

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GELENEKSEL YAPI MALZEMESİ OLAN LÖKÜNÜN YALITIM
ÖZELLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Arash MORADİ ZEYNALİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

HAZİRAN 2019

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GELENEKSEL YAPI MALZEMESİ OLAN LÖKÜNÜN YALITIM
ÖZELLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Arash MORADİ ZEYNALİ
(502091540)**

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mustafa Erkan KARAGÜLER

HAZİRAN 2019

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502091540 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Arash MORADİ ZEYNALİ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “GELENSEL YAPI MALZEMESİ OLAN LÖKÜNÜN YALITIM ÖZELLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Mustafa Erkan KARAGÜLER .**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Mustafa Erkan KARAGÜLER.**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Seden Acun Özgünler .
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Nihal Arıoğlu .
Beykent Üniversitesi

Teslim Tarihi : 03 Mayıs 2019
Savunma Tarihi : 13 Haziran 2019





Anneme ve Kardeşime

,



ÖNSÖZ

Tez çalışması boyunca yakın ilgi gösteren ve desteğini esirgemeyen danışmanım sayın *Prof. Dr. Mustafa Erkan KARAGÜLER*'e, bilgi ve görüşlerinden yararlandığım sayın hocam *Celal KOLAY*'a ve deneysel çalışmalarım sırasında engin tecrübesini esirgemeyen İ.T.Ü Taşkışla malzeme laboratuvarı teknisyeni Sayın İbrahim ÖZTÜRK'ten sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2019

Arash MORADİ ZEYNALİ
(Mimar)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç ve Kapsam	1
2. LÖKÜN	2
2.1 Tanım	2
2.2 Lökün İle İlgili Yapılan Literatür Çalışması	2
2.2.1 Tarifler ve kullanılan yerler	3
2.2.2 Yapım tekniği ve kullanılan malzemeler	7
3. BİLEŞENLER	9
3.1 Kireç	9
3.1.1 Kireç sınıflandırılması ve tipleri	9
3.1.2 Sönmemiş kireç	11
3.1.3 Kirecin söndürülmesi	12
3.2 Bezir Yağı ve Ketan	13
3.2.1 Bezir yağı	14
3.2.2 Ketan lifi	16
4. DENEYSEL ÇALIŞMA	19
4.1 Deney Programı.....	19
4.2 Kullanılan Malzemeler	20
4.2.1 Sönmemiş kireç	20
4.2.2 Bezir yağı	23
4.2.3 Ketan lifi	23
4.2.4 Pamuk.....	24
4.2.5 Geçmeli toprak künk.....	25
4.3 Ön Deneyler	25
4.4 Uygulamalı Deneyler	39
4.4.1 Künklerin hazırlanması	39
4.4.2 Lökün uygulaması.....	41
5. SONUÇ VE ÖNERİ	50
KAYNAKLAR.....	52
ÖZGEÇMİŞ.....	54



KISALTMALAR

ASTM : The American Society for Testing and Materials





ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Eski ağırlık birimlerin Metrik sistemdeki karşılığı.	3
Çizelge 4.1 : Öğütülmüş sönmemiş kireç granometrisi.	22





ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	: Lökün sıva, Murat Molla kütüphanesi sarnıcı.....	4
Şekil 2.2	: Süleymaniye külliyesi imaret duvarında su yolu ve künk.....	5
Şekil 3.1	: Kireç taşı maden ocağı	9
Şekil 3.2	: Kireç tipleri.....	10
Şekil 3.3	: Kireç döngüsü.....	12
Şekil 3.4	: Keten bitkisi ve çiçeği.	13
Şekil 3.5	: Keten tohumu.	14
Şekil 3.6	: Keten yağı.....	16
Şekil 3.7	: Keten lifinin sapından ayrıştırma aşamaları.	17
Şekil 3.8	: Ahşap manganez ve tarak.....	17
Şekil 3.9	: Keten demeti.....	18
Şekil 4.1	: Deney programı.....	19
Şekil 4.2	: Sönmemiş kireç kütlesi.	20
Şekil 4.3	: Sönmemiş kireç öğütme işlemi.	21
Şekil 4.4	: Sönmemiş kireç tozu 0.50 ve 0.212 elekten geçirilmesi.	22
Şekil 4.5	: 0.212 numaralı elek altı sönmemiş kireç tozu.....	22
Şekil 4.6	: Türk nevi (kalın) bezir yağı (sol) ve İngiliz nevi (ince) bezir yağı (sağ) arasındaki renk farkı.	23
Şekil 4.7	: Keten liflerin kesiminde kullanılan mekanik giyotin makas makinesi. .	24
Şekil 4.8	: Geçmeli toprak künk.	25
Şekil 4.9	: Nisan 2018, İngiliz nevi (ince) bezir yağı (sol) ve Türk nevi (kalın) bezir yağı (sağ).	26
Şekil 4.10	: Nisan 2019, İngiliz nevi (ince) bezir yağı (sol) ve Türk nevi (kalın) bezir yağı (sağ) üzerinde oluşan katman.	26
Şekil 4.11	: Lifsiz ince-lökün yapımı.	27
Şekil 4.12	: Lifsiz ince-lökünün kalıptan akması ve tekrardan kalıplanması. yapımı	28
Şekil 4.13	: Lifli ince-lökünün yapımı.....	29
Şekil 4.14	: Lifli ince-lökünün yoğurulması ve kalıplanması.....	30
Şekil 4.15	: Tuğla ve taş yüzeylerine uygulanan lifsiz ince-lökün.	31
Şekil 4.16	: Tuğla ve taş yüzeylerine uygulanan lifsiz ince-lökün (sol), alüminyum levha yüzeyine uygulanan lifli ince-lökün katmanı (sağ).....	31
Şekil 4.17	: 24 saat sonra tuğla yüzeyine uygulanan lifsiz ince-lökün.	32
Şekil 4.18	: Uygulamadan bir hafta sonra, taş ve tuğla üzerine uygulanan lifsiz ince-lökünün ufalanması.....	32
Şekil 4.19	: 3 gün sonra tuğla yüzeyine uygulanan lifsiz ince-lökün.	32
Şekil 4.20	: Uygulamadan bir hafta sonra, tuğla üzerine uygulanan lifsiz ince-lökünün ufalanması.....	33
Şekil 4.21	: Uygulamadan 3 gün sonra, alüminyum levhaya sürülen lifli ince-lökün	33
Şekil 4.22	: Uygulamadan 10 gün sonra, alüminyum levhaya sürülen lifli ince-lökünün tamamen kuruyarak yüzeyden ayrılması.	33

Şekil 4.23 : Uygulamadan 3 gün sonra, lifi ince-lökün.	34
Şekil 4.24 : Uygulamadan 3 gün sonra, lifsiz ince-lökün (sol) ve lifsiz kalın-lökün (sağ).	34
Şekil 4.25 : Uygulamadan 3 hafta sonra, lifli ince-lökün.	35
Şekil 4.26 : uygulamadan 3 hafta sonra, lifsiz kalın-lökün (sağ) ve lifsiz ince-lökün (sol).	35
Şekil 4.27 : Uygulamadan 3 ay sonra, 12 Haziran 2018 tarihinde, Lifsiz kalın-lökün (sol) ve lifli ince-lökün (sağ).	36
Şekil 4.28 : Uygulamadan 3 ay sonra, 12 Haziran 2018 tarihinde, lifli ince-lökün... ..	36
Şekil 4.29 : Uygulamadan 3 ay sonra, 12 Haziran 2018 tarihinde, farklı açılardan lifsiz ince-lökün.	37
Şekil 4.30 : Uygulamadan 13 hafta sonra, 2 Ağustos 2018 tarihinde, farklı açılardan lifsiz kalın-lökün.	38
Şekil 4.31 : Toprak künklerin epoksi yapıştırıcı ile su geçirmez yüzeye (seramik) yapıştırılması.	39
Şekil 4.32 : 1 saat arayla suyla doldurulan künklerin, yaş ve kuru yüzeylerin arasındaki renk farkı.	40
Şekil 4.33 : 3 hafta sonra su seviyesi ve künk cidarında çiçeklenme ve tuzlanma... ..	40
Şekil 4.34 : İç kısmına epoksi yapıştırıcı uygulanarak, geçirimsiz hale getirilen künkler.	41
Şekil 4.35 : Üretilen lökün ve dövmek için kullanılan balyoz.	42
Şekil 4.36 : Lökün için özgül kütle ağırlık = $1524,74 \text{ kg/m}^3$	42
Şekil 4.37 : Ketten liflerinin balyoz darbesi ile löküne yedirilmesi.....	43
Şekil 4.38 : Künkün geniş tarafına lökün uygulanması.	43
Şekil 4.39 : İkili deney künklerine lökün uygulanması.	44
Şekil 4.40 : Üçlü deney künklerine lökün uygulanması.	45
Şekil 4.41 : Künklerin bağlantı noktalarına uygulanan lökün.	46
Şekil 4.42 : İkili ve üçlü deney künklerin suyla doldurulması ve su seviyesini gösteren terazi hortumu.	46
Şekil 4.43 : 24 saat içinde deney künklerin su kaybı.	47
Şekil 4.44 : (a) Bağlantı noktasında oluşan ilk sızıntı, (b) 12 inci gün bağlantı noktasında oluşan ilk çatlak.	48
Şekil 4.45 : (a) 13 üncü gün, bağlantı noktasında oluşan ilk çatlağın ilerlemesi, (b) 13 üncü gün, bağlantı noktasında oluşan çatlak.	48
Şekil 4.46 : 13 üncü gün, bağlantı noktalarında oluşan diğer çatlaklar.	49

GELENEKSEL YAPI MALZEMESİ OLAN LÖKÜNÜN YALITIM ÖZELLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Su her ne kadar yaşam kaynağı olsa da, yapılarda kontrol altında tutulmadığında ciddi tahribata yol açabilmektedir. Yapıları suyun yıkıcı etkisinden korumak için tarih boyunca çeşitli su yalıtım malzemeleri kullanılmıştır.

Geleneksel bir su yalıtım malzemesi olan lökün, Osmanlı döneminde genelde suyuolları yapıların yalıtımında ve özellikle toprak künklerin bağlantı noktalarında kullanılmıştır. Günümüzde artık kullanılmayan lökün, sönmemiş kireç, bezir yağı ve keten elyafının karışımından oluşmaktadır.

Yapılan kapsamlı literatür araştırması sonucu, lökünün yapım tekniğı ilgili farklı tarifler bulunmuştur. Sadece 1952 baskılı “sanat ansiklopedisi” inde lökünün tarifi ve yapım tekniğı net bir şekilde verilmiştir. Buna göre lökün sönmemiş kireç, bezir yağı, pamuk ve keten liflerinden oluşmaktadır.

Lökünün yalıtım özelliklerini daha iyi anlayabilmek için uygulamalı deney yapılmaya karar verildi. Deneyde kullanılacak malzemenin hepsi piyasadan satın alındı ancak geçmeli toprak künkleri temin etmek artık üretimin olmadığı için çok zor oldu.

Tarifte kullanılan bezir yağı piyasada Türk nevi (kalın) ve İngiliz nevi (ince) olmak üzere iki tip olarak satılmaktadır. Lökün yapımında kullanılan malzemelerin özellikle bezir yağın lökün üretiminde etkilerini anlamak için ön deneyler yapıldı. Nisan 2018 de yapılan ön deneylerde Türk nevi (kalın) ve İngiliz nevi (ince) bezir yağları ve sönmemiş kireç kullanarak lifsiz-ince lökün ve lifsiz-kalın lökün üretildi. Üretilen iki farklı lökün 4x4x16 cm prizmatik kalıplara dökülerek kurumaya bırakıldı. Aynı zamanda İngiliz nevi (ince) bezir yağı ve sönmemiş kireç karışımına ham pamuk eklenerek lifli-ince lökün yapıldı ve kalıplanarak kurumaya bırakıldı. Dört ay boyunca yapılan gözlem sonucu, İngiliz nevi bezir yağlı karışımlarda daha birinci haftadan havadaki su buharı ile reaksiyona girip şişerek deforme oldukları kaydedildi. Diğer yandan Türk nevi bezir yağı içeren deney örneğinde 4 ay zaman geçmesine rağmen her hangi bir bozulma ve deformasyon tespit edilmedi.

Ön deneylerden çıkan sonuca dayanarak, lökün yapımında Türk nevi (kalın) bezir yağı kullanmaya karar verildi.

Deneyde kullanılacak künklerin suya karşı geçirimsiz olmadıklarından dolayı künklerin, birbirlerine geçen bağlantı kısımları hariç, iç yüzeyleri suya duyarlı epoksi yapıştırıcı uygulanarak su geçirimsiz hale getirildi. Künkler aynı epoksi malzemesi kullanılarak dikey şekilde seramik levha üzerine yapıştırıldılar. Deneyde kullanılan keten lifleri giyotin makas kullanılarak 1-2 cm uzunluğunda parçalara kıyıldı.

