

**TC  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KİREÇ KATKISININ ASFALT KARIŞIMI ÜZERİNDEKİ PERFORMANS  
DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ**

**ERAY SÖZEN**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**SAMSUN 2019**

**Her hakkı saklıdır.**

## TEZ ONAYI

Eray Sözen tarafından hazırlanan “Kireç Katkısının Asfalt Karışımı Üzerindeki Performans Değişiminin İncelenmesi” adlı tez çalışması 12/27/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** Doç. Dr. Ufuk KIRBAŞ  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

### Jüri Üyeleri

**Başkan** Doç. Dr. Erol İSKENDER  
Karadeniz Teknik Üniversitesi  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

**Üye** Doç. Dr. Ufuk KIRBAŞ  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

**Üye** Doç. Dr. Erhan Burak PANCAR  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

**Yukarıdaki sonucu onaylarım. ..../.../20..**

**Prof. Dr. ....**

**Enstitü Müdürü**

## ETİK BEYAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.



14.06.2019

Eray Sözen

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### KİREÇ KATKISININ ASFALT KARIŞIM ÜZERİNDEKİ PERFORMANS DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

Eray Sözen

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Ufuk KIRBAŞ

Sıcak asfalt karışımlar, agrega ile asfalt bağlayıcının yüksek sıcaklıkta bir asfalt plentinde karıştırılıp serim sahasına nakledildikten sonra sıcak olarak sıkıştırmak suretiyle imal edilirler. Ülkemizde en yaygın olarak kullanılan bir üstyapı çeşidi olup her geçen gün kullanımı daha da artmaktadır. Hizmete açılan asfalt kaplamalarda trafik etkisi, iklim ve çevre etkisi, yapım ve tasarım hatalarının etkisi, malzeme hatalarının etkisi gibi başlıca etkenlerden dolayı zamanla yolda deformasyonlar, ayrışmalar ve çatlamlar meydana gelmektedir. Bu kusurlar, asfalt kaplamalarda stabilite ve yol performansının düşmesine neden olarak kaplamadan beklenen hizmet ömrünü kısaltır. Bu da başta ülke ekonomisi olmak üzere birçok yönden olumsuz sonuçlar doğurmaktadır.

Kusurlardan meydana gelebilecek olumsuz etkileri en aza indirmek, performans ile stabiliteyi artırmak için karışım içerisine belli oranlarda ve şartlarda katkılar ilave edilebilmektedir. Son yıllarda birçok katkı malzemesi geliştirilmiştir ve bu konudaki çalışmalar günümüzde hız kesmeden devam etmektedir.

Bu çalışmada, bitüm bağlayıcılı sıcak karışımlarda filler yerine kireç kullanılmasının etkileri araştırılmıştır. Gerekli literatür taraması yapılmış ve yapılan çalışmalar gruplandırılarak özetlenmiştir. Samsun ili Kavak ilçesinde üretilen üç farklı kireç aşınma tabakasına katılarak performans değişimleri gözlemlenmiştir. Çalışmada, optimum bitüm muhtevasını belirlemek amacıyla Marshall tasarım yöntemine göre değerlendirme yapılmış ve optimum bitüm muhtevasının agreganın ağırlıkça %4.80 'i olduğu tespit edilmiştir. Kireçsiz üç adet ve fillerini %0.5, %1, %1.5, %2 oranlarında azaltıp her bir kireç numunesi için her oranda üç numune olmak üzere 12 adet, toplamda ise 39 adet numune, koşullandırmaya tabii tutmak içinse üç adet kireçsiz ve her bir kireç numunesi için fillerini %0.5, %1, %1.5, %2 oranlarında azaltılıp yerine kireç katılarak dört adet, toplamda ise 15 adet numune üretilmiştir. Oluşturulan numunelerde Marshall stabilite ve akma değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan yola çıkarak Samsun'da üretilen farklı kireçlerin farklı oranlarda katılmasıyla asfalt performansındaki değişimler incelenmiştir.

Temmuz 2019, 51 sayfa

Anahtar Kelimeler: Samsun, Koşullandırma, Kireç, Sıcak Asfalt Karışımlar, Marshall Stabilite,

## **ABSTRACT**

Master's Thesis

### **INVESTIGATION OF THE PERFORMANCE CHANGE ON THE ASPHALT MIXTURE OF LIME ADDITIVE**

Eray Sözen

Ondokuz Mayıs University

Graduate School of Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ufuk KIRBAŞ

Hot asphalt mixture are produced through a process where aggregate and bitumen are mixed at a high temperature in an asphalt plant and transferred to paving area and compressed there. Being the most used pavement type, its usage being more common day by day. Due to the traffic effects, environment effects, climate conditions, the design flaws and material defects, in the course of time deformations, segregation and cracking are seen on asphalt pavements which are put into service. The mentioned deficiencies cause a decrease in the road performance and stability leading to a situation where the service life of asphalt falls short of expectations. It causes negative impacts damaging country's economy in various ways.

In order to minimize the negative impacts, increase the stability and road performance, under certain conditions and in a certain amount admixture materials can be added to the mixture. During the recent years many new admixture materials have been produced and the studies regarding this subject still continue without slowing down.

In this study, the effects of lime usage instead of filler in asphalt hot mixtures were examined. The required literature search has been done and the studies have been summarized in groups. Three different types of lime produced in Kavak, Samsun were added to the asphalt topping and the changes in performance were observed. In study, in order to determine the optimum amount of bitumen content the Marshall mix design method was used as the evaluation was based on it. The optimum amount of bitumen content was found to be 4.80%. Three lime-free samples and 12 samples were produced for each lime sample with three samples in each ratio, as filler ratio was reduced by %0.5, %1, %1.5, %2, 39 samples in total were produced. For conditioning, three lime-free samples and 4 samples were produced for each lime sample that had its filler content was reduced by %0.5, %1, %1.5, %2 and its lime content increased by the same ratios, in total 15 samples were produced. Both Marshall stability and yield value were determined. Based on the obtained results, the changes in asphalt performance were examined, more specifically the changes in asphalt performance resulting from the addition of different amounts of lime produced in Samsun.

July 2019, 51 pages

Key words: Samsun, Conditioning, Lime, Hot Mix Asphalt, Marshall Stability

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Lisans eğitimim ve yüksek lisans eğitimim boyunca hiç bir yardımını benden esirgemeyen, yüksek lisans tezimde her zaman yanımda olan ve destekleyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ufuk Kırbaş'a teşekkürü bir borç bilirim.

Beni bugünlere getiren, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen anneme, babama ve abime teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarım sırasında bana yardım eden arkadaşım ve yüksek lisans öğrencisi İnş. Müh. Yousif Rashad Qader'e teşekkür ederim.

Çalışmalarımdaki problemlerin sonuçlanması için yardımlarını esirgemeyen Karayolları Genel Müdürlüğü 7.Bölge Müdürlüğü laboratuvar çalışanlarına çok teşekkür ederim.

Temmuz 2019, Samsun

Eray Sözen

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER .....	v
KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	viii
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Düşük Standartlı Esnek Kaplamalar .....	3
1.2. Yüksek Standartlı Esnek Kaplamalar .....	4
2. LİTERATÜR .....	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	12
3.1. Materyal .....	12
3.1.1. Bitümlü bağlayıcı ve özellikleri.....	12
3.1.1.1. Özgül ağırlık deneyi piknometre yöntemi .....	12
3.1.1.2. Penetrasyon deneyi .....	13
3.1.1.3. Yumuşama noktası deneyi .....	13
3.1.2. Agrega özellikleri.....	15
3.1.2.1. Los Angeles aşınma deneyi.....	15
3.1.2.2. Tane yoğunluğu ve su emme oranının tayini .....	15
3.1.3. Kullanılan kireçlerin özellikleri .....	19
3.2. Yöntem.....	20
3.2.1. Elek analizi ve Marshall tasarım deneyi.....	22
3.2.2. Koşullandırma sistemi.....	27
4. BULGULAR ve TARTIŞMA .....	29
4.1. Marshall Tasarımı Deney Sonuçları .....	29
4.2. Katkısız ve Kireç Katkılı Numunelerin Deney Sonuçları .....	32
4.3. Koşullandırılan Numunelerin Deney Sonuçları .....	39
5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	46
KAYNAKLAR.....	50
ÖZGEÇMİŞ	

## SİMGELER

a	Piknometre ağırlığı
b	Piknometrenin saf su ile dolu ağırlığı
c	Piknometrenin bitüm dolu ağırlığı
Ca(OH) <sub>2</sub>	Kalsiyum hidroksit
CaO	Kalsiyum oksit
cm	Santimetre
d	Bitüm ve su dolu piknometrenin ağırlığı
D <sub>p</sub>	Hacim özgül ağırlığı
D <sub>t</sub>	Maksimum teorik özgül ağırlık
kPa	Kilopaskal
KZ	Kireçsiz numune
M <sub>1</sub>	Doygun ve yüzey kuru agrega kütlesi
M <sub>2</sub>	Doygun agrega ve su dolu piknometre kütlesi
M <sub>3</sub>	Sadece su ile dolu olan piknometre kütlesi
M <sub>4</sub>	Kuru agrega ağırlığı
MgO	Magnezyum Oksit
mik	Mikron
mL	Mililitre
SO <sub>3</sub>	Kükürt Trioksit
T <sub>8.2</sub>	Eşdeğer Standart Dingil Yüğü Sayısı
VMA	Agregalar Arası Boşluk Yüzdesi
V <sub>h</sub>	Boşluk Yüzdesi
V <sub>f</sub>	Asfalt Dolu Boşluk Yüzdesi
°C	Santigrat
ρ <sub>a</sub>	Agregaların görünür tane yoğunluğu
ρ <sub>w</sub>	Deney sıcaklığındaki su yoğunluğu
ρ <sub>f</sub>	Filler malzemenin görünür tane yoğunluğu
W <sub>a</sub>	Agreganın Ağırlıkça Yüzdesi Olarak Bitüm
W <sub>b</sub>	Agreganın Ağırlıkça Bitüm Miktarı



## **KISALTMALAR**

APP	Ataktik polipropilen
AASHTO	Amerikan Devlet Otoyolları ve Resmi Taşımacılık Birliği
EVA	Etilen - Vinilasetat kopolimer
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
LA	Los Angeles katsayısı
Mak.	Maksimum
Mik.	Mikron
Min.	Minimum
SBS	Stiren - Butadin - Stiren



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Yumuşama noktası deney cihazı.....	14
Şekil 3.2. Piknometre içerisindeki agregaya vakum uygulanması.....	16
Şekil 3.3. Akış Şeması.....	21
Şekil 3.4. Agregata tane boyutu dağılım eğrisi ve şartname limitleri.....	22
Şekil 3.5. Optimum bitüm muhtevası için oluşturulan briketler.....	24
Şekil 3.6. Briketin suda tartımı.....	25
Şekil 3.7. Otomatik Marshall stabilite cihazında numunenin kırılması.....	26
Şekil 3.8. Koşullandırma için oluşturulan briketler.....	27
Şekil 3.9. Koşullandırma için streç film ile sarılmış briket.....	28
Şekil 3.10. Dondurucudan çıkartılan briket.....	28
Şekil 4.1. Optimum bitüm muhtevası için çizilen grafikler.....	31
Şekil 4.2. Artan kireç yüzdesine göre her bir kireç katkılı numunenin stabilite açısından birbirleriyle ve kireçsiz numune ile karşılaştırılması.....	42
Şekil 4.3. Her bir kireç katkılı numunenin artan kireç yüzdesine göre stabilite değeri açısından kendi içerisinde ve kireçsiz numune ile karşılaştırılması.....	42
Şekil 4.4. Artan kireç yüzdesine göre her bir kireç katkılı numunenin akma değeri açısından birbirleriyle ve kireçsiz numune ile karşılaştırılması.....	43
Şekil 4.5. Her bir kireç katkılı numunenin artan kireç yüzdesine göre akma değeri açısından kendi içerisinde ve kireçsiz numune ile karşılaştırılması.....	43
Şekil 4.6. Artan kireç yüzdesine göre koşullandırılmış her bir kireç katkılı numunenin stabilite değeri açısından birbirleriyle ve kireçsiz numune ile karşılaştırılması.....	44
Şekil 4.7. Her bir koşullandırılmış kireç katkılı numunenin artan kireç yüzdesine göre stabilite değeri açısından kendi içerisinde ve kireçsiz numune ile karşılaştırılması.....	44
Şekil 4.8. Artan kireç yüzdesine göre koşullandırılmış her bir kireç katkılı numunenin akma değeri açısından birbirleriyle ve kireçsiz numune ile karşılaştırılması.....	45
Şekil 4.9. Her bir koşullandırılmış kireç katkılı numunenin artan kireç yüzdesine göre akma değeri açısından kendi içerisinde ve kireçsiz numune ile karşılaştırılması.....	45

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Karayolları Genel Müdürlüğü devlet ve il yolları uzunluğu.....	1
Çizelge 1.2. Kaplama tipi ve kalınlığına etki eden faktörler.....	5
Çizelge 1.3. Modifiye asfalt için katkı maddeleri ve kullanım alanları.....	7
Çizelge 3.1. Bitümlü bağlayıcının özellikleri.....	14
Çizelge 3.2. Kullanılan agregaların özellikleri.....	18
Çizelge 3.3. A marka kirecin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	19
Çizelge 3.4. K marka kirecin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	19
Çizelge 3.5. D marka kirecin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	20
Çizelge 3.6. Üretilen numuneler ve numaralandırılması.....	20
Çizelge 3.7. Karışım tane boyut dağılımı ve şartname limitleri.....	22
Çizelge 4.1. Marshall tasarımı deney sonuçları.....	30
Çizelge 4.2. A marka kireçli numunelerin tartım sonuçları.....	32
Çizelge 4.3. A marka kireçli numunelerin akma ve stabilite değerleri.....	33
Çizelge 4.4. K marka kireçli numunelerin tartım sonuçları.....	34
Çizelge 4.5. K marka kireçli numunelerin akma ve stabilite değerleri.....	35
Çizelge 4.6. D marka kireçli numunelerin tartım sonuçları.....	36
Çizelge 4.7. D marka kireçli numunelerin akma ve stabilite değerleri.....	37
Çizelge 4.8. Kireçsiz numunelerin tartım sonuçları.....	38
Çizelge 4.9. Kireçsiz numunelerin akma ve stabilite değerleri.....	38
Çizelge 4.10. Kireçli ve koşullandırılmış numunelerin tartım sonuçları.....	39
Çizelge 4.11. Kireçli ve koşullandırılmış numunelerin akma ve stabilite değerleri.....	40
Çizelge 4.12. Kireçsiz ve koşullandırılmış numunelerin tartım sonuçları.....	41
Çizelge 4.13. Kireçsiz ve koşullandırılmış numunelerin akma ve stabilite değerleri.....	41

## 1. GİRİŞ

Sıcak karışım asfaltların stabilitesi ve performansı kullanılan malzeme ile ilişkilidir. Esnek kaplamada kullanılan malzemelerin özellikleri iyi bilinmediği takdirde tasarım ve inşaat aşamasında ortaya çıkabilecek sıkıntıları çözmek zorlaşabilir.

Ülkemizde Karayolları Genel Müdürlüğü sorumluluğu altındaki devlet ve il yolları Çizelge 1.1'de yıllara göre verilmiştir.

