloğlu, Ö. F. Hematit Ve Mermer Tozu Katkısının Tuğla Özelliklerine Etkisi.
- Abi, E., Geleri, M., & Emrulloğlu, Ö. F. Volkanik Tüf Katkısının Tuğla Özelliklerine Etkisi.
- Afroughsabet, V., & Ozbakkaloglu, T. (2015). Mechanical and durability properties of high-strength concrete containing steel and polypropylene fibers. *Construction and building materials*, **94**, 73-82.
- Afroughsabet, V., Biolzi, L., & Monteiro, P. J. (2018). The effect of steel and polypropylene fibers on the chloride diffusivity and drying shrinkage of high-strength concrete. *Composites Part B: Engineering*, **139**, 84-96.
- Akman, S., (1990). *Yapı Malzemeleri*, İ.T.Ü Basımevi, 18-24, İstanbul.
- Aksay, E. K., Akar, A., Kaya, E., & Yaşar, E. (2004) İzmir-Menderes Yöresi Asidik Pomzanın Tuğla Olarak Değerlendirilmesi.
- Anonymous.(2019a) <https://www.dostkimya.com/tr/urunler/elyaf-katkilar//cam-elyaf-kirpilmis> (On-Line Access On 28 Apr, 2019)
- Anonymous.(2019b) <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/tugla-kiremit> (On-Line Access On 01 May, 2019)

Anonymous.(2019c) <http://tuzyapgeridonusum.com/killi-toprak-nedir.html> (On-Line Access On 20 Oct, 2019)

Arcasoy, A, (1983). *Seramik Teknolojisi*, Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Ana Sanat Dalı Yayınları, İstanbul

Bala, N., Napiah, M., Kamaruddin, I. (2018). Effect of nanosilica particles on polypropylene polymer modified asphalt mixture performance. *Case studies in construction materials*, **8**, 447-454.

Bilgin, N.,Yeprem, H. A., Arslan, S., Bilgin, A., Günay, E., Marşoglu, M. (2012). Use of waste marble powder in brick in dustry. *Construction and Building Materials*, **29**, 449-457.

Binici, H.,Aksogan, O., Bakbak, D., Kaplan, H., &Isik, B. (2009). *Sound insulation of fibrere inforced mud brick walls*. *Construction and Building Materials*, **23**(2), 1035-1041.

Binici, H., DURGUN, M. Y., & YARDIM, Y. (2010). Kerpiç Yapılar Depreme Dayanıksız Mıdır? Avantajları ve Dezavantajları Nelerdir?. *KSU Journal of Engineering Sciences*, **13**(2).

Caf M. (2012). *Polipropilen Ve Çelik Lifli Betonların Darbe Dayanımı*, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum

Coletti, C.,Maritan, L., Cultrone, G., Mazzoli, C. (2016). Use of industrial ceramic sludge in brick production: Effect on aesthetic quality and physical properties. *Construction and Building Materials*, **124**, 219-227.

Çiçek, T., Çinçin, Y. (2015). Use of fly ash in production of light-weight building bricks. *Construction and Building Materials*, **94**, 521-527.

Çinçin Y. (2015) *Linyit Yakan Termik Santral Uçucu Küllerinden Kireç Katkısı İle Hafif Tuğla Üretiminin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir

Demir, I. (2006). An investigation on theproduction of construction brick with processed waste tea. *Building and Environment*, **41**(9), 1274-1278.

- Demir, İ., Kıbıcı, Y., & Yıldız, A. (2005). Bazik Pomzanın (Osmaniye-Ceyhan Yöresi) Yapı Tuğlası Üretiminde Kullanılması. 5. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 89-96.
- Demir, İ., & Orhan, M. Pomza Hammaddesinin Tuğla Üretiminde Kullanılması. *Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi TUMAKS 2001*, 207-211.
- Dengiz E (2009). *Değirmisaz Kömür Üstü Atıklarının Tuğla Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı, Kütahya, 63 s.
- Döndüren S. M. (2008). *Bağlayıcı Özelliği Artırılan Duvar Ve Sıva Harcının Düzlem Dışı Yüklenen Tuğla Duvarların Mekaniksel Davranışına Etkisi*. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya
- Esmeray, E., Atıs, M. (2019). Utilization of sewage sludge, oven slag and fly ash in clay brick production. *Construction and Building Materials*, **194**, 110-121.
- Fathi, H., Lameie, T., Maleki, M., & Yazdani, R. (2017). Simultaneous effects of fiber and glass on the mechanical properties of self-compacting concrete. *Construction and Building Materials*, **133**, 443-449.
- Gencel, O., Sütçü, M., Erdoğan, E., Koç, V., Çay, V. V., Gök, M. S. (2013). Properties of brick with waste ferro chromium slag and zeolite. *Journal of cleaner production*, **59**, 111-119.
- Gökçer B. (2013). *Mermer Tozu Ve Cam Elyaf Katkılı Çimento Harçlarının Aşınma, Yüksek Sıcaklık Ve Donma-çözülme Davranışlarının İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ
- Görçüz G. (2000). Ülkemizde Tuğla ve Kiremit Endüstrisi. *TUKDER yayınları*, Sayı: **9**, Manisa, 26-32.
- Görhan G. (2011). *Çeltik Kavuzunun Tuğla Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara

- Görhan, G. (2012). Bor oksit ve borik asit katkısının kil tuğlası özelliklerine etkisi. *Selçuk Teknik Dergisi*, Sayı:3,96-109
- Grahl, L. C.,(2001). *Materials Handbook, Ceramic Industry*, Vol. **151**, No: 1, 35-36,London.
- Gül, T. (2011) *Cam Elyaf Ve Hava Sürükleyici Katkı Kullanılarak Geliştirilmiş Kerpiç*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul
- Gürdal, E., Acun, S. (2004). Mineral Esaslı Sıvalarda Polipropilen Lif Katkısının Fiziksel Ve Mekanik Özelliklere Etkisinin İncelenmesi, 2. *Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi Ve Sergisi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, October 6-8, İstanbul
- Hiremath, P. N., Yaragal, S. C. (2018). Performance evaluation of reactive powder concrete with polypropylene fibers at elevated temperatures. *Construction and Building Materials*, **169**, 499-512.
- Karataş, M. A., Gökkaya, H. (2018). A review on machinability of carbon fiber reinforced polymer (CFRP) and glass fiber reinforced polymer (GFRP) composite materials. *Defence Technology*, **14**(4), 318-326.
- Kazmi, S. M., Abbas, S., Saleem, M. A., Munir, M. J., Khitab, A. (2016). Manufacturing of sustain ableclay bricks: Utilization of waste sugar cane bagasse and rice huskashes. *Construction and building materials*, **120**, 29-41.
- Kizilkanat, A. B., Kabay, N., Akyüncü, V., Chowdhury, S., & Akça, A. H. (2015). Mechanical properties and fracture behavior of basalt and glass fiber reinforced concrete: An experimental study. *Construction and Building Materials*, **100**, 218-224.
- Kibar H. (2009). *Cam Atık Katkılı Tuğla Üretiminin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar
- Kibici, Y., (2005). “Seramik Hammaddeleri ve Teknolojik Özellikleri”, III. Uluslar arası katılımlı seramik, cam, emaye, sır ve boya semineri, 17-19 Ekim, Eskişehir, 17s- 27s.

- Kakooei, S., Akil, H. M., Jamshidi, M., Rouhi, J. (2012). The effects of polypropylene fibers on the properties of reinforced concrete structures. *Construction and Building Materials*, **27**(1), 73-77.
- Köktürk, U. (1993). Endüstriyel Hammaddeler, *Dokuz Eylül Üniversitesi*, Yayın No. **205**, 250-266, İzmir.
- La Rubia-García, M. D., Yebra-Rodríguez, Á., Eliche-Quesada, D., Corpas-Iglesias, F. A., & López-Galindo, A. (2012). Assessment of olive mill solid residue (pomace) as an additive in light weight brick production. *Construction and Building Materials*, **36**, 495-500.
- Levent M. (2012) *Kırmızı Çamur Katkılı Tuğla Üretiminin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar
- Mars, J., Chebbi, E., Wali, M., Dammak, F. (2018). Numerical and experimental investigations of low velocity impact on glass fiber-reinforced polyamide. *Composites Part B: Engineering*, **146**, 116-123.
- Obaid, N., Kortschot, M. T., Sain, M. (2018). Predicting the stress relaxation behavior of glass-fiber reinforced polypropylene composites. *Composites Science and Technology*, **161**, 85-91.
- Oskoue, A. V., Afzali, M., Madadipour, M. (2017). Experimental investigation on mud brick reinforced with natural additives under compressive and tensile tests. *Construction and Building Materials*, **142**, 137-147.
- Sarıbıyık M., 2013, “*Topraktan Yapılan Yapı Malzemeleri*”, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ders Notları, Sakarya.
- Sarız, K. ve Nuhoglu, İ., *Endüstriyel Hammadde Yatakları ve Madenciliği*. *Anadolu Üniversitesi*, Yayın No: **636**, Eskişehir, 1992.
- Sukontasukkul, P., Pongsopha, P., Chindapasirt, P., Songpiriyakij, S. (2018). Flexural performance and toughness of hybrid steel and polypropylene fibre reinforced geopolymer. *Construction and Building Materials*, **161**, 37-44.