Tarife uygun sönmemiş kireç, Türk nevi (kalın) bezir yağı ve ham pamuk karışımına, ayrı bir kaptan hazırlanan kıyılmış keten lifi ve Türk nevi (kalın) bezir yağı karışımı eklenerek yoğuruldu. Keten lifleri toprakların lökünün içinde homojen bir şekilde

dağılmaları için her gün 1 saat boyunca balyoz ile dövüldü. Üretilen lökün, hazırlanan künklerin bağlantı noktalarına uygulandı. İkili ve üçlü dik düzenek halinde hazırlanan deney künkleri tamamen suyla dolduruldu ve iki hafta boyunca gözlemlendi. Su seviyesi her gün kontrol edilip ve su basıncının sabit kalması için her gün su takviyesi yaparak su seviyesi sabit tutulmuştur. İki haftalık yapılan gözlem sonucu, 12 inci gün bir bağlantı noktasında ve ertesi gün tüm bağlantı noktalarında künklerin çatladığı ve su seviyesinin oluşan çatlaklardan dolayı kadar azalması kaydedildi.

Lökün deki sönmemiş kireç su ile reaksiyona girdiğinde şişerek hacim kazanarak etrafına basınç uyguluyor. Deneyde kullanılan künklerin şömine bacalarında kullanılmak üzere üretildiğinden ve et kalınlığının az olmasından dolayı lökünün şişerek oluşturduğu basınca dayanamayıp çatlamışlardır.

Lökünün su karşısında şişmesi derzleri kapatarak yalıtım sağladığı tespit edilmiştir ancak uygulandığı noktada oluşan basıncı karşı dayanıklı olması gerekmektedir. Geleneksel su isale sistemlerinde kullanılan toprak künklerin et kalınlıklarının yüksek olma sebebi de budur.

Lökünün bileşenleri mineral (sönmemiş kireç) ve organik (bezir yağı, pamuk ve keten lifi) olduğundan dolayı tamamen doğa dostudur ve çevreye herhangi bir olumsuz etkisi bulunmamaktadır ve %100 sürdürülebilir bir yapı malzemesidir. Bu özelliklerinden dolayı lökün, günümüzde yaygın olarak kullanılan modern kimyasal su yalıtım malzemeleri için bir alternatif olarak görünebilir.

INVESTIGATION THE INSULATING PROPERTIES OF LOKUN AS A TRADITIONAL CONSTRUCTION MATERIAL

SUMMARY

Although water is vital for all living creature, it can cause major damages to almost all solid materials if it is not kept under control in buildings. Various water insulation materials have been used throughout the history to protect the building structures from destructive effects of water. One of the less known water insulation material which was used in the traditional architecture is "Lökün".

"Lökün" is a traditional insulation material, which was used extensively during Ottoman era in the water insulation of the buildings and the other constructions were directly encounter with the water like fountains, hammams, cisterns, aqueduct and waterways structures. Due to water resources were generally far away from cities aqueducts and waterways built to convey or transfer the water via ducts and clay pipes. In order to minimize the water loss and protect the structures from water destructive effects lokun used as water insulating material especially at the joint points of clay pipes. Lokun consists of a mixture of quicklime, linseed oil and flax fibers.

An extensive literature research performed to determine the making technique and recipe of the lokun but due to alphabet reform and changing the turkish alphabet from arabic to latin alphabet after Turkish Republic announcement by Mustafa Kemal Atatürk, there is almost no written references about the Lokun and its making process. Istanbul Technical University architecture faculty library, Atatürk public library, Yıldız Technical University library and even the library of German general consulate in Istanbul were included in the literature research. A few recipes found but there were no information about the ratios or preparing the components. Only in the 1952 edition of the art encyclopedia (sanat ansiklopedisi), the making technique of the lokun was given clearly. According to The Art Encyclopedia, it consists of quick lime (burnt lime), linseed oil, cotton and flax fibers.

In order to understand the insulating properties of the lokun better, it has been decided to perform a practical experiment. All of the materials which are used in the experiment were purchased from the market easily, except for the clay pipes. The clay pipes were used to conveying water in waterways and aqueducts are bellmouth type and due to there is no use in contemporary modern water conveying systems, production of this type of clay pipes are so rare and hard to find in the market. As the result of an extensive search in the internet, desired bellmouth clay pipe found in the catalogue of a factory in Izmir province which produce clay bricks and pipes but unfortunately they responded they were out of stocks and producing such clay pipes are based on big scale orders. After almost one months of field research in city of Istanbul the bellmouth clay pipes found in a small construction material market in Kasım Paşa region. The seller mentioned these clay pipes are to use in the fire places as chimneys and refused to give more information about the producer, so there is no technical information available about the physical properties of the clay pipes which are used in the experiments.

The linseed oil used in the recipe is sold in the market as two types: Turkish type (thick) and the British type (thin). Preliminary tests were performed to understand the effects of the materials used in the making of lokun, in particular linseed oil. Two types of linseed oil of the same brand purchased and to determine the drying duration poured in the same amount into two identical glass bowl and left to dry in room temprature on April 2018. Two linseed oil samples monitored for 12 months. As the result of a year observation, the turkish type linseed oil (thick) dries so slower than the british type (thin) linseed oil. the polimerized layer in the surface of both linseed oil samples formed in less than a week but after 12 months the layer on the turkish type (thick) linseed oil is still soft and can be felt when pushed by finger. In the other hand the british type (thin) linseed oil sample hardened and dried out and form an unpenetrable hard layer. In the preliminary experiments carried out in April 2018, thin-fiberless lokun was produced using the british type (thin) linseed oil added to quick lime, thick-fiberless lokun was produced by using turkish type (thick) linseed oil and quicklime. Two different lokun types molded into the 4x4x8 cm prismatic molds and left to dry. For the other sample, raw cotton was added to the mixture of british type (thin) linseed oil and quicklime, as a result thin-fibered lokun was made. The produced material molded and left to dry as well.

As a result of the observation made for four months, it was noted that the quicklime in the british type (thin) linseed oil mixtures reacted with the water vapor in the air from the first week and deformations accured due to swelling. On the other hand, in the test specimen containing turkish type (thick) linseed oil, although 4 months have passed, no deterioration and deformation has been detected.

Based on the result of the preliminary experiments, it was decided to use Turkish type (thick) linseed oil in the making of the lokun because of its drying speed.

Due to the fact that the clay pipes to be used in the experiment are not impermeable to water, the inner surfaces of the clay pipes, except the joint parts passing through each other, are impermeable to water by applying water insensitive epoxy adhesive. The clay pipes were glued on the ceramic tile vertically using the same epoxy material. Flax fibers cut to 1 to 2 centimeters pieces by guillotine shears. After preparing the clay pipes and flax fibers for the next step flax fibers and turkish type (thick) linseed oil mixed together in a seperate small basin. In another basin turkish type (thick) linseed oil, quick lime and raw cotton mixed until become homogeneous then two basins contents mixed toghether. The lokun mixture is so sticky and really hard to mix caused the rubber gloves tear to pices so mixing process done by bare hands. The prepared lokun mixure had flax fibers lumps in it so the lokun mixture were beaten with 1 kg weight sledgehammer for 1 hour each day to allow the lumps to disperse in the mixture. The produced lokun was applied to the joint points of the prepared clay pipes. In the case of two and three vertical assemblies, the test clay pipes were completely filled with water and were monitored for 2 weeks. The water level is kept constant by checking the water level every day and water supplementation done to keep the water pressure constant. As the result of the observation carried out, cracks was seen on the 12th day at one joint point and the next day in all of the joint points due to volume expansion of lokun against the water. In the following days cracks became bigger and spraded in the clay pipes caused to loss of water.

When the quicklime reacts with the water, it swells up to gain volume and produce pressure. In the experiment, clay pipes were cracked due to their low thickness of the pipe budies.

The experiment reveals that the swelling of lime against water provides insulation by closing the tiny gaps which allow water to penetrate, but it is important that the lokun application point must be resistant to the pressure that occurs by expanding quicklime. This is the reason why the body thickness of the clay pipes were used in traditional water conveying systems were high.

The components of the lokun are mineral (quick lime) and organic (linseed oil, flax fibers and cotton), these materials are %100 natural, easy access and relatively cheap.

The Lokun is totally sustainable and environmentally friendly insulation material because it has zero side effect to the nature and could be a good alternative to chemical modern water insulating materials.



1. GİRİŞ

Su, insanların ve diğer tüm canlıların hayatını sürdürebilmesi için vazgeçilmez bir madde olmasına rağmen kontrol altında tutulmadığında neredeyse tüm katı cisimlerde bozucu ve yıkıcı etkisini göstermektedir. Özellikle yaşam alanları ve binalarda suyun kontrol altında tutulması büyük önem taşımaktadır. Bunun için tarih boyunca farklı yalıtım malzemeler kullanarak binalarda gereken yerlerde suya karşı yalıtım sağlanmıştır. Genelde içilebilir, tatlı su kaynakların insan yerleşkelerinden uzakta olduğundan, suyun isale edilmesi gerekmektedir. Bunun için üstü açık veya kapalı su kanalları, tüneller ve çeşitli malzemelerden yapılan boru ve künkler kullanılmıştır. Suyun kaynağından kullanıldığı yere kadar iletilmesinde, su kaybını önlemek ve suyun isale hattı yapısına verebileceği zararı önlemek için çeşitli su yalıtım malzemeleri kullanılmıştır.

Lökün, Osmanlı döneminde yaygın olarak kullanılan geleneksel bir su yalıtım malzemesidir. Sönmemiş kireç, bezir yağı ve keten elyaflarından oluşan lökün özellikle su isale sistemlerinde, toprak künklerin bağlantı noktalarında kullanılmıştır.

1.1 Amaç ve Kapsam

Bu tezin amacı, geleneksel bir yapı malzemesi olan lökünün, ilgili tarifler üzerinden üretilip ve bir yalıtım malzemesi olarak, yalıtım etkinliğinin deneysel olarak araştırılmasıdır.

Bu kapsamda, yapılan literatür araştırması sonucu lökün malzemesinde kullanılan maddeler, ilgili reçetelere dayanarak tespit edilip ve özellikleri araştırılmıştır. Deneysel araştırma için gereken malzemeler temin edildikten sonra deneylerde kullanılmaya uygun şekilde hazırlanmıştır. Ön denemeler yapılarak malzemenin fiziksel özellikleri ile ilgili daha fazla bilgi edinmeye çalışılmıştır. Literatür çalışmasında belirlenen tarife bağlı olarak gerekli miktarda lökün malzemesi üretilip ve deney için hazırlanan geçmeli künklerin bağlantı noktalarına uygulanıp, malzemenin su yalıtım performansı değerlendirilmiştir.

2. LÖKÜN

2.1 Tanım

Osmanlı imparatorluğu yedi asırdan fazla hükümdarlık sürmüş ve dünyayı etkisi altına almıştır. Osmanlının ihtişamını en iyi şekilde temsil eden mimari başyapıtları ve şaheserlerin bazıları günümüze kadar ulaşmıştır. Bu sanat ve mimari mirasın çağımıza kadar ayakta kalmalarını sağlayan tasarım ve mühendisliğin yansıması su ve nem tahribatını önlemek amacı ile kullanılan malzemeler ve yapım teknikleridir. Yapıların suya maruz kalan iç ve dış mekânlarında farklı su yalıtım malzemeleri ve teknikleri kullanılmıştır. Su isale sistemlerinde ve su kemerlerinde kullanılan toprak künklerin bağlantı noktalarında ve doğrudan suya maruz kalan dış dikey yüzeylerde Lökün harcı kullanılmıştır.

2.2 Lökün İle İlgili Yapılan Literatür Çalışması

İnsanlığın tarihinde yirminci yüzyıl, tamamen değişen dünya düzeni ve devrimsel yeni teknolojilerin icadı ile bilinmektedir. Türkiye Cumhuriyeti'nin kuruluşu ve beraberinde getirdiği devrimsel değişikliklerden biride yazı alfabesinin Arapçadan Latin alfabesine çevrilmesidir. Alfabenin değişmesinden sonra gelecek olan nesil artık Osmanlı dönemine ait belgeleri ve kitapları okuyamadığından mimarlık yapım tekniği ve malzeme bilimi ile ilgili çok sayıda kaynak ve belge geçen zaman içinde kaybolmuştur. Bu nedenden dolayı yapılan literatür araştırmasında Lökün ile ilgili yazılı kaynakların çok kısıtlı olduğu ortaya çıkmıştır. Bir diğer yandan eski belgelerde yer alan ölçü birimler günümüzde artık kullanılmamaktadır. Osmanlı döneminde kullanılan ölçü birimleri, ölçü ve tartı devrimine kadar Cumhuriyet döneminde de kullanılan ölçü birimleridir. Bu birimlerin temeli yedinci yüzyılda kurulan İslam Devleti'nde kullanılan dinar ve dirhemdir. Taşımanın zor olduğu ve seyahatlerin uzun sürdüğü dönemde şehirden şehire kullanılan dinar ve dirhemler birbirlerinden farklı olabiliyorken peygamberimizin döneminde revaçta olan bir dinar, 4,5479 gr kütlesi olan altın bir sikke ve dirhem de 2,97 gr kütlesi olan bir gümüş sikke kadar ağırlığı

vardı. Bundan dolayı eski ağırlık birimlerin, günümüz metrik sistemdeki denkları aşağıdaki tablo da getirilmiştir [1].