Çizelge 1.1. Karayolları Genel Müdürlüğü devlet ve il yolları uzunluğu, km (KGM)

Yıllar	Asfalt Betonu	Sathi Kaplama	Parke	Stabilize	Toprak	Geçit Vermez	Toplam Uzunluk
2013	14870	45294	261	852	632	1587	<b>63496</b>
2014	15922	44277	273	891	599	1792	<b>63754</b>
2015	17095	43726	262	744	631	1820	<b>64278</b>
2016	18646	42131	297	593	503	2449	<b>64619</b>
2017	20793	40183	314	668	520	2484	<b>64962</b>
2018	21923	39333	290	564	443	2621	<b>65174</b>

Esnek kaplama, konfor ve emniyeti sağlayacak özelliğe ve deformasyona karşı gösterdiği dirence sahip olacak şekilde farklı özelliklere sahip tabakalardan yapılan çok tabakalı esnek bir yapıdır.

Esnek kaplamalar;

- Düşük standartlı kaplamalar (yüzeysel ve koruyucu tabakalar)
- Yüksek standartlı kaplamalar (sıcak asfalt karışımlar)

olmak üzere iki ayrı şekilde imal edilebilirler. Düşük standartlı esnek kaplamalar günlük ağır taşıt trafiğinin 500'den az olan veya 8.2 ton standart tek dingil yükünün 20 yıldaki tekerrür sayısı 2 milyondan az olan yollarda trafik yükünü taşıyıp ekonomik açıdan yeterli olabilmektedir. Fakat yüksek standartlı kaplamalar sıcak asfalt karışımlara sahip tabakalar ile yapılmak zorundadır (Tunç, 2004). Yol kaplaması esnek (asfalt) ve rijit (beton) olacak şekilde imal edilebilir. Esnek kaplamaların, rijit kaplamalara göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

Asfalt yolların, beton yollara göre avantajları;

1. Ekonomik, daha pratik ve daha hızlı inşa edilirler.
2. Yıllara göre artan trafiğe göre aşamalı inşa edildiklerinden dolayı yolun kalitesi ve kalınlığı gerektiği şekilde artırılabilir.
3. Yol üzerinde yapılacak bakım ve onarım sırasında yolun tamamının trafiğe kapatılmasına ve servis yoluna ihtiyaç duyulmaz.
4. Bakım ve onarım çalışmaları hızlı gerçekleştirilebilir.
5. Yapım aşamasından sonra kaplamanın ortam sıcaklığına kadar soğuduktan sonra kullanıma hazır hale gelebileceğinden dolayı, beton yollar gibi kürün tamamlanmasını beklemeye gerek yoktur.

Beton yollara göre asfalt yolların avantajları olduğu gibi dezavantajları da vardır. Bunlar;

1. Genel bakım masrafları daha yüksektir.
2. Tabakalar zamanla yıpranacağı için belirli aralıklarla tekrar yapılmalıdır.
3. Siyah renkli olmalarından dolayı gerekli işaretlemeler yapılmadığı zaman karanlıkta tehlikeli olabilirler.
4. Çevresel etkiler ve bağlayıcının yapısal etkenlerinden dolayı zamanla kaplama fonksiyonlarını kaybettiği için kusurlar meydana gelebilir.
5. Tabakaların inşası sırasında hava durumunun fazla rutubetli ve düşük sıcaklık olmaması gerektiğinden dolayı inşaat sezon süresi kısadır.
6. Yağışlı havalarda sürtünme dirençleri düşmektedir.

## 1.1. Düşük Standartlı Esnek Kaplamalar

Düşük trafik hacimli yollar trafik yükünün az olması nedeniyle daha az kaliteli malzeme kullanılarak ve ileri teknoloji gerektirmeden imalat yapılabilir. Bundan dolayı bu kaplamalar hem yeterli hem de daha ekonomik olmaktadır. Düşük standartlı kaplama tipleri;

1. Sathi kaplamalar
2. Makadam temeller
3. Koruyucu satıh tabakalar

olarak sınıflandırılabilir (Tunç, 2004).

Ülkemizde düşük standartlı esnek kaplamalarda sathi kaplamalar dışındaki kaplamalar nadiren kullanılmaktadır. Düşük standartlı kaplamalar trafik hacmi ve diğer etkenler göz önüne alınarak daha ziyade sathi kaplama ve stabilize kaplama olarak yapılmaktadır.

Ülkemizde toplam eşdeğer standart dingil yükü (8.2 ton) sayısı ( $T_{8.2}$ );

- 40000'den az ise stabilize
- 40000 ile 100000 arasında ise tek kat sathi kaplama veya stabilize
- 100000 ile 500000 arasında ise tek kat sathi kaplama
- 500000 ile 2000000 arasında ise çift kat sathi kaplama
- 2000000'den fazla ise sıcak asfalt karışım

olarak yapılmaktadır (Tunç, 2004).

Stabilize ve sathi kaplamaların ilk yapım maliyeti düşük ve kolay inşa edilebilir olmasına rağmen işletim sırasında oluşan bakım-onarım maliyeti yüksektir. Aynı zamanda hizmet ömrü sıcak asfalt karışımlara göre daha kısadır. Buna karşılık sıcak asfalt karışımların ilk yatırım maliyetleri oldukça yüksek olmaktadır. Kaplamanın ekonomik hizmet ömrü, üzerinden geçecek trafik hacmine ve standart dingil yük sayısına bağlı olmaktadır. Bu sebeple trafik hacmi, toplam eşdeğer dingil yük sayısı vb. etkenler göz önüne alınarak sahip olunan personel, bütçe, ekipman gibi hususlara göre kaplama tipinin seçimi yapılmaktadır.

## 1.2. Yüksek Standartlı Esnek Kaplamalar

Bu tür kaplamalar, bitümlü sıcak karışım malzemelerin serilmesi ve sıkıştırılması suretiyle çok tabakalı olarak imal edilmekle birlikte trafik hacmi yüksek olan yollarda sıklıkla tercih edilmektedir. Bu tabakalar;

- Alt temel
- Temel
  1. Granüler (Dere Malzemesi veya Kırmataş)
  2. Plent-Miks
  3. Çimento bağlayıcılı
- Kaplama
  1. Bitümlü Temel
  2. Binder
  3. Aşınma

olarak imal edilebilmektedir. Her bir tabaka kalınlığı ve üstlendiği görev birbirinden bağımsızdır. Tabaka kalınlıkları ile tipleri, yolun sahip olduğu trafik hacmi, zemin taşıma gücü, çevresel faktörler, kullanılan malzemenin mekanik özellikleri gibi hususlar göz önüne alınıp belirlenmelidir.

En üst tabakadan en alt tabakaya doğru giderken kalınlıkları artmaktadır. Kaliteleri ve maliyetleri de azalmaktadır. Yapım tekniği kolaylaşmakta ve yapım hızı önemli derecede artmaktadır (Tunç, 2004).

Kaplamaların performans ve stabilite olmak üzere iki temel görevi olduğu bilinmektedir. Bu nedenle esnek kaplamalar;

1. Sürüş konfor ve taşıt işletme giderlerini azaltmak için düzgün ve pürüzsüz yüzeye sahip olmalıdır.
2. Yeterli kayma direncine sahip olarak sürüş emniyeti sağlamalıdır.
3. Trafik yüklerinden dolayı meydana gelebilecek deformasyonlar ve bozulmalara karşı yeterince dirençli olmalıdır.
4. Gelen yüklere karşı dayanıklı olmalı ve bu yükleri zemine aktarabilmelidir.
5. Bakım-onarım maliyetlerini düşürmek için yeterli yorulma mukavemetine sahip olmalıdır.

6. İstenilen gerilmeleri yaratmak ve beklenen yük tekerrür sayısına dirençli olması için yeterli kalınlığa sahip olmalıdır.
7. Zemindeki don kabarmaları ve şişmelerden meydana gelebilecek gerilmelere karşı koymalı ve taşıma gücünde meydana gelebilecek azalmalara karşı yeterince rijit ama zeminde oluşabilecek oturmalarla dolaylı olarak meydana gelebilecek çökmelere karşı da uyum sağlayacak şekilde yeteri kadar esnek olmalıdır.

Kaplama tipi ve kalınlığına etki eden faktörler aşağıda verilmiştir.

Çizelge 1.2. Kaplama tipi ve kalınlığına etki eden faktörler (Tunç, 2004)

ANA FAKTÖRLER	ANA FAKTÖRE BAĞLI DEĞİŞKENLER
TRAFİK ETKİLERİ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trafik hacmi, taşıt dağılımı ve gelecekte beklenen trafik hacmi</li> <li>• Dingil yükü</li> <li>• Dingil sayısı ve teker geometrisi (konfigürasyonu)</li> <li>• Lastik basıncı miktarı ve temas alanı</li> <li>• Standart yük tekerrür sayısı</li> <li>• Yükleme hızı veya tatbik süresi</li> </ul>
İKLİM ve ÇEVRE ETKİLERİ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Günsel ve mevsimsel ısı değişimleri, yağış miktarı, don derinliği</li> <li>• Maksimum ve minimum ısı</li> <li>• Drenaj şartları, uzun dönem oturmalar</li> <li>• Zeminin don kabarması, şişme, donma-çözülme periyotları</li> <li>• Zeminin taşıma gücündeki değişimler</li> </ul>
MALZEME	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kullanılan malzemenin fiziksel özellikleri</li> <li>• Kaplama tabakalarının mekanik özellikleri</li> <li>• Malzeme karakteristiklerinin zamanla değişimi (durabilite vb.)</li> <li>• Kaplama tabakalarının yorulma mukavemeti</li> </ul>
YAPIM ve BAKIM ŞARTLARI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kaplama tasarımı (tabaka kalınlıkları ve cinsi)</li> <li>• Yapım kalitesi ve kalite kontrol seviyesi</li> <li>• Bakım-onarım periyotları ve kalitesi</li> <li>• Trafik yüklerinin kontrolü ve kısıtlanması</li> </ul>



Yol yapım işleri bittikten sonra işletmeye açılan kaplamalarda trafik, iklim, çevre, yapım, tasarım ve malzeme hatalarının etkisi ile bir süre sonra bozulmalar meydana gelir. Bu bozulmalar temel olarak;

- Deformasyonlar
- Çatlamlar
- Ayrışmalar

olarak sınıflandırılabilir (Tunç, 2004).

Bu kusurların en aza indirgenmesi için geleneksel asfaltların özellikleri modifiye edilerek bağlayıcının veya karışımın performansı artırılmak istenmektedir. Modifikasyon işlemleri gerekli katkıların belirli oranlarda ve durumlarda direkt olarak bağlayıcıya veya karışım plentinde karışım içine katılmak suretiyle gerçekleştirilmektedir. Son yıllarda birçok katkı malzemesi geliştirilmiş ve günümüzde de bu çalışmalar devam etmektedir. Modifiye asfaltın elde edilmesinde kullanılacak katkıların;

- Kolay ve ucuz elde edilebilmesi
- Yüksek karışım sıcaklığında özelliklerini yitirmemesi
- Serme sıcaklığında yeterince viskoz, yüksek hava sıcaklıklarında deformasyonlara karşı dirençli ve soğuk havalarda ise rijit ile kırılman olmaması gerekmektedir (Tunç, 2004).

Buna ilave olarak plentte katkıların asfalt ile karıştırdıktan sonra elde edilen modifiye asfaltların depolama, uygulama ve hizmet süresi boyunca özelliklerini kaybetmemesi ve herhangi bir değişimin olmaması gerekmektedir.

Asfalta farklı oranlarda ve tipte katkı malzemesi katıldığında farklı sonuçlar alınmasından dolayı katkı miktarının tayini ve tipinin belirlenmesi çok önemlidir. Bu yüzden modifiye asfalt üzerinde deneyler (penetrasyon, yumuşama noktası, düktilite vb.) yapılması ve sonuçların modifiye edilmemiş asfalt ile karşılaştırılması gerekmektedir (Tunç, 2004).

Modifiye asfaltlar için kullanılan katkı malzemeleri günümüzde çok çeşitlerde olup devam eden çalışmalarla gelecekte daha da artacağı beklenmektedir (Tunç, 2004). Şuan en yaygın kullanımı olan katkı malzemeleri ve kullanım amaçları Çizelge 1.3'de verilmiştir.

Çizelge 1.3. Modifiye asfalt için katkı maddeleri ve kullanım amaçları (Tunç, 2004)

KATKI TİPİ	AMAÇ
Sülfür	İşlenebilirliği, deformasyon direncini ve stabiliteyi artırmak
Kauçuk	Viskozluğu artırmak
Termoplastik Polimerler	Deformasyon direncini ve işlenebilirliği iyileştirmek, viskozluğu artırmak
Termoplastik Kauçuklar	Deformasyon direncini ve yorulma mukavemetini iyileştirmek, elastikliği ve adezyonu artırmak
Organo-Manganez Bileşikler	Mukavemeti artırmak, karışımın ısıya karşı duyarlılığını ve fiziksel özellikleri artırmak
Doğal Asfaltlar(Göl veya kaya asfaltları)	Isıya duyarlılığı düzeltmek, aşınma direncini artırmak
Epoksi reçinesi	Deformasyon direncini ve yakıt hasarlarına karşı direnci artırmak
Katran	Aşınma direncini ve yakıt hasarlarına karşı direnci artırmak
Gilsonit	Teker izi deformasyon direncini artırmak
Siyah Karbon	Asfaltın dayanımını ve karışımın deformasyon direncini artırmak
Filler	Rijitliği artırmak, yumuşama noktasını artırmak
Elyaf lar	Çatlama direncini artırmak
APP ve EVA	Rijitlik, penetrasyon, yumuşama noktası vb. özellikleri iyileştirmek
SBS	Penetrasyon, düşük ısı çatlakları, elastikiyet vb. özellikleri iyileştirmek
Çözücüler	Viskoziteyi azaltmak
Yağ	Bağlayıcılığı artırmak, penetrasyon ve yumuşama noktasını düşürmek

Bu tez çalışmasında katkısız ve fillerin %0.5, %1, %1.5, %2 oranlarında azaltılmasıyla, aynı oranlarda Samsun ili Kavak ilçesinde üretilen üç farklı kireç katılarak ayrı ayrı numuneler üretilmiştir. Böylece kireçler arasında oluşacak farkların ve kirecin geleneksel sıcak karışıma olan etkisi incelenmiştir. Oluşturulan numuneler üzerinde Marshall Stabilite deneyi ve koşullandırma yapılmıştır.



## 2. LİTERATÜR

Rasouli vd. (2018), filler yerine agrega ağırlığına göre %1, %1.5 ve %2 olarak katılan sönmüş kirecin karışımlardaki yorulma direncine olan etkisini incelemişlerdir. AASHTO standartlarına göre koşullandırılan numunelerde, test sonuçları karışım tasarımına katılan kireç katkısının, katkısız numunelere göre yorulma ömrünü artırdığını ortaya çıkarmıştır. %1 ve %1.5 oranında sönmüş kireç kullanımı yorulma ömrünü sırasıyla %25 ve %50 oranında artırdığı gözlemlenmişken, %2 oranında sönmüş kireç kullanımı yorulma ömründe %40 azalmaya neden olmuştur. Kireçli ve kireçsiz oluşturulan bütün asfalt numunelerinde en iyi yorulma süresi sonucunu veren %1.5 sönmüş kireç katkılı numune olmuştur.

Ogundipe (2016), çalışmada sönmüş kireç modifiyeli asfalt karışımı ile katkısız asfalt karışım arasındaki farkları incelemiştir. Geleneksel asfaltta %10 oranında mineral filler kullanılırken, modifiyeli asfaltta mineral filler yerine %10 oranında sönmüş kireç kullanılmıştır. Oluşturulan numunelere Marshall stabilite deneyi uygulanmıştır. Sönmüş kireç kullanılan numunelerde elde edilen stabilite ve akma değeri katkısız numunelere göre yüksek çıkmış ve dayanım konusunda daha iyi sonuç vermiştir. Aynı zamanda sönmüş kireç kullanımı bitüm yaşlanmasını azaltarak stabilite üzerinde uzun süre etkili olacaktır.