- Süröl O. (2015), *Yüksek Fırın Cürufu Ve Uçucu Külün Tuğla Üretiminde Katkı Olarak Kullanılmasının Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak
- Sütçü, M., Akkurt, S. (2014), Alternatif Hammadde Olarak Kâğıt Sanayi Üretim Atığı Kullanılarak Hafif Refrakter İzolasyon Tuğlası Geliştirilmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **14** (3), 505-512.
- Şahin, M. (2007), Betonla Uyumlu Polipropilen Elyaf Takviyeli Kompozitlerin Üretimi ve Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Şahin M. (2009) *Borik Asit Katkılı Tuğla Üretiminin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar
- Şahin, Ş. E. (2008) *Ham Ve Kalsine Kolemanit Atıklarının Tuğla Yapımında Kullanım Olanaklarının Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Denizli
- Şimşek, O. Sancak, E. Fırat, S., (2001), *Türkiye İnşaat Mühendisliği XVI.Teknik Kongre ve Sergisi Bildiriler Kitabı*, 1-3 Kasım 2001 Ankara, 45.
- Şişman, C. B., Kocaman, İ., Gezer, E., (2006), “Tekirdağ yöresinde üretilen ve tarımsal yapılarda yaygın olarak kullanılan tuğlanın fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine bir araştırma”, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* **3**, Tekirdağ.
- Toydemir, N., (1978). Pişmiş Toprak Yapı Malzemesinin Rasyonel Üretim Kaynaklarının Araştırılması, *İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası*, İstanbul.
- Türkmen, İ., Ekinci, E., Kantarcı, F., Sarıcı, T. (2017). The mechanical and physical properties of unfired earth bricks stabilized with gyp sumand Elazığ Ferro chromeslag. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 6(2), 565-573.
- TS 2514 (1977), *Kerpiç Bloklar Yapım Ve Kuralları*. Türkiye
- TSE 4790 (1986) *Tuğla Ve Kiremit Topraklarının Deney Metodu*. Türkiye
- TS 704 (1979), *Harman Tuğlası (duvarlar için)*. Türkiye

- TS 705 (1985), *Fabrika Tuğlaları-Duvarlar İçin Dolu Ve Düşey Delikli*. Türkiye
- Ulusoy, A. (2008). *Uçucu Kül-Tekstil Fabrikası Atık Külü Ve Bazaltik Pomzanın Tuğla Üretiminde Katkı Olarak Kullanılması* Yüksek Lisans Tezi Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş
- Yıldırım A. (2018) *Termik Santral Uçucu Külünün Tuğla Dayanımına Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa
- Yıldız, A., (1999). *Seramik Killeri ve Özellikleri*, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Yatakları ve Jeokimya Anabilim Dalı Doktora Programı. 1-30, Isparta.
- Yılmaz, S. G., (1994). *Killerinin Jeokimyasal Mineralojik ve Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yüksel A. N. ve Şişman C. B. (2003) *Tarımsal İnşaat*. Trakya Üniversitesi, Tekirdağ ZiraatFakültesi Genel Yayın No:278, Ders Kitabı No:36, Tekirdağ.
- Zal B. (2010). *Zeolit, Tras Ve Uçucu Kül İle Tuğla Üretimi Ve Standard Tuğla İle Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Mehmet BERKGİL

Doğum Yeri ve Tarihi: MALATYA / 07.05.1991

Adres: Kırçuval Mahallesi Şehit İhsan Alpay Sokak Salman Apartmanı No:6/2
Battalgazi/Malatya

E-Posta: mehmetberkgil@gmail.com

Lisans: İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

Malatya Uluata Yapı Denetim Ltd. Şti. (2017 Mayıs-2017 Eylül)