Çizelge 2.1 : Eski ağırlık birimlerin Metrik sistemdeki karşılığı.

Eski ağırlık Birimi	Dengi	Metrik Sistemdeki Dengi
1 tonalito	4 çeki	4 x 225,789 = 903,56 kg
1 Çeki	4 kantar	225,789 kg
1 kantar	44 okka	56,449 kg
1 batman	6 okka	7,697 kg
1 Okka (vakiye ve kıyye diğer isimleri)	400 dirhem	1,282 kg
1 dirhem	4 dönük	0,003207 kg = 3,207 gr
1 dönük	4 kırat	0,000802 kg = 0,802 gr
1 Kırat	4 bakray	0,0002005 kg = 0,2005 gr
1 bakray	4 fitil	0,00005 kg = 0,05 gr
1 fitil	2 nekir	0,000025 kg = 0,025 gr
1 nekir	2 kıtır	0,0000125 kg = 0,0125 gr
1 kıtmır	2 zerre	0,00000625 kg = 0,00625 gr

2.2.1 Tarifler ve kullanılan yerler

İnşaat defterleri, Osmanlı döneminde saray tarafından yaptırılan veya onarılan yapılarda harcanan paranın hesabın tutmak ve yapılan her işçiliğin kayıt altında tutmak için düzenlenen İnşaat tutanaklarıdır. Asıl düzenleme amacı inşaat için harcanan paranın her akçesinin detaylı olarak hangi amaçla sarf edildiğini belgelemek olan bu defterler aynı zamanda mimarlık tarihi alanına da ışık tutarak inşaat sırasında yapılan yapı türleri, kullanılan inşaat malzemelerinin adları ve bu malzemelerin kullanım miktarları ve yapıda kullanıldıkları yerler ile ilgili fikir vermektedir.

Osmanlı mimarisinde kesme taş ile örülmüş Ayazma Camii gibi anıtsal yapılarda çift cidarlı duvar örgü sistemi uygulanmıştır. İki cidar demir kenet ve zıvana ile bağlanmış, kesme taş aralarında tuğla parçaları ve moloz taşı bulunan horasan harçlı bir dolgu bulunmaktadır. İncelenen belgelerden lökünün dış duvar yalıtım malzemesi olarak tanımlanabilecek bir malzeme olarak sadece Ayazma Camii inşaat defterinde rastlanmaktadır. İnşaat defterlerine göre yapının kubbe kemerlerine kadar olan inşaatla

ilgili ilk bölümünde alınan malzemeler arasında kesme taş duvar örgüsü harcı için 1914 küfe alçı ve 2325 vakiye (2976 kg) bezir yağı (ruga-i bezir) ve inşaatın tamamlanmasına kadarki alımların bulunduğu ikinci bölümünde de adı belirtilerek, lökün için 1915,5 küfe alçı, 1514 vakiye (1938 kg) bezir yağı 13 vakiye (16.6 kg) ham pamuk (pembe-i ham), 186 vakiye (238 kg) keten lifi (kıyım keteni) ve 1161 vakiye (1486 kg) mermer kireci bulunmaktadır. Lökün, Osmanlı mimarisinde su donanımında kullanılan pişmiş toprak künk boru ve dirseklerin birleşiminde ve hamam yapılarında su yalıtımını sağlayan, sönmüş kireç, beziryağı, pamuk ve ketenin yoğrulması ile elde edilmiş su geçirimsiz bir harçtır [2].

$$\text{Sönmüş kireç} + \text{bezir yağı} + \text{pamuk} + \text{keten} \quad (2.1)$$



Şekil 2.1 : Lökün sıva, Murat Molla kütüphanesi sarnıcı.

İnşaat defterlerine göre Süleymaniye Camii ve külliyesi su sisteminde toplamda 460 adet büyük, 664 adet orta ve 394 adet küçük künk boru ile 7 adet üç ağızlı dirsek satın alınmıştır. Yalıtım için 2cm kalınlığında künklerin etrafına lökün uygulanmıştır. Sönmemiş kireç, pamuk, beziryağı ve keten yağı karışımından oluşan löküden 113.6 ton yoğurulduğu kaydedilmiştir [4].

Lökün sadece su isale hatlarında kullanılmamıştır, dış duvarların kesme taş duvar örgülerinde derz aralarında su yalıtım malzemesi olarak da kullanılmıştır. Ayazma cami bunun en bariz örneğidir [5].



Şekil 2.2 : Süleymaniye külliyesi imaret duvarında suyolu ve künk.

Sultan Ahmet Camii resmi web sitesinde yer alan bilgiye göre hamam için gerekli diğer malzeme ile birlikte satın alınan lökün; taş kireç, bezir yağı ve pamuğun düğülerek ayrıştırılmasıyla elde edilen bir harçtır. Su künklerinin birleşme noktalarında doğrudan doğruya harç olarak veya keten lifi üzerine sürülerek kullanılırdı [7]. Buradaki tarifte taş kireç aslında sönmemiş kireç olduğu sonucuna varılmaktadır.

$$\text{Kireç taşı} + \text{bezir yağı} + \text{pamuk} \quad (2.3)$$

Lökün Sönmemiş kireç, çiğ bezir ve iyi cins atılmış pamuğun karıştırılıp katı bir harç haline gelinceye kadar tokmaklanmasıyla ya da daha basit olarak kireç ve zeytinyağının dövülmesiyle elde edilen; eskiden muslukların takılması ve künklerin eklenmesi sırasında aradaki delikleri kapatmak için kullanılan bir tür macun. Künklerin bağlantı yerleri ya doğrudan bu harçla sıvanır, ya da yedirme (lökünün, içine bezir yağı eklenerek üstüğü ya da keten lifleri üzerine sürülmesi işlemine denir) uygulanarak aralık ve çatlaklardan su sızması önlenirdi [7].

$$\text{Sönmemiş kireç} + \text{çiğ bezir} + \text{pamuk} \quad (2.4)$$

$$\text{Kireç} + \text{zeytinyağı} \quad (2.5)$$

Yıldız teknik üniversitesi, meslek yüksekokulunda verilen Tarihi yapılar ve milli saraylar dersinde Lökün için verilen tanımlamalar.

Dövme kireç + 3 ayda suda çürütölmüş pamuk + su (2.6)

Dövme kireç + zeytinyağı + keten elyafı + su (2.7)

Dövme kireç + kızgın zeytinyağı + koyunyünü elyafı + su (2.8)

Çimentonun bulunmadığı dönemde kireç, zeytinyağı, pamuk ve yumurta akının karıştırılmasından elde edilen kırık çanak ve çömlekleri, künkleri birleştirmede kullanılan macundur. Şimdiki "Japon" gibi bir şey [9].

Kireç + zeytinyağı + pamuk + yumurta akı (2.9)

1517 yılından 1918 yılına kadar Osmanlı İmparatorluğun egemenliğinde olan ama hali-hazırda İsrail'in bir kıyı şehri olan Akko da Osmanlı döneminde inşa edilen suyolunda yalıtım amaçlı lökün kullanılmıştır. Verilen tarife göre lökün su isale sisteminde kullanılan künklerin su sızdırmaması için kireç ve zeytinyağı karışımından elde edilen bir macundur [9].

Kireç + zeytinyağı (2.10)

Türk Dil Kürümü resmi web sitesinde yer alan açıklamaya göre "Lökün; Kireç, zeytinyağı, pamuk, yumurta akının karıştırılmasından elde edilen, kırık, çatlak çanak, çömlekleri, künkleri birleştirmekte kullanılan macun" [10].

İstanbul Almanya konsolosluk kütüphanesi arkeoloji, restorasyon ve mimarlık tarihi açısından zengin bir koleksiyona sahip olduğundan, literatür çalışmasına dahil edilmiştir. Alman araştırmacı Knut Olof Dalman "Der Valens Aquadukt in Konstantinopel" de Evliya Çelebi' nin anlatılarına dayanarak, bir su isale hattı inşaatında lağımcı ve löküncü ustaların Arnavut olduğu ve künk boruların etrafını kenevirli lökün ile sardıklarını ifade etmiştir [11].

Yapılan literatür araştırmasında birçok kaynakta söz konusu olan yapılarda sadece lökünün kullanıldığına dair bilgi verilmektedir. Lökün için verilen tariflerin hiç birinde tam olarak yapım tekniğı ve ya bileşenlerin birbirine olan oranlarının verilmediğı görölmektedir. Diğer yandan her tarifte farklı malzemeler bileşen olarak tanımlanmıştır. Yapılan saha araştırmasında İstanbul Karaköy bölgesindeki Perşembe pazarı olarak bilinen yapı malzeme pazarında birçok esnafla yapılan yüz yüze görüşmelerimde, çoğunlukla malzemenin ismini bile duymadıklarını ve böyle bir yapı malzemesinin var olduğundan haberleri bile olmadığını ifade etmişlerdir. Ancak lökün ile ilgili azda olsa bilgisi olanlarında artık faaliyet gösteren bir lökün ustası

tanımadıklarını veya daha önceden bu işin ustası olanlarında sayısının çok az olduğu ve ya vefat ettiklerini beyan ettiler. Hala hayatta olan bir lökün ustası ile birebir görüşüp ve kullanılan yapım tekniği ve uygulama inceliklerini öğrenme olanağının giderek azaldığı görülmektedir.

Yapılan araştırma sonucu bileşenlerin oranlarının belli olduğu ve yapım tarifi aşamalı olarak net bir şekilde verilen tek kaynak Celal Esat Arseven' in muazzam eseri Sanat Ansiklopedisi olarak belirlenmiştir.

2.2.2 Yapım tekniği ve kullanılan malzemeler

Türk mimari ve sanat tarihinin en değerli kaynaklarından biri olan ve Celal Esat Arseven'in hazırladığı, Sanat Ansiklopedisinde yer alan Lökün tanımı: “Kireç ve zeytinyağı ile birlikte döğülerek yapılan bir nevi su yolu macunudur ki çeşme muslukların takılmasında ve su künklerin birbirine kaynaştırarak aralarındaki deliklerin kapatılmasında kullanılır bu macun üstüğü ve lif üzerine sürülerek de künklerin etrafına sarılarak suyun sızmasına mani olunur. Buna yedirme de derler”. Burada lökün için kireç ve zeytinyağı ana bileşen olarak verilmesine rağmen verilen tarifte ölçülü ve oranlı tariflerde bezir yağı (revgeni bezir) kullanılmıştır. Aynı kaynakta başka yerde Lökünün pamuklu haline Lokma denildiği öğrenilmiştir.

Önce sönmemiş kireç toz haline getirildikten ince bir elekten geçirilir. Elde edilen sönmemiş kirecin ortasına bir çukur açılır ve ham pamuk içine didiklenir, sonra üzerine bezir yağı dökülerek el ile karıştırılır. Suluca bir macun haline getirildikten sonra kendi haline bırakılarak pamuk çürütülür. Daha sonra kireç yağ kusuncaya kadar ovalandıktan sonra elde edilen hamur bir taş üzerine konup katı bir macun haline gelene kadar tokmakların. Kullanılacak olan malzemelerin oranları:

1 eski okka çiğ bezir yağı (1280 gr), 2 okka sönmemiş kireç (2560 gr) ve 5 dirhem kaliteli ham pamuk (16 gr). Bu yöntem ile elde edilen Lökünün içine 150 dirhem (480 gr) bezir yağı ilave edilip 100 dirhem (320 gr) ketene yedirilirse elde edilen maddeye Yedirme denir ve künklerin lökünleri üzerine sarılarak aralık ve çatlaklardan su sızılıtların önüne geçilir.

Lökün için:

$$\text{Sönmemiş kireç (2560 gr) + çiğ bezir yağı (1280 gr) + pamuk (16 gr)} \quad (2.11)$$

Yedirme için:

$$\text{yukardaki l    n} + \text{bezir yağı (480 gr)} + \text{keten (320 gr)} \quad (2.12)$$

Lokma, Su künklerin birleştiği ağızlara sarılan ve   st  p   (kendir) ile bezir yağından yapılarak içine pamuk karıştırılan bir tür su sızdırmaz macundur ki eski suyolları ve k  nklerini sarmak için kullanılırdı. Hamamların suya temas eden döşeme taşı aralıklarından ve künklerin birleştiği kısımlardan su sızması için lokma kullanılırdı. Lokmanın pamuksuz ve kendir siz olan nev'ine L    n denir [1].