Mohan ve Obaid (2014), kireçsiz ve agrega ağırlığının %0.5, %1, %1.5, %2 ve %2.5 oranında sönmüş kireç katılarak oluşturulan numunelerin nem hasarı direncine olan etkisini incelemiştir. Oluşturulan numunelere dolaylı çekme dayanımı ve Marshall stabilite testi uygulanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Optimum kireç oranı %2 olarak belirlenmiştir. %2.5 kireç oranına karşılık gelen stabilite değeri, kireçsiz numunelere göre yaklaşık %40 oranında artmıştır. Hava boşluğu oranı, %2 kireç oranı olan numunede kireçsiz numuneye göre %17 azalmıştır. Sönmüş kireç ilavesi, koşulsuz ve koşullu numuneler için çekme dayanımını %72 oranından %81 oranına çıkarmış ve bu da nem hasarı direncini yükseltmiştir.

Yalçın (2014) çalışmada filler olarak %2 oranında kireç ve bitüm katkısı olarak bitüm ağırlığına %4 SBS, %11 Amerikan Gilsoniti ve %10 İran Gilsoniti kullanarak katkısız ve modifiyeli bitümlerle numuneler hazırlamıştır. Oluşturulan numunelere Marshall stabilite ve akma, nem hasarına karşı dayanım, tekerlek izi dayanımı,

indirekt çekme rijitlik modülü ve dolaylı çekme yorulma deneyleri yapılmıştır. Bunun sonucunda stabilite değeri SBS katkılı ve katkısız bitüm kullanılarak hazırlanan numunelerde artarken Amerikan Gilsoniti ve İran Gilsoniti katkılı karışımlarda düşük çıkmıştır.

Iwanski ve Mazurek (2013) tarafından çalışmalarında kullanılan 50/70 penetrasyonlu bitüme %4 SBS polimeri ilave edildi ve bu modifiye bitüm kullanılarak 1999 yılında Kielce'de ki ana caddelerin birinde yol taş mastik asfalt serimi yapıldı. Karışımın agrega gradasyonunda %30 filler malzeme yerine %30 oranında sönmüş kireç ilave edildi ve 12 yıllık hizmet ömrü incelendi. 2011 yılında bu yolun aşınma tabakasından tekerlek izi olan ve olmayan yerlerinden bitüm örnekleri alınmıştır. Taş mastik asfaltlarda SBS ile modifiye edilmiş bitümle beraber sönmüş kireç kullanıldığında, suya ve dona karşı olan gerekli direncin fazlasıyla sağlandığı, 12 yıllık süre boyunca yaşlanma süresini geciktirdiğini ortaya koymuştur. Bu çalışmayla beraber SBS polimeri ile modifiye edilmiş bitümle beraber sönmüş kireç kullanımının geleneksel yöntemle göre avantajı olduğu ortaya koyulmaktadır.

Kavussi ve Mazurek (2013), %1 ve %2 oranlarında asfalt betonuna kireç karıştırılan ve hem silindirik hem de kare kalıplara yerleştirilip sıkıştırılan asfalt betonuna dolaylı çekme dayanımı, Marshall stabilite ve tekerlek izi deneyi uyguladı. Uygulanan deneyler, hem kuru hem de ıslak koşullarda nem direncine ve sıcaklığa duyarlılıkları değerlendirmek için iki farklı sıcaklıklarda yapılmıştır. Tekerlek izi deneyine göre artan kireç miktarı, oluşabilecek tekerlek izi derinliğini azalttığı, dolaylı çekme testi, nem direncinin değerlendirilmesinin yanı sıra aynı zamanda optimum kireç oranını belirlemek için de uygulanabileceği anlaşılmıştır.

Gupta ve Bellary (2013), sıcak karışım asfalt ile ılık karışım asfaltın karşılaştırılmasını amaçlamıştır. Her iki karışıma da %1 ve %2 oranında kireç katılmıştır. Ilık karışım asfalt elde etmek için bitüme, bitümün ağırlıkça %0.1 oranında Zycotherm katkı maddesi katılmıştır. Karışımlarda Marshall tasarımına göre belirlenen optimum bitüm muhtevası kullanılmıştır ve karışımları Marshall stabilite değerleri, dolaylı çekme dayanımı ve çekme dayanımı oranı belirlenmiştir. Buna göre Marshall stabilite bakımından sıcak karışım asfaltın daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. Elde edilen verilere göre ılık karışım asfaltın sonuçları sıcak karışıma göre daha düşük çıkmıştır fakat Hindistan Karayolu ve Karayolları

Bakanlığı tarafından belirlenen minimum özellikleri sağladığı için sıcak karışıma alternatif olarak kullanılabilceği belirlenmiştir.

Turan (2012), katkısız, %2 kireç, %2 kireç + %5 SBS, %4 kireç ile %4 kireç + %5 SBS katkılı numuneler oluşturmuştur. 100 mm ve 150 mm çaplı olarak oluşturulan numunelerin stabilitesi Marshall stabilite deneyi ile belirlenmiştir. Numune çapının artması sonucu yapılan değerlendirmelerde bütün katkı oranlarında çapın büyümesi ile stabilitenin arttığı, 100 mm ve 150 mm çapındaki %4 kireç + %5 SBS katkılı numunelerde en yüksek stabilite değeri gözlemlenmiştir. 150 mm çaplı katkısız numunede en yüksek akma değeri okunmuştur ve 150 mm çaplı %4 kireç + %5 SBS oranı dışındaki bütün oranlarda ve çaptaki numunelerde katkısız numuneye göre daha düşük akma değeri görülmüştür.

Gençtürk (2011), filler oranını azaltarak sönmüş kireç ve çimentoyu %1, %1.5, %2, %3 ve %5 oranlarında direkt olarak agrega ile karıştırarak kireçli ve kireçsiz numuneler oluşturmuştur. Oluşturulan numuneler tekrarlı su hasarına maruz bırakıldı ve koşullandırma gerçekleştirildi. Oluşturulan numunelere yapılan deneyler sonucu sönmüş kireçli numunelerin kireçsizlere göre stabilite açısından daha iyi sonuç verdiği ve kireçlilerin kendi arasında ise en iyi stabilite değerinin %5 kireç katkılı numunelerin verdiği gözlemlenmiştir.

Şengül (2006), kireçsiz ve fillerin %2, %4 ve %6 oranında azaltılıp aynı oranda kireç direkt olarak granül agrega karışımına katarak numuneler oluşturmuştur. Bu numunelere tekrarlı sünme testleri, Marshall oranı yaklaşımları ve koşullandırma testleri uygulanarak incelenmiştir. Sönmüş kireç oranının %2'den %6'ya artırıldığında kalıcı deformasyon direnç değeri artmıştır. Koşullandırma yapılmış ve kireç katkısıyla modifiye edilmiş numunelerde Marshall oranı daha yüksek bulunmuştur. Buna dayanarak sönmüş kirecin asfalt karışımlarda filler olarak kullanılabilceği gözlemlenmiştir.

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

Bu bölümde laboratuvar çalışmaları sırasında kullanılan malzemeler hakkında bilgiler ve çalışmada izlenen yol anlatılacaktır.

#### **3.1. Materyal**

Bu kısımda araştırma sırasında kullanılan agrega, bitüm ve üç farklı kirecin özellikleri ve bunlara uygulanan deneyler anlatılmıştır.

##### **3.1.1. Bitümlü bağlayıcı ve özellikleri**

Çalışmalar sırasında Karayolları 7.Bölge Müdürlüğü Bitüm Depo Şefliği'nden temin edilen 50/70 penetrasyonlu bitüm kullanılmıştır. Laboratuvar ortamında özgül ağırlık tayini, penetrasyon ve yumuşama noktası deneyleri yapılmıştır. Zaman ve şartların yetersizliğinden dolayı bazı bitüm özellikleri, bitüm alınan yerden temin edilmiştir. Çalışma sırasında bitüme uygulanan deneyler aşağıda anlatılmaktadır.

##### **3.1.1.1. Özgül ağırlık deneyi piknometre yöntemi**

Bu deney TS EN 15326+A1'e göre yapılmıştır. Boş piknometre temizlenip kurutulur ve boş ağırlığı tartılır. Tartımdan sonra saf su ile doldurulan piknometrenin kapağı sıkıca kapatılır ve 25 °C'lık su banyosunda en az 40 dakika bekletilir. Bu süre sonunda su banyosundan çıkartılan piknometrenin dışı kuru bir bezle iyice kurulanır ve saf su dolu şekilde tekrardan tartılır.

Yoğunluk tayini yapılacak bitümden bir miktar alınır ve akışkan olana kadar ısıtılır. Yeterli akışkanlık sağlandığı zaman hava kabarcığı olmamasına dikkat ederek piknometrenin yaklaşık yarısına kadar bitüm doldurulur ve tartılır. Tartımdan sonra geri kalan kısım saf su ile doldurulur ve kapağı sıkıca kapatılıp 25 °C'lık su banyosunda en az 40 dakika bekletilir. Su banyosundan çıkartılan piknometrenin dışı çabucak kurulanıp tartılır. Bitümün özgül ağırlığı aşağıda verilen formül ile hesaplanır.

$$\text{Özgöl Ağırlık} = \frac{c-a}{(b-a) - (d-c)} \quad (3.1)$$

a: Piknometre ağırlığı (gr)

b: Piknometrenin saf su ile dolu ağırlığı (gr)

c: Piknometrenin bitüm dolu ağırlığı (gr)

d: Bitüm ve su dolu piknometrenin ağırlığı (gr)

### 3.1.1.2. Penetrasyon deneyi

Penetrasyon deneyi vasıtasıyla asfalt çimentosunun kıvamlılıkları veya sertlikleri belirlenebilir. Penetrasyon en kısa şekilde standart iğnenin dikey olarak belli bir süre ve belirli yük altında bitüm içerisine batma mesafesi olarak tanımlanabilir.

Isıtılıp akışkan hale getirilen bitüm numune kabına dökülür. Numune tozdan korunmak için numune kabının ağzı kapatılır ve oda sıcaklığında 1-1.5 saat arası soğumaya bırakılır. Bu süre sonunda alınan numune kabı 25 °C'lık su banyosuna yerleştirilir ve burada yaklaşık 1 saat bekletilir.

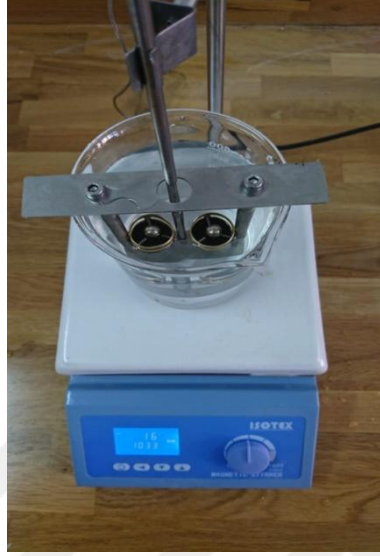
Numune kabı su dolu kap içine konular ve cihaz tablasına yerleştirilir. 100 gr ağırlık ile yüklenen iğnenin ucu numuneye yaklaşık degecek şekilde ayarlanır. Cihaz çalıştırdıktan sonra 5 saniye boyunca iğnenin ucu cihaz tarafından otomatik olarak numuneye batırılır ve bu süre sonunda batma değeri göstergeden okunur. Bu okumaya ek olarak kap kenarından ve birbirlerinden en az 1er cm uzaklıkta 2 okuma daha olacak şekilde toplamda 3 okuma yapılır ve değerlerin ortalaması penetrasyon değeri olarak belirlenir.

### 3.1.1.3. Yumuşama noktası deneyi

Yağlanmış pirinç levha üzerine halkalar yerleştirilir. Eritilen numune, halkadan taşacak şekilde doldurulur. Bir saat soğumaya bırakıldıktan sonra taşan kısım spatula ile temizlenir. Beher'e 5 °C'a kadar soğutulmuş olan saf su yaklaşık beher tabanından 9 cm yükseklik olacak şekilde doldurulur. Numune dolu halkalar beher içerisindeki özel yerine yerleştirilir. Çelikten yapılmış bilyeler suyun içine konular. Termometre halkalardan 0.5 cm uzaklıkta olacak şekilde beher içine yerleştirilir. Su sıcaklığı 15 dakika boyunca 5 °C sabit sıcaklıkta tutulur. 15 dakika sonra maşa yardımıyla



bilyeler halka içindeki numunelerin üzerine konulur. 3 dakika o şekilde durduktan sonra dakikada 5 °C yükselecek şekilde ısıtılır. Sıcaklık arttıkça yumuşayan malzeme, sehpanın tabanına dokunduğu andaki sıcaklıklar termometreden okunur ve ortalaması alınır. Bu değer numunenin yumuşama noktasıdır.



Şekil 3.1. Yumuşama noktası deney cihazı

Yapılan deneylerin sonuçları ve alınan bitüm özellikleri Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Bitümlü bağlayıcının özellikleri

Deney	Sınır	Yöntem	Birim	Değer
Özgül Ağırlık		TS EN 15326+A1	gr/cm <sup>3</sup>	1.0222
Yumuşama Noktası		TS EN 1427	°C	49.5
Penetrasyon		TS EN 1426	0.1 mm	53
Parlama Noktası	En az	TS EN ISO 2592	°C	230

### 3.1.2. Agrega özellikleri

Deney sırasında kullanılan agrega, Samsun ili Kavak ilçesinde yer alan Emirli Taş Ocağı'ndan temin edilmiştir. Alınan agregalara Los Angeles aşınma deneyi, tane yoğunluğu ve su emme oranının tayini deneyleri yapılmıştır. Zaman ve şartların yetersizliğinden dolayı bazı agrega özellikleri malzeme temin edilen taş ocağından alınmıştır.

#### 3.1.2.1. Los Angeles aşınma deneyi

Bu deney iri agreganın parçalanma direncinin tayini için yapılmaktadır. Toplamda 5000 gr olacak şekilde 1500 gr 10 mm - 11.2 mm arası, 3500 gr 11.2 mm - 14 mm arası numune alınır ve karıştırılır. Önceden temizlenen tambura 11 adet bilye ve daha sonra deney numunesi kısmı konulur. Kapak kapatılır ve makine 31 devir/dakika olacak şekilde toplam 500 devir döndürülür. İşlem bittikten sonra tambur içindeki malzemeler dikkatli ve tamburun içinde kalmayacak şekilde tepsiye aktarılır. Tepsideki malzeme 1.6 mm elekte elenir, yıkanır ve sabit kütleye gelinceye kadar  $110 \pm 5$  °C'de kurutulur.

Los Angeles katsayısı (LA) aşağıdaki eşitlikten hesaplanır:

$$LA = \frac{5000-m}{50} \quad (3.2)$$

m: 1.6 mm üzerinde kalan numune kısmı (gr)

#### 3.1.2.2. Tane yoğunluğu ve su emme oranının tayini

Bu deneyde kalın agrega (31.5 - 4 mm arası), ince agrega (4 mm - 0.075 mm arası) ve filler malzeme için tane yoğunluğu ve su emme oranı tayini yapılmıştır.