3. BİLEŞENLER

Yapılan literatür çalışmasına dayanarak belli ve kesin olarak malzemelerin miktarını veren ve yapım tekniğini anlatan sanat ansiklopedi tanım ve tarifi baz alınmıştır. Lökün yapımında kullanılan temel maddeler sönmemiş kireç, bezir yağı, pamuk ve keten lifleri olarak belirlenmiştir.

3.1 Kireç

Kireç taşı karbonat kalsiyum (CaCO_3) ve ya karbonat kalsiyum ve magnezyum karbonattan ($\text{CaCO}_3\text{-MgCO}_3$) oluşmaktadır. Kireç taşı farklı sıcaklık derecelerine ($850 - 1400\text{ }^\circ\text{C}$) maruz kalarak pişirilerek elde edilen ve su ile karıştırıldığında tipine bağlı suda veya havada katılaşan, beyaz renkli inorganik esaslı bir bağlayıcıdır [13].

3.1.1 Kireç sınıflandırılması ve tipleri

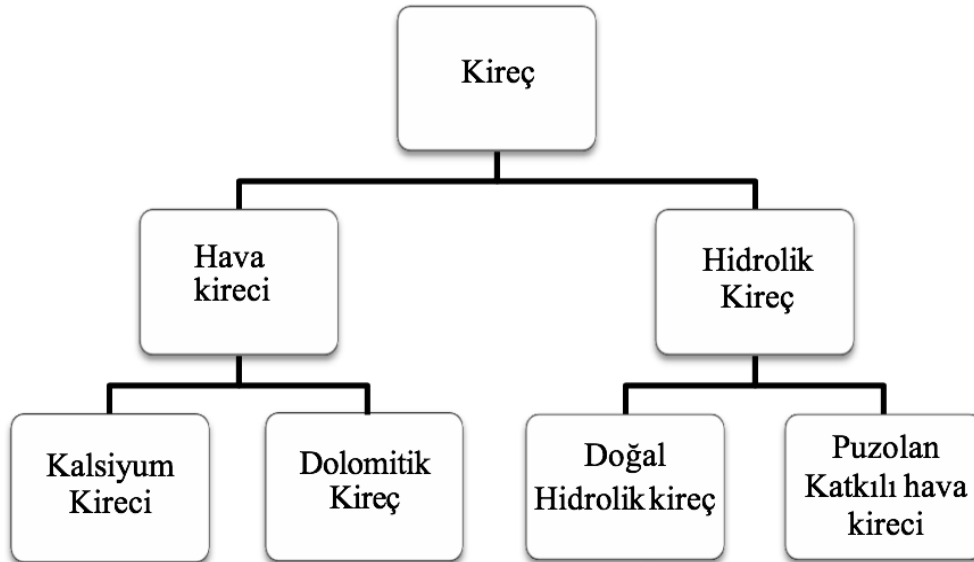
Kireç taşın yakılması ile oluşan kireç, eski dönemlerden beri taş bloklar ve tuğla duvarların örülmesinde harç yapımında bağlayıcı bir malzeme olarak, tavan ve duvarla sıva olarak kullanılmıştır. Kireç taşı ve alçı taşı tamamı ve ya büyük bölümü karbonat kalsiyumdan (CaCO_3) oluşan kalkerli malzemelerin yakılması sonucu elde edilmektedir (Şekil 3.1) [14].



Şekil 3.1 : Kireç taşı maden ocağı

1. Üretim şekline göre piyasada çalı kireci, kömür kireci, mermer kireci ve esmer kireç olmak üzere 4 kireç türü bulunmaktadır.
2. Çalı kireci, harlı alevli ateşte (1000 °C) da pişirilir ve kolayca söndürülebilir.
3. Kömür kireci, kömür kullanarak yüksek sıcaklıkta (1400 °C) pişirilir ve söndürülmesi zordur.
4. Mermer kireci, karbonat kalsiyum (CaCO_3) oranı diğer kireç türlerinden fazladır ve oransal olarak daha fazla sönmüş kireç elde edilir.
5. Esmer kireci, içinde %10 oranında yabancı madde barındırır. Dolomit kireci ($\text{CaMg}(\text{CaCO}_3)_2$) olarak da bilinir. Kirecin rengi daha esmer ve dayanımı diğer türlere göre daha yüksektir (Şekil 3.2) [15].

Kirecin içindeki kil miktarına bağlı olarak sadece havaya maruz kalınca sertleşen hava kireci (yağlı kireç) ve hem hava ve hem suda katılan su kireci (hidrolik kireç) olmak üzere iki tipe ayrılmıştır [15].



Şekil 3.2 : Kireç tipleri.

1. Hava kireci, kalsiyum oksit (CaO) ve kalsiyum hidroksitten (CaOH_2) oluşmaktadırlar ve havadaki karbon dioksitle (CO_2) yavaş bir reaksiyona girerek uzun sürede sertleşir. Hidrolik özellikleri olmadığından su altında sertleşemezler [16].

Hava kireci, kalsiyum kireci ve dolomitik kireç olmak üzere iki gruba ayrılır. Kalsiyum kireci, hammaddesi kalsiyum oksit (CaO) ya da kalsiyum hidroksit (CaOH₂) olan ve içeriğinde herhangi bir hidrolik ya da puzolanik katkı bulunmayan hava kirecidir. Dolomitik kireç ise, kalsiyum-magnezyum oksit ya da kalsiyum-magnezyum hidroksitten oluşan ve içeriğinde herhangi bir hidrolik ya da puzolanik katkı bulunmayan hava kirecidir [17].

“Dolomitik kireç, % 5’ten daha fazla oranda MgCO₃ içeren kireçtaşlarından elde edilmektedir. Dolomitik kireçtaşlarında MgCO₃ oranı %43’e kadar yükselebilmektedir” [18].

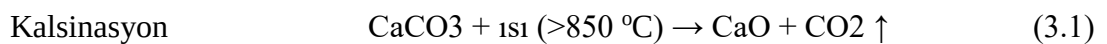
- 2- Hidrolik kireç, kalsiyum hidroksit, kalsiyum silikat ve kalsiyum alüminat yapılarından oluşan inorganik bir bağlayıcıdır. Bu tür kireçler, hidrolik özeliğe sahip olmaları nedeniyle su altında da sertleşebilirler [17].

Doğal hidrolik kireç, bileşiminde % 10’ dan fazla kil bulunan killi kalkerlerin (marnlı kireçtaşları) sinterleşme sınırının altında kızdırılmasıyla elde edilir. Öğütme yoluyla toz haline getirilen su kireci, su ile karıştırıldıktan sonra belirli bir süre zarfında, havada veya su altında herhangi ek bir maddeye (CO₂ gibi) ihtiyaç duymadan reaksiyona girerek prizlenen (sertleşen) bağlayıcı bir malzemedir [18].

Puzolan katkılı hava kireci, sönmüş hava kireci ile doğal ya da yapay puzolanik malzemelerin belirli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen ve özellikleri, eklenen puzolanın niteliklerine bağlı olarak değişen inorganik bir bağlayıcıdır. Bu bağlayıcı, TS EN 459-1’de “formüle edilmiş hidrolik kireç” olarak adlandırılır [17].

3.1.2 Sönmemiş kireç

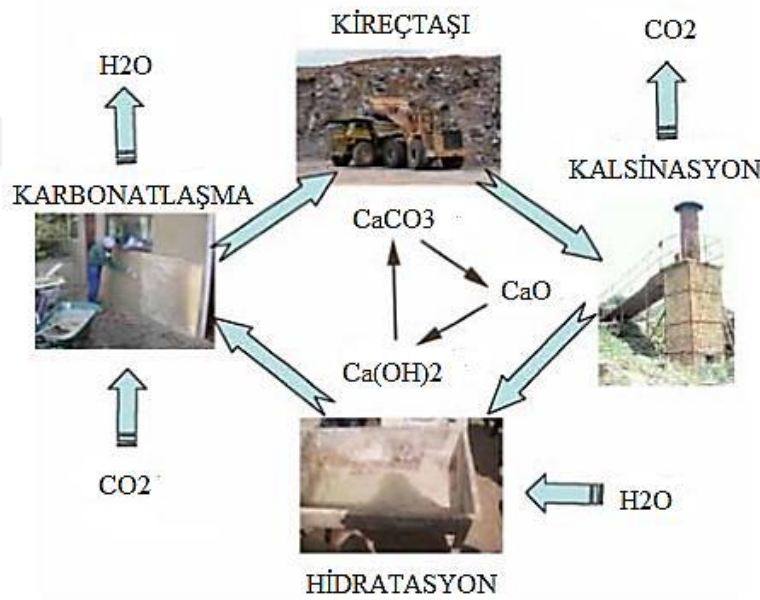
Kireç taşın (CaCO₃) pişirme işleminde, karbon dioksit (CaO₂) ve nem (H₂O) gaz şeklinde çıkar ve geriye kalsiyum oksit (CaO) veya sönmemiş kireç kalır. Kirecin yakılma işlemine kalsinasyon denir. Kireç taşının pişirme işlemi (Kalsinasyon) 850 °C -1400 °C sıcaklık aralığında gerçekleştirilir. Sönmemiş kireç su ile reaksiyona girdiğinde kireç taşın maruz kaldığı sıcaklığa bağlı olarak sönme hızı değişir [14].



Yanıcı madde olarak odun kullanılırsa, kireç taşı 850 °C – 1000 °C arası sıcaklığa mazur kalır ve üretilen sönmemiş kireç suya karşı yüksek reaksiyon verir. Genelde kırsal kesimlerde zirai amaçlar için kullanılan bu yöntemden ihraz olan kirece çalı kireci denir [19].

1100 °C gibi yüksek bir sıcaklıkta gerçekleşen kalsinasyon işlemi sonrası (ki buna katı yanma denir) elde edilen sönmemiş kireç su ile reaksiyonu yavaşça gerçekleşir [14].

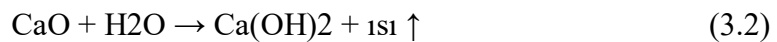
1400 °C derecede yanan kireç taşında ölü yanma olur ve su ile reaksiyonu yavaş olmaktadır [14].



Şekil 3.3 : Kireç döngüsü.

3.1.3 Kirecin söndürülmesi

Kirecin söndürmede amaç; kireç sıva veya harçlarda bağlayıcı olan kalsiyum hidroksit (Ca(OH)_2) elde etmek. Reaksiyon izotermik bir reaksiyondur ve ısı ortaya çıkar. Sıcaklık 300 °C kadar yükselebilmektedir. Doğru miktarda su kullanıldığında elde edilen sönmüş kireç (Ca(OH)_2) toz halinde, suyun miktarı fazla olursa ortaya çıkan sönmüş kireç pasta halinde ($\text{Ca(OH)}_2 + n\text{H}_2\text{O}$) olur ki buna kaymak kireç veya yağlı kireç derler [18].



Söndürme esnasında kirecin hacmi 2 – 2,5 kat artar bundan dolayı söndürme işlemi daha fazla özen gerektirir. Kireç tamamen söndürülmeden kullanılırsa hacim artışından dolayı yapıda tahribata yol açabilir.

Yapılan literatür çalışmasında, l    n için baz alınan tariflerde sönmemiş kireç kullanılmıştır.

3.2 Bezir Yağı ve Keten

L    n yapımında kullanılan bezir yağı ve keten lifi keten bitkisinden elde edilir. Keten, 15 – 60 cm boylanabilen Ketengiller familyasının en yaygın türüdür. Haziran-Ağustos aylarında ipek gibi, mavimsi veya sarı renkli çiçekler a  an ve her türlü toprakta yetişebilen bir bitkidir.



Şekil 3.4 : Keten bitkisi ve   i  e  i.

Keten gerçekten de çok değerli bir bitki olduğunu tarih boyunca ispat etmiştir. Halı hazırda bile araştırılan bu mucizevi bitkinin her geçen gün yeni bir özelliği ortaya çıkmaktadır. Koyu kahverengi ve damla şeklinde olan keten tohumun yarısı ya  dan oluşmaktadır. Yüzyıllar boyunca ketenin farklı türleri üretilmiştir. Bu yeni türler iki temel guruba ayrılmaktadır, keten tohumundan elde edilen ya   için yetiştirilenler diğeri ise lifleri için ekilen keten cinsleri [20].

3.2.1 Bezir yağı

Keten bitkisi tohumu damla şeklinde türüne göre berrak kahverenginden açık sarı arası renklerde görülmektedir. Keten tohumundan elde edilen yağa bezir yağı denir.



Şekil 3.5 : Keten tohumu.

Yağlar, çift karbon sayılı doymuş ve doymamış yağa sitlerinin gliserin tri-esterleridir. Yağlar kaynakları ve fiziksel özelliklerine göre sınıflandırılır. Kaynağına bağlı olarak, hayvansal yağlar, bitkisel yağlar, madeni yağlar, eteri ya esans yağlar ve mumlar olarak gruplara ayrılır. Fiziksel özelliklerine göre yağlar, katı yağlar, sıvı yağlar ve kuruyan yağlar olarak üç temel grupta sınıflandırılır. Buna göre bezir yağı bitkisel kuruyan bir yağdır [21].

Kuruyan yağlarda çok sayıda çifte bağ bulunduğundan havaya maruz kaldıklarında bu çifte bağlar oksijen ile reaksiyona girip bileşenin yapısını bozarak katılaşırlar. Yağın kuruması, buharlaşarak ortamı terk etmesi değildir [21].

Keten yağına bezir yağı denilse de bezir yağı keten yağının işlenmiş halidir. Keten yağı en çok doymamış bağları içeren bir bitkisel yağdır. Bunun 250-300 °C de ısıtılmasıyla ve bu sıcaklıkta belirli bir süre tutulmasıyla bazı çift bağlar çözülerek iki, üç yağ molekülü birleşerek dimer ve trimer oluştururlar. Büyüyen molekül ağırlığı nedeniyle yağın kıvamı artar. Eski devirlerde pigmentle karıştırılan yağın kolayca akıp ayrılmaması ve pigmenti taşıyabilmesi için oldukça kıvamlı olması gerekiyordu. Bu nedenle keten yağı kaynatılarak kıvamlaştırılıyordu. Bu yağa da bezir yağı adı verilmekte idi. Kaynatma işlemi genelde zaman gerektiren bir süreçtir. İstenen koyuluğa erişebilmek için keten yağını 5 – 6 saat kaynaması gerekebilir. Kaynatmanın çok uzun sürdürülmesi halinde kıvamı çok yüksek bir yağ elde edilir ve bu yağa Osmanlı Beziri denir. Günümüzde sentetik reçinelerle çok yüksek viskozitelere (akışkanlık) erişmek mümkün olduğundan, artık boya sanayisinde Osmanlı Beziri pek kullanılmamaktadır. Bezir yağı üretimi için artık kaynatmaya da gerek duyulmamaktadır. Keten yağına konulan kobalt naftant türü kurutucular oda sıcaklığında karıştırma ile yağın kıvamını artırmaktadır [22].

Kuruyan yağlar arasında bezir yağı en iyi kuruyan yağlardan biridir. Bezir yağı neredeyse bütün yağlı boyaların ana maddesidir. Çiğ bezir yağı çok yavaş kurur, kuruma süresini azaltmak için çiğ bezir yağına kurşun oksit karıştırılarak ısıtılır. Yağlı boyalarda terebentin veya mineral yağlar mevcuttur ki oranlarına bezir yağın incilmesi ve ya kalınlaşmasına sebep olurlar [23].

En iyi kuruyan yağlardan biri olan bezir yağı, yapısının %50 si kadar LNA (Alpha Linolenic Acid) barındırır. Bundan dolayı havaya maruz kaldığında çok iyi kurur. Zayıf bazlar ve asitlere karşı dayanır ve su geçirimsizlik özelliğine sahiptir [21].

Keten tohumu yağın yarısından çoğu “Alpha Linolenic Acid” den (LNA) oluşmaktadır. Keten yağındaki LNA, havadaki oksijen ile reaksiyona girerek okside olup sertleşir. Keten yağının bu özelliği yüzyıllar boyu farklı sanayi alanlarında kullanılmıştır. Örnek olarak keten yağını doğrudan boya gibi, ahşap üzerine uygulandığında bir kaç gün sonra, yağ havadaki oksijen ile okside olup sertleşir ve alttaki ahşabı koruyan bir katman oluşturur [21].

Canada'nın soğuk ikliminde beton yüzeyleri buzlanma ve donun karşısında direnci artırmak için yaz aylarında kuru beton yüzeyine kızgın bezir yağı püskürtülür. Yağ

betonun kılcal çatlaklarına nüfuz ederek, kış aylarında buzlanmanın yarattığı tahribat azaltılır [24].

Soğuk pres yöntemi ile elde edilen keten yağı %90 üzerinde doymamış yağ (LNA) içerir ve günümüzde besin takviyesi olarak diyetisyenler tarafından tavsiye edilmektedir. Omega 3 açısından zengin olan keten yağı, aynı miktarda ceviz, ıspanak ve brokolinin 10 katı omega 3 içerir. Bitkisel yağlar içerisinde omega 3 zenginliği açısından balık yağına en yakın yağdır ve deniz ürünleri tüketmeyenlere tavsiye edilir.

Besin değerinin yüksek olmasından dolayı katkı olarak hayvan yemine ilave edilmektedir. Yüksek miktarda keten tohumu içeren yem ile beslenen tavukların yumurtaları omega 3 yağı açısından normal yem ile beslenen tavuklardan daha zengin ve piyasada daha yüksek rakamlara satılmaktadır [20].



Şekil 3.6 : Keten yağı.

3.2.2 Keten lifi

Tarihteki en eski kültür bitkilerinden biri olan keten, lifi ve tohumu için yetiştirilir.

Keten bitkisi sapından elde edilen güçlü liflerden dolayı insanlık tarihinde çok önemli bir yere sahiptir. Bu lifler bitkiden elde edildikten sonra dokunarak keten ipliğine dönüştürülür ki keten ipliği insanoğlunun pamuktan sonra kumaş yapımında en çok kullandığı ikinci materyaldir [25].

Yağ ketenin hasadı sapları kurumaya başladığında, lif ketenleri ise biraz daha erken ve henüz sapları yaş iken biçilerek toplanır. Keten tohumlarını ayırmak için keten

dövölerek tohumlar kapsülden çıkarılıp eleyerek ayrıştırılır. Sapları ezerek lifler ayrıştırılır. Desteleyip suyun içinde bir süre bekletildikten sonra çıkarılıp kurumaya bırakılır [25].

Keten sapları kuruduktan sonra tokmaklarla dövülür sonra ahşap manganezle çekilerek, sapların odunsu kısımları parçalanarak dökülür. Taraklardan geçirilerek düzeltilir ve yumaklar halinde hazırlanır. Geriye kalan, lif demeti biçimine getirilerek balyanalıp piyasaya sürülür. Lif demetin uzunluğu 30 – 90 cm arasındadır ve her keten lifi ise 7 -8 cm arasındadır [25].

Keten lifi yapısal olarak %80 selüloz, %3 pektin ve %10 sudan oluşmaktadır. Keten sarımtırak beyaz renkte, hafif mavimsidir. Ketenin, uzun ve ince olanı tercih edilir. Kopma anında uzaması; kuru iken %1,8'dir. Yaş iken ise %2,2'dir. Islakken dayanıklılığı %20 daha fazladır. Özgül ağırlığı 1,5 g/cm³ tür [25].



Şekil 3.7 : Keten lifinin sapından ayrıştırma aşamaları.



Şekil 3.8 : Ahşap manganez ve tarak.

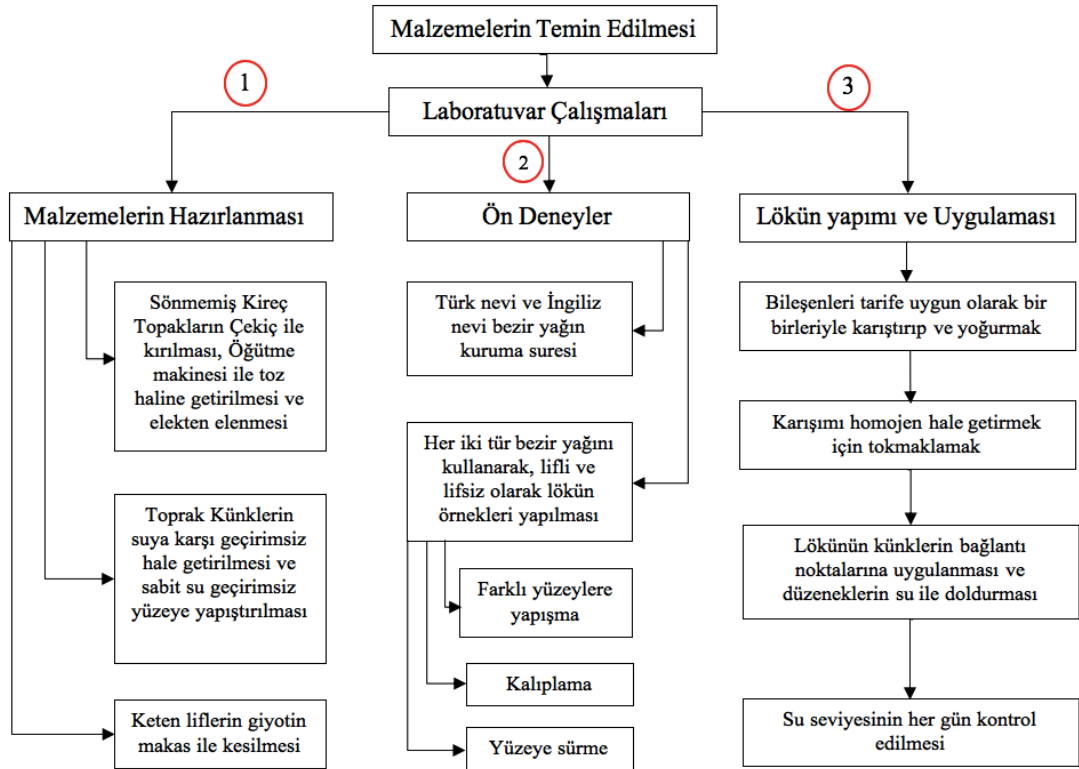


Şekil 3.9 : Keten demeti.

4. DENEYSEL ÇALIŞMA

4.1 Deney Programı

Yapılan literatür araştırması sonuçlu Lökün malzemesi için elde edilen bilgilere dayanarak ve daha önceden lökün ile ilgili deneysel bir çalışma olmadığından, lökün yapımı için gereken malzemeleri temin edilip, lökünün fiziksel özellikleri ile ilgili fikir sahibi olmak için ön deneyler yapılmış, daha sonra bire bir tarife bağlı olarak lökün üretilmiştir. Üretilen lökün literatürdeki tarife bağlı olarak toprak künklerin bağlantı noktalarına uygulanıp gözlemlenmiştir. Lökünün adeta unutulmaya yüz tutmuş geleneksel bir malzeme olduğundan dolayı malzemelerin temini ve ön deneylerin yapılması uzun bir zaman almıştır.



Şekil 4.1 : Deney programı.

4.2 Kullanılan Malzemeler

Yapılan deneylerde sönmemiş kireç, bezir yağı, keten lifi, pamuk ve geçmeli toprak künk kullanılmıştır.

4.2.1 Sönmemiş kireç

Sönmemiş kireç yapılan saha çalışması sonucu (Karaköy perşembe pazarı nalburlar ve yapı malzeme satışı yapan dükkân ve mağazalar) mağazada depolanmasının riskli olmasından, doğrudan satışının yasak olduğu anlaşılmıştır. Kireç ocakları ile temasa geçildiğinde ise sipariş miktarının az olduğundan kargo yapılamayacağı yanıtı alınmıştır. Şahsi imkânlarla internet üzerinden sönmemiş kireç satın alınıp temin edilmiştir. Satışı yapan firma sönmemiş kireci topak ve ya toz halinde satışa sunmuştur. Sönmemiş kirecin taş ocağında öğütme sırasında olabilecek olumsuz varsayımları en aza indirmek ve malzemenin kalitesinin düşmemesi için topak halinde satın alınmış ve kırma ve öğütme tarafımdan şahsen yapılmıştır.

Satın alınan sönmemiş kireç 5 – 6 kg kütlelerden oluşmaktaydı. Kırmak için çekiç kullanıldı. Kireç kütlelerinin sert olmasından dolayı kırma işlemi oldukça yorucu ve zahmetli geçti. Bunu üzerine satıcı firma ile temasa geçildi ve kirecin fiziksel özelliklerin paylaşılması istendi ama maalesef bir yanıt alınamadı. Sönmemiş kirecin kırma ve özellikle öğütme esnasında oluşan toz, koruyucu maske, uygun eldiven ve koruyucu gözlük kullanılmadığı takdirde, burun ve nefes borusunda yanma ve göz ile temas ettiğinde şiddetli göz tahrişine sebebiyet vermektedir.

Sönmemiş kireç kütleleri elektrikli öğütme makinesine girebilecek şekilde, çekiçle 2 – 3 cm parçalara kırılmıştır.



Şekil 4.2 : Sönmemiş kireç kütlesi.

Uygun boyda olan parçalar elektrikli öğütme makinesi ile toz haline getirilmiştir.



Şekil 4.3 : Sönmemiş kireç öğütme işlemi.