Kalın agrega için toplamda 3000 gr olacak şekilde numune alınır. Alınan numune piknometre içerisindeki 22 °C'deki suyun içine konulur ve piknometre içerisindeki hapsolmuş havanın çıkması için piknometreye vakum uygulanır. Daha önceden 22 °C'ye getirilen su banyosuna konulan piknometre 24 saat boyunca dikey konumda bekletilir. Bir gün bekletildikten sonra su banyosundan çıkarılan piknometreye taşacak şekilde su konulur ve içerisinde hava kalmayacak şekilde kapağı kapatılır. Piknometrenin dışına taşan su kurutulduktan sonra numune tartılır

(M<sub>2</sub>). Numune kısmı piknometreden çıkartılır ve boş olan piknometre tekrardan ağızına kadar su doldurulur ve kapağı kapatılır. Dış kısmı kurutulan piknometre tartılır (M<sub>3</sub>). Suyu süzülen agregalar kuru bir bezin üzerine yayılır ve agregatanelerinin yüzeyi dikkatlice kurutulur. Agregat üzerinde görülebilir su filmi kalmayacak şekilde direkt olarak güneş ışığına maruz bırakılmadan numune oda sıcaklığında doymun ve yüzey kuru hale getirilir. Doymun ve yüzey kuru numune bir tepsiye aktarılır ve tartılır (M<sub>1</sub>). Daha sonra numune 110 °C'de sabit kütleye kadar kurutulur ve kuru ağırlığı tartılır (M<sub>4</sub>).

Görünür tane yoğunluğu aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$\rho_a = \rho_w \frac{M_4}{M_4 - (M_2 - M_3)} \quad (3.3)$$

$\rho_w$ : Deney sıcaklığındaki su yoğunluğu

M<sub>1</sub>: Doymun ve yüzey kuru agregat kütlesi (gr)

M<sub>2</sub>: Doymun agregat ve su dolu piknometre kütlesi (gr)

M<sub>3</sub>: Sadece su ile dolu olan piknometre kütlesi (gr)

M<sub>4</sub>: Kuru agregat ağırlığı



Şekil 3.2. Piknometre içerisindeki agregaya vakum uygulanması

İnce agregaya için toplamda 300 gr numune alınır. Alınan numune piknometre içerisindeki 22 °C'deki suyun içine konulur. Piknometre içerisinde hapsolan hava, piknometre hafifçe yatırılarak ve sallanarak uzaklaştırılır. Daha önceden 22 °C'ye getirilen su banyosuna piknometre yerleştirilir ve 24 saat bekletilir. Ertesi gün piknometre su banyosundan çıkartılır. Piknometreye taşacak şekilde su doldurulur ve kapak yerleştirilir. Piknometrenin dışına taşan su kurutulduktan sonra piknometre tartılır (M<sub>2</sub>). Deney numunesi bir tepsiye içeride numune kalmayacak şekilde boşaltılır. Boş olan piknometre ağzına kadar su ile doldurulur ve kapak kapatılarak, numunenin dış kısmı kurutulduktan sonra tartılır (M<sub>3</sub>). Numune kısmı tepsinin dibine eşit dağılımlı olacak şekilde yayılır. Yüzeydeki rutubeti buharlaştırmak için agregaya yüzeyi hafif bir sıcak hava akımına maruz bırakılır. Agregaya taneleri, yüzeyde nem görülmeğe ve birbirine yapışmaya kadar karıştırılır. Elde edilen doymuş ve yüzey kuru deney numunesi tartılır (M<sub>1</sub>). Son olarak numune 110 °C'deki etüvde sabit kütleğe gelinceye kadar kurutulur ve oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra tartılır (M<sub>4</sub>).

İnce agregalar için görünür tane yoğunluğu aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$\rho_a = \rho_w \frac{M_4}{M_4 - (M_2 - M_3)} \quad (3.4)$$

$\rho_w$ : Deney sıcaklığındaki su yoğunluğu

M<sub>1</sub>: Doymuş ve yüzey kuru agregaya kütle (gr)

M<sub>2</sub>: Doymuş agregaya ve su dolu piknometre kütle (gr)

M<sub>3</sub>: Sadece su ile dolu olan piknometre kütle (gr)

M<sub>4</sub>: Kuru agregaya ağırlığı

Filler malzeme için 0.075 mm elekten geçen agregadan numune alınır ve iki adet deney numunesi hazırlanır. Her iki deney numunesine aynı işlemler uygulanır. Öncelikle deneyde kullanılan piknometrenin boş ağırlığı tartılır (M<sub>1</sub>). Piknometre çizgisine kadar saf su eklenir ve su dolu piknometrenin ağırlığı belirlenir (M<sub>2</sub>). Boşaltılan piknometreler kurumaması için etüve koyulur. Kuruyan boş piknometreye deney numunesi kısmı konulur ve tartılır (M<sub>3</sub>). Numune kısmı üzerine piknometre çizgisine kadar su konulur. Numunelerde oluşan topaklanmaların önüne geçmek ve boşluk kalmaması için piknometre sarsılır. En üstte biriken köpükler alınır ve tekrar tartılır (M<sub>4</sub>). Numune piknometre içerisinde kalmayacak şekilde dikkatli bir şekilde

tepsiye boşaltılır. Tepsi 110 °C'deki etüve konulur ve numune kurutulur. Daha sonra oda sıcaklığına kadar soğutulur ve numunenin kuru ağırlığı tartılır (M<sub>5</sub>).

Filler malzeme için görünür tane yoğunluğu aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$\rho_f = \frac{M_5}{(M_2 - M_1) - (M_4 - M_3)} \quad (3.5)$$

$\rho_f$ : Filler malzemenin görünür tane yoğunluğu

M<sub>1</sub>: Piknometrenin boş ağırlığı (gr)

M<sub>2</sub>: Saf su dolu piknometrenin ağırlığı (gr)

M<sub>3</sub>: Deney numunesi kısmı dolu olan piknometrenin ağırlığı (gr)

M<sub>4</sub>: Deney numunesi ve saf su ile tamamen doldurulmuş piknometre ağırlığı (gr)

M<sub>5</sub>: Kuru malzeme ağırlığı (gr)

Çizelge 3.2. Kullanılan agregaların özellikleri

Agrega Özellikleri	Deney Yöntemi	Değer
Yassılık İndeksi	EN 933-3	FI <sub>15</sub>
Parçalanma Kırılma Direnci	EN 1907-2	LA <sub>24</sub>
Şekil İndeksi	EN 933-4	SI <sub>20</sub>
Donma/Çözünme Direnci	EN 1367-2	MS <sub>18</sub>
Su Emme Oranı (Kaba)	EN 1097-6	%0.33
Su Emme Oranı (İnce)	EN 1097-6	%0.44
Görünür Tane Yoğunluğu (Kaba) (Mg/m <sup>3</sup> )	EN 1097-6	2.720
Görünür Tane Yoğunluğu (İnce) (Mg/m <sup>3</sup> )	EN 1097-6	2.695
Görünür Tane Yoğunluğu (Filler) (Mg/m <sup>3</sup> )	EN 1097-6	2.726

### 3.1.3. Kullanılan kireçlerin özellikleri

Deney sırasında kullanılan kireçlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri, kirecin temini sırasında temin edildiği fabrikadan direkt olarak alınıp Çizelge 3.3, 3.4 ve 3.5'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. A marka kirecin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Kimyasal Analiz Değerleri	Değer (%)
Ca(OH) <sub>2</sub>	Min. 84
Toplam CaO + MgO	Min. 87
MgO	1-3
SO <sub>3</sub>	Mak. 0.90
Fiziksel Analiz Değerleri	Değer (%)
200 mik. (Elek üstü)	Mak. 0.3
90 mik. (Elek üstü)	Mak. 1.3
Birim Hacim Kütlesi (kg/dm <sup>3</sup> )	Mak. 0.53

Çizelge 3.4. K marka kirecin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Kimyasal Analiz Değerleri	Değer (%)
Ca(OH) <sub>2</sub>	Min. 80
Toplam CaO + MgO	Min. 85
MgO	Mak. 2
SO <sub>3</sub>	Mak. 2
Fiziksel Analiz Değerleri	Değer (%)
200 mik. (Elek üstü)	Mak. 2
90 mik. (Elek üstü)	Mak. 4
Birim Hacim Kütlesi (kg/dm <sup>3</sup> )	Mak. 0.6

Çizelge 3.5. D marka kirecin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Kimyasal Analiz Değerleri	Değer (%)
Ca(OH) <sub>2</sub>	Min. 82
Toplam CaO + MgO	Min. 95
MgO	Mak. 1
SO <sub>3</sub>	Mak. 1
Fiziksel Analiz Değerleri	Değer (%)
200 mik. (Elek üstü)	Mak. 2
90 mik. (Elek üstü)	Mak. 6
Birim Hacim Kütlesi (kg/dm <sup>3</sup> )	Mak. 0.6

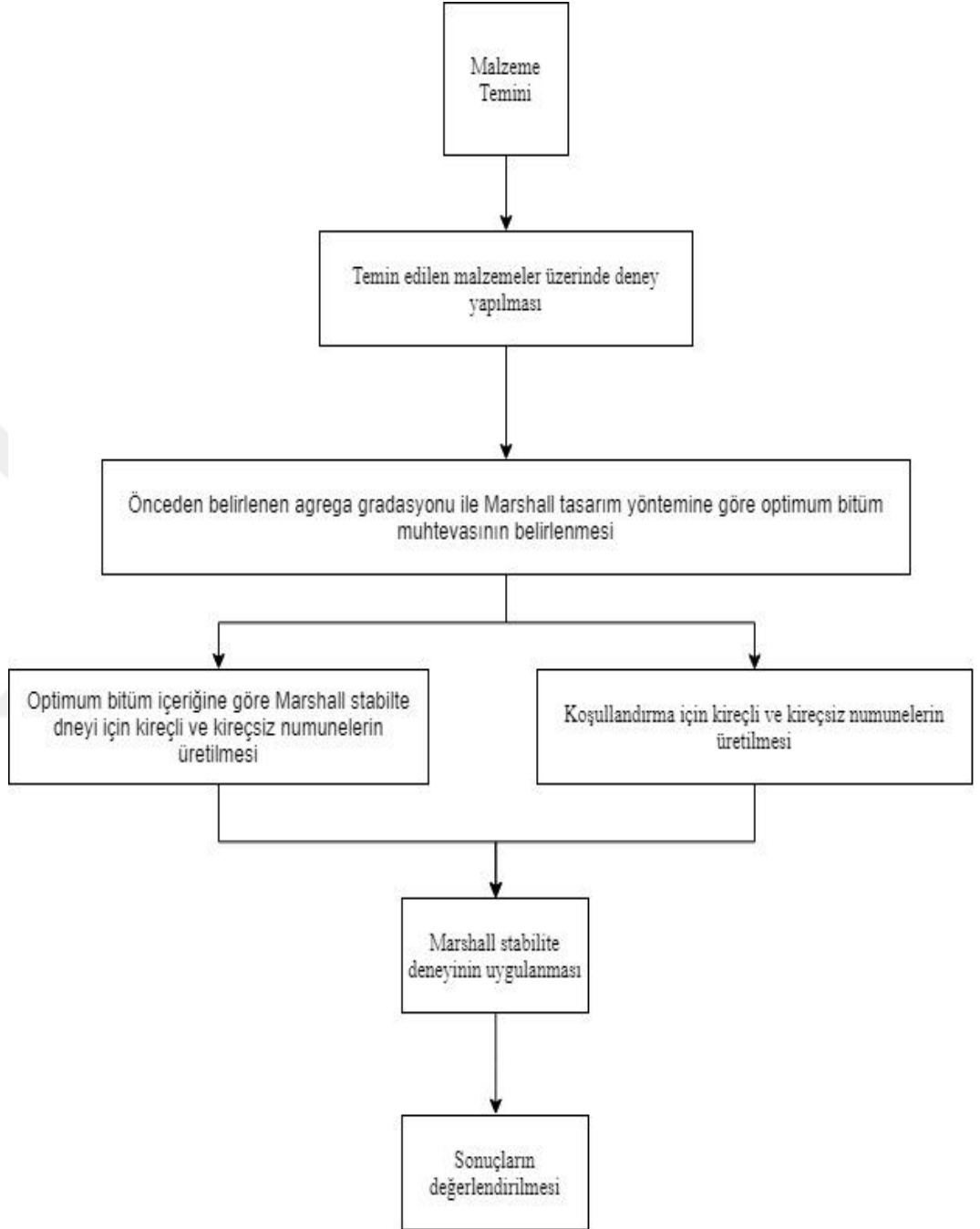
### 3.2. Yöntem

Çalışma boyunca üretilen numuneler ve bunların numaralandırılması çizelge 3.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. Üretilen numuneler ve numaralandırılması

Katkı Tipi	Marshall Stabilite Deneyi	Donma - çözünme ve suda bekletmeli koşullandırma
Kireçsiz	KZ1 - KZ2 - KZ3	KZ1 - KZ2 - KZ3
A kireci katkılı	A1-A2-A3-A4-A5-A6-A7- A8-A9-A10-A11-A12	A0.5 - A1 - A1.5 - A2
D kireci katkılı	D1-D2-D3-D4-D5-D6-D7- D8-D9-D10-D11-D12	D0.5 - D1 - D1.5 - D2
K kireci katkılı	K1-K2-K3-K4-K5-K6-K7- K8-K9-K10-K11-K12	K0.5 - K1 - K1.5 - K2

Laboratuvar alışmaları sırasında yapılan çalışmalar akış şeması halinde şekil 3.3'de gösterilmiştir.



şekil 3.3. Akış şeması

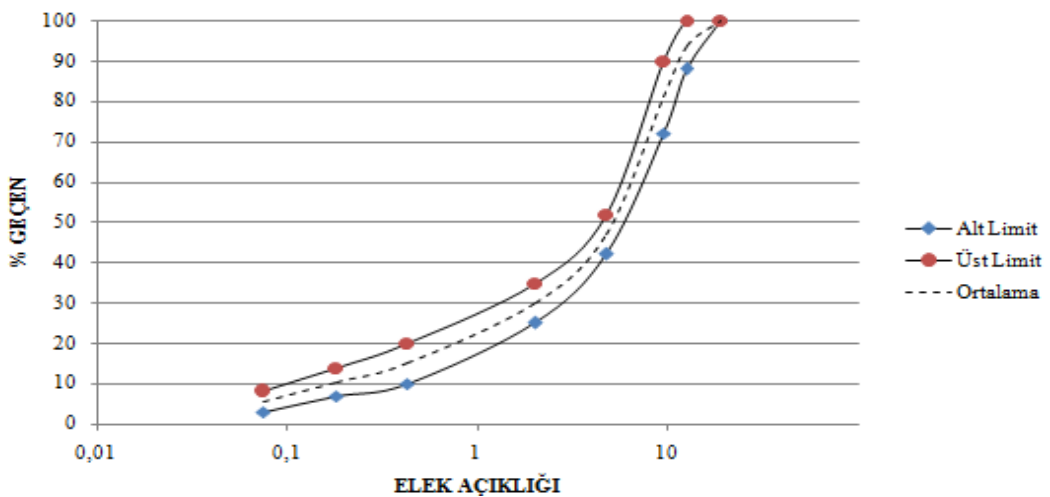


### 3.2.1. Elek analizi ve Marshall tasarım deneyi

Tasarımda karşılaştırma yapılacağından dolayı en ideal koşulları elde etmek için elek analizi deneyi yerine, aşınma tabakası için KGM Teknik Şartnamesi'nde yer alan alt ve üst limitlerin ortalaması baz alınarak tasarım yapılmıştır. Tasarım süresince kullanılan tane boyut dağılımı Çizelge 3.7'de, tane boyut dağılım eğrisi ve şartname limitleri de Şekil 3.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.7. Karışım tane boyut dağılımı ve şartname limitleri

Elek Açıklığı		Karışım % Geçen	Şartname Limitleri %
mm	inch		
19	(3/4)"	100	100-100
12.5	(1/2)"	94	88-100
9.5	(3/8)"	81	72-90
4.75	No.4	47	42-52
2	No.10	30	25-35
0.425	No.40	15	10-20
0.180	No.80	10.5	7-14
0.075	No.200	5.5	3-8



Şekil 3.4. Agrega tane boyutu dağılım eğrisi ve şartname limitleri

Aşınma tabakası için agrega tane boyutu eğrisinden belirlenen agrega yüzdeleri aşağıdaki şekilde tespit edilmiştir.