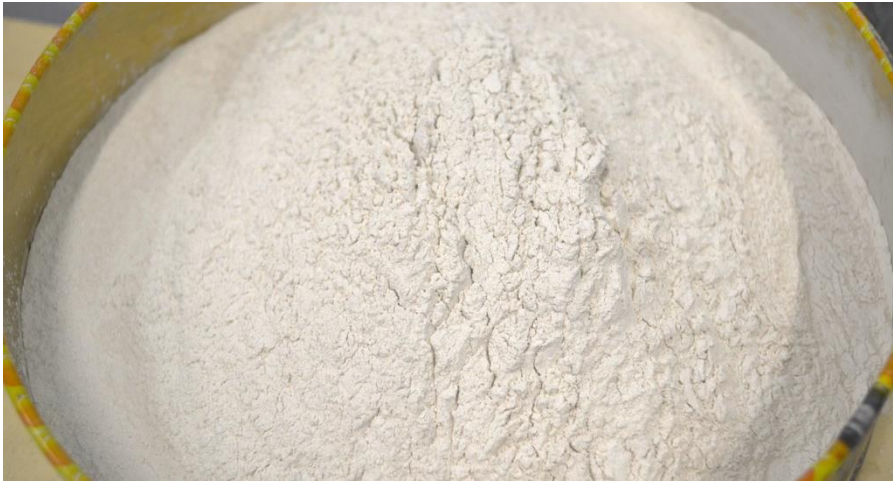
Öğütme makinesinden çıkan toz halindeki sönmemiş kireç, granometrisinin homojen olması için 0.50 ve 0.212 numaralı elekten geçirildi. 100 gr örnek için 0.50 numaralı eleğin üstü %5.48 oranında olmasından dolayı, 0.50 No. elek altı malzeme ön deneylerde kullanılmıştır.

Çizelge 4.1 : Öğütülmüş sönmemiş kireç granometrisi.

0.50 no. elek üstü	5.48 gr
0.212 no. elek üstü	17.45 gr
0.212 no. elek altı	77.07 gr



Şekil 4.4 : Sönmemiş kireç tozu 0.50 ve 0.212 elekten geçirilmesi.



Şekil 4.5 : 0.212 numaralı elek altı sönmemiş kireç tozu.

4.2.2 Bezir yağı

Bezir yağı piyasada Türk nevi (kalın) ve İngiliz nevi (ince) olmak üzere iki türü bulunmakta ve farklı ticari marka adı altında satılmaktadır. Bezir yağı ince eve kalın olmak suretiyle aynı markadan şahsi imkânlarla satın alınmıştır. Yapılan literatür araştırmasına göre akışkanlığı az olan çiğ bezir ve ya diğer adıyla Osmanlı bezirin, Türk nevi (kalın) olduğu sonucuna varılmaktadır. İngiliz bezir yağının (ince bezir yağı) daha akışkan olduğundan dolayı katkı madde eklenerek daha akışkan hale getirilmiştir.

Türk nevi (kalın) bezir yağı kahverenginde ve İngiliz nevi (ince) bezir yağı daha açık renkli ve kehribar rengindedir.



Şekil 4.6 : Türk nevi (kalın) bezir yağı (sol) ve İngiliz nevi (ince) bezir yağı (sağ) arasındaki renk farkı.

Aynı markadan temin edilen bezir yağı için birim kütle ağırlığı Türk nevi (kalın) bezir yağı için 961.43 kg/m^3 ve İngiliz nevi (ince) bezir yağı için 920.85 kg/m^3 olarak hesaplanmıştır.

4.2.3 Keten lifi

Keten lifi günümüzde hala tesisat işlerinde yaygın olarak kullanıldığından piyasadan kolayca satın alınarak temin edildi. Piyasada yerli üretimi değil de ithal ürünün satılması keten lifi gibi basit bir malzeme için dikkat çekmiştir.

Literatür araştırmasına göre lökünün yapımında kullanılan keten “ince kıyılmış iyi cins” den olmalı. Keten liflerin yapısında selüloz den dolayı normal makas ile

kesilmesi çok zor ve verimsiz olduğu tespit edilmiştir. Keten liflerin 1-2 cm boyunda kesilmesi (kıyılması) için kalın maket kâğıdı ve mukavva kesiminde kullanılan mekanik giyotin makas makinesi kullanılmıştır.



Şekil 4.7 : Keten liflerin kesiminde kullanılan mekanik giyotin makas makinesi.

4.2.4 Pamuk

Lökün tarifinde “pembe-i ham” dan bahsedilmiştir. “pembe-i ham” aslında işlem görmemiş ham pamuktur. Günümüzde piyasada farklı ticari markalar adı altında satılan ambalajlı pamuklar kozmetik ve sağlık hizmetlerinde kullanıldıkları için işlem görmüş pamuklardır. Ham pamuk ve ya işlem görmemiş pamuk yapılan saha araştırmasında İstanbul tahta kale semtinden satın alınarak temin edilmiştir.

4.2.5 Geçmeli toprak künk

Eskiden su isale sistemlerinde kullanılan geçmeli toprak künkler günümüzde artık kullanılmadığından üretim yapan firmaların sayısı bir elin parmak sayısından daha az. Piyasada toprak künk olarak satılan ürünler genelde düz olup birbirlerine geçmeyen türdendir. Yapılan araştırma sonucu geçmeli künk ürün kataloğunda olan sadece bir firma İzmir Turgutlu bölgesinde tespit edildi. Firmanın ürün kataloğunda künklerin içi ve dışı sırsız, uzunlukları 38 cm, et kalınlığı 1.5 cm ve dar tarafın dış çapı 16 cm olarak verilmiştir. Üretici firma ile irtibata geçildiğinde ürün stokun olmadığı ve üretim sadece yüksek miktarda sipariş üzerinden yapılabileceği yanıtı alındı. Bu yüzden İstanbul şehir genelinde geleneksel yapı malzemeleri satılan noktalara giderek saha çalışması yapıldı. Yapılan çalışma sonucu Kasım paşa semtinden ürünün satışı olan bir mağazadan 42 adet künk satın alınarak temin edildi. Maalesef satıcı şahıs kendi ticari amacından dolayı üretici firmanın adını vermedi. Bundan dolayı künklerin hangi standartlara tabi oldukları ve nasıl üretildikleri hakkında her hangi bir bilgiye ulaşamadı.

Künklerin içi ve dışı sırsız olup et kalınlığı 1 cm, uzunluğu 30 cm, dar taraf dış çapı 15 cm ve geniş tarafın da dış çapı 19 cm dir.



Şekil 4.8 : Geçmeli toprak künk.

4.3 Ön Deneyler

Malzemenin fiziksel özellikleri ile ilgili yakın döneme ait bir çalışma olmadığından ön deneyler yapılmıştır. Ön deneyler Nisan 2018 de başlamıştır.

Lökünün ana malzemelerinden biri olan bezir yağı kuruyan bir yağ olduğundan. Türk nevi (kalın) ve İngiliz nevi (ince) bezir yağlarından eşit miktarda aynı kaplara dökülerek oda sıcaklığında bekletilerek kurumaları gözlemlendi. Birkaç gün içinde İngiliz nevi (ince) bezir yağın üzerinde kuru bir katmanın oluştuğu ama diğer tarafta Türk nevi (kalın) bezir yağında göz ile görülür bir değişiklik olmadığı gözlemlendi. Nisan 2018 de kurumaya bırakılan bezir yağları, 12 ay sonra Nisan 2019 da incelediğimizde Türk nevi (kalın) bezir yağının üzerindeki katman ince olup ve elle bastırıldığında delinebileceği hissini vermektedir diğer yandan İngiliz nevi (ince) bezir yağı üzerinde oldukça katı ve kalın bir katman oluştuğu ve elle bastırıldığında ve hatta biraz güç uygulandığında delinme ve parçalanma olmadığı gözlenmiştir.



Şekil 4.9 : Nisan 2018, İngiliz nevi (ince) bezir yağı (sol) ve Türk nevi (kalın) bezir yağı (sağ).



Şekil 4.10 : Nisan 2019, İngiliz nevi (ince) bezir yağı (sol) ve Türk nevi (kalın) bezir yağı (sağ) üzerinde oluşan katman.

11 Nisan 2018 tarihinde, lökün yapma yolunda ilk deneyimiz gerçekleştirilmiştir. Bunun için tarife uyarak 640 gr İngiliz nevi (ince) bezir yağını, 1280 gr sönmemiş

kirecin ortasında elle açılan çükürün içine doku elle karıştırıldı. Elde edilen malzeme sarı renkli, her yüzeye yapışan, akışkanlığı az olan ve yoğurulması zor olan yarı katı bir maddedir. Karışımı elle karıştırırken kullanılan lastik eldiven elde parçalandı. İngiliz nevi (ince) bezir yağı ile yapılan ve içinde lifli malzeme (ham pamuk veya keten lifi) olmadığından elde edilen malzemeye “lifsiz ince-lökün” ismi verilmiştir. Aynı oranlarla Türk nevi (kalın) bezir yağı ile sönmemiş kireç karışımı hazırlandı. Aynı şekilde içinde lifli malzeme olmadığından, Türk nevi (kalın) bezir yağından yapılan malzemeye de “lifsiz kalın-lökün” isminin verilmesine karar verilmiştir.



Şekil 4.11 : Lifsiz ince-lökün yapımı.

Lifsiz ince-lökün 4x4x16 cm ebadındaki prizmatik deney kalıplarına dökülerek kurumaya bırakıldı. 24 saat sonra 12 Nisan 2018 de kalıplar kontrol edildiğinde, lifsiz ince-lökünün kalıpların ince aralıklarından akıp yere döküldüğü görüldü.

Kalıptan dökülen lifsiz ince-lökünün üzerine dünden kalan ve hava ile temas etmemesi için üzeri kapatılan malzemeden tekrar ilave yapıp kurumaya bırakıldı.



Şekil 4.11: Lifsiz ince-lökün (sağ) ve lifsiz kalın-lökün (sol). yapımı



Şekil 4.12 : Lifsiz ince-lökünün kalıptan akması ve tekrardan kalıplanması.

Kalıplanan ince ve kalın lökün gözlemleyerek, lifsiz ince-lökün yüzeyinde birkaç gün içerisinde açık renkli bir katman oluştuğu ve alttaki malzemenin etkilenmediği görülmüştür. Diğer yandan kalın lifsiz lökün yüzeyinde bir hafta zaman geçmesine

rağmen göz ile görünür bir değişiklik olmadığı görülmüştür. Bunun nedeni, Türk nevi (kalın) ve İngiliz nevi (ince) bezir yağların arasındaki kuruma hızının farklı olmasıdır.

Lifli malzemenin (ham pamuk) karışımında etkisini görmek için, 13 Nisan 2018 tarihinde tarife bağlı kalarak (sönmemiş kireç, İngiliz nevi bezir yağı ve pamuk) lifli lökün karışımı hazırlanmıştır. Hazırlanan karışımın İngiliz nevi (ince) bezir yağı ve ham pamuk olduğundan dolayı “lifli ince-lökün” olarak isimlendirilmiştir.



Şekil 4.13 : Lifli ince-lökünün yapımı.

Sadece 8 gr ham pamuğun ilave edilmesi, lifli ince-lökünün kıvamının artmasında ciddi etkisi olduğu görülmektedir. Lifli ince-lökün kalıplanarak diğer iki kalıbın yanında kurumaya bırakılmıştır.



Şekil 4.14 : Lifli ince-lökünün yoğurulması ve kalıplanması.

Kalıplamadan artan lifsiz lökün karışımının yapışma özelliğini görmek için cam, taş ve tuğla yüzeylerine uygulayıp kurumaya bırakıldı. Lifli ince-l  k  nden ince bir katman mala kullanılarak alüminyum levha üzerine uygulandı ve kurumaya bırakıldı.



Şekil 4.15 : Tuğla ve taş yüzeylerine uygulanan lifsiz ince-lökün.



Şekil 4.16 : Tuğla ve taş yüzeylerine uygulanan lifsiz ince-lökün (sol), alüminyum levha yüzeyine uygulanan lifli ince-lökün katmanı (sağ).

Farklı yüzeyler uygulanan lifsiz ince-lökün ve lifli ince-lökün, İngiliz nevi (ince) bezir yağın sönmemiş kireç partiküllerin tamamen hava ile irtibatını kesmediği ve yeterince koruma sağlamadığından dolayı, bir hafta bile olmadan sönmemiş kirecin havadaki su buharı ile reaksiyona girip ve sönmüş kirece dönüşmüştür. Geride kalan beyaz renkli kuru madde kolayca ufalanıp ve her hangi yapışkanlığı veya su yalıtım özelliği yoktur.



Şekil 4.17 : 24 saat sonra tuğla yüzeyine uygulanan lifsiz ince-lökün.



Şekil 4.18 : Uygulamadan bir hafta sonra, taş ve tuğla üzerine uygulanan lifsiz ince-lökünün ufalanması.



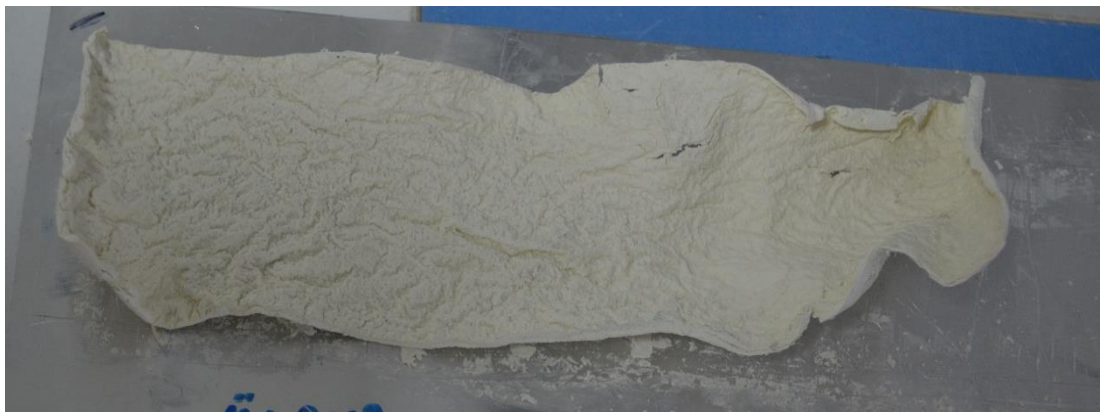
Şekil 4.19 : 3 gün sonra tuğla yüzeyine uygulanan lifsiz ince-lökün.



Şekil 4.20 : Uygulamadan bir hafta sonra, tuğla üzerine uygulanan lifsiz ince-lökünün ufalanması.



Şekil 4.21 : Uygulamadan 3 gün sonra, alüminyum levhaya sürülen lifli ince-lökün



Şekil 4.22 : Uygulamadan 10 gün sonra, alüminyum levhaya sürülen lifli ince-lökünün tamamen kuruyarak yüzeyden ayrılması.

Lifli ve lifsiz ince-lökün (İngiliz nevi beziryağı barındıran) numunelerin üst katmanı kuruyarak şişmeye başlamış ve kalıplardan taşarak ufalanmıştır. Lifli ince-lökünün kesitini görmek için kalıp kısmen sökülerek incelenmiştir. Diğer yandan lifsiz kalın-lökün örneği iki ay süre zarfında yüzeyinde oluşan katmanda şişme ve parçalanma olmadığı tespit edilmiştir.

Yapılan ön deneyler sonucu lökün yapımında Türk nevi (kalın) bezir yağı kullanılmasına karar verilmiştir.



Şekil 4.23 : Uygulamadan 3 gün sonra, lifli ince-lökün.

Şekil 4.24 : Uygulamadan 3 gün sonra, lifsiz ince-lökün (sol) ve lifsiz kalın-lökün (sağ).



Şekil 4.25 : Uygulamadan 3 hafta sonra, lifli ince-lökün.



Şekil 4.26 : uygulamadan 3 hafta sonra, lifsiz kalın-lökün (sağ) ve lifsiz ince-lökün (sol).



Şekil 4.27 : Uygulamadan 3 ay sonra, 12 Haziran 2018 tarihinde, Lifsiz kalın-lökün (sol) ve lifli ince-lökün (sağ).



Şekil 4.28 : Uygulamadan 3 ay sonra, 12 Haziran 2018 tarihinde, lifli ince-lökün.



Şekil 4.29 : Uygulamadan 3 ay sonra, 12 Haziran 2018 tarihinde, farklı açılardan lifsiz ince-lökün.

Lifli ve lifsiz ince-lökün (İngiliz nevi bezir yağı barındıran), uygulamadan 3 ay sonra kalıplardan çıkarıldı. Lifsiz kalın-lökünde bir bozulma olmadığından kalıptan çıkarılmadı. Üç hafta sonra, 2 Ağustos 2018 de tekrar kontrol edildiğinde, lifsiz kalın-lökün örneğinin şişerek ufalandığı görülmüştür. Ancak oluşan deformasyonun ince lökün kadar şiddetli olmadığı da tespit edilmiştir.



Şekil 4.30 : Uygulamadan 13 hafta sonra, 2 Ağustos 2018 tarihinde, farklı açılardan lifsiz kalın-lökün.

4.4 Uygulamalı Deneyler

Uygulamalı deneylerde amaç, tarife uygun lökün üretilip ve geçmeli toprak künklerin bağlantı noktalarına uygulanarak künkler suyla doldurulduğunda lökün malzemesinin yalıtım performansı deneysel olarak incelemektir.  n deneylerden alınan sonuçlara dayanarak, lökün yapımında Türk nevi (kalın) bezir yağı kullanımına karar verilmiştir.

4.4.1 Künklerin hazırlanması

Tedarik edilen toprak künklerin i  ve dış kısımları sırsız olup ve et kalınlığı az olmasından su karşısında geçirimsiz değillerdir. Deney künklerin su geçirgenlik performansını görebilmek için künkleri dikey olarak suya karşı geçirimsiz olan bir seramik levha üzerine koyup epoksi yapıştırıcı ile sabitledik. Yapıştırıcı iyice kuruduktan sonra künklerin içi su ile doldurulup bırakıldı. 24 saat sonra kontrol edildiğinde k nklerdeki su seviyesinin ciddi şekilde azaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.31 : Toprak künklerin epoksi yapıştırıcı ile suge irmez yüzeye (seramik) yapıştırılması.

Künklerin su kaybı, imalatta oluşan kılcal çatlaklar ve künkün yüzeyinden gerçekleşen buharlaşmadan kaynaklanmaktadır. İki haftada suyun seviyesi yarıya kadar düşmüş ve künklerin yüzeyinde tuzlanma ve çiçeklenme tespit edilmiştir.



Şekil 4.32 : 1 saat arayla suyla doldurulan künklerin, yaş ve kuru yüzeylerin arasındaki renk farkı.



Şekil 4.33 : 3 hafta sonra su seviyesi ve künk cidarında çiçeklenme ve tuzlanma.

Toprak künklerin iç kısmını su geçirimsiz hale getirebilmek için, seramik yüzeye yapıştırmak için kullanılan aynı epoksi yapıştırıcı uygulanmıştır.



Şekil 4.34 : İç kısmına epoksi yapıştırıcı uygulanarak, geçirimsiz hale getirilen künkler.

4.4.2 Lökün uygulaması

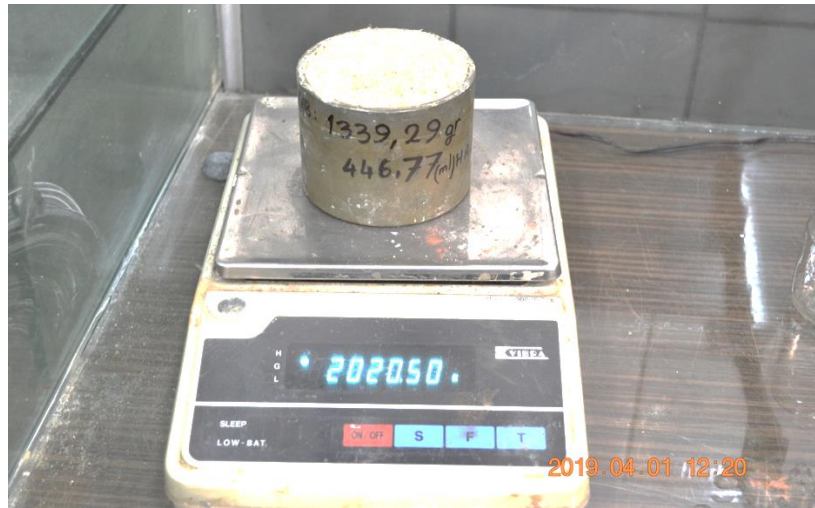
Künkleri lökün uygulamasına hazırladıktan sonra tarife uygun olarak lökün malzemesi yedirme şeklinde üretilmiştir. Ön deneylerin üzerinden uzun zaman geçmesinden dolayı ve deneyler kalan kirecin kalitesinden emin olamadığından, tekrardan internet üzerinden toprak halinde sönmemiş kireç alınıp, çekiçe kırılıp, öğütülüp, elekten geçirilip ve deneyde kullanılmaya hazır hale getirilmiştir.

Tarife göre lökün için, sönmemiş kireç (2560 gr) + Türk nevi (kalın) bezir yağı (1280 gr) + pamuk (16 gr), ve yedirme için elde edilen lökün + bezir yağı (480 gr) + keten (320 gr). Elde edilen karışım oldukça kıvamlıdır ve yoğurulması çok zor olduğundan sanayi tipi lastik eldivenler dayanamayıp ve elde parçalanmıştır. Özellikle keten ve bezir yağı karışımını eklendiğinde elle yoğurmak neredeyse imk nsız hale gelmiştir. Elde edilen lökün malzemesi sert bir yüze konulup 1 kilogramağırlığındaki balyoz ile keten liflerinin topaklarının    lmesi ve malzemenin içinde eşit dağılmaları için dövülmüştür. Balyoz ile dövme işlemi bir hafta boyunca her gün 1 saat tekrarlanmış ve en son homojen bir malzeme elde edilmiştir.

Üretilen lökün, ağırlığı ve hacmi belli olan kaba doldurulup ve  zg n kütle ağırlığı 1524.74 kg/m³ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.35 : Üretilen lökün ve dövmek için kullanılan balyoz.



Şekil 4.36 : Lökün için  zg n kütle ağırlık = 1524.74 kg/m³



Şekil 4.37 : Keten liflerinin balyoz darbesi ile löküne yedirilmesi.

Geçirimsiz hale getirilen künklerin bağlantı noktalarına, geniş tarafın içine lökün sürüp diğer künkün dar tarafına bastırarak künkler birbirine geçirilmiştir. Her bağlantı noktası için 100 – 120 gr lökün malzemesi kullanılmıştır. Üçlü ve ikili dikey deney düzeneklerde su seviyesini görmek için “U” şeklinde terazi hortumu kullanıldı.



Şekil 4.38 : Künkün geniş tarafına lökün uygulanması.



Şekil 4.39 : İkili deney künklere l    n uygulanması.



Şekil 4.40 : Üçlü deney künklerine l    n uygulanması.



Şekil 4.41 : Künklerin bağlantı noktalarına uygulanan lökün.



Şekil 4.42 : İkili ve üçlü deney künklerin suyla doldurulması ve su seviyesini gösteren terazi hortumu.

12 Nisan 2019 tarihinde, deney künkleri suyla doldurulup her gün kontrol edilmiştir. 24 saat sonra kontrol edildiğinde, ikili künkten birinde olan ufak sızıntının kesildiği ve üçlü künklerden birinde birinci bağlantı noktasından su sızdığını ve su seviyesinin 6 cm düştüğü tespit edilmiştir. Diğer deney düzeneklerinde su sızıntısı olmadığı ve su seviyesinin sadece 1 cm kadar azaldığı görülmüştür. Bunun nedeni ise en üstteki künkün geniş tarafın epoksisiz kısmından cidarın su emmesi ve yüzeysel buharlaşmadır. Su basıncının sabit kalması için her gün su ilave edilerek su seviyesi sabit tutulmuştur.



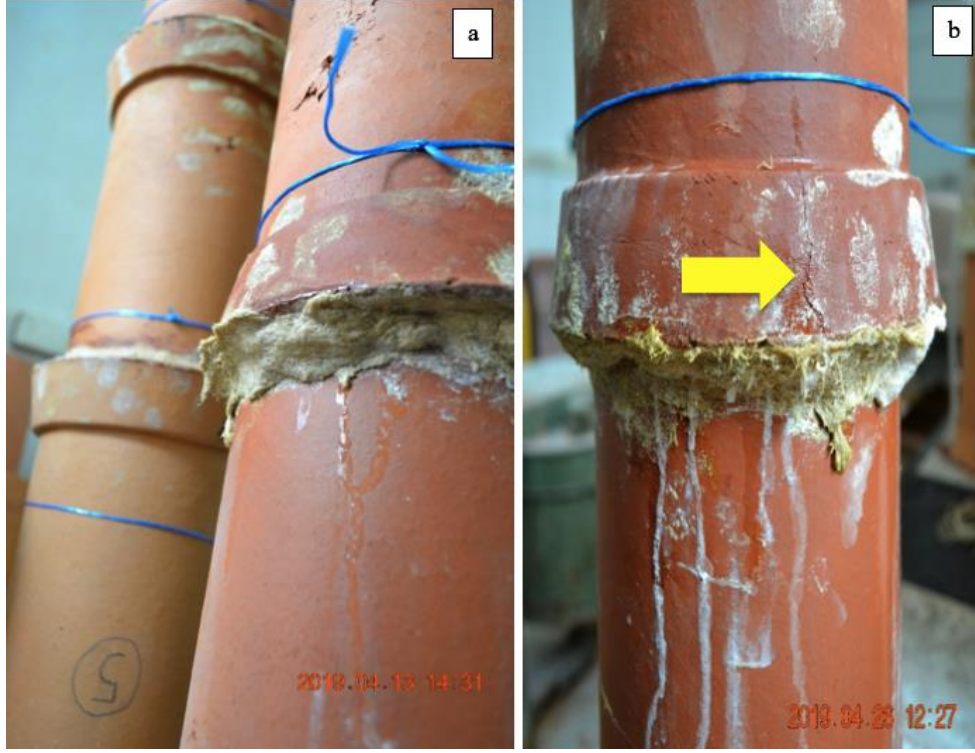
Şekil 4.43 : 24 saat içinde deney künklerin su kaybı.