Kaba agrega yüzdesi (No. 4 üzeri): %53

İnce agrega yüzdesi (No.4 - No. 200): %41.5

Filler yüzdesi (No. 200 altı): %5.5

olarak belirlenmiştir.

Marshall tasarımına göre hazırlanan briketler aşağıdaki sıralamaya göre oluşturulmuştur:

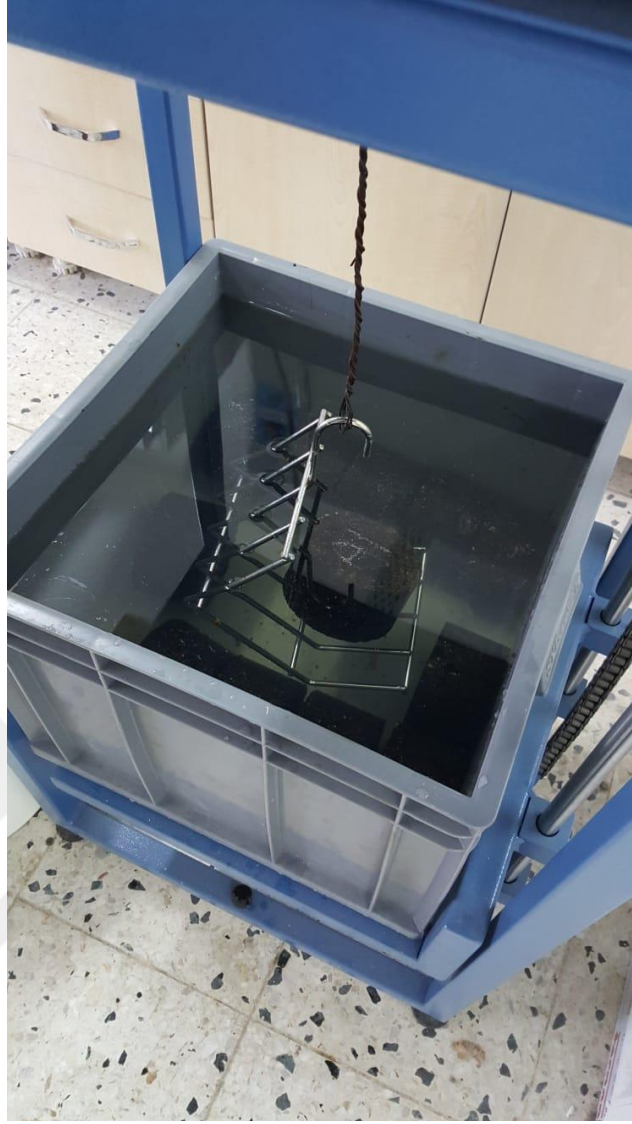
1. Bitüm yüzdeleri karışımın ağırlığınca %3, %3.5, %4, %4.5, %5, %5.5, %6 ve %6.5 olacak şekilde belirlendi.
2. Belirlenen agrega gradasyonuna göre, her bir bitüm yüzdesi için 3 adet olacak şekilde toplam 24 adet numune tartıldı ve önceden 155°C olarak ayarlanmış etüve numuneler yerleştirildi.
3. Kullanılacak bitüm etüve konularak 165°C'ye kadar ısıtıldı.
4. Deney sırasında kullanılacak olan malzemeler de (Marshall kalıpları, kürek, şişleme çubuğu vb.) etüvde 165°C'ye kadar ısıtıldı.
5. Etüvde yeterli sıcaklığa kadar ısıtılmış her bir numune daha önceden ısıtılmış karıştırıcı kazanına boşaltıldı. Homojenlik elde edilene kadar karıştırılan numunelerin ortasına çukur açıldı ve her bir yüzdeye denk gelen bitüm miktarı agrega karışımına boşaltıldı.
6. İyi bir karışım elde etmek ve soğumanın önüne geçmek amacıyla hızlı bir şekilde alttan ısıtmalı mekanik karıştırıcıya alınan karıştırma kabı yeterli karışım elde edilene kadar karıştırıldı.
7. Karıştırılan numune kür edilmesi için yarım saat süreyle tekrardan 165°C'de ki etüve konuldu.
8. Yarım saat sonra ısıtılan numune kalıbına malzeme kaybı yapmadan boşaltılan numune, ısıtılan şişleme çubuğu ile iç kısımlardan 10 kez, kenarlardan 15 kez şişlenerek sıkıca numune kabına yerleştirildi. Otomatik Marshall tokmağına yerleştirilen numunenin her iki yüzeyine 75 darbe vurularak sıkıştırma yapıldı. Kalıptan çıkarmak için bir gün boyunca numune soğumaya bırakıldı.

Ertesi gün kalıptan çıkartılan numunelere yükseklik okuması yapılmıştır. Her bir numune için numunenin rastgele yerlerinden kumpas ile üç ayrı ölçüm yapılmış ve bunların ortalaması alınarak numunenin yükseklikleri belirlenmiştir. Standart briket yüksekliği 63.5 mm olup düzeltme katsayısı 1'dir. 63.5 mm'den küçük veya büyük olması durumunda katsayılar ters orantılı şekilde artıp azalmaktadır.



şekil 3.5. Optimum bitüm muhtevası için oluşturulan briketler

Yükseklikleri llen numuneler, havada tartıldıktan sonra suyun içine yerleştirildi. Yarım saat bekletildikten sonra önce sudaki ağırlıkları, daha sonra da doygun yüzey kuru ağırlıkları tartıldı. Elde edilen bütün sonuçlar deney formuna işlendi.



Şekil 3.6. Briketin suda tartımı

Tartımlar bittikten sonra, 60°C olarak ayarlanan su banyosuna konulan briketler kırk dakika boyunca bekletildi. Su banyosundan sırayla çıkartılan numunelerin yüzeyi kurulandıktan sonra Marshall stabilite test cihazına yerleştirildi. Numuneye basınç uygulandıkça okunan stabilite değeri bir yere kadar yükseldi ve kırıldıktan sonra düşmeye başladı. Kırma işlemi bittikten sonra stabilite ve akma değerleri cihaz üzerindeki göstergeden okundu.



Şekil 3.7. Otomatik Marshall stabilite cihazında numunenin kırılması

Elde edilen optimum bitüm muhtevası kullanılarak, bu sefer gradasyondaki filler oranını %0.5, %1, %1.5 ve %2 oranlarında azaltarak yerine aynı yüzde de her bir kireç numunesinden ayrı ayrı katarak Marshall stabilite yöntemi kullanarak katkısız ve katkılı numuneler oluşturuldu ve kırıldı. Okunan stabilite ve akma değerleri deney formuna not edildi.

### 3.2.2. Koşullandırma sistemi

Optimum bitüm muhtevası kullanılarak Marshall tasarımına göre katkısız ve her bir kireç numunesinden %0.5, %1, %1.5 ve %2 katkılı ve bir adet briket olacak şekilde toplamda 15 briket oluşturulmuştur.



Şekil 3.8. Koşullandırma için oluşturulan briketler

Oluşturulan numunelerin yükseklikleri belirlenmiş ve havadaki ağırlığı tartıldı. Tartılan numuneler vakum cihazına yerleştirildi ve numune yüzeyini 25 mm geçecek şekilde vakum cihazına su konuldu. 10 dakika boyunca 10 kPa basınca maruz bırakıldı. Cihazdan çıkartılan numuneler su dolu kova içine konuldu ve burada 5 dakika bekletildi. Daha sonra sırayla sudaki ağırlıkları ve doymun yüzey kuru ağırlıkları tartıldıktan sonra numunelerin her biri hızlı bir şekilde tamamen suya batırılıp çıkartıldı. Islak haldeki briketler streç film ile sarıldıktan sonra ağzı kilitlenebilen poşetlere konuldu ve her bir poşetin içerisine 10 mL su ilave edildi.



Şekil 3.9. Koşullandırma için streç film ile sarılmış briket

-18 °C 'de çalıştırılan dondurucuya ağzı kilitli poşetler 16 saat bekletilmek üzere yerleştirildi. Dolaptan çıkartılan numuneler çözünmesi için oda sıcaklığında yaklaşık 1 saat civarında bekletildi. Daha sonra 24 saatliğine 60°C'de ki su banyosuna koyuldu. Ertesi gün numuneler su banyosundan alınır alınmaz Marshall stabilite cihazı ile kırıldı, stabilite ve akma değerleri okundu.



Şekil 3.10. Dondurucudan çıkartılan briket

#### **4. BULGULAR ve TARTIŞMA**

Bu kısımda optimum bitüm muhtevası, kireçli ve kireçsiz numuneler ile birlikte koşullandırma sonucu elde edilen değerler ayrı ayrı tablolar halinde verilmiştir.

##### **4.1. Marshall Tasarımı Deney Sonuçları**

Optimum bitüm muhtevasının tespiti için oluşturulmuş ve kırılmış olan numunelerden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1'de verilmiştir.

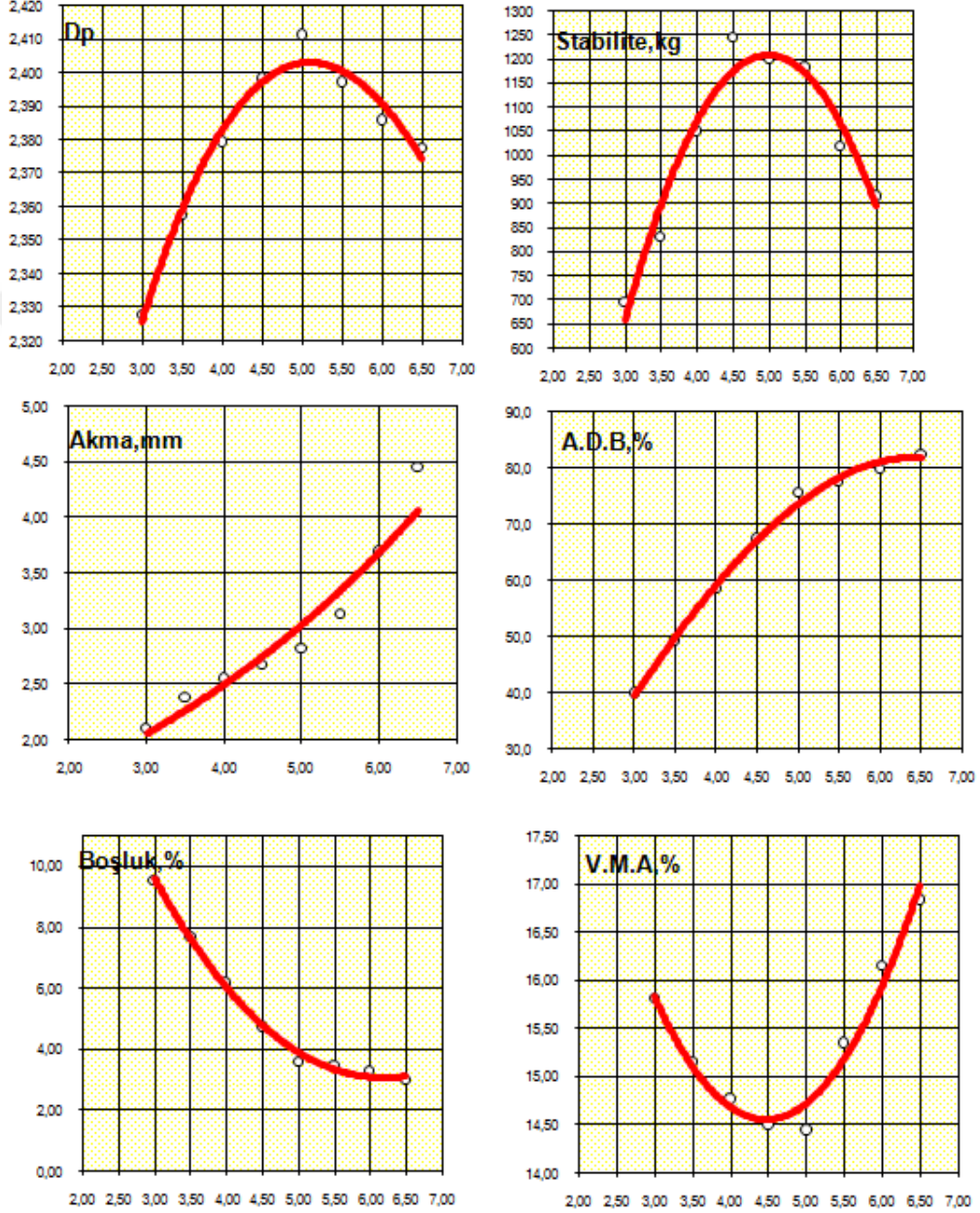




Çizelge 4.1. Marshall tasarımı deney sonuçları

Briket No	W <sub>a</sub> (%)	W <sub>b</sub> (gr)	D <sub>p</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	D <sub>t</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	V <sub>h</sub> (%)	VMA (%)	V <sub>f</sub> (%)	Akma (mm)	Stabilite (kg)
1.1	3.0	33.0	2.322					2.07	658
1.2	3.0	33.0	2.333					2.13	729
1.3	3.0	33.0	2.328					2.10	696
Ortalama			2.327	2.572	9.51	15.81	39.8	2.10	694
2.1	3.5	38.5	2.359					2.36	883
2.2	3.5	38.5	2.371					2.38	883
2.3	3.5	38.5	2.342					2.38	727
Ortalama			2.357	2.553	7.69	15.14	49.2	2.37	831
3.1	4.0	44.0	2.373					2.59	974
3.2	4.0	44.0	2.382					2.58	1075
3.3	4.0	44.0	2.382					2.47	1102
Ortalama			2.379	2.535	6.16	14.77	58.3	2.55	1050
4.1	4.5	49.5	2.404					2.70	1175
4.2	4.5	49.5	2.397					2.60	1279
4.3	4.5	49.5	2.393					2.70	1280
Ortalama			2.398	2.517	4.74	14.50	67.3	2.67	1245
5.1	5.0	55.0	2.412					2.80	1169
5.2	5.0	55.0	2.410					2.87	1110
5.3	5.0	55.0	2.411					2.78	1319
Ortalama			2.411	2.500	3.55	14.44	75.4	2.82	1199
6.1	5.5	60.5	2.397					3.02	1093
6.2	5.5	60.5	2.397					3.37	1293
6.3	5.5	60.5	2.397					3.00	1157
Ortalama			2.397	2.483	3.46	15.35	77.4	3.13	1181
7.1	6.0	66.0	2.393					3.31	1038
7.2	6.0	66.0	2.385					3.41	938
7.3	6.0	66.0	2.379					4.34	1077
Ortalama			2.386	2.466	3.27	16.14	79.8	3.69	1018
8.1	6.5	71.5	2.379					4.36	989
8.2	6.5	71.5	2.378					4.43	870
8.3	6.5	71.5	2.375					4.55	886
Ortalama			2.377	2.450	2.97	16.83	82.3	4.45	915

Çizelge 4.1'de verilen değerler kullanılarak Pratik Özgül Ağırlık-Bitüm, Stabilite-Bitüm, Akma-Bitüm, Asfaltla Dolu Boşluk Yüzdesi-Bitüm, Boşluk Yüzdesi-Bitüm ve Agregalar Arası Boşluk Yüzdesi-Bitüm grafikleri çizilmiş ve Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Optimum bitüm muhtevası için çizilen grafikler

Karayolları Teknik Şartnamesi'ne göre ideal hava boşluğu (%3-%5) aralığına göre seçilen optimum bitüm muhtevası diğer beş tablo içinde kontrol edildi.

%4 hava boşluğuna denk gelen optimum bitüm muhtevası %5 olarak belirlendi fakat asfalt dolu boşluk yüzdesini daha ideal yapmak için optimum bitüm miktarı %4.80 olarak belirlendi ve bundan sonraki deneyler bu orana göre yapılmıştır.

#### 4.2. Katkısız ve Kireç Katkılı Numunelerin Deney Sonuçları

Bu bölümde kireçsiz yapılan 3 adet ve A, K ve D marka kireç markasının her biri için 12 olmak üzere toplamda 39 numunenin deney sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.2. A marka kireçli numunelerin tartım sonuçları

Briket No	Kireç (gr)	Havadaki Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)	Doygun Yüzey Kuru Ağırlık (gr)	D <sub>p</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	D <sub>t</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	V <sub>h</sub> (%)	VMA (%)	V <sub>f</sub> (%)
A1	6.0	1251.7	734.6	1252.7	2.416				
A2	6.0	1253.6	735.7	1254.5	2.416				
A3	6.0	1253.9	736.4	1254.1	2.422				
<b>Ortalama</b>					<b>2.418</b>	<b>2.507</b>	<b>3.54</b>	<b>14.03</b>	<b>74.8</b>
A4	12.0	1256.0	737.9	1256.5	2.422				
A5	12.0	1254.9	737.5	1255.7	2.422				
A6	12.0	1256.2	737.5	1257.7	2.416				
<b>Ortalama</b>					<b>2.420</b>	<b>2.507</b>	<b>3.47</b>	<b>13.97</b>	<b>75.1</b>
A7	18.0	1255.3	737.0	1256.1	2.418				
A8	18.0	1254.7	737.9	1255.2	2.425				
A9	18.0	1254.6	736.3	1255.5	2.416				
<b>Ortalama</b>					<b>2.420</b>	<b>2.507</b>	<b>3.46</b>	<b>13.96</b>	<b>75.2</b>
A10	24.0	1257.7	737.1	1258.5	2.412				
A11	24.0	1257.6	735.6	1258.9	2.402				
A12	24.0	1256.5	736.6	1257.3	2.413				
<b>Ortalama</b>					<b>2.409</b>	<b>2.507</b>	<b>3.88</b>	<b>14.34</b>	<b>72.9</b>

Çizelge 4.3. A marka kireçli numunelerin akma ve stabilite değerleri

Briket No	Ort. Yükseklik (mm)	Stabilite (Düzeltilmemiş, kg)	Düzeltilme Faktörü	Stabilite (Düzeltilmiş, kg)	Akma (mm)	Stabilite/Akma (kg/mm)
A1	63.7	1231	0.995	1224	5.10	240
A2	63.9	1317	0.988	1302	3.99	326.31
A3	63.5	1216	0.999	1215	4.29	283.21
<b>Ortalama</b>				<b>1247</b>	<b>4.46</b>	<b>279.59</b>
A4	63.8	1171	0.991	1161	2.65	438.11
A5	63.8	1262	0.992	1252	2.90	431.72
A6	63.6	1204	0.996	1199	3.82	313.87
<b>Ortalama</b>				<b>1204</b>	<b>3.12</b>	<b>385.89</b>
A7	63.5	1254	0.998	1252	3.79	330.34
A8	63.5	1357	1.000	1358	3.01	451.16
A9	63.7	1158	0.994	1151	3.16	364.24
<b>Ortalama</b>				<b>1253</b>	<b>3.32</b>	<b>377.41</b>
A10	64.3	1269	0.981	1245	3.04	409.54
A11	64.1	1184	0.985	1165	3.11	374.59
A12	63.9	1200	0.988	1186	3.89	304.88
<b>Ortalama</b>				<b>1199</b>	<b>3.35</b>	<b>357.91</b>

Çizelge 4.4. K marka kireçli numunelerin tartım sonuçları

Briket No	Kireç (gr)	Havadaki Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)	Doygun						
				Yüzey Kuru Ağırlık (gr)	$D_p$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$D_t$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$V_h$ (%)	VMA (%)	$V_f$ (%)	
K1	6.0	1248.4	734.1	1251.8	2.411					
K2	6.0	1252.9	736.6	1253.7	2.423					
K3	6.0	1256.6	738.2	1257.0	2.422					
<b>Ortalama</b>					<b>2.419</b>	<b>2.507</b>	<b>3.51</b>	<b>14.01</b>	<b>74.9</b>	
K4	12.0	1257.8	738.0	1258.4	2.417					
K5	12.0	1258.6	737.6	1259.5	2.412					
K6	12.0	1264.4	741.5	1264.9	2.416					
<b>Ortalama</b>					<b>2.415</b>	<b>2.507</b>	<b>3.67</b>	<b>14.15</b>	<b>74.0</b>	
K7	18.0	1255.6	734.0	1257.2	2.400					
K8	18.0	1256.6	735.1	1257.7	2.405					
K9	18.0	1256.8	737.5	1257.7	2.416					
<b>Ortalama</b>					<b>2.407</b>	<b>2.507</b>	<b>3.99</b>	<b>14.43</b>	<b>72.3</b>	
K10	24.0	1256.5	734.7	1257.6	2.403					
K11	24.0	1258.1	734.5	1259.3	2.397					
K12	24.0	1257.8	731.7	1259.1	2.385					
<b>Ortalama</b>					<b>2.395</b>	<b>2.507</b>	<b>4.46</b>	<b>14.85</b>	<b>70.0</b>	

Çizelge 4.5. K marka kireçli numunelerin akma ve stabilite değerleri

Briket No	Ort. Yükseklik (mm)	Stabilite (Düzeltilmemiş, kg)	Düzeltilme Faktörü	Stabilite (Düzeltilmiş, kg)	Akma (mm)	Stabilite/Akma (kg/mm)
K1	64.0	1189	0.986	1173	4.63	253.34
K2	63.4	1289	1.002	1291	3.67	351.77
K3	63.7	1123	0.994	1116	3.45	323.47
<b>Ortalama</b>				<b>1193</b>	<b>3.92</b>	<b>304.33</b>
K4	63.8	1127	0.991	1117	2.52	443.25
K5	63.9	1166	0.989	1154	3.17	364.04
K6	64.2	1104	0.983	1085	4.03	269.23
<b>Ortalama</b>				<b>1118</b>	<b>3.24</b>	<b>345.06</b>
K7	64.6	1165	0.974	1107	2.97	372.72
K8	64.2	1239	0.983	1218	1.98	615.15
K9	64.8	1214	0.985	1190	4.39	271.07
<b>Ortalama</b>				<b>1172</b>	<b>3.11</b>	<b>376.85</b>
K10	64.3	1165	0.981	1143	2.56	446.48
K11	64.5	1239	0.976	1209	2.80	431.78
K12	64.8	1214	0.969	1177	3.17	371.29
<b>Ortalama</b>				<b>1176</b>	<b>2.84</b>	<b>414.08</b>

Çizelge 4.6. D marka Kireçli numunelerin tartım sonuçları

Briket No	Kireç (gr)	Havadaki Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)	Doygun						
				Yüzey Kuru Ağırlık (gr)	D <sub>p</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	D <sub>t</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	V <sub>h</sub> (%)	VMA (%)	V <sub>f</sub> (%)	
D1	6.0	1252.6	730.5	1253.4	2.395					
D2	6.0	1254.5	732.2	1254.9	2.400					
D3	6.0	1253.1	731.1	1254.3	2.395					
<b>Ortalama</b>					<b>2.397</b>	<b>2.507</b>	<b>4.39</b>	<b>14.79</b>	<b>70.3</b>	
D4	12.0	1252.6	728.8	1253.5	2.387					
D5	12.0	1255.0	730.8	1256.1	2.389					
D6	12.0	1253.9	730.3	1254.9	2.390					
<b>Ortalama</b>					<b>2.389</b>	<b>2.507</b>	<b>4.71</b>	<b>15.07</b>	<b>68.8</b>	
D7	18.0	1254.7	730.0	1255.9	2.386					
D8	18.0	1256.3	731.0	1257.7	2.385					
D9	18.0	1258.2	734.5	1259.2	2.398					
<b>Ortalama</b>					<b>2.390</b>	<b>2.507</b>	<b>4.68</b>	<b>15.04</b>	<b>68.9</b>	
D10	24.0	1255.8	730.7	1257.1	2.386					
D11	24.0	1254.4	731.6	1255.8	2.393					
D12	24.0	1257.9	732.1	1259.1	2.387					
<b>Ortalama</b>					<b>2.389</b>	<b>2.507</b>	<b>4.72</b>	<b>15.08</b>	<b>68.7</b>	

Çizelge 4.7. D marka kireçli numunelerin akma ve stabilite değerleri

Briket No	Ort. Yükseklik (mm)	Stabilite (Düzeltilmemiş, kg)	Düzeltilme Faktörü	Stabilite (Düzeltilmiş, kg)	Akma (mm)	Stabilite/Akma (kg/mm)
D1	63.8	1273	0.992	1263	2.42	521.9
D2	63.6	1282	0.996	1277	3.46	369.07
D3	63.8	1223	0.992	1213	3.79	320.05
<b>Ortalama</b>				<b>1251</b>	<b>3.55</b>	<b>352.39</b>
D4	63.5	1287	0.998	1285	3.50	367.14
D5	63.7	1289	0.993	1280	3.60	355.55
D6	63.7	1215	0.994	1208	3.30	366.06
<b>Ortalama</b>				<b>1258</b>	<b>3.47</b>	<b>362.36</b>
D7	63.6	1301	0.996	1295	3.70	350
D8	63.9	1283	0.990	1269	3.25	390.46
D9	63.9	1375	0.989	1360	4.20	323.81
<b>Ortalama</b>				<b>1308</b>	<b>3.72</b>	<b>351.61</b>
D10	64.3	1416	0.981	1389	3.18	436.79
D11	64.0	1418	0.986	1398	4.47	312.75
D12	64.3	1288	0.981	1263	2.35	537.44
<b>Ortalama</b>				<b>1350</b>	<b>3.33</b>	<b>405.41</b>



Çizelge 4.8. Kireçsiz numunelerin tartım sonuçları

Briket No	Havadaki Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)	Doygun Yüzey Kuru Ağırlık (gr)	$D_p$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$D_t$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$V_h$ (%)	VMA (%)	$V_f$ (%)
KZ1	1249.9	734.0	1251.4	2.416				
KZ2	1251.1	734.5	1252.0	2.418				
KZ3	1253.0	736.1	1253.7	2.421				
<b>Ortalama</b>				<b>2.418</b>	<b>2.507</b>	<b>3.54</b>	<b>14.03</b>	<b>74.7</b>

Çizelge 4.9. Kireçsiz numunelerin akma ve stabilite değerleri

Briket No	Ort. Yükseklik (mm)	Stabilite (Düzeltilmemiş, kg)	Düzeltilme Faktörü	Stabilite (Düzeltilmiş, kg)	Akma (mm)	Stabilite/Akma (kg/mm)
KZ1	63.1	1274	1.010	1286	3.58	359.21
KZ2	63.3	1210	1.005	1216	5.47	222.30
KZ3	63.4	1230	1.002	1233	4.35	283.45
<b>Ortalama</b>				<b>1245</b>	<b>4.47</b>	<b>278.52</b>

### 4.3. Koşullandırılan Numunelerin Deney Sonuçları

Bu bölümde üç adet kireçsiz ve her bir kireçten dört adet olmak üzere üç kireç için toplam 12 adet numunenin kırılmasıyla elde edilen sonuçlar verilmiştir.

Çizelge 4.10. Kireçli ve koşullandırılmış numunelerin tartım sonuçları

Briket No	Kireç (gr)	Havadaki Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)	Doygun YüzeY Kuru Ağırlık (gr)	$D_p$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$D_t$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$V_h$ (%)	VMA (%)	$V_f$ (%)
K0.5	6.0	1248.6	733.9	1250.6	2.416				
K1	12.0	1255.8	735.8	1257.4	2.408				
K1.5	18.0	1255.8	735.7	1257.6	2.406				
K2	24.0	1254.8	734.2	1255.3	2.408				
<b>Ortalama</b>					<b>2.410</b>	<b>2.507</b>	<b>3.88</b>	<b>14.33</b>	<b>72.9</b>
A0.5	6.0	1251.5	736.2	1252.3	2.425				
A1	12.0	1253.8	737.4	1254.6	2.424				
A1.5	18.0	1252.3	736.3	1252.9	2.424				
A2	24.0	1254.7	737.6	1255.0	2.425				
<b>Ortalama</b>					<b>2.425</b>	<b>2.507</b>	<b>3.28</b>	<b>13.80</b>	<b>76.2</b>
D0.5	6.0	1251.8	736.0	1252.4	2.424				
D1	12.0	1252.8	736.2	1253.4	2.422				
D1.5	18.0	1253.7	732.6	1255.5	2.398				
D2	24.0	1254.4	732.2	1255.5	2.397				
<b>Ortalama</b>					<b>2.414</b>	<b>2.507</b>	<b>3.69</b>	<b>14.16</b>	<b>74.0</b>

Çizelge 4.11. Kireçli ve koşullandırılmış numunelerin akma ve stabilite değerleri

Briket No	Ort. Yükseklik (mm)	Stabilite (Düzeltilmemiş, kg)	Düzeltilme Faktörü	Stabilite (Düzeltilmiş, kg)	Akma (mm)	Stabilite/Akma (kg/mm)
K0.5	63.8	1253	0.992	<b>1244</b>	<b>3.50</b>	<b>355.43</b>
K1	64.2	1162	0.983	<b>1142</b>	<b>3.52</b>	<b>324.43</b>
K1.5	64.2	1274	0.982	<b>1251</b>	<b>5.40</b>	<b>231.66</b>
K2	64.1	1288	0.984	<b>1267</b>	<b>3.37</b>	<b>375.96</b>
A0.5	63.8	1136	0.992	<b>1127</b>	<b>2.65</b>	<b>425.28</b>
A1	63.7	1266	0.993	<b>1257</b>	<b>2.90</b>	<b>433.45</b>
A1.5	63.5	1335	0.998	<b>1332</b>	<b>2.90</b>	<b>459.31</b>
A2	63.5	1177	0.998	<b>1175</b>	<b>3.82</b>	<b>307.59</b>
D0.5	63.6	1303	0.996	<b>1297</b>	<b>3.79</b>	<b>342.21</b>
D1	63.6	1190	0.996	<b>1185</b>	<b>3.01</b>	<b>393.69</b>
D1.5	64.2	1228	0.983	<b>1207</b>	<b>3.01</b>	<b>400.99</b>
D2	64.5	1205	0.976	<b>1177</b>	<b>3.16</b>	<b>372.47</b>

Çizelge 4.12. Kireçsiz ve koşullandırılmış numunelerin tartım sonuçları

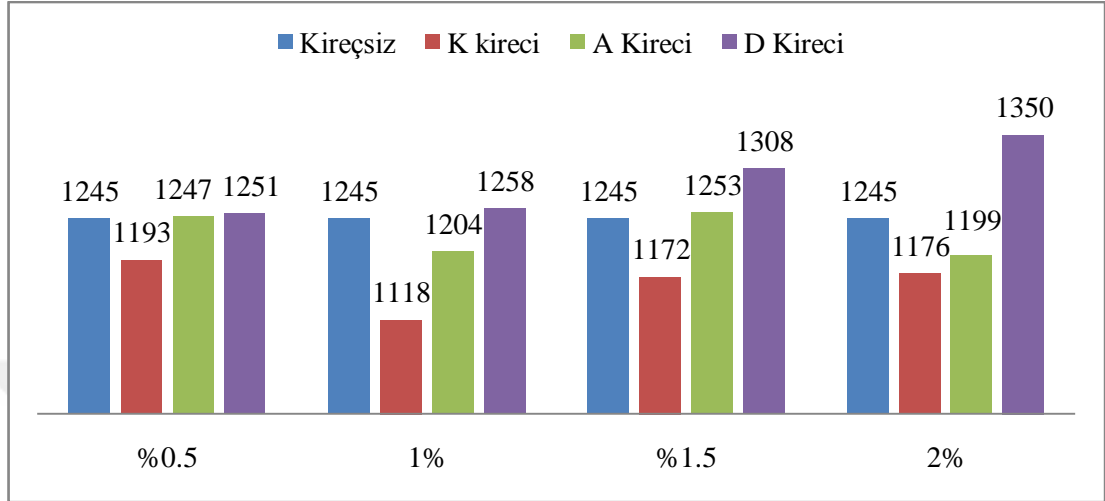
Briket No	Havadaki Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)	Doğun Yüzey Kuru Ağırlık (gr)	$D_p$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$D_t$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$V_h$ (%)	VMA (%)	$V_f$ (%)
KZ1	1250.6	733.2	1251.3	2.414				
KZ2	1252.9	735.4	1253.1	2.420				
KZ3	1254.3	737.0	1254.8	2.422				
<b>Ortalama</b>				<b>2.419</b>	<b>2.507</b>	<b>3.51</b>	<b>14.01</b>	<b>74.9</b>

Çizelge 4.13. Kireçsiz ve koşullandırılmış numunelerin akma ve stabilite değerleri

Briket No	Ort. Yükseklik (mm)	Stabilite (Düzeltilmemiş, kg)	Düzeltilme Faktörü	Stabilite (Düzeltilmiş, kg)	Akma (mm)	Stabilite/Akma (kg/mm)
KZ1	63.8	1183	0.991	1173	4.04	290.35
KZ2	63.7	1227	0.995	1221	3.86	290.41
KZ3	63.7	1171	0.995	1165	3.91	297.95
<b>Ortalama</b>				<b>1186</b>	<b>3.94</b>	<b>301.01</b>

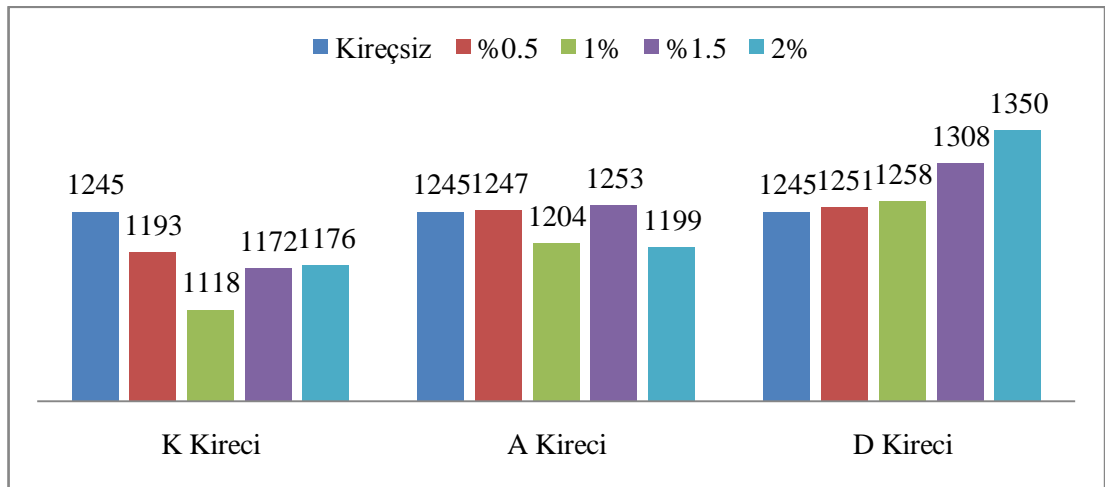
Yukarıda verilen kireç katkılı numuneler ile kireçsiz numunelerde elde edilen ve koşullandırmada oluşturulan kireç katkılı ve kireçsiz numunelerde elde edilen sonuçların daha iyi anlaşılabilmesi için sonuçlar kendi içerisinde ve birbiriyle grafik üzerinde karşılaştırılmış ve aşağıda verilmiştir.

Kireç yüzdesine göre her bir marka kireçten okunan stabilite değeri, kireçsiz briketten elde edilen stabilite değeri ve diğer kireç markalarında aynı yüzdelere okunan değer ile karşılaştırılması Şekil 4.2'de verilmiştir.



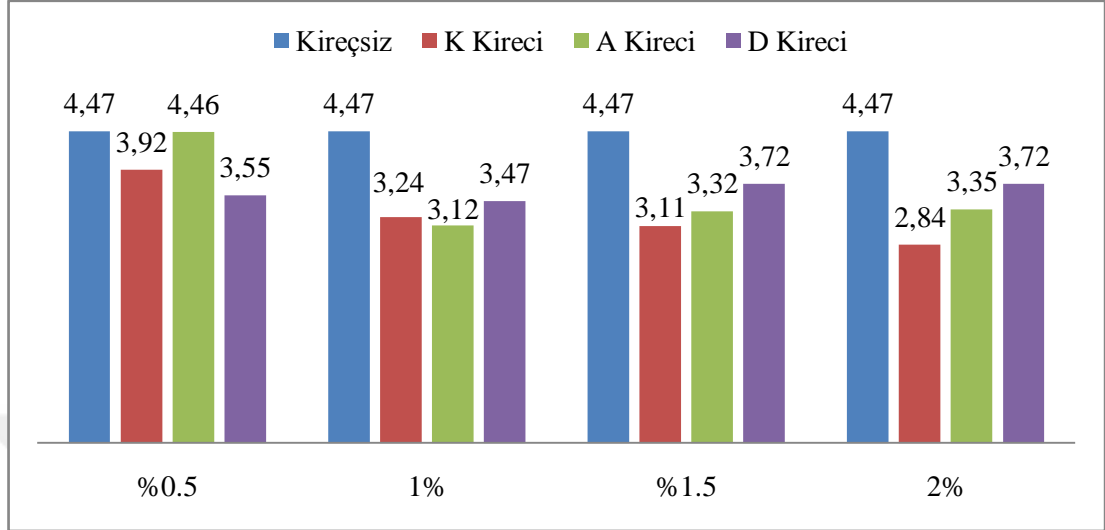
Şekil 4.2. Artan kireç yüzdesine göre her bir kireç katkı numunenin stabilite açısından birbirleriyle ve kireçsiz numune ile karşılaştırılması

Her bir marka kirecin artan kireç yüzdesine göre okunan stabilite değerleri kendi içerisinde ve kireçsiz numunede okunan stabilite değeri ile karşılaştırılması Şekil 4.3'de verilmiştir.



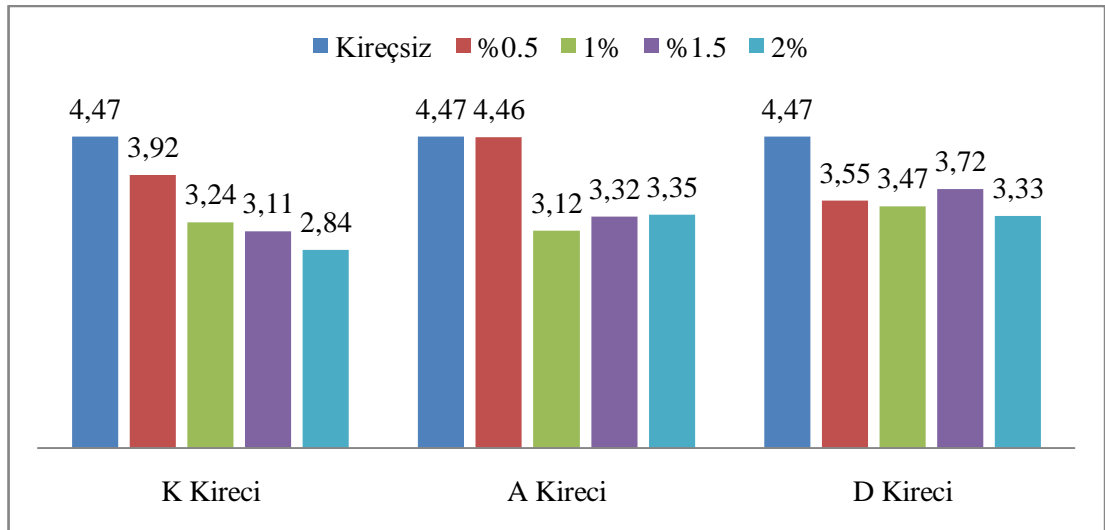
Şekil 4.3. Her bir kireç katkı numunenin artan kireç yüzdesine göre stabilite değeri açısından kendi içerisinde ve kireçsiz numune ile karşılaştırılması

Her kireç için her bir kireç yüzdesinde okunan akma değerleri ile kireçsiz numunenin akma değeri Şekil 4.4'te karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.4. Artan kireç yüzdesine göre her bir kireç katkı numunenin akma değeri açısından birbirleriyle ve kireçsiz numune ile karşılaştırılması

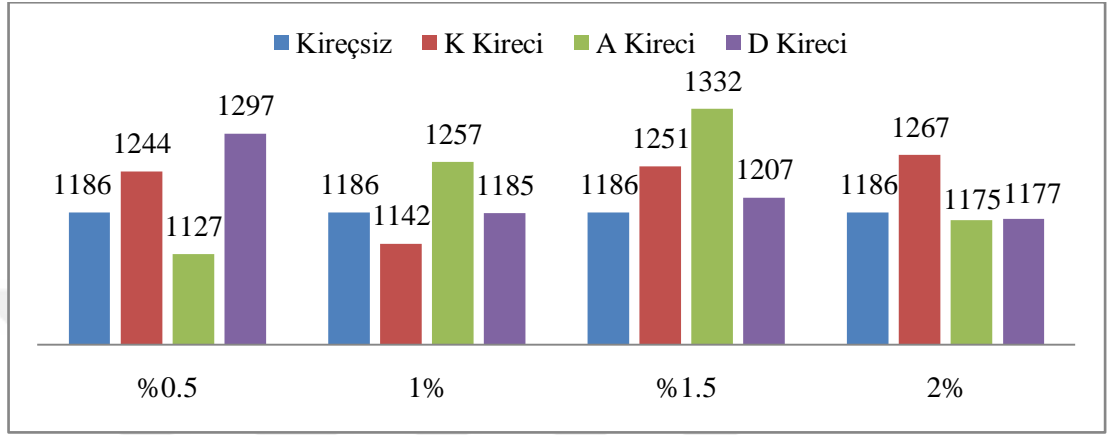
Her bir kireç için artan kireç yüzdesine göre okunan akma değerleri ile kireçsiz numunedeki okunan akma değeri Şekil 4.5'te karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.5. Her bir kireç katkı numunenin artan kireç yüzdesine göre akma değeri açısından kendi içerisinde ve kireçsiz numune ile karşılaştırılması

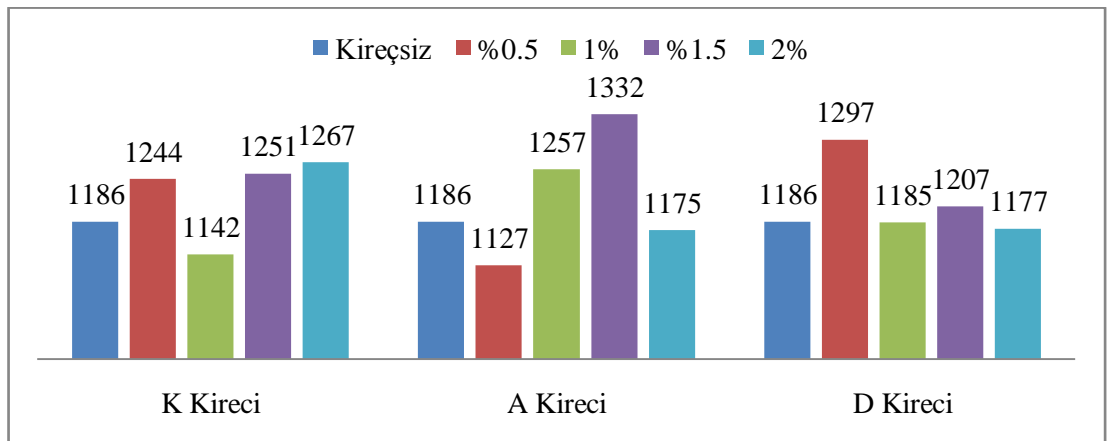
Koşullandırma sonucu elde edilen stabilite ve akma değerlerinin de anlaşılması için grafik üzerinde karşılaştırma yapılmış ve aşağıda verilmiştir.

Her bir kireç yüzdesi için üç farklı kireçten okunan stabilite değerleri ile kireçsiz numuneden okunan stabilite değeri Şekil 4.6'de verilmiştir.



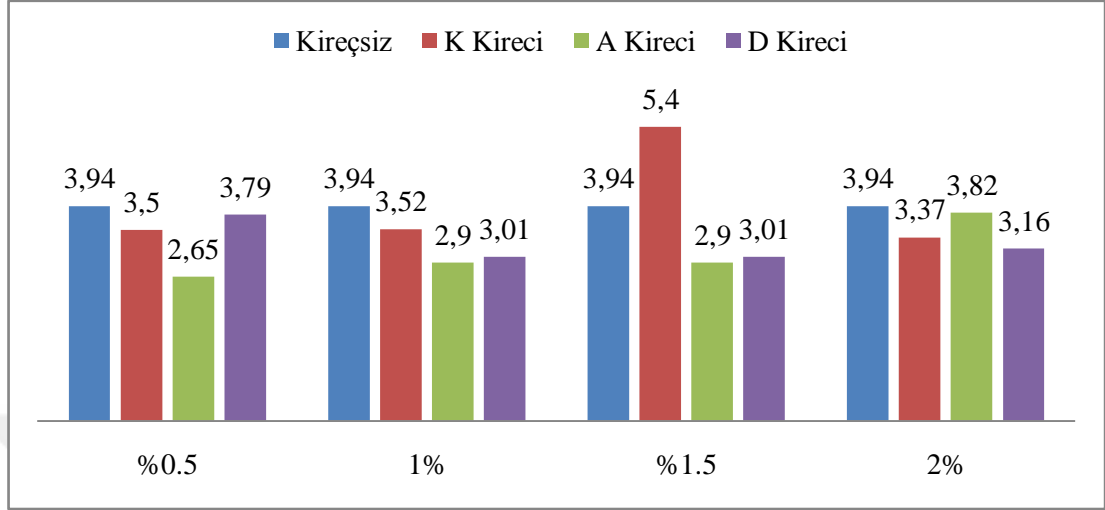
Şekil 4.6. Artan kireç yüzdesine göre koşullandırılmış her bir kireç katkılı numunenin stabilite değeri açısından birbirleriyle ve kireçsiz numune ile karşılaştırılması

Her kireç için artan kireç yüzdesine göre okunan stabilite değerleri ile kireçsiz numuneden okunan stabilite değerinin karşılaştırılması Şekil 4.7'da verilmiştir.



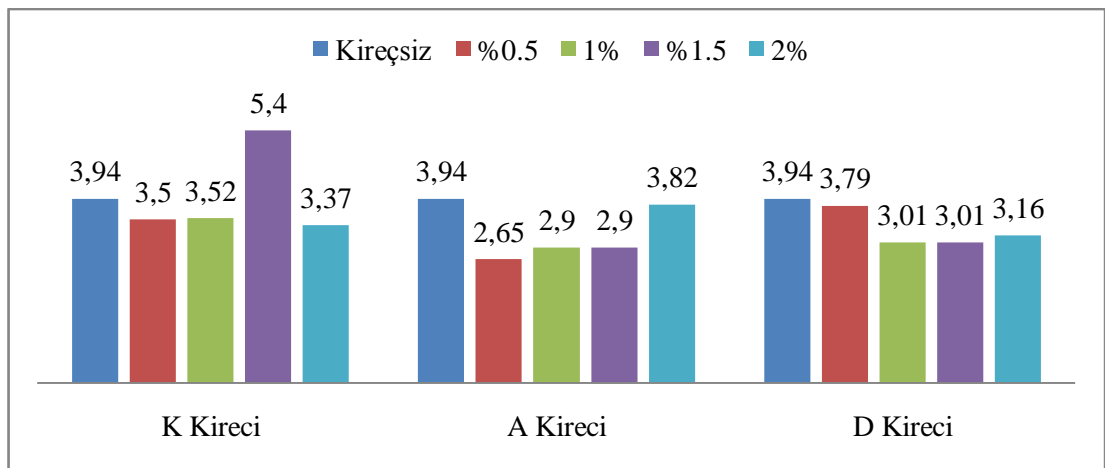
Şekil 4.7. Her bir koşullandırılmış kireç katkılı numunenin artan kireç yüzdesine göre stabilite değeri açısından kendi içerisinde ve kireçsiz numune ile karşılaştırılması

Her kireç yüzdesi için kireçli ve kireçsiz numunelerden okunan akma değerleri Şekil 4.8'de karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.8. Artan kireç yüzdesine göre koşullandırılmış her bir kireç katkı numunenin akma değeri açısından birbirleriyle ve kireçsiz numune ile karşılaştırılması

Her bir kireç markasında artan kireç yüzdesine göre kireçli numunelerden okunan akma değerleri ve kireçsiz numuneden okunan akma değeri Şekil 4.9'de karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.9. Her bir koşullandırılmış kireç katkı numunenin artan kireç yüzdesine göre akma değeri açısından kendi içerisinde ve kireçsiz numune ile karşılaştırılması



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada geleneksel asfalt karışımına Samsun ili Kavak ilçesinde üretilip katılan üç farklı kirecin stabilite ve akmaya karşı olan etkisi ile beraber yine aynı kireçler kullanılarak oluşturulan numunelere koşullandırma uygulanarak stabilite ve akmada yaşanan değişikliklerin gözlemlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonunda gözlemlenen sonuçlar detaylı bir şekilde aşağıda sıralanmıştır.

Artan kireç yüzdesine göre her kireç numunesi birbiriyle ve kireçsiz numune ile karşılaştırıldığında, %0.5 kireç katkılı numunelerden okunan stabilite değeri, A kireci ve D kireci için farklılığa neden olmazken K kireci kireçsiz numuneden okunan stabilite değerine göre düşüğe neden olmuştur. %1 kireç katkılı numunelerde D kireci katılan numunenin stabilitesinde değişiklik gözlemlenmemesine rağmen, A kireci düşüğe neden olmuş ve K kireci stabilite düşürmeye devam etmiştir. %1.5 kireç katkılı numunelerde A kireci stabiliteyi artırarak kireçsiz numune ile yaklaşık aynı konuma getirmiş, K kireci %1'e göre stabiliteyi bu oranda artırmasına rağmen hala kireçsiz numunede elde edilen stabiliteye göre düşük seviyelerde kalmıştır. Öte yandan D kireci ise stabilite değerini yaklaşık %5 oranında artırarak 1308 kg seviyesine ulaştırmıştır. %2 kireç katkılı numunelerde K ve A kireci katılan numunelerde stabilite kireçsiz numuneye göre düşük çıkarken, D kireci stabiliteyi artırmaya devam etmiş ve çalışma sırasında elde edilen en yüksek stabilite değeri olan 1350 kg'a çıkmıştır.

Yukarıda kireçli numuneler her yüzde için ayrı ayrı birbiriyle ve kireçsiz numune ile karşılaştırılmıştır. Bu kısımda ise her bir kireç numunesi artan kireç yüzdesine göre kendi içerisinde ve kireçsiz numuneye göre değerlendirilmiştir. K kireci her kireç yüzdesi için stabilite açısından kireçsiz numuneye göre düşük seviyede kalmıştır. Kendi içerisinde bakıldığında ise en yüksek değer %0.5 oranında kireç katkılı numunede 1193 kg olarak gözlemlenmiştir. A kirecinde bütün yüzdelerde stabilite değeri ufak değişiklikler göstermiş olup genellikle kireçsiz numune ile aynı seviyede kalmıştır. D kireci ise artan kireç yüzdesine göre stabiliteyi artırarak çalışmada stabilite açısından en iyi sonucu vermiştir.

Katkısız ve kireç katkılı numunelerin kırılmasıyla okunan akma değerleri artan kireç yüzdesine göre her kireç numunesi birbiriyle ve kireçsiz numune ile

karşılaştırıldığında, %0.5 kireç katkılı numunelerde A kireci akma değerini kireçsiz göre değiştirmezken, K ve D kireci akma değerini kireçsiz numuneye ait akma değerine göre düşürmüştür. %1 kireç katkılı numunelerde her marka kireç için okunan akma değeri birbiriyle yakın ve kireçsiz numuneye göre daha düşük olmasına neden olmuştur. %1.5 ve %2 oranlarında her bir kireç için okunan akma değerleri hemen hemen birbiriyle aynı ve kireçsiz numuneye göre daha düşük çıkmıştır.

Akma yönünden her kireç kendi içerisinde ve kireçsiz numuneye göre değerlendirildiğinde, K kireci artan kireç yüzdesine göre akma değerinde sürekli düşüşe neden olmuştur. Her marka kireç ve bütün yüzdeler göz önüne alındığında en düşük akma değeri 2.84 mm ile %2 oranında K kireci katılan numunede gözlemlenmiştir. A kireci için %0.5 kireç katkılı numunede akma değeri kireçsiz ile aynı olmasına karşın, %1, %1.5 ve %2 oranlarında bu değer birbirine yakın ve kireçsiz numunedeki akma değerine göre düşük çıkmıştır. D kirecinde ise bütün yüzdelerde okunan akma değerleri birbiriyle aynı ve kireçsiz numuneden okunan akma değerinden düşük çıkmıştır.

Bu kısma kadar kireçsiz ve kireçli numunelere uygulanan Marshall stabilite deney sonuçları değerlendirilmiştir. Bu kısımdan sonra koşullandırma sistemi uygulanan briketlerden elde edilen sonuçlar değerlendirilecektir.

Koşullandırma sistemi uygulandıktan sonra stabilite yönünden artan kireç yüzdesine göre her kireç numunesi birbiriyle ve kireçsiz numune ile karşılaştırıldığında, %0.5 kireç katkılı numunelerde kireçsiz numuneye göre A kireci stabilite değerini düşürürken K kireci ve D kireci stabilite değerinin artmasını sağlamıştır. %1 kireç katkılı numunelerde D kireci stabilite yönünden kireçsiz numuneye göre değişikliğe neden olmamış, K kireci stabiliteyi düşürmüş ve A kireci stabiliteyi yükselterek bu yüzde de en yüksek stabilite değerini vermiştir. %1.5 kireç katkılı numunelerde bütün kireç markaları stabilite değerini kireçsiz numuneye göre artırmıştır. Koşullandırma yapıldıktan sonra elde edilen en yüksek stabilite değeri %1.5 oranında A kireci katılan numunede 1332 kg olarak belirlenmiştir. %2 oranında kireç katkılı numunelerde, K kireci katılan numunenin stabilitesi kireçsiz numuneye göre yüksek çıkarken, A ve D kireci katılan numunelerin stabilitesi kireçsiz numune ile hemen hemen aynı çıkmıştır.

Koşullandırma sisteminde stabilite yönünden kireçler artan kireç yüzdesine göre değerlendirildiğinde, K kireci %1 oranı hariç diğer oranlarda stabilite artışına neden olmuştur. A kirecinde %0.5 ve %2 oranlarında stabilite değeri düşüş göstermiş, %1 ve %1.5 oranlarında kireçsiz numuneye göre stabilite değeri yüksek çıkmıştır. D kirecinde ise sadece %0.5 oranında stabilite artışı tespit edilmiş, diğer yüzdelerde stabilite değeri kireçsiz numunenin stabilitesi ile yaklaşık olarak aynı kalmıştır.

Koşullandırma için katkısız ve kireç katkılı numunelerin kırılmasıyla okunan akma değerleri artan kireç yüzdesine göre her kireç numunesi birbiriyle ve kireçsiz numune ile karşılaştırıldığında, %0.5 oranında bütün kireçlerde akma değeri düşüş göstermiştir. %0.5 oranı için en düşük akma değeri K kirecine ait olduğu belirlenmiştir. %1 oranında kireç katkılı numunelerin akma değeri, kireçsiz numuneye göre düşüş göstermiştir. A ve D kireçleri için bu oranda okunan akma değerleri yaklaşık olarak aynıdır. %1.5 kireç yüzdesinde A ve D kireçleri olan numunelerde akma değerleri değişmemiş fakat K marka kirecinin olduğu numunede akma yükseliş göstererek 5.4 mm olmuştur. %2 oranında kireçsiz numune ile A kireci yaklaşık aynı akma değerini verirken, K ve D kirecinde elde edilen akma değeri daha düşük olmuştur.

Akma yönünden her kireç kendi içerisinde ve kireçsiz numuneye göre değerlendirildiğinde, K kireci %0.5, %1 ve %2 oranlarında birbirine yakın ve kireçsiz numunenin akma değerine göre düşük çıkmıştır. %1.5 K kireci katkılı numuneden okunan akma değeri 5.4 mm olarak okunmuş olup koşullandırma için oluşturulan numuneler arasında en yüksek akma değerine sahip olan numunedir. A kirecinde %2 oranında kireç katkılı numunede okunan akma değeri kireçsiz numuneye göre yakın çıkarken en düşük değer %0.5 oranında 2.65 mm olarak belirlenmiştir. %1 ve %1.5 oranında kireç katkılı numunelerde okunan akma değeri ise aynıdır. D kirecinde okunan akma değerleri bütün yüzdelerde kireçsiz numuneye göre düşük çıkmıştır. %1 ve %1.5 kireç oranlı numunelerde okunan akma değerleri eşittir.

Sonuç olarak Marshall stabilite deney sonuçlarına bakıldığında D kireci ile modifiye edilmiş sıcak karışın, geleneksel sıcak karışıma göre stabilite yönünden iyi sonuç vermiştir. Akma yönünden bakıldığında ise en fazla düşüş K kireci katılan numunelerde gözlemlenmiştir. Koşullandırma yapılan numunelerde en iyi sonuç A

kirecinden %1.5 oranında katılan numunenin olduğu ve akma yönünden ise en düşük akma değerini A kirecinden %1 oranında katıldığında elde edildiği gözlemlenmiştir.

Tekerlek izine karşı olan direnç olarak ifade edilen stabilite/akma oranı katkısız numunelerde 278.52 kg/mm olarak bulunmuştur. Her bir kireç markası için, briketlere katılan kireç ile beraber stabilite/akma oranı geleneksel asfalta göre arttığı tespit edilmiş ve en iyi sonuç %2 oranında K kireci katılı numunede elde edilmiştir. Geleneksel asfalta göre stabilite/akma oranı %48.67 oranında artmış ve 414.08 kg/mm olmuştur.

Elde edilen verilen göz önüne alındığında deney boyunca kullanılan malzeme ile ekipmanların ve katılan kireç oranlarının aynı olmasına rağmen, kireçlerin kimyasal ve fiziksel özellikleri bakımından birbirlerinden farklı olması dolayısıyla elde edilen sonuçlarda farklılığa neden olmuştur. Koşullandırılmış numunelerin deney sonuçları ele alındığında ise koşullandırma ile kireç yapısındaki özelliklerin değiştiği ve bununla stabilite ile akma değerleri üzerinde değişikliklere neden olduğu tahmin edilmektedir.

Çalışmada üretilen briketlerde sadece stabilite ve akma değerleri incelenmiş olup bu değerler karşılaştırılıp bir sonuca varılmıştır. İlerleyen zamanlarda, kullanılan kireç oranları artırılarak, kullanılan agreganın türü değiştirilerek, kullanılan bitüm modifiye edilip geleneksel bitümle sonuçları karşılaştırarak ve bu çalışmada üretilen briketlerin nem hasarına karşı direnci, tekerlek izi dayanımı gibi değerler bulunarak çalışma geliştirilip daha ileri bir seviyeye getirilebilir.

## KAYNAKLAR

- Anonim, 2019. Karayolları Genel Müdürlüğü Devlet ve İl Yolları Envanteri İstatistikleri.  
<http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Istatistikler/DevletveIlYolEnvanteri.aspx> (Erişim Tarihi: 18.05.2019)
- Gençtürk, G. 2011. Sönmüş kireç ile çimento ve Pr Plast kullanımının asfalt kaplamaların mekanik özellikleri üzerindeki etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 129, Trabzon.
- Gupta, L. and Bellary, A. 2018. Comparative study on the behavior of bituminous concrete mix and warm mix asphalt prepared using lime and zycotherm as additive. *MaterialsToday: Proceedings*, 5, 2074-2081
- Iwański, M. and Mazurek, G. 2013. Hydrated lime as the anti-aging bitumen agent. *Procedia Engineering*, 57, 424-432.  
doi: 10.1016/j.proeng.2013.04.055
- Kavussi, A. and Bakhtiari, J. 2014. Application of different testing methods for evaluating effects of hydrated lime in bituminous mixes. *Procedia Engineering*, 77, 148-154.
- Mohan, H. M. and Obaid, H. A. 2014. Laboratory Examination for the effect of adding hydrated lime on the moisture damage resistance of asphalt concrete mixtures. *Kufa Journal of Engineering*, 5:2, 1-12.
- Ogundipe, O. M. 2016. Marshall stability and flow of lime-modified asphalt concrete. *Transportation Research Procedi*, 14, 685-693.  
doi: 10.1016/j.trpro.2016.05.333
- Rasouli, A., Kavussi A., Qazizadeh, M. J. and Taghikhani, A. H. 2018. Evaluating the effect of laboratory aging on fatigue behavior of asphalt mixtures containing hydrated lime. *Construction and Building Materials*, 164, 655-662.  
doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.01.003
- Şengül, C.E. 2006. Asfalt kaplamalarda tekerlek izinde oturma ve su hasarı problemlerinin azaltılması için sönmüş kireç kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 107, Trabzon.  
doi: 10.1016/j.proeng.2014.07.027
- Tunç, A. 2004. *Esnek kaplama malzemeleri el kitabı*, ASİL Yayın Dağıtım Limited Şirketi, 352, Ankara.
- Turan, M. A. 2012. SBS ve sönmüş kireç katkılı sıcak asfalt karışımlarda tekerlek izi direncinin ve Marshall oranı yaklaşımı ile değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 99, Gümüşhane.

Yalçın, E. 2014. Filler olarak kireç kullanımının modifiye bitümlerle hazırlanan karışımların performansına etkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 116, Elazığ.



## ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Eray Sözen  
Doğum Yeri : Havza  
Doğum Tarihi : 15.02.1995  
Yabancı Dili : İngilizce

### Eğitim Durumu

Lise : Samsun Anadolu Lisesi (2013)  
Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği (2017)  
Yüksek Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı (09.2017 - 07.2019)

### Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Kumsal Petrol - Özdemireller Adi Ortaklığı (06.2017 - 09.2017)