12 gün boyunca her gün su seviyesi kontrol edilip ve su takviyesi yapılmıştır. Su sızdıran deney düzeneği, bağlantı noktasında lökünün su karşısında şişmesi ve hacim kazanması ile dik ve gönye konumundan hafifçe eğildiği tespit edilmiştir.

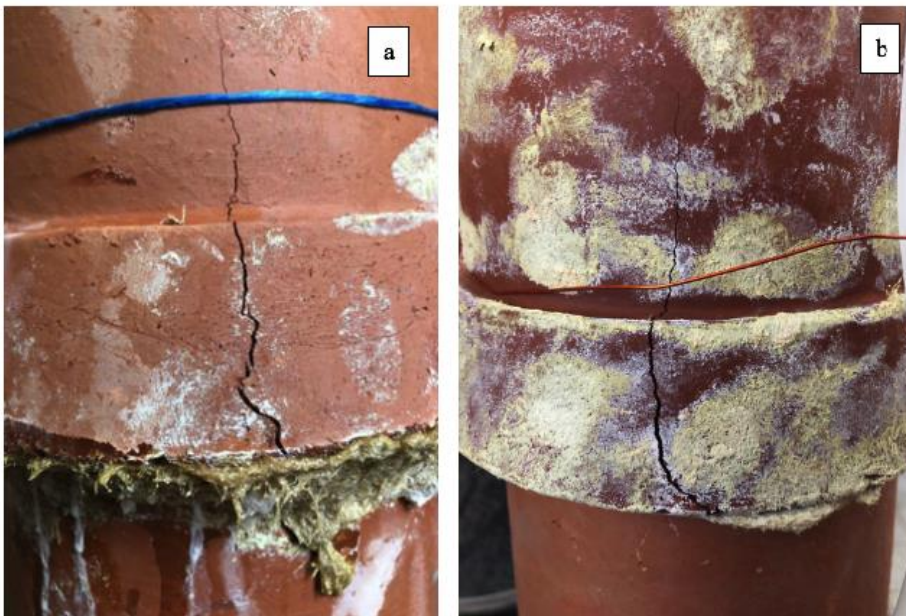
Lökün uygulaması yapıldıktan 12 gün sonra su sızdıran üçlü künkün sızıntı noktasından çatladığı ve suyun çatlağın seviyesine kadar indiği görüldü. Bir gün sonra yani deneyin 13 üncü günü, diğer künklerinde bağlantı noktalarından çatladığı ve suyun sızdığı tespit edilmiştir. Bunun nedeni künklerin et kalınlığının az olmasından (1 cm), lökün malzemesinin yarattığı basınç gücüne dayanamayıp çatlamalarıdır.

İlerdeki günlerde lökünün    meye ve hacim kazanmaya devan etmesi sonucu çatlakların büyüyerek ilerlediği kaydedilmiştir.

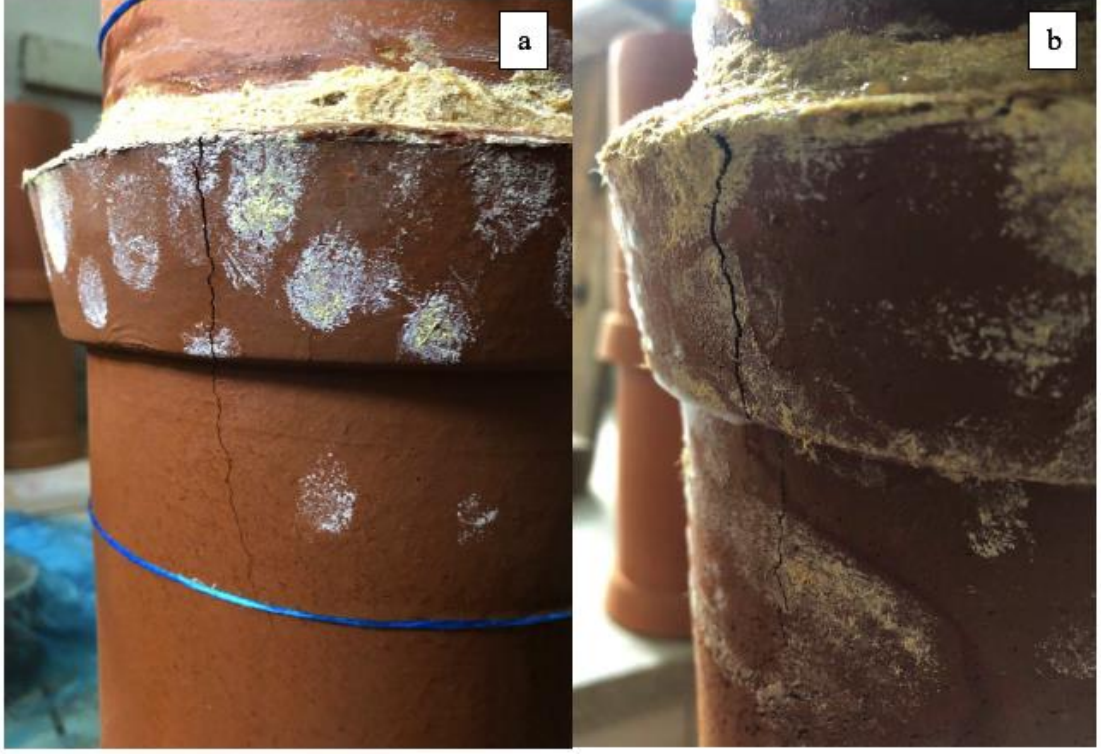
Deney künklerin toplam 6 bağlantı noktalarında, eş zamanlı ve aynı günde çatlakların oluşmasında uygulama hatasının olmadığı ve lökünün içindeki sönmemiş kirecin su ile reaksiyona girip    mesi ve yarattığı basınçtan kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.44 : (a) Bağlantı noktasında oluşan ilk sızıntı, (b) 12 inci gün bağlantı noktasında oluşan ilk çatlak.



Şekil 4.45 : (a) 13 üncü gün, bağlantı noktasında oluşan ilk çatlağın ilerlemesi, (b) 13 üncü gün, bağlantı noktasında oluşan  atlak.



Şekil 4.46 : 13 üncü gün, bağlantı noktalarında oluşan diğer çatlaklar.

5. SONUÇ VE ÖNERİ

Bir geleneksel yalıtım malzemesi olan lökünün, yapılan kapsamlı literatür araştırması sonucu ve elde edilen bilgiler doğrultusunda yapım tarifi tespit edilmiş, laboratuvar ortamında deneysel olarak üretilmiş ve uygulamalı olarak yalıtım özelliği incelenmiştir. Yapılan   n deneyler sonucu lökün malzemesinin suyla temas ettiğinde şişerek hacim kazanması g  r  lm  ştir. Reçeteye uygun şekilde   retildikten sonra geçmeli toprak künklerin bağlantı noktalarına uygulanarak yalıtım performansı incelenmiştir.

Lökünün suya maruz kaldığında şişerek reaksiyon göstermesinden sızıntıları giderebilme özelliği olduğu anlaşılmıştır. Ancak deney k  nklerinin eş zamanlı çatlamaları, lökün uygulaması yapılacak yerin lökünün yaratabileceği basın  a dayanıklı olması gerektiğini işaret etmektedir. Ayrıca tüm bağlantı noktalarında oluşan çatlakların aynı gün veya bir gün ara ile oluşmaları, deneyde uygulama hatası olmadığını ve çatlakların malzemenin yalıtım özelliğinden kaynaklandığını göstermektedir.

Deneylerle elde edilen sonuçtan sonra yapılan araştırmada antik su isale sistemlerinde kullanılan künklerin et kalınlığının en az 6 cm ve en çok 11 cm olduğu öğrenilmiştir. Bu yüzden lökün uygulaması yapılacak künklerin et kalınlığı daha fazla olmalıdır. Deney için kullanılan künklerin su isalesi için değil de baca borularında kullanma amaçlı üretildiklerinden et kalınlıklarıncı ince olması, künklerin çatlamasına sebep olan en önemli etkindir.

Lökünün bileşenleri mineral (sönmemiş kireç) ve organik (bezir yağı, pamuk ve keten lifi) olduğundan dolayı tamamen doğa dostudur, çevreye herhangi bir olumsuz etkisi bulunmamaktadır ve %100 sürdürülebilir bir yapı malzemesidir. Bu özelliklerinden dolayı lökün, günümüzde yaygın olarak kullanılan modern kimyasal su yalıtım malzemeleri için bir alternatif olarak görülebilir.



KAYNAKLAR

- [1] **Url-1** <http://www.wikipedia.org/wiki/Osmanli_Döneminde_ölçü_birimleri>, erişim tarihi 12.11.2018
- [2] **Kolay, İ. A.** (2016). *Osmanlı dönemi inşaat belgelerine göre anıtsal yapılarda örtü ve duvar sistemleri*. 8'inci Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 2-3 Haziran 2016 Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fındıklı – İstanbul.
- [3] **Kolay, İ. A.** (2001). A Survey on Mortars and Plasters as Building Materials in the Ottoman Registers, *Historic Masonry Structures*, s. 75, Cluj-N.
- [4] **Ayutlu, F.** (2014). *Şehzade ve Süleymaniye külliyelerinde su mimarisi*, (Yüksek lisans tezi).Fatih sultan Mehmet vakıf üniversitesi Mühendislik ve fen bilimleri enstitüsü.
- [5] **Mülayim, S.** (2007). *Bir şaheser Süleymaniye Külliyesi*, Ankara, Kültür ve Turizm Bakanlığı
- [6] **Url-2** <<http://www.sultanahmetcami.org/yazdir.php?id=10&t=H>>, erişim tarihi 10.12.2017
- [7] **Sönmez, N.** (1997). *Osmanlı Dönemi Yapı ve Malzeme Terimleri Sözlüğü*, İstanbul
- [8] **Oğuz, B.** (1998). *Bizans "tan Günümüze İstanbul Suları*, Simurg, İstanbul
- [9] **Bersche, D.** (2009). *The Otoman Water Distribution System in Acre*, International Conservation Center, Acre
- [10] **URL-3** <<https://www.tdk.com.tr/>>, erişim tarihi: 23 Mart 2019.
- [11] **Dalman, K. O.** (1933). *Der Valens Aquadukt in Konstantinopel*. Bamberg.
- [12] **Arseven, C. E.** (1952). *Sanat Ansiklopedisi, Cilt III*. Milli Eğitim Basım Evi, İstanbul.
- [13] **Hasol, D.** (1993). *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü*. YEM. İstanbul.
- [14] **Swallow, P. & Carrington, D.** (1995). Lime and Lime Mortars, part one, *Journal of Architectural Conversation*, No.3 November 1995.
- [15] **Eriç, M.** (1994). *Yapı Fiziği ve Malzemesi*. İstanbul. Literatür Yayıncılık.

- [16] **TS EN 1015–11.** (2000). *Kâgir Harcı - Deney Metotları - Bölüm 11: Sertleşmiş Harcın Basınç ve Eğilme Dayanımının Tayini*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- [17] **TS EN 459–1.** (2015). *Yapı Kireci - Bölüm 1: Tarifler, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- [18] **Uğur, T. ve Güleç, A.** (2014). Harç, sıva ve diğer kompozit malzemelerde kullanılan bağlayıcılar ve özellikleri, *Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi*, No.17, 77–91.
- [19] **Akman, S.** (1990). *Yapı Malzemeleri*. ITÜ İnşaat Fakültesi. İstanbul.
- [20] **URL-4** <<https://www.usaemergencysupply.com/information-center/all-about/all-about-whole-grains/all-about-flax>>, erişim tarihi: 18 Mart 2019.
- [21] (2013). *Kimya Teknolojisi: Yağlar ve Yağ Analizleri*. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. Ankara.
- [22] **Gündüz, G.** *Boya Bilgisi*. Kimya Mühendisliği Bölümü. Orta Doğu Teknik Üniversitesi. Ankara
- [23] **Ö, İbrahim.** (1970). *Genel Anorganik ve Teknik Kimya cilt II*. Arı Kitabevi Matbaası. İstanbul
- [24] **URL-5** <<https://flaxcouncil.ca/flax-usage/industrial-uses/linseed-oil-preserves-concrete/>>. erişim tarihi: 23 Mart 2019.
- [25] (2014). *Tekstil Teknolojisi: Doğal Lifler*. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. Ankara.

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Arash MORADİ ZEYNALİ
Doğum Tarihi ve Yeri : 30 Ağustos 1984, Urmu - İRAN
E-posta : moradi@itu.edu.tr
arash.moradi.zeynali@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2009, Urmıye Devlet Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık