



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**ANKARA İLİNDE BİTÜMLÜ SICAK
KARIŞIM KAPLAMALI YOLLARDA
KULLANILAN AGREGALARIN
UYGUNLUKLARININ BELİRLENMESİ VE
ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME
YÖNTEMLERİ İLE SINIFLANDIRILMASI**

Hamza GÜNEŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ocak-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Hamza GÜNEŞ tarafından hazırlanan “**Ankara İlinde Bitümlü Sıcak Karışım Kaplamalı Yollarda Kullanılan Agregaların Uygunluklarının Belirlenmesi ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Sınıflandırılması**” adlı tez çalışması 14/01/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Dr.Öğr.Üyesi Ali Ekrem ARITAN

Danışman

Prof. Dr. Niyazi BİLİM

Üye

Doç. Dr. Bilgehan KEKEÇ

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Yakup KARA
LEE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.


Hamza GÜNEŞ

Tarih: 21.01.2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA İLİNDE BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM KAPLAMALI YOLLARDA KULLANILAN AGREGALARIN UYGUNLUKLARININ BELİRLENMESİ VE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE SINIFLANDIRILMASI

Hamza GÜNEŞ

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Niyazi BİLİM

2019, 124 Sayfa

**Jüri
Prof. Dr. Niyazi BİLİM
Doç. Dr. Bilgehan KEKEÇ
Dr.Öğr.Üyesi Ali Ekrem ARITAN**

Özellikle büyük şehirlerde, şehir içi yol yapım çalışmaları çok fazla gerçekleşmektedir. Yapımı gerçekleştirilen yollarda kullanılan agregaların kaliteleri arttıkça, yol kullanım süresi de artmaktadır. Bu nedenle yol yapımında kullanılan agregaların ve bitümlü sıcak karışımların (BSK) önemi çok büyüktür. Bu malzemelerin doğru seçimi direkt olarak yol kullanım ömrünü etkilemektedir. Bu nedenle agrega ve bitümlü sıcak karışımların gerekli standartlara uygunluğunun yanında, kalite sınıflamasının da yapılmasını gerekli kılmaktadır. Asfalt üretim ve yol yapım maliyetlerini azaltmanın en temel yollarından birisi de agrega temin edilecek ocakların doğru seçilmesiyle olmaktadır.

Bu tez çalışmasında, Ankara İlinde yol yapımı için gerekli olan agrega standartlarına en uygun taş ocağı bölgesinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bitümlü sıcak karışım üretimi için kullanılan agregaların temin edilebileceği taş ocakları uygunluk açısından sınıflandırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, Ankara şehir merkezinin yol yapım çalışmalarına agrega temin eden altı farklı kırmataş tesisinden agregalar alınmıştır ve agrega numuneleri üzerlerinde; su emme, birim ağırlık, Los Angeles, elek analizi ve donma-çözülme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, bitümlü sıcak karışımın özelliğini belirlemek için, sıcak karışım deneyleri olarak, Marshall stabilite ve akma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucunda elde edilen veriler yorumlanarak, standartlara göre en uygun agregalar belirlenmiş ve ocak sahasında üretilen agregaların fiziksel özellikleri belirlenerek, bitümle yoğrulduğunda oluşacak asfalt betonunun kullanılabilirliğinin tespitine yönelik analizler gerçekleştirilmiştir. Altı farklı ocaktan temin edilen numuneler arasında bir puanlama sistemi belirlenmiş yol agregaları arasında bir karşılaştırma sistemi oluşturulmuştur. Böylece, Ankara ili şehir merkezinin yol çalışmalarında kullanılan agregaların yol yapım kalitesi açısından bir sınıflandırılması yapılmıştır. Yapılan sınıflandırma neticesinde, yapılması planlanan yollarda aranılan özelliklere göre bir seçim kriteri kolaylıkla yapılabilecektir. Bu tez çalışması seçim kriteri yöntemi, bitümlü sıcak karışıma agrega seçimi konusunda farklı çalışmalarda ışık tutacaktır. Ayrıca en uygun agreganın belirlenmesi sayesinde, yeni yapılacak veya bakım onarımı yapılacak yolların uzun ömürlü olması, bakım onarım masraflarının azaltılmasını sağlanabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Agrega, Bitümlü sıcak karışım, Marshall deney yöntemi, Taş ocakları, Kırmataş

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINING CONVENIENCE OF AGGREGATES USED AT THE HOT BITUMINOUS MIXTURE COVERED ROADS IN ANKARA PROVINCE AND CLASSIFICATION OF VIA MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING METHOD

Hamza GÜNEŞ

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Mining Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Niyazi BİLİM

2019, 124 Pages

Jury

**Prof. Dr. Niyazi BİLİM
Doç. Dr. Bilgehan KEKEÇ
Dr.Öğr.Üyesi Ali Ekrem ARITAN**

Especially, in big cities, many road constructions occur, on these roads as the quality of aggregate increases, the tenancy (usage time) also increases. So, aggregates used in road construction and hot bituminous mixture are important. Furthermore, selection of these materials affects the tenancy of road directly. For this reason, alongside the compliance of standards of aggregate and hot bituminous mixture qualitative classification is necessary, as well. One of the basic ways of decreasing the costs of asphalt production and road construction is choosing the true mine from which aggregates to be taken.

In that thesis study, it is aimed to determine the most suitable stone pit area which is the most suitable for standards of road construction necessary of Ankara Province. It is aimed to classify the stone pits, from which aggregates used to produce hot bituminous mixture, according to compliance of standards. In accordance with this purpose, road aggregates have been provided from six different crushed-stone plants providing aggregate for road constructions of Ankara city centre. On these aggregate samples, experiments of specific weight, unit weight, sieve analysis, water-logging, Los Angeles and freezing-thawing have been carried out. Besides, in order to determine characteristic of hot bituminous mixture, Marshall stability and flow test have been carried out. In consequence of these experiments, data have been interpreted and the most suitable aggregates according to the standards have been determined. As a result of experiments, physical characteristics of aggregates produced in quarry area have been determined and some analysis for detection of availability of asphalt concrete when kneaded (mixed) with bitume have been carried out. A comparison system has been formed between road aggregates by producing a grading system between samples taken from six different quarry areas. By this way, aggregates used in road constructions of Ankara city centre have been classified. As a result of this classification, a choosing criteria will be easily done in planned road constructions according to intended properties. By using this choosing criteria in this thesis study, selection of aggregate for hot bituminous mixture will be used for many other different studies. Moreover, thanks to this determination of the most suitable aggregate, in planned road constructions or road repairs, works will be long-lasting and costs will be reduced.

Keywords: Aggregate, bituminous hot mixture, Marshall experiment method, quarry, crushed

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, gerek Lisans eğitimi gerekse lisansüstü eğitimimde samimiyetleri ve yol göstericiliklerinden dolayı başta danışman Hocam Prof. Dr. Niyazi BİLİM ve tüm Maden Mühendisliği Bölüm hocalarıma, uzun süren çalışmalarımda destek ve iyi niyetlerini esirgemeyen Ankara Büyükşehir Belediyesi Genel Sekreter Yardımcısı ve Fen İşleri Dairesi Başkanı Sayın Vedat ÜÇPİNAR'a, tüm tez boyunca her zaman teşvik ve desteklerinden dolayı Yol ve Asfalt Şube Müdürü Sayın Mustafa MUTLU'ya, taş ocakları şefliğinde birlikte mesai harcadığımız arkadaşlarıma ve çalışanlarımıza, bu günlere gelmemde en büyük pay sahibi olan annem Hatice Güneş, babam Hilmi GÜNEŞ'e ağabeylerim Süleyman, Murat ve Sedat Güneş'e maddi manevi desteklerinden dolayı, her an yanımda hissettiğim eşim Zeynep GÜNEŞ'e ve çocuklarım Yusuf Kenan ve Nilbeste GÜNEŞ' e sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Hamza GÜNEŞ
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	10
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	12
2.1. Agregalar	12
2.1.1. Agregaların tiplerine göre sınıflandırılması.....	12
2.1.2. Jeolojik özelliklerine göre sınıflandırılması	12
2.1.3. Boyutsal sınıflamalar	14
2.1.4. Gradasyon sınıflamalar	15
2.1.5. Biçimsel sınıflamalar	16
2.1.6. Yüzey yapısı sınıflamalar	17
2.1.7. Porozite sınıflamalar	17
2.1.8. Özgül ağırlık sınıflamalar	18
2.2. Bitümler	18
2.2.1 Bitümlü karışım türleri.....	18
2.2.1.1. Asfalt.....	18
2.2.1.2. Bitüm	19
2.2.2. BSK Üretimi	20
2.3. Yol Üst Yapısında BSK.....	22
2.4. Bitümlü Sıcak Karışımda (BSK) Kullanılan Malzemeler	25
3. MATERYAL VE YÖNTEM	32
3.1. Ankara İli Jeolojisi.....	32
3.2. Agregaların Temin Edildiği Taş Ocakları	32
3.2.1. Ayaş-Oltan kırmataş ocağı.....	33
3.2.2. Çayırhan kırmataş ocağı	36
3.2.3. Eski Kıbrıs kırmataş ocağı.....	38
3.2.4. Yakupabtal kırmataş ocağı.....	41
3.2.5. Haymana-Sarıdeğirmen kırmataş ocağı.....	43
3.2.6. Polatlı-Sümer kırmataş ocağı.....	46
4. ARAZİ VE LABORATUVAR ÇALIŞMALARI	49
4.1. Agrega Numune Alma Yöntemleri.....	49
4.1.1. Stoktan numune alma.....	50
4.1.2. Kamyondan numune alma	52
4.2. Bitümlü Kaplama Karışımlardan Numune Alma Yöntemleri	53

4.2.1. BSK Kamyondan numune alma	54
4.2.2. Sıkıştırılmamış kaplamadan numune alma	54
4.3. Numune Azaltma Yöntemleri	55
4.3.1. Konileme-dörtleme numune azaltma	56
4.3.2. Oluklu bölücü numune azaltma	57
4.4. Laboratuvar Çalışmaları	58
4.4.1. Agrega deneyleri.....	59
4.4.1.1. Aşınma kaybı (Los Angeles)	59
4.4.1.2. Hava tesirlerine karşı dayanıklılık	63
4.4.1.3 Su emme (Absorpsiyon) oranının tayini	67
4.4.1.4 Agrega ve bitüm arasındaki bağlanmanın tayini (Soyulma mukavemeti)	70
4.4.1.5. Metilen mavisi deneyi.....	73
4.4.2. Bitüm deneyleri.....	78
4.4.2.1. Marshall Stabilitesi deneyi.....	78
4.4.2.2. Ekstraksiyon (çekme, özütleme) deneyi	84
5. DENEY SONUÇLARININ TOPSİS YÖNTEMİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ	94
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	103
6.1. Sonuçlar	103
6.2. Öneriler	106
KAYNAKLAR	107
EK 1.....	111
ÖZGEÇMİŞ.....	124

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Cm	:	Santimetre
Dm	:	Desimetre
Kg	:	Kilogram
G	:	Gram
L	:	Litre
M	:	Metre
ml	:	Mililitre
mm	:	Milimetre
mPA	:	Mega Pascal
Ms	:	Mili saniye
N	:	Newton
kPA	:	Kilo Pascal
°C	:	Santigrad
δ	:	Birim yoğunluk

Kısaltmalar

AC	:	Asfalt betonu
AHP	:	Analitik Hiyerarşi Prosesi
BSK	:	Bitümlü sıcak karışım
EN	:	Avrupa normu
HRA	:	Hot rolled asphalt
KTŞ	:	Kara yolları teknik şartnamesi
LA	:	Los Angeles katsayısı
PÇ	:	Portlan Çimentosu
TOPSIS	:	Technique for Order Preference by Similarity to ideal Solution
TS	:	Türk standartları

1. GİRİŞ

Yüzyıllar boyunca medeniyetin göstergesi olarak kabul edilmiş yollara ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Günümüzde tek başına yol yapmak yeterli olmayıp, yapılan yollarda konfor, emniyet, sürüş kolaylığı olması istenmekle birlikte, ayrıca yolların dayanıklı ve uzun ömürlü olması beklenmektedir. Yol yapımında kullanılan bitümlü sıcak karışım (BSK)'nın %95'ini oluşturan agreganın özellikleri karışım performansını büyük ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle BSK'da kullanılacak agregaların gerekli özellikleri sağlayıp sağlamadığının tespitinin yapılması büyük önem arz etmektedir.

Agrega yol üst yapılarının başlıca hammaddesidir. Bağlayıcısız temel ve alt temel tabakalarının tamamı, bitümlü sıcak karışımların ağırlıkça % 90-95'i ve hacimce % 80-85'i agregalardan oluşur. Sert, dayanıklı ve yoğun oldukları için volkanik kayalar mükemmel bir agregaya kaynağı olarak bilinmektedir. Bununla birlikte bazı volkanik kayaç türleri çok gevrek, bazıları ise oldukça gözenekli bir yapıya sahiptir. Yapılan projelerde uygun agregaya seçimi son derece önemlidir zira, beton ve asfalt kaplamalardaki bozulmaların birincil veya ikincil nedeni uygun olmayan agregaya kullanımı veya kullanılan agregaların istenmeyen maddeler içermesidir Akbulut ve ark (2009).

Ülkemizde ulaşım talebine paralel olarak hızla artan taşıt trafiği ve olumsuz çevre koşulları yollar üzerinde meydana gelen bozulmaların artmasını hızlandırmaktadır. Ulaşım talebinin artması bir yandan yeni yolların yapılması gereksinimini diğer yandan da mevcut yolların bakım ve onarım giderlerini artırmaktadır. Yeni ulaşım ağlarının yapılması ve bozulan bu yolların tamiri, kullanılacak asfalta olan ihtiyacın artmasına sebep olmaktadır. Üretilen asfalttaki agreganın özelliklerinin iyi bilinmesi çok önem arz eden bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Asfalt içerisinde kullanılacak agregaya gerekli şartları sağlamadığı takdirde, yol ömrü azalmaktadır. Dolayısıyla yolda kullanılan asfaltın kazılarak, yolun yeniden asfaltlanmasına yol açmaktadır. Bu durum, BSK içerisinde kullanılan bitüm ve agregaların yüksek maliyetler oluşturmasının yanında, yollarda yapılacak bakım onarım çalışmalarından dolayı oluşacak iş gücü, zaman kaybı ve sık sık yol emniyetinin alınmasından kaynaklı trafik yoğunluklarının oluşması gibi ek sorunlara neden olmaktadır.

Asfalt üretim ve yol yapım maliyetlerini azaltmanın en temel yollarından birisi de agrega temin edilecek ocakların doğru seçilmesiyle olacaktır. Doğru ocak seçimi, doğru agrega üretimini; doğru agrega üretimi ise konforlu ve uzun ömürlü yolların yapılmasını sağlayacaktır. Dolayısıyla daha az emek, zaman ve maliyet harcanması için doğru bir seçim kriterinin kullanılması çok önemli bir konudur.

Türkiye genelindeki agrega işletmelerinde başlıca üç tip kayacın üretimi yapılmaktadır. Bunlar sedimanter kökenli karbonat kayalar (kireçtaşı, dolomit ve kalsit), detritik kayalar (kumtaşı v.b.) ve volkanik kökenli (bazalt ve andezit) kayalardır. Bu kayaların ülkemizdeki üretim dağılımı; % 96 karbonat kökenli kayalar, % 3 volkanik kökenli kayalar, % 1 detritik kayalar şeklindedir. Kıрма-taş üretimi yüksek ağırlıklı olarak karbonat kökenli kayalardan yapılmaktadır Öztürk ve ark (2007).

Bu tez çalışmasının mevkii Ankara İli ve Ankara mücavir alan sınırları içerisinde bulunan taş ocaklarını kapsamaktadır. Tez çalışması kapsamında ilk olarak, Ankara şehir merkezinin yol yapım çalışmalarında kullanılan agregaların üretildiği kırmataş ocakları belirlenmiştir. Kırmataş ocaklarının il içindeki dağılımın durumunu analiz etmek amacıyla çalışma sahası üç farklı bölgeye ayrılmıştır. Belirlenen taş ocaklarının her birinden üretilen agrega stoklarının farklı yüzey ve derinliklerinden eşit gradasyonlarda ocak genelini yansıtabilecek şekilde numune alınmıştır. Ocak sahalarından alınan numuneler Ankara Büyükşehir Belediyesinin Güvercinlik şantiyesinde bulunan laboratuvara ulaştırılarak, laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiş olup ayrıca bu ocaktaki agregaların kullanıldığı plentlerden Karayolları Teknik Şartnamesi'nin (KTŞ) standartlarına uygun AC 50/70 bitüm kullanılarak oluşturulmuş bitümlü temel ve binder tabakalarını temsil eden numuneler alınıp laboratuvar da bitüm deneyleri yapılmıştır.

Agregalara ve BSK uygulanan deneylerden sonra elde edilen sonuçlar, KTŞ belirlenen maksimum ve minimum limitlerin baz alınarak oluşturulan standart optimum sonuçlarla karşılaştırılmıştır. KTŞ optimum sonuçları 1 sayısı kabul edilip 6 farklı ocağın deney sonuçları KTŞ değerleriyle karşılaştırılarak her bir deney için ağırlık puanlaması yapılmıştır. Ağırlık puanları çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve TOPSİS yöntemi kullanarak ocaklar puanlandırılıp sınıflandırılmıştır. Sonuçta en yüksek puana sahip agrega ve agreganın temsil ettiği bölge asfalt yapımı için en uygun bölge kabul edilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Agregalar

Agrega yol yapımında kullanılan ana malzemedir. Üstyapının ağırlıkça ve hacimce önemli bir kısmını oluşturan agregaya, yola etkiyen yüklerin oluşturduğu gerilmelerin karşılanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu bakımdan agregaların özellikleri, yol mühendisleri için çok önemli olup, değişik agregaya tiplerinin karakteristiklerinin bilinmesi, yolların projelendirilmesi için gereklidir İsfalt (2001).

2.1.1. Agregaların tiplerine göre sınıflandırılması

Yol agregaları çeşitlerine göre doğal ve yapay agregalar olarak iki gruba ayrılmaktadır. Doğal agregalar, doğal olarak oluşmuş kayalardan fiziksel yolla doğrudan doğruya elde edilirler. Doğal agreganın hammaddesi kayalardır. Değişik tip ve özelliklere sahip kayalardan agregaya olarak yararlanılmaktadır. Kayalar farklı minerallerden oluşmaktadır. Mineral ise, doğada inorganik ve katı şekilde oluşan, belirli bir kristal yapıya sahip element ve bileşik olarak adlandırılır. Mineraller kayaların yapı taşıdır ve kayanın özellikleri üzerinde belirleyicidir. Bir kayanın tanınabilmesi için içindeki minerallerin ve bu minerallerin diziliş şeklinin (doku) bilinmesi gerekir. Kayaların özellikleri, mineraller, mineraller arasındaki bağlantı cinsi, doku, dolgu, kristal yapısı, dayanım, kimyasal içerik gibi kayanın birçok özelliğine bağlıdır.

Yapay agregaların bir diğer adı da sanayi ürünü agregalarıdır. İkinci bir işlem sonucu beton yapımında kullanılır hale getirilebilir. Bunlar yüksek fırın cürufu, uçucu kül veya yüksek fırın cüruf kumu sanayi ürünü olan kırılmış veya kırılmamış yoğun yapıli agregalardır. Yapısal, fiziksel ve şekilsel değişiklikler gösterir. Özel amaçlar için ihtiyaç duyulduklarından, kullanılma yerleri sınırlıdır Uzun ve Perçin (1999).

2.1.2. Jeolojik özelliklerine göre sınıflandırılması

Agregalar jeolojik orijinlerine magmatik, tortul (sedimanter) ve metamorfik olarak üçe ayrılır. Magmatik kayalar, yeryüzünün derinliklerinden yüzeye fıskırmış olan

magmanın soğuyup kristalleşmesi sonucu oluşur. Bünyesinde, silikatlar, oksitler, sülfürler, uçucu elemanlar vb. vardır.

Tortul kayalar, değişik kayaların parçalanması, aşınması ve dağılan parçaların katı ya da eriyik halde rüzgâr ve su gibi etkilerle deniz ya da göl gibi sedimantasyon havzalarında tortullaşması ve daha sonra bunların katılaşmasıyla oluşan taşlardır. Oluşum tarzlarına göre, klasik tortul kayalar, kimyasal tortul kayalar ve organik tortul kayalar olarak üçe ayrılırlar. Metamorfik kayalar, magmatik ya da tortul kayaların yüksek ısı, yüksek basınç, su buharı ve türlü bileşimdeki gazların etkisi ya da mekanik olarak yer değiştirmesi değişik bir yapı-doku ve mineralojik bileşim kazanma sonucu oluşur.

Magmatik kayalar, yüksek sıcaklığa sahip, basınç altında çözelti halinde bulunan magma adı verilen doğal eriyiklerin soğuyarak katılaşması yoluyla meydana gelir. Magma yer kabuğu içinde farklı derinliklerde yerleşir. Magmanın derinlerde yerleşip yavaş soğuması plütonik (derinlik), yüzeye ulaşıp hızla soğuması volkanik (yüzey) bu iki ortam arasında yerleşip katılaşması isedamar (yarı derinlik) kayaları oluşturur. Magmatik kayaların doğal tarihçeleri, bileşimleri ve kökenleri magmatik petroloji-petrografi bilim dalı tarafından incelenir.

Metamorfik kayalar, püskürük ve tortul kayaların yüksek sıcaklık ve basınç altında değişikliğe uğramasıyla (metamorfizmaya uğraması) meydana gelen kayalardır.

Yol yapımında kullanılan doğal kayayla ilgili olarak yukarıda verilen bilgilerde de görüleceği gibi petrografik yapılara bağlı olarak birçok kaya ismi geçmektedir. Yol mühendisleri için bu adların bilinmesi zorunluluğu yoktur. Çünkü birçoğu agrega olarak bir başkasından ayrı özellik göstermemektedir. Kaya bilimcilerde bulunan ve değişik adlar verilen yüzlerce kaya türü, yol yapımında benzer özelliklere göre (bileşim, tane büyüklükleri, doku) 10 gruba ayrılmaktadır. Bu sınıflandırmadaki 10 gruptan her birine ait başlıca özellikler Çizelge 2.3.'de verilmiştir İsfalt (2001).

Çizelge 2.1.Yol agrega grupları İsfalt (2001)

BAZALT GRUBU			KUMTAŞI GRUBU		
Andezit	Mag	Nöt F	Aglomera	To	
Bazalt	Mag	Baz F	Arkoz	To	Si
Bazalt Porfirit	Mag	Nöt M	Bres	To	
Diyabaz	Mag	Baz M	Konglomera	To	
Dolerit	Mag	Baz M	Grovak	To	Si
Epidiyorit	To	B	İnce Çakıl	To	Si
Hornblendsist	To	B	Kumtaşı	To	Si
Lamprofir	Mag	Baz	Tüf	To	
Kuvars-dolerit	Mag	Baz	HORNFELS GRUBU		
			Mermer hariç bütün basınç sonucu	Met	Ter
Silipit	Mag	Baz	değişmiş kayalar		
Teserit	Mag	Baz	KİREÇTAŞI GRUBU		
Teralit	Mag	Baz	Dolomit	To	Kal
ÇAKMAKTAŞI GRUBU			Kireçtaşı	To	Kal
Şilistaşı	To	Si	Mermer	Met	Ter
Çakmaktaşı	To	Si	PORFİR GRUBU		
GABRO GRUBU			Aplit	Mag	
Diyorit	Mag	Or C	Dasit	Mag	As F
Grayn	Met	B	Felsit	Mag	As M
Gabro	Mag	Baz	Granofir	Mag	As M
Norit	Mag	Baz C	Keratofir	Mag	Or F
Peridorit	Mag	U	Mikrogranit	Mag	As M
Pikrit	Mag	U	Porfir	Mag	Or M
Serpantin			Kuvars-porfirit	Mag	Or M
GRANİT GRUBU			Riyolit	Mag	As F
Gnays	Met		Trakit	Mag	Or F
Granit	Mag	As C	KUARSİT GRUBU		
Granodiyorit	Mag	As C	Garisten		
Granülir	Met	B	Kuvarsit kumtaşı	To	Si
Pegmatit			Yeniden kristallenmiş kuvarsit	Met	Ter
Kuvars-diyorit	Mag	Or C	ŞİST GRUBU		
Siyerit	Mag	Or C	Filit	Met	B
			Şist	Met	B
			Kaynak ardovaz	Met	B
Mag = Magmatik		Baz=Bazik	M=orta dokulu		
To=Tortul		U=Ultamafik	F=ince dokulu		
Met=Metamorfik		Kal=Kalkerli	Ter=Termik		
As= Asit		Si=Silisli	B=Bölgesel		
Or=Orta		C=iri dokulu			

2.1.3. Boyutsal sınıflamalar

Agregalar boyutsal özellikler açısından üç çeşitte sınıflandırılır.

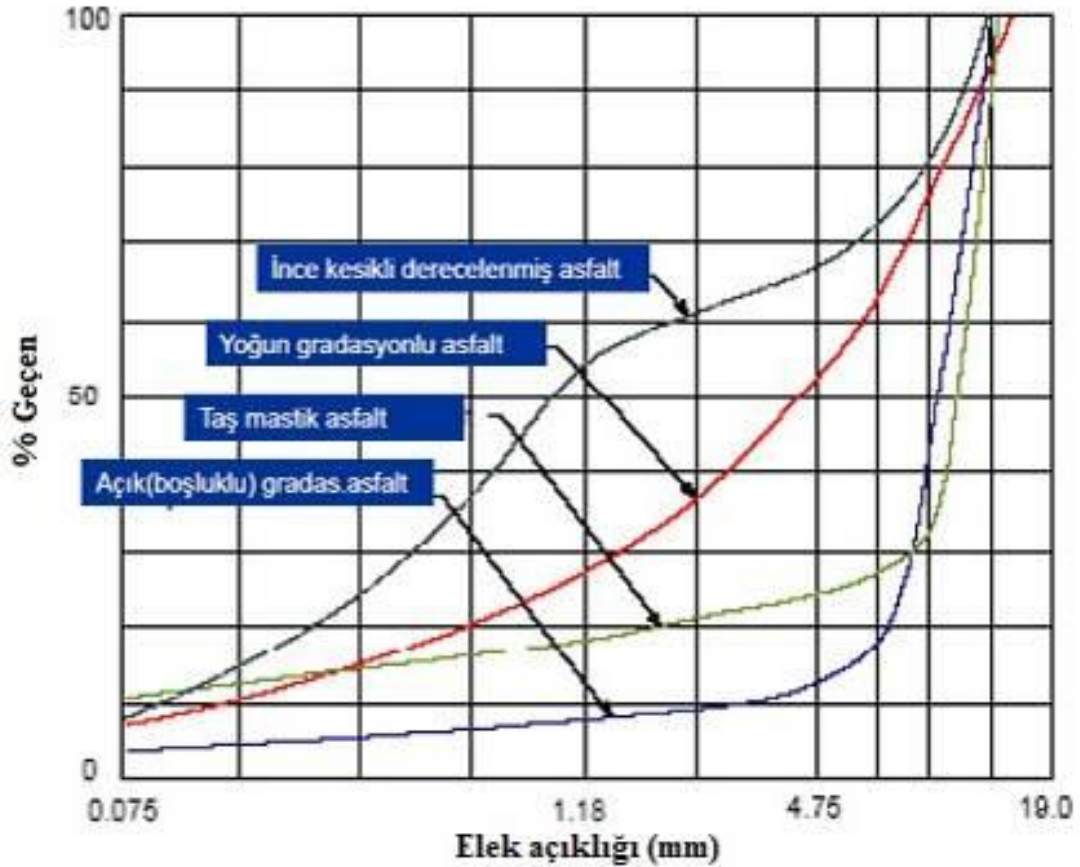
Kaba agrega: Agrega karışımlarının No.4 (4.75 mm.) elek üzerinde kalan kısmına denir.

İnce agrega: Agrega karışımlarının No.4-No.200 (4.75-0.075mm) elekler arasında kalan kısmına denir.

Mineral filler: En az %65'i, No.200 (0,075 mm) eleği geçen agregaya mineral filler denir KTŞ (2013).

2.1.4. Gradasyon sınıflamalar

Farklı boyutlardaki agrega tanelerinin oluşturduğu gradasyon bitümlü sıcak karışımların performansını etkilemektedir. Bitümlü sıcak karışımların gradasyonları Şekil 2.2’de görüldüğü gibi farklı olabilmektedir. Yoğunlaşmış gradasyonlu bitümlü sıcak karışımlarda mineral agregalar arasında yeterli boşluğa sahip uygun gradasyon, yapım aşamasındaki ayrışmalara karşı direnci ve ince bitümlü sıcak karışımlarda trafik altında oluşacak yorulma çatlaklarına karşı direnci artırmıştır. Açık gradasyonlu karışımlarda kaba agregada, agregaların kendi aralarında temasını sağlayan gradasyon temin edilmeye çalışılmaktadır. Maksimum agrega boyutu gradasyonda önemli bir parametredir. Maksimum tane boyutu büyük olan karışımların kalıcı deformasyonlara karşı direnci küçük olanlara göre daha fazladır Kandhal ve Parker (1998)

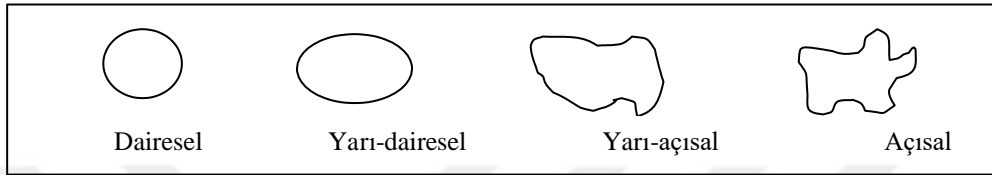


Şekil 2.2. Agrega gradasyonu dağılımı

2.1.5. Biçimsel sınıflamalar

Agrega taneleri şekillerine göre 2 ve 3 boyutlu olarak sınıflandırılmaktadır. Yol üstyapılarında kullanılan agregalar karışımların birçok özelliklerine etki etmektedir. Agregada daneleri 2 boyutlu olarak yarı açısallı (yarı köşeli), açısallı (köşeli), yarı-dairesel ve dairesel olarak sınıflandırılmaktadır Tunç (2007).

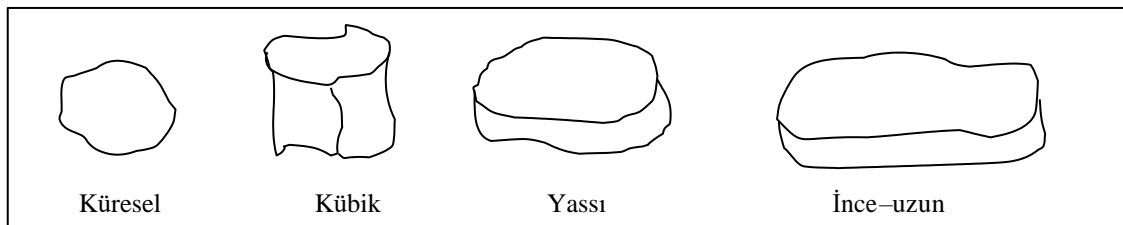
Agregaların 2 boyutlu tane biçim sınıflandırması Şekil 2.3’de karşılaştırılmıştır.



Şekil 2.3. Agregaların 2 boyutlu tane biçim sınıflandırması

Dairesel biçimli agregalar işlenebilirlik özelliği, köşeli agregalara göre daha yüksektir. Köşeli agregalar baskılara gösterilen direnç bakımından dairesel biçimli agregalara kıyasla daha iyidir. Bu bakımından yuvarlak biçimli olanlar işlenebilirliğinin yüksek olması ve kolay sıkışabilmesi nedeniyle beton yapımında, köşeli olanlar ise sıkıştırdıktan sonra yüksek stabilite özelliği gösterdiğinden yol yapım ve BSK malzemesi olarak tercih edilmektedir.

Agregalar yassı, küresel, kübik, ince-uzun olarak 3 boyutlu biçim sınıflandırması bakımından adlandırılır. Yassı ve ince-uzun özellikli agregalar işlenebilirlik ve stabilite özelliğini azalttığından beton ve yol yapım malzemesi olarak kullanılmamaktadır Tunç (2007). Şekil 3.27’de agregaların üç boyutlu dane biçim sınıflandırması yapılmıştır.



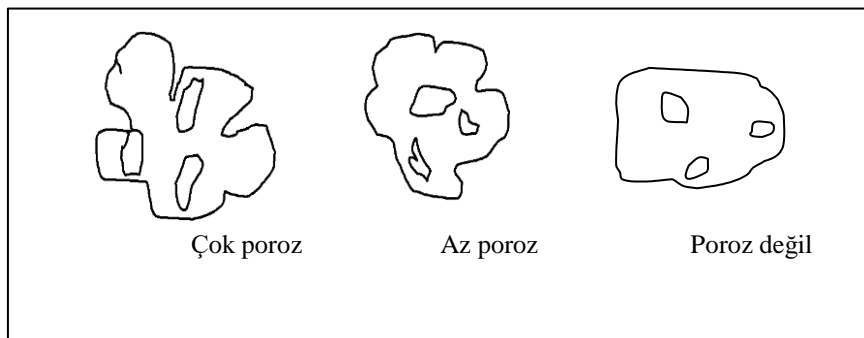
Şekil 2.4. Agregaların 3 boyutlu dane biçim sınıflandırması

2.1.6. Yüzey yapısı sınıflamalar

Agrega taneleri yüzey yapılarına göre pürüzlülük ve cilalık olarak sınıflandırılmaktadır. Yüzey pürüzlülüğü fazla olan agregalar ile üretilen karışımların içsel sürtünme açısı daha yüksek olur, rijitliği artar, sıkışabilirliği ve işlenebilirliği azalır. Ancak tane dağılım eğrilerinin yasak bölgenin üst kısmında kalan gradasyonlar için 4,75 mm üzeri agreganın kırmataş veya dere agregası olması işlenebilirliği etkilememiştir Gudimettla ve ark (2003).

2.1.7. Porozite sınıflamalar

Porozite, agrega danelerinin sahip olduğu toplam boşlukların hacminin, agregadanesi hacmine oranı olup, absorpsiyon oranına etki etmektedir. Agregatanelerinin su emmeye sahip boşlukların miktarının sıcak asfalt karışımlarda % 0,5-1,5 arasında olması istenmektedir. Agregataneleri gerekli standartlarda poroziteye sahip ise bitüm emilmesini sağlayacağından agregata ile bağlayıcı arasında adezyonun ve suyun etkisiyle oluşacak soyulmaya karşı direncin artmasına yol açar. Aşırı poroz yapıya sahip agregalarda ise özgül ağırlıklarının az olması ve boşlukların fazla olması nedeniyle daha fazla bitüm kullanılması gerekmekte bu durum sıcak havalarda terleme ve kusma problemlerini meydana getirmektedir Karakaş (2014). Agregaların porozluklarına göre sınıflandırması Şekil 2.5'deki biçimdedir.



Şekil 2.5. Poroz sınıflandırması Karakaş (2014)

2.1.8.Özgül ağırlık sınıflamalar

Agregalar özgül ağırlık olarak doymun yüzey özgül ağırlık (yaş hacim), hacim özgül ağırlık ve zahiri (görünür) özgül ağırlık olmak üzere 3 farklı özgül ağırlığa sahiptir. Agregaların özgül ağırlığı laboratuvar deneylerinden tespit edilerek karışım hesaplamaları yapılırken bu değışkenlerden yararlanır

2.2. Bitümler

Bitüm, temel olarak hidrokarbonlar ve türevlerini içeren, trikloretilen içerisinde çözülebilen, uçucu olmayan ve ısıtıldığında gittikçe yumuşayan, viskoz bir sıvı veya katı bir madde olarak tanımlanmaktadır. Bitüm, petrolün rafınaj işlemi sırasında elde edilebildiği gibi doğal bir birikinti olarak veya içerisinde mineral maddelerle birlikte doğal bir şekilde ortaya çıkmış asfaltın bir bileşigi olarak da bulunabilmektedir Kuloğlu (2001).

2.2.1 Bitümlü karışım türleri

2.2.1.1. Asfalt

Asfaltlar ya da sıcak asfaltlar, 230 °C'ye ulaşan sıcaklıklarda asfalt plentlerinde hazırlanan, mineral agrega, filler ve bitümden oluşan karışımlardır. Gerilmeler sonucu oluşan deformasyonlara karşı direnç göstermek için, karışım yüksek rijitliğe sahip olması gerekir. Bu ise, oldukça sert bir bitüm ile yüksek filler kullanmak yoluyla sağlanır. Asfaltlar geçirimsiz özellikte ve çok dayanıklıdır. İki tip asfalt kullanılmaktadır. Bunlar sıcak silindirenmiş asfalt yani HRA (hot rolled asphalt) ve mastik asfalttır.

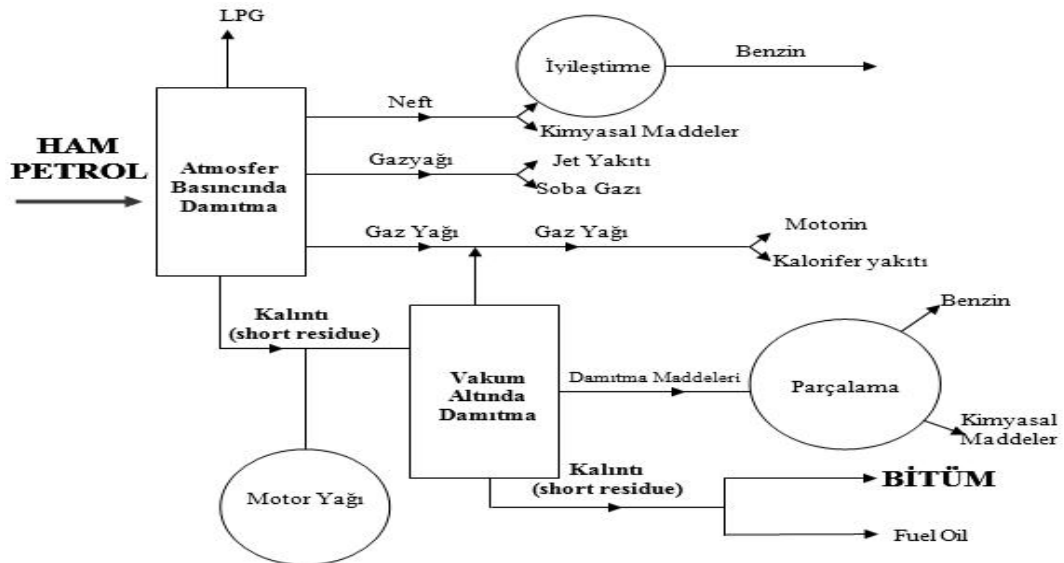
Sıcak silindirenmiş asfalt, en önemli özelliği kesintili gradasyona sahip olması, yani çok az miktarda orta-boyutlu (2,36 mm ile 10 mm arası) agrega içermesi fakat bunlar yanında ince agrega, filler ve iri agregadan (genellikle nominal 14 mm) oluşmaktadır. İri agreganın ilave edilmesi karışımın rijitliğini artırmasına rağmen, bu kısmın asıl görevi bitümlü harcı yaymak ve dolayısıyla malzemeyi daha ekonomik bir duruma getirmektir Whiteoak ve ark (2004).

Poroz Asfalt kaplamalar, sahip oldukları yüksek boşluk oranı ile yol yüzeyine gelen suyu asfalt kaplama içerisine alır, yol yüzeyine verilen enine/boyuna eğimler ile suyun kaplama yüzeyinden uzaklaştırılmasını sağlar. Bununla birlikte, sahip olduğu yüksek boşluk oranı ile tekerlek ve yol yüzeyi arasında oluşan sürtünme kaynaklı gürültünün büyük kısmının yol yüzeyi tarafından emilmesini sağlayarak, gürültü probleminin azaltılmasına da yardımcı olur. Poroz asfalt kaplamalar, sahip olduğu gradasyon sayesinde kaymaya karşı direnci artırır Onur ve ÖZTÜRK (2013).

Doğal bitümün en geniş çapta kullanılan ve en çok bilinen türü göl asfaltıdır. Yer kabuğunun alçalması deniz suyunun akımına sebep olarak bitüm üzerine kil ve silt birikmiştir. Jeolojik kuvvetlerin etkisi ile yeryüzünün altındaki rezervuar alanlarında bulunan petrol bileşenleri yeryüzüne çıkıp birikerek bitümle kaplı göller oluşturmuş ve yüzeye temas ile birlikte soğumuş ve sertleşmiştir Sağlık (2009).

2.2.1.2. Bitüm

Ham petrolün damıtılmasından elde edilen bitüm, ham petrolün genellikle ve bitkisel kalıntılarının, okyanus tabanında olan çamur ve kaya parçalarının karışımından kaynaklandığı varsayılmaktadır. Ham petrol, molekül yoğunlukları değişkenlik gösteren dolayısıyla kaynama noktalarında değişebilen, farklı türdeki hidrokarbonların kompleks karışımlarıdır. Kullanım öncesinde ham petrolün ayrıştırılması, arındırılması, karıştırılması fiziksel ve kimyasal değişikliklere uğratılması gerekir. Bitüm bu damıtma işlemlerini sonucu oluşmuş ürünlerden biri olup, Şekil 2.6.'de bitüm üretim aşaması şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Bitüm üretiminin şematik gösterimi Whiteoak ve ark (2004)

2.2.2. BSK Üretimi

Bitümlü karışımların üretimi, belirli oranlarda agrega ile bitümün belirlenmiş bir bileşim ve sıcaklıkta homojen bir malzeme üretmek üzere karıştırılmasından ibarettir. Karıştırma işleminden önce agrega istenilen dane çapı (gradasyon) sağlanacak şekilde harmanlanmalı ve sonra kurumasını ve bitümle kaplamasını sağlayacak uygun bir sıcaklığa ısıtılması gerekmektedir. Karışım oranlarının saptanmasından sonra BSK asfalt plantlerinde üretilirler İsfalt (2001).

2.2.2.1. Asfalt Plantleri

Genel olarak plantler iki kısımdan oluşur. Bunlardan birincisi gerçek karıştırma ünitesi (karışım işleminin yapıldığı kısım) ve diğeri ise karıştırma işine yardımcı olan kısımdır.

Günümüzde harman tipi ve sürekli tip olmak üzere iki tip asfalt planti bulunmaktadır. Bunlardan en hassas ve en iyi sonuç harman tipi plantlerden sağlanır. Bu nedenle, yüksek standartlı yollarda ve otoyollarda harman tipi karışım yapan plantler kullanılmaktadır. Sürekli tip karışım plantleri açık gradasyonlu karışımlar veya düşük standartlı yollarda kullanılır. Ayrıca sürekli tip plantler önceki yıllarda çoğunlukla geri kazanım (recycling) işlerinde kullanılmakta iken, günümüzde büyük projelerde geri dönüşümde yine harman tipi plantler tercih edilmektedir.

2.2.2.2. Sürekli Tip Asfalt Planti

Bu tip plantlerde çok yüksek kalitede BSK elde edilemezken, yüksek kapasite elde edilir. Üzerlerinde elek sistemi yoktur. Bu nedenle agrega hazırlanırken kullanılan kırma- eleme guruplarındaki elek sisteminin hassas olması gerekir. Kurutucudan malzeme geçerken kurutucunun son kısmına yakın yerde bitüm ve diğerkatkılar ilave edilir. Sürekli tip asfalt plantinde mikser yoktur, bu nedenle harman tip plantlerdeki gibi bekleme süreleri burada olmaz. Sürekli tip asfalt planti kendi arasında mobil ve sabit olmak üzere iki çeşittir. Şekil 2.7’de mobil plantin bir görüntüsü gösterilmiştir Turhan (2013).



Şekil 2.7. Sürekli tip asfalt plenti



Şekil 2.8. Sürekli tip mobil plent

2.2.2.3. Harman (Batch) Tipi Asfalt Plenti

Harman plantleri, mikserinin kapasitesi kadar karışım malzemesini üzerine alıp bunu belli süre karıştırarak boşaltan ve sonraki karışıma hazırlık yapan ünitelerdir. Bu tip plantlerde dizaynda yüksek başarı elde edilirken, mikser kapasitelerinin sınırlı olması nedeniyle üretimde düşük kapasite elde edilir. Üzerlerinde elek sistemi bulunması, istenilen karışım oranlarının mükemmel olmasını sağlar. Şekil 2.11’de bir harman tipi asfalt plenti şematik olarak verilmiştir Turhan (2013)

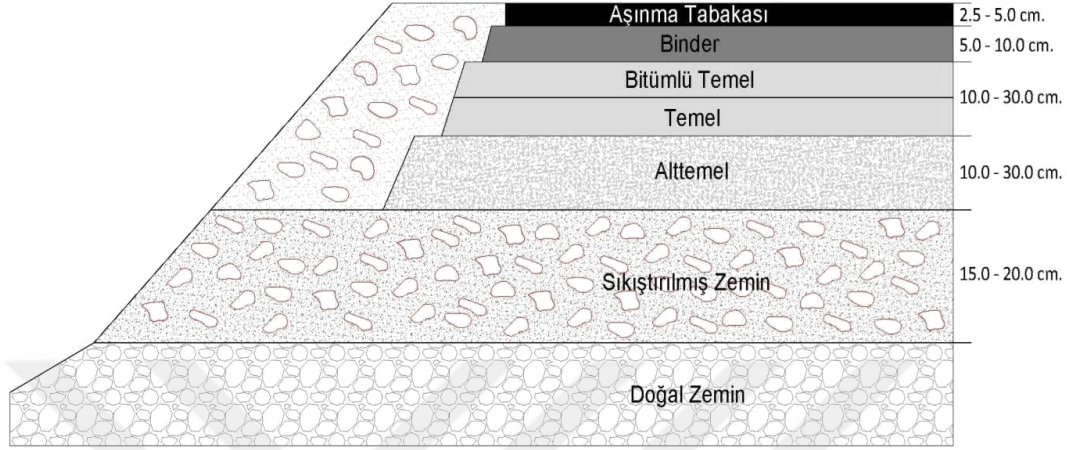


Şekil 2.9. Harman(Batch) tipi asfalt plenti

2.3. Yol Üst Yapısında BSK

Bitüm karışımlarının yol çalışmasındaki uygulaması olarak isimlendirilen Yol üstyapıları taban zemini üzerine serilmiş granüler alt temel ve temel tabakaları üzerine

bitümlü kaplamaların serilmesi şeklinde inşa edilir. Tipik yol üstyapısı en kesiti Şekil 2.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.10. Tipik üstyapısının en kesiti

2.3.1. Alt temel ve temel tabakası

Doğal zeminden meydana getirilen altyapı üzerine serilen ve genelde kırmataş, kum, çakıl, kil gibi malzemelerden oluşturulan tabakaya alt temel tabakası adı verilir. Sıkışabilme özelliği olan malzemelerden oluşmasına dikkat edilir. En büyük tane ebadı ise 2-3 inç arasında olmalıdır. Kalınlığı, 10-30 cm olmakla birlikte yolun tipine ve önemine göre değişir. Fazla kalın olması halinde tabakalı olarak sıkıştırılır Şiş (2000).

Temel tabakası, üstyapının ana yapısal elemanlarından biri olup, alt temel ve tabana gelen basınç gerilmelerinin kabul edilebilir düzeye düşmesi ve belirli bir esneklik sağlayarak kaplamanın kırılmasını önlemek gibi işlevleri vardır. Temel tabakası, kaplama tabakasından gelen yükleri ve meydana gelebilecek ilave gerilmeleri karşılamaktadır. Bu özelliğinden dolayı yol üstyapısına gelen yüklerin dağılımında önemli rol oynar. Bu bakımdan temel tabakası belirli özellikleri sağlayan iyi kaliteli malzemeden teşkil edilmelidir. Temel tabakası olarak, kırmataş, plentmiks kırmataş, penetrasyon makadam, asfaltlı makadam, sıcak karışım bitümlü temel veya çimentolu bitümlü temel tiplerinden biri kullanılabilir Özgan ve ark (2011).

2.3.2. Bitümlü temel tabakası

Kırılan ve elenen ince agregası, kaba agregası ve mineral fillerin belirli boyut dağılımı limitleri arasında, işletme karışım reçetesi esaslarına uygun bitümlü bağlayıcıyla plentte karıştırılıp bir ya da birden çok tabaka halinde sıcak şekilde serilip, sıkıştırılmasıyla oluşan temel tabakasıdır KTŞ (2013). Boyut dağılımı limitleri Çizelge 1.1.'de gösterilmiştir. Bitümlü temel tabaka kalınlığı trafik yüklerine göre belirlenir.

Çizelge 2.1. Bitümlü temel boyut dağılımı limitleri KTŞ (2013)

Elek Aralığı		Elekten Geçen Malzeme (%)	
(inç)	(mm)	Tip(B)	Tip(A)
1.5	37,50	100	100
1	25	80-100	72- 100
3/4	19	70-90	60- 90
1/2	12,5	61- 81	50- 78
3/8	9,5	55- 75	43- 70
No(4)	4,75	42- 62	30- 55
No(10)	2	30-47	18- 42
No(40)	0,425	15-26	6-21
No(80)	0,180	7-17	2 - 13
No(200)	0,075	1- 8	0- 7

2.3.3. Kaplama tabakası

Kaplama tabakası, üstyapının trafik yüklerine doğrudan maruz kalan en üst tabakasıdır. Trafik yükleri nedeniyle oluşan basınç ve çekme gerilmelerinin en yüksek seviyede olması nedeniyle kaplama tabakası, üstyapının diğer tabakalarına göre daha yüksek elastisite modülüne sahip olmalıdır. Kaplama tabakasının; trafiğin aşındırma etkisine karşı koymak, temel tabakasına iletilen basınç ve kayma gerilmelerini azaltmak, yüzey sularının temel tabakasına geçmesini önlemek, düzgün ve emniyetli bir sürüş sağlamak, yolu kalıcı deformasyonlara karşı korumak gibi işlevleri vardır. Bu işlevleri yerine getiren en iyi kaplama cinsi asfalt betonu kaplamalarıdır. Bu tür kaplamalar, üstte aşınma ve altta binder olmak üzere iki tabaka halinde inşa edilirler. Bu tabakalarda kullanılan sıcak karışımlar asfalt betonu olarak ifade edilmektedir. Asfalt betonu, katı (agrega, filler), sıvı (asfalt) ve gaz (boşluklu) olmak üzere üç fazlı bir sistem olarak düşünülebilir. Katı faz sisteme elastiklik verir ve kayma gerilmelerine mukavemet sağlar. Sıvı faz sistemi visko-elastik yapan fazdır ve kohezyonu temin eder. Gaz fazı

ise, sisteme bağlayıcı malzeme olarak portlant çimentosu (PÇ), esnek yol kaplamalarında ise asfalt çimentosu (AC) kullanılmaktadır Özgan ve ark (2011).

Binder ve aşınma tabakaları için gradasyon limitleri Çizelge 2.2. ve Çizelge 2.3.'de sunulmuştur.

Çizelge 2.2. Binder tabakası gradasyon limitleri KTŞ (2013)

Elek Boyutları		Binder Tabakası
(inc)	(mm)	
1	25	100
3/4	19	80-100
1/2	12,7	58- 80
3/8	9,52	48- 70
No(4)	4,75	30- 52
No(10)	2	20- 40
No(40)	0,425	8-22
No(80)	0,177	5-14
No(200)	0,075	2-7

Çizelge 2.3. Aşınma boyut dağılımı limitleri KTŞ (2013)

Elek Aralığı		Geçen Malzeme (%)		
(mm)	(inç)	Tip (I)	Tip (II)	Tip (III) Çok ince aşınma
19	3/4	100		
12,5	1/2	88-100	100	100
9,5	3/8	70- 90	80-100	90-100
6	1/4	–	–	25-34
4,75	No(4)	40 - 55	55 -72	23-31
2	No(10)	25 - 35	36 -53	20-27
0,425	No(40)	10 - 20	16-28	12-18
0,180	No(80)	7-14	8-16	
0,075	No(200)	3-8	4-8	7-11

2.4.Bitümlü Sıcak Karışımda (BSK) Kullanılan Malzemeler

BSK bitüm ve agrega olarak iki ana bileşimden oluşan ve bitümün sıvı hali agreganın katı halini ve boşlukların gaz halinin oluşturduğu 3 halli bir yapıdır.

Kullanımı yurdumuzda oldukça yaygınlaşan BSK, trafik yüklerini taşımak ve yol üstyapıda olan diğer tabakaları, havadaki doğal koşullarının olumsuz etkilerinden korunması için, orta ve ağır trafikli yollarda kullanılırlar. Sıcak agreganın ısıtılmış

bitümlü homojen karıştırılıp kaplanması sonucunda BSK elde edilir Sayın ve Tanyıldızı (2006).

Agrega birçok inşaat imalatında olduğu gibi yol üst yapılarının da başlıca hammaddesidir. Üstyapıda kullanılan bitümlü sıcak karışımın (BSK) büyük bir bölümünü oluşturan agreganın özellikleri karışım performansını büyük ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle BSK'lar için gerekli özellikleri sağlayan agreganın temininde sıkıntılar yaşanabilmekte ve agreganın maliyetleri daha yüksek olmaktadır. Bağlayıcısız temel ve alt temel tabakalarının tamamı, bitümlü sıcak karışımlarının ağırlıkça % 90-95'i, hacimce ise % 85'lik kısmı agregalardan oluşur. Yol üstyapı inşaatlarında ülkemizde yaygın olarak doğal kırmataş agregalar tercih edilmektedir. Fakat günümüzde birçok ülkede doğal agregaların yanı sıra yapay agregalar da yol inşaatlarında kullanılır olmuştur. Agregalar birim hacim ağırlıkları göz önünde bulundurulduğunda hafif, normal ve ağır agregalar olarak da gruplandırılmaktadır. Ülkemizde yol inşaatında kullanılan bu agregalar daha çok normal ve ağır agregaların sınıfına dahil olmaktadır. Son yıllarda ise yapay olarak elde edilmiş hafif agregaların yol inşaatında kullanımı bazı ülkelerde uygulama alanı bulmuştur Serin ve ark (2012).

Yol üstyapı BSK kaplamalarında kullanılan agreganın jeolojik kökenleri hangisi olursa olsun, bütün kaplama türleri için, şartnamelerde verilen fiziksel özelliği sağlaması gerekmektedir. BSK'ya giren ince agreganın, mineral filler ve kaba agregayla bitümlü karışımında aranan nitelikler, boyut dağılımı limitleri, laboratuvar ve arazi kontrolü özellikleri karayolları teknik şartnamesinde belirtilen şartlara uygun olmalıdır Dağdelen (1995).

Bitümlü Sıcak Karışım performansını etkileyen, bağlayıcı cinsi ve miktarı, ince ve iri agreganın cinsi ve miktarı gibi daha birçok etken vardır. Bunlara ilave olarak, karıştırma sıcaklığı, karıştırma süresi ve karıştırma sırasındaki özen karışımın dayanıklılığını ve performansını etkiler. Bu etkenlerden herhangi biri karışım sırasında göz ardı edilirse elde edilecek ürünün kalitesi düşük olur. Bu adı geçen etkenlerden herhangi birinin bitümlü karışımın performansına ve dayanıklılığına etkisini incelemek mümkündür Çelik ve ark (2007).

Yol agregası olarak istediğimiz kalitede agreganın temin etmek için ilk kırma aşamasında yassı kötü şekilli parçalarla ince malzemenin ayıklanması, kübik agreganın elde etmek için ikinci ve sonraki kırıcıların sürekli devrede olması, istenilen ebat ve oranda agreganın temini için kırıcılara verilen malzeme boyutlarının ayarlanması gerekmektedir. İstenen kalitede olmayan kırmataş, asfalt üretiminde % 1'e yakın fazla

bitüm kullanımına yol açabilmektedir. Bu gibi kalite koşullarını yerine getirmeyen kırmataş ile yapılan yollar çok çabuk bozulmakta, onarım için büyük paralar harcanmakta, bu durum ülke ekonomisi için çok büyük yük getirmektedir Tayfur ve ark (2003).

BSK, bitüm ile agregadan oluşan iki temel bileşimden oluşan üç fazlı olan bir sistemdir. Agregata katı fazı, bitüm sıvı fazı ve boşluklar gaz fazını oluştururlar. Sıvı fazı oluşturan bitüm, viskoelastik ve termoplastik özellik gösteren maddedir. Termoplastik maddeler yüksek sıcaklıklarda düşük mukavemet, düşük sıcaklıklarda yüksek mukavemet gösterir. Bu özellikleri bitümlü karışımlara da yansıdığından, BSK'da birtakım bozuşmalar meydana getirebilmektedir. Kuloğlu (2001).

Bitümlü Sıcak Karışımlar (BSK) içeriğinde en önemli değişken parametresi karışımdaki bağlayıcının miktarıdır. Bağlayıcı miktarı çok ise, karışım stabilite özelliğini yitirir ve araç yükleri altında deformasyona maruz kalır. Bağlayıcı gerekenden fazla ise, özellikle yağmurlu havalarda yağlı ve kaygan bir yüzey meydana gelir. Karışımda bağlayıcı oranı düşükse karışım içindeki agregata taneleri kaplamadan ayırır ve sonuç olarak yüzeyde birçok delikler oluşur. Özetleyecek olursak yüksek bitüm içerikli karışımlar soyulmaya, çatlamaya ve yorulmaya karşı dayanıklı, düşük bitüm içerikli karışımlarsa küçük kanal oluşumu ve kasmaya karşı dayanıklıdır. BSK bileşenlerinin hesaplanmasında birçok formül ve metot kullanılmaktadır. Ülkemizde kullanılan Marshall metodu değişik bitüm oranlarında hazırlanan deney briketlerinin boşluk, yoğunluk ve stabilite analizleri sonucunda elde edilen 4 ayrı grafikten okunan optimum bitüm miktarlarının ortalaması alınarak optimum bağlayıcı miktarının belirlenmesi kuralına bağlıdır Umar ve Ağar (1991).

Bitümlü Sıcak Karışımlarda (BSK) kullanılan bitümlü bağlayıcı, rafineriden çıkışından yol üzerinde hizmete başlayıncaya kadar yapılan işlemlerde önemli derecede oksidasyona uğramaktadır. Bu durum bağlayıcının akış davranışını, performansını ve dayanıklılığını büyük ölçüde etkilemektedir Dokandari ve ark (2014)

Mogawer ve Stuart (1996)'da fillerin BSK karışımının performansını etkilemediğini söylemiştir. Filler, bitümlü sıcak karışımın yorulma süresi ve plastik davranışını etkilemektedir. Karışıma katılacak bitümlü bağlayıcı ve agreganın seçiminde ve ayrıca karışımın hazırlanıp yola serilmesi esnasında gösterilecek olan özen ve dikkat, şekil değiştirmelere karşı dayanıklı bir bitümlü kaplama elde edebilmek için oldukça önemlidir.

Ahmed ve ark (2006)'da yaptığı çalışmada, filler olarak atık çimento tozunun kullanımının etkileşiminin BSK'nın mekanik özellikleri üzerinde etkilerini araştırmıştır. Marshall test sonuçlarından; atık çimento içeriği yüzdesi fazlaştığı zaman birim ağırlık ve stabilitenin arttığını, akma değerinin, boşluk oranı ve agregalar arası boşluğun azaldığını belirtmişlerdir.

Jooste ve ark (2000)'de Marshall tasarım yönteminde, bitüm oranı belirleme sürecinin bir parçası olarak bir işlenebilirlik indeksinin bulunmamasının önemli bir eksiklik olduğunu belirtmiştir. Çalışmasında, Marshall sıkışma eğrisini esas alan bir tasarım yöntemi geliştirmiştir.

Fookes (1991)'de kayaçların agrega olarak değerlendirilmesinde belirleyici özelliklerinin ayrışma olduğunu belirterek kayaların karakteristik özellikleri ile agrega darbe dayanımlarının, agrega olma niteliklerini belirleyici önemli parametreler olduğunu belirtmiştir.

Edet (1992)'de yaptığı araştırmalarda kayaçların agrega olarak kullanılma özelliklerini, fiziksel özellikleri ile bünyesindeki mikro çatlakların kontrol ettiğini belirterek, agregaların patlatmalı üretimler sırasında da bu duruma dikkat edilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Williams ve McNamara (1992)'de yaptıkları araştırmalarda, farklı kimyasal yapıdaki kireçtaşlarının bileşim değişimlerinin kayaçların dirençlerini önemli oranda etkilediğini belirtmişlerdir.

HALİLİ (2003)'de araştırmalarda kırma eleme ve kayacın fiziko-mekanik özelliklerinin agrega üretiminde ve önemini incelemiş, kırma eleme tesislerinde verimlilik ve kalitenin şartların en optimum olarak sağlanabilmesi için kırma-eleme tesislerinin dizaynı, kırıcı, elek ve konveyör bant seçimi, kırılacak malzemenin jeomekanik, jeolojik, yapısal özellikleri ve teknolojik özellikleri dikkate alınması gerektiğini belirtmiştir. Malzemenin homojenliği, çatlaklı ve kırıklı yapıya sahip olmasının kırmataş üretimini, kalitesini, çalışma düzenini ve kapasitesini olumsuz etkilediğini belirterek kübik malzeme ve kaliteli üretimi için taşın yapısal özellikleri ile birlikte kayacın kırılma biçimine de önemli olduğunu belirtmiştir.

Aksoy (1991)'de yaptığı çalışmada, karayolu yapımının maliyet ve üretim kontrolüne imkân verecek etkinliği ve verimliliği artırmada yardımcı olacak bir standart maliyet sistemi oluşturulmasını amaçlamıştır. Bu nedenle üretim maliyetleri çeşitli açılardan sınıflandırılarak, standart maliyet sistemi için gerekli olacak maliyet hususlarına açıklık getirmiş, karayolu hakkında bilgi vermiş, yol yapımı için gerekli

olan giderleri örneklerle açıklamış, karayolu kaplamasında maliyet kontrolünün önemi, standart maliyet sisteminin amaçları ve bütçe hazırlanmasını anlatmış, karayolu kaplamasında maliyet kontrolüne ilişkin örnek vermiş ve saptamaları değerlendirmiştir.

Kandhal ve Khatri (1992)'de bitümlü sıcak karışım (BSK) içinde kullanılan mineral agregaların, gözeneklere sahip olduğunu ve bu nedenle asfalt karışımının bir kısmını emme eğilimine neden olduklarını belirtmiştir.

Senior ve Rogers (1991)'de yaptıkları çalışmada, agregaların aşınma özellikleri, üretildikleri kayaçların cinsine göre değişim gösterdiğini belirlemiştir. Değişik aşınma özellikleri agregaların sıcak karışım asfalt içerisindeki performansını büyük ölçüde etkilediğini ifade etmişlerdir. Agregaların aşınma özelliklerinin asfalt kaplamalarındaki özellikleri pek çok araştırmacı tarafından çalışılmıştır.

Wu ve ark (1998)'de yaptıkları çalışmada asfalt betonlarında kullanılan agregayı karakteristik etmek için kullanılacak olan aşınma direnci ve dayanıklılık testlerini belirlemek ve değerlendirmek ve saha performansı ile ilişkili olan test yöntemlerini belirlemiştir. Seçilen testler ile değerlendirilmek üzere, zayıf ila iyi performans geçmişlerine sahip olan on altı agregaya kaynağı incelenmek üzere tespit edilmiş, asfalt beton zeminlerde bu agregaları içeren yol yüzeylerinin performans geçmişleri, devlet ulaştırma birimleri ile birebir temas ve performans değerlendirme anketleri ile belirlenmiştir.

Kandhal ve Parker (1998)'de araştırdıkları çalışmada agregaların, ağırlıklarının yüzde 94'ü oranında bitümlü sıcak karışım (BSK) içerdikleri için, BSK içinde kullanılan kaba ve ince agregaların özellikleri, bu karışımların kullanıldığı yol yüzeyi sistemlerinin performansı açısından büyük önem taşıdığını belirtmişlerdir. Bugün kullanılmakta olan testlerin büyük kısmı, agregaları, BSK'nın yol yüzeyi sistemi üzerindeki performansı ile bir ilişki kurmadan, bilimsel olarak karakterize etmek için geliştirdiği bu sebeple, mevcut ve potansiyel agregaların testlerinin, yol yüzeyi performansını ne kadar iyi değerlendirdiğini anlamak için ilave araştırmalar yapılması gerektiğini savunmuşlardır.

Turabi ve Okucu (2016)'deki çalışmalarında, yol inşaatında kullanılan temel ve alt temel tabakalarının kaplamadan gelen yükü zemine emniyetle aktarmak, drenaj sağlamak, çevre ve trafik etkilerine karşı dayanıklı ve stabil olmak gibi amaçları sağlanması gerektiğini açıklamıştır. Yol çalışmalarında kullanılan agregalar, hem kaplamanın stabilizesine olan büyük katkısı hem de büyük miktarda gereksinim duyulmasından dolayı önemli bir yol malzemesidir. Çünkü bağlayıcısız temel ve alt

temel tabakalarının tamamı, bitümlü sıcak karışımların ağırlıkça %90–95'i ve hacimce %80–85'i, beton kaplamaların ağırlıkça %70–80'i ve hacimce %60–65'i agregalar tarafından sağlanır. Şartnamelerde istenen fiziksel özellikleri sağlayan agregaların kullanılması yolun hizmet ömrünü arttırmaktadır

AKBULUT ve ark (2005)'de araştırmalarında iki farklı kayaçtan elde edilen agregaları ilk önce fiziksel testler yapmışlar, daha sonra mineraloji ve jeoloji yönünden tetkikleri yapmışlardır. BSK yorulma ömürleri ve kristal boyutları arasında basit regresyon analizi yapılarak, agregalar ve kompozit malzemenin fiziksel özellikleriyle kompozit malzemeyi oluşturan kayaların kristal boyutları arasında doğrusal-ters orantılı bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır.

Özen (1999)'de hazırladığı doktora tezinde, asfalt tabakalarının performanslarının değerlendirilmesinde bazı ülkelerde kullanılan bozulma parametreleri olan; yorulma çatlakları, tekerlek izi veya kalıcı deformasyonlar ayrı ayrı değerlendirilerek, geleneksel ve katkılı karışımlara Marshall dizaynı, dolaylı çekme mukavemeti, dolaylı çekme, statik sünme, tekrarlı sünme gibi deneyler uygulanmıştır. Yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar yardımıyla bitümlü karışım değişkenlerinin karışım performansı üzerine olan etkisi değerlendirilmiş ve hizmet ömrü tahminine yönelik olarak bir model kurmuştur.

Curtis (1992)'de yaptığı çalışmada, asfalt yol yüzeyleri içindeki asfalt agregalar etkileşimlerinin, asfaltın agregaya yapışmasını doğrudan etkilediğini ve bunların arasındaki bağın kuvvetini belirlediğini ifade ederek, asfalt-agrega ara yüzünde ortaya çıkan fiziko-kimyasal olguyu ve aradaki asfalt katmanının, asfalt-agrega bağı üzerindeki etkisini de araştırmıştır. Ayrıca farklı asfalt-agrega çiftlerinin ve bunların suya olan duyarlılığını değerlendiren bir test bulmuştur.

Orhan ve Yalçın (2004)'de yaptıkları araştırmalarda agregalar ve bitüm cinsi değişimin bitümlü sıcak karışımların performansına etkisi ele alınmış, bazalt ve kireçtaşı olmak üzere iki farklı cins agregalar ile, normal bitüm ve polimer modifiye bitüm kullanılarak, aşınma tabakası karışımlarından, optimum bitümün üzerinde ve optimum bitümün altında değişik bitüm yüzdelerinde, hazırlanan numunelerin Marshall stabilite ile indirekt çekme mukavemetleri ve trafik simülatör cihazı ile belirlenen tekerlek izinde oturma miktarları bulunmuştur.

Prowell ve ark (2005)'de yaptıkları çalışmada, genellikle aşınma özellikleri iyi olan volkanik kayaların, asfalt betonun fiziksel ve mekanik özelliklerini geliştirdiği yapılan literatür çalışmasından bilinmektedir. Mineral agregalar sıcak karışım asfaltın

hacimce % 94-95'ini oluşturur. Dolayısıyla yol üstyapılarının istenen performansı sağlayabilmesi büyük ölçüde mineral agreganın kalitesine bağlıdır. Yol üst yapıları için mineral agreganın kalitesi dayanıklılık, dayanım, temizlik, parçacık şekli ve köşeli oluşu, absorpsiyon ve yüzey pürüzlülüğüne bağlıdır. Yapılan araştırmalar agregaların Los Angeles aşınma değeri ile işleme, karıştırma, taşıma ve sıkıştırma sırasında bozulmalar arasında ve asfalt yol üst yapısının uzun dönem aşınması arasında bir ilişki olduğunu göstermiştir.

Woodward (1995)'de agrega-asfalt eşleşmesine göre, Nottingham Asfalt Test deneyi ile farklı agregaların asfalt kaplamalarındaki performansı incelemiş ve asfalt aşınma deneyleri ile bu performansı tahmin etmeye nasıl ulaşılacağını araştırmıştır. Elde edilen sonuçlar farklı kökenli agregalar üzerinde yapılan sonuçlara dayanmaktadır. Woodward micro deval deneyi ile agregaların asfalt kaplamadaki performansları hakkında kanıya varılabileceğini göstermiştir.

Zaniewski ve Nelson (2003)'de yaptığı araştırmada, 9,5 mm nominal maksimum tane çaplı asfalt karışımlarının Marshall yöntemleri ile yoğun ve orta yoğun trafik koşulları altında tasarım şartları ve optimum bitüm miktarlarının kıyaslanmasına yer verilmiştir. Asfalt kaplama stabilitesinin agrega parçacıklarının birbirleri ile sürtünmesine bağlı olduğunu, bu nedenle, darbe ile sıkıştırma esasına dayanan Marshall tasarım yönteminde numunelerin stabilite değerlerinin şartname sınırlarında olup olmadığının kontrolünün yapılması gerektiğini vurgulamıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

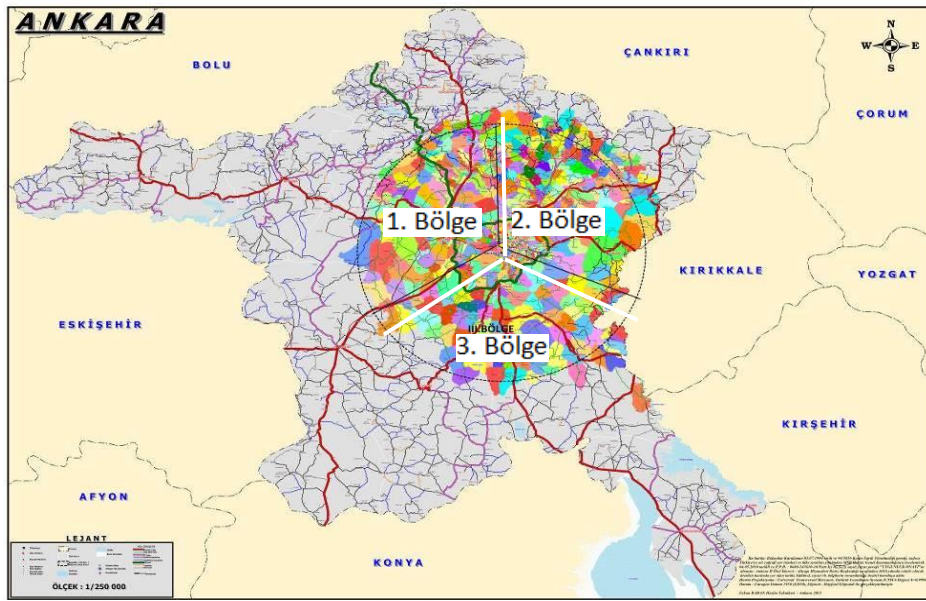
Bu bölümde Ankara ilinin genel jeolojisi hakkında bilgiler verilmiş olup; Ankara ili 3 farklı bölgeye ayrılmış, her bir bölgenin jeolojik özelliklerini temsil edebilecek 2 adet taş ocağı seçilmiştir. Seçilen 6 farklı taş ocağının konumu, jeolojik özellikleri ve işletme özellikleri belirtilmiştir.

3.1. Ankara İli Jeolojisi

Ankara'nın jeolojisine ilişkin ilk çalışmaların 1850'li yıllara kadar uzandığı bilinmektedir. Ayrıntılı çalışmalar ise 1930'lu yıllardan itibaren başlamıştır. İlk önemli çalışma E.Chaput (1931)'e aittir. Ankara ilindeki en genç jeolojik oluşumlar ise eski ve güncel alüvyonlardır. Bölgede en altta Triyas yaşlı Ankara grubunu oluşturan kaya türleri yer almaktadır. Ankara grubu Emir, Elmadağ, Ortaköy ve Keçikaya formasyonlarına ayrılmıştır. Ankara grubunu oluşturan birimler yer yer diyabaz daykları tarafından kesilmişler ve içlerinde değişik boyutlarda Karbonifer, Permo-Karbonifer ve Permian yaşlı kireçtaşı blokları yer almıştır ÇELİK ve ark (2004)

3.2. Agregaların Temin Edildiği Taş Ocakları

Bu çalışmada Ankara İli 3 bölgeye ayrılmış ve her bir bölgenin agrega özelliklerini temsil etmesi amacıyla iki farklı kırmataş tesisi (taş ocağı) belirlenmiştir. Kırmataş tesislerinde üretilen agrega belirlenmiş bölgenin agrega tipini genel olarak temsil etmektedir. Ankara İlinin agrega özelliklerini temsili için oluşturulan bölgeler Şekil 3.1 sunulmuştur.



Şekil 3.1. Ankara İlinde belirlenmiş çalışma bölgelerini gösteren harita

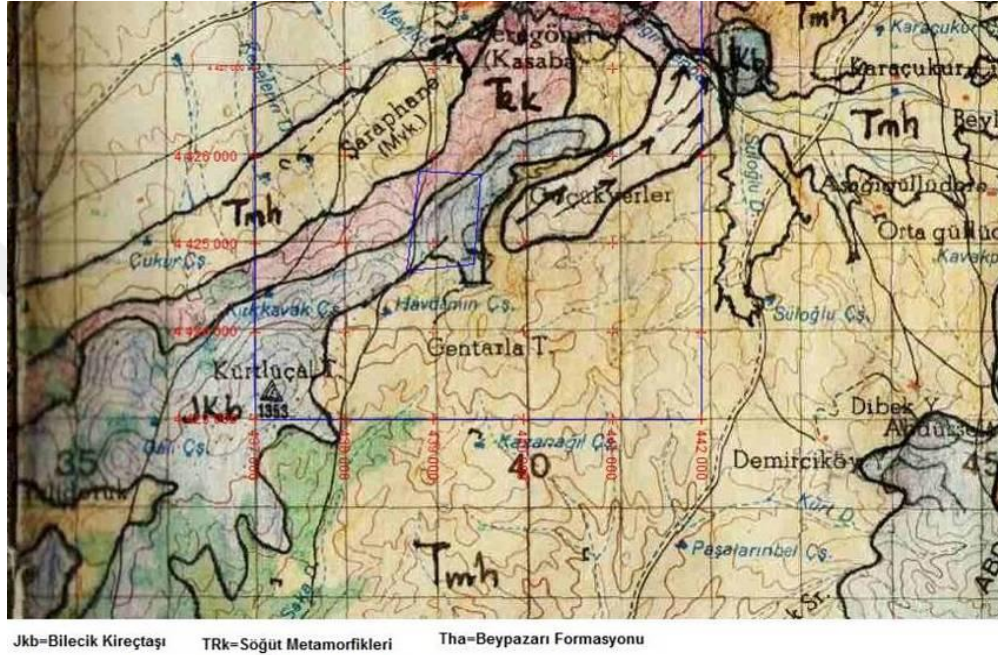
3.2.1. Ayaş-Oltan kırmataş ocağı

Çalışma sahasının 1. bölgesini temsil etmek için seçilen kalker ocakların ilki Ayaş ilçesinin Oltan mahallesinde bulunmaktadır. Birim çok kırık ve çatlaklı olması nedeni ile mermer ocağı olarak işletilememiştir. Yapılan araştırmalar sonucu, agrega malzemesi olarak uygun bir formasyon olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, Hür-Kar İnşaat Maden ve Taş ocağı İşletmesi tarafından kırmataş ocağı olarak işletilmektedir. İşletme sahasını gösteren uydu görüntüsü Şekil 3.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Ayaş-Oltan kırmataş ocağın çalışma alanını gösteren uydu görüntüsü

Kristalize kireçtaşları çalışılan bölgenin güneyinde ve güney batısında yüzeyleme gösterirler. Genel görünüşleri pembemsi renkli olmaları ile dikkat çekicidirler. Bazen beyaz ve krem renginde de izlenirler. İnce- orta tabakalı ve kıvrımlı kırıklı bir yapıları vardır. Yer yer çört, silisli oluşumlar bant veya mercek şeklinde yer alırlar Altun ve ark (2002) Ocağa ait sayısallaştırılmış jeolojik harita Şekil 3.3.'de gösterilmiştir (Ankara İ28-b1 paftası).



Şekil 3.3. Ayaş-Oltan ocağın sayısallaştırılmış 1/25000 jeolojik haritası (İ28-b1 paftası)

Ayaş-Oltan kırmataş ocağında üretim yöntemi olarak açık işletme yöntemi kullanılmaktadır. Kırmataşın ocaktan kazı işleminde ise delme-patlatma yönteminden faydalanılmaktadır. Ocaktaki basamak sistemlerinin, mümkün olduğunca düzenli bir şekilde geometri oluşturularak üretim yapılmasına çalışılmaktadır. Üretilen kireçtaşları kırma-eleme sistemlerinde işleme tabi tutularak asfalt ve beton piyasaların isteği boyutlara indirgenmektedirler. Genellikle işletmede, kaba (iri) ve ince agrega üretimi gerçekleştirilmektedir. Delme-patlatma yöntemi sonucunda üretilen malzeme boyut küçültülmesi amacıyla kırıcılara beslenmektedir. Üretim prosesinde birincil kırıcı olarak çeneli kırıcı sistemi kullanılırken, ikincil kırıcı olarak kübikser kırıcı sistemleri kullanılmaktadır. Ocağa ait çalışma alanın görüntüsü Şekil 3.4a ve 3.4b'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4a. Ayaş-Oltan kırmataş ocağına ait çalışma sahası



Şekil 3.4b. Ayaş-Oltan kırmataş ocağına ait çalışma sahası

Ankara Büyükşehir Belediyesi yol çalışmalarında kullandığı bitümlü sıcak karışım (BSK) üretiminde kullanılan agregaları bu tesisten sağlamaktadır. Ayaş-Oltan ocağından temin edilen malzemeler Sincan-Yenikent mevkiinde bulunan asfalt plantinde kullanılarak yol çalışmaları için hazır hale getirilmektedir.

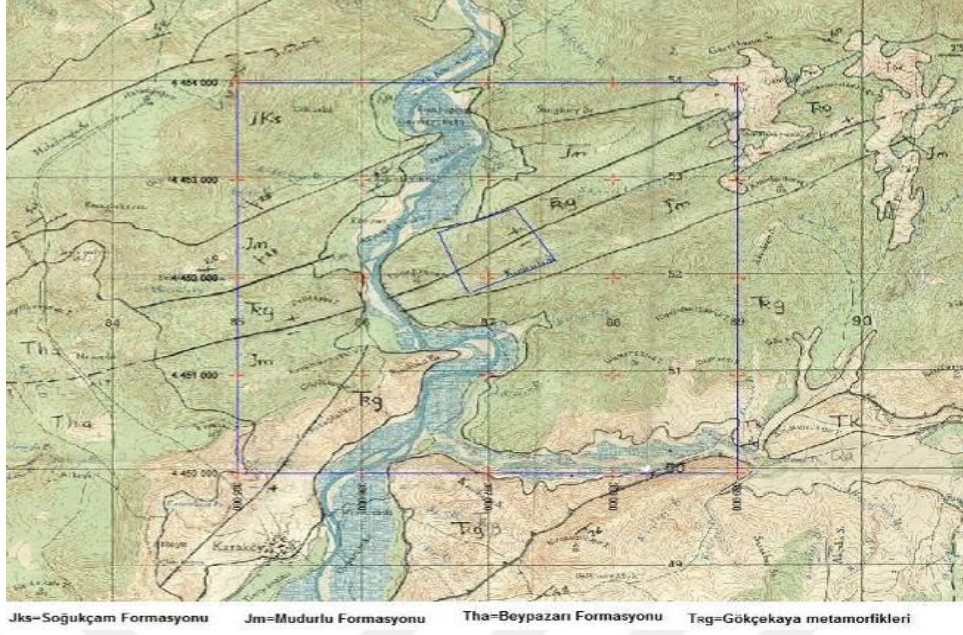
3.2.2.Çayırhan kırmataş ocağı

Ankara'nın 1. bölgesini temsil etmesi için seçilen ikinci ocak ise, Çayırhan bölgesi Yeşilöz mevkiinde bulunmaktadır. Ocak Nallıhan Belediyesine ait olup, Ankara Büyükşehir Belediyesi Nallıhan Belediyesiyle yaptığı protokolle işletmesini devir almıştır. Ocağın çalışma alanını gösteren uydu görüntüsü Şekil 3.5.'de sunulmuştur.



Şekil 3.5. Çayırhan ocağının çalışma alanını gösteren uydu görüntüsü

Ocak Mudurlu formasyonunda açılmış kireçtaşı ocağıdır. Formasyon volkanik püskürme gerecinin su altında çökmesiyle oluşmuştur Sarıaslan ve ark (1998). Ocağa ait sayısallaştırılmış jeolojik harita (Pafta,H27-d2) Şekil 3.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Çayırhan ocağının sayısallaştırılmış 1/25000 jeolojik haritası (Pafta,H27-d2)

Çayırhan kırmataş ocağında açık işletme üretim yöntemi kullanılmaktadır. Kayaçların ocaktan kazı işleminde ise delme-patlatma yönteminden faydalanılmaktadır. Ocaktan elde edilen malzeme şantiye alanında bulunan kırma-eleme tesislerinde işlem görmektedir. Delme-patlatma yöntemi sonucunda üretilen malzeme boyut küçültülmesi amacıyla kırıcılara beslenmektedir. Tesiste birincil kırıcı olarak çeneli kırıcı, ikincil kırıcı olarak kübikser kırıcı kullanılmaktadır. Son ürün olarak 0-5 mm, 5-13 mm ve 13-25 mm olmak üzere 3 çeşit kaba ve ince agrega üretilmektedir. Çayırhan ocağındaki çalışma alanları Şekil 3.7a ve Şekil 3.7b’de sunulmuştur.



Şekil 3.7a Çayırhan ocağına ait çalışma alanı



Şekil 3.7b. Çayırhan ocağına ait çalışma alanı

3.2.3. Eski Kıbrıs kırmataş ocağı

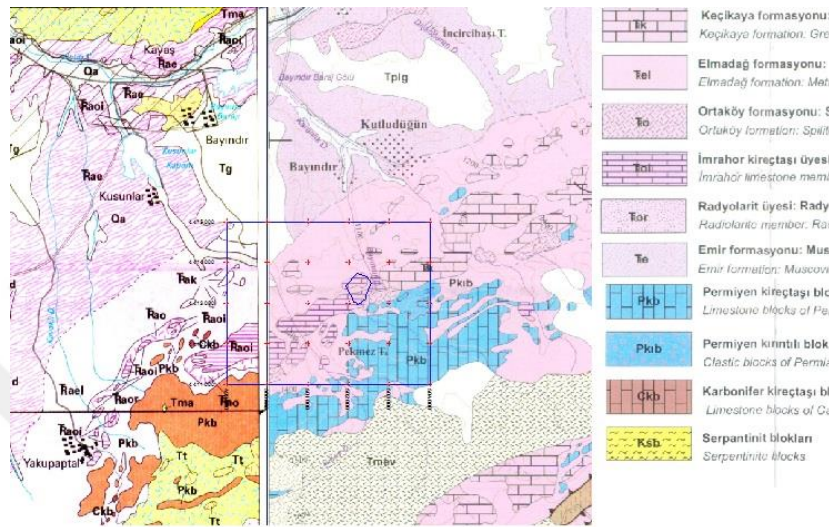
Ankara Büyükşehir Belediyesi bünyesinde bulunan bu ocak Eski Kıbrıs ocağı olarak adlandırılmaktadır. Bu ocak, Ankara'nın 2. bölgesi Mamak bölgesindeki Bayındır köyü ile Kıbrıs köyünün güneybatısında bulunan Keçikaya formasyonundaki kireçtaşları ve Permiyen yaşlı kireçtaşı bloklarının bulunduğu taş ocaklarından birisidir. Bu alanda 5 tane kırmataş ocağı işletmesi mevcuttur. Bunlardan iki tanesi Ankara Büyükşehir Belediyesine aittir. İşletme sahasına ait uydu görüntüsü Şekil 3.8'da gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Eski Kıbrıs kırmataş ocağının çalışma alanını gösteren uydu görüntüsü

Orta-Üst Triyas yaşlı Keçikaya Formasyonunda açılmış olan kireçtaşları rengi gri olup, çatlaklar içine kalsit damarcıkları yerleşmiştir. Bu kalsit damarcıkları bazen

milimetre genişliğinde, bazen de 20-25 cm kadar genişlikte görülmektedir. Ocağın üst kısımlarında bitkisel toprak hakimdir. Ocak düzensiz işletilmiştir. İkinci ocakta işletme yapılmamakta olup, ocak bol çatlaklı, bol bitkisel topraklı olup kireçtaşlarının rengi gridir. Çatlakları kalsit damarcıkları doldurmuştur Güneş (2013). Ocağa ait jeolojik harita Şekil 3.9.'da gösterilmiştir (İ30-a4).



Şekil 3.9. Eski Kıbrıs ocağına ait sayısallaştırılmış jeolojik harita (Pafta,İ30-a4)

Eski Kıbrıs kırmataş ocağında açık işletme üretim yöntemi kullanılmaktadır. Kayaçların ocaktan kazı işleminde ise delme-patlatma yönteminden faydalanılmaktadır. Ocakta 3 adet konkasör sistemi mevcuttur. Bu konkasör sistemlerinin ikisi eski sistem olup faal durumda değildir. Üretim yeni kurulan ve saatlik kapasitesi 300 ton olan 90'lık(90cm) çeneli kırıcıdan sağlanmaktadır. Bu kırıcı birincil kırıcı olarak kullanılmaktadır. İkinci ve üçüncül kırıcılar kübikser kırıcı tarzındaki kırıcılardır. Nihai ürün olarak 0-5 mm, 5-13 mm,13-19 mm, 13-25 mm ve 13-38 mm kaba ve ince agrega sınıfları üretilmektedir. Çalışma alanının görüntüsü şekil 3.10.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Eski Kıbrıs ocağı çalışma sahası

Ocaktan üretilen agregalar Mamak ve yakın ilçelerde yol çalışmalarında kullanılmak üzere Eski Kıbrıs ocak şantiyesinde bulunan Ankara Büyükşehir Belediyesine ait asfalt plantinde BSK üretiminde kullanılmaktadır (Şekil 3.11).



Şekil.3.11. Eski Kıbrıs ocağı asfalt planti

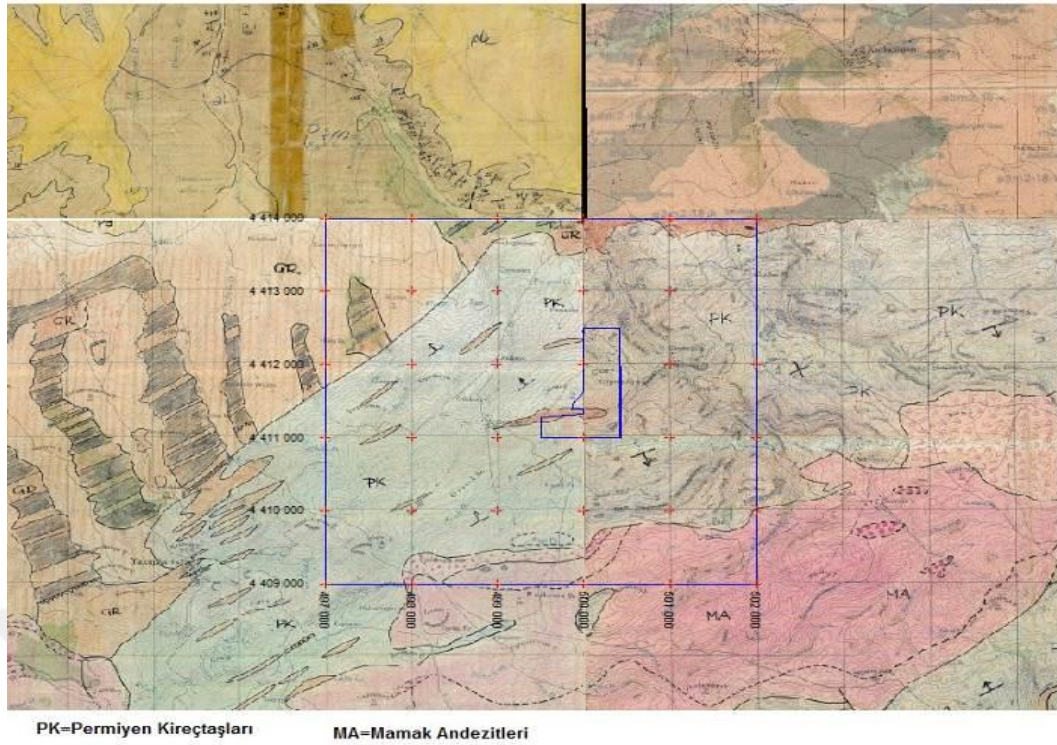
3.2.4. Yakupabtal kırmataş ocağı

Ankara Büyükşehir Belediyesi bünyesindeki kırmataş ocağı, Ankara'nın 2.bölgesi Mamak bölgesindeki ikinci ocaktır. Mamak ilçesinin Yakupabtal mevkiinde olan ocağa ve tesise ait çalışma alanının gösteren uydu görüntüsü Şekil 3.12.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Yakupabtal kırmataş ocağın çalışma alanını gösteren uydu görüntüsü

Permiyen yaşlı kireçtaşları içinde açılmış olan taş ocağındaki kireçtaşları rengi gri olup, çatlaklı ve çatlaklar kalsit dolgular ile dolmuştur. Ocakta diyabaz daykları görülmektedir. Ocağın en üst kademesinde bitkisel topraktan dolayı yer yer kireçtaşı yüzeyinde kırmızıya doğru renk değişimi olur. Yapısal hareketlerden bağlı olarak breşleşme izleri, ufalanmalar gözlenmiştir, breşleşmeye limonitleşme eşlik etmektedir. Kısmen killi bir yapıya sahiptir. Güneş (2013). Ocağa ait sayısallaştırılmış jeolojik harita Şekil 3.13.' de gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Yakupabtal ocağının sayısallaştırılmış 1/25000 jeolojik haritası(Pafta,İ30-a4)

Ocak açık işletme yöntemiyle üretimini sürdürmektedir. Kazı yöntemi olarak delme-patlama yöntemi uygulanmaktadır. Ocakta 2 adet konkasör tesisi mevcuttur. Bu konkasörlerden bir tanesi eski konkasör sistemi olup faal durumda değildir. Üretim yeni kurulan saatlik kapasitesi 450 ton olan birincil kırıcı olarak kullanılan 110'luk (110cm) çeneli kırıcıdır. İkinci ve üçüncül kırıcılar kübikser kırıcı tarzındaki kırıcılardır. Nihai ürün olarak 0-5 mm, 5-13 mm, 13-19 mm, 13-25 mm ve 13-38 mm kaba ve ince agrega sınıfları üretilmektedir. Çalışma alanının görüntüsü Şekil 3.14a. ve Şekil 3.14b'de gösterilmiştir.



Şekil 3.14a. Yakupabtal kırmataş ocağı çalışma sahası



Şekil 3.14b. Yakupabtal kırmataş ocağı çalışma sahası

Ocaktan üretilen agregalar Mamak ve yakın ilçelerde yol çalışmalarında kullanılmak üzere Yakupabtal ocak şantiyesinde bulunan Ankara Büyükşehir Belediyesine ait asfalt plantinde BSK üretiminde kullanılmaktadır (Şekil 3.15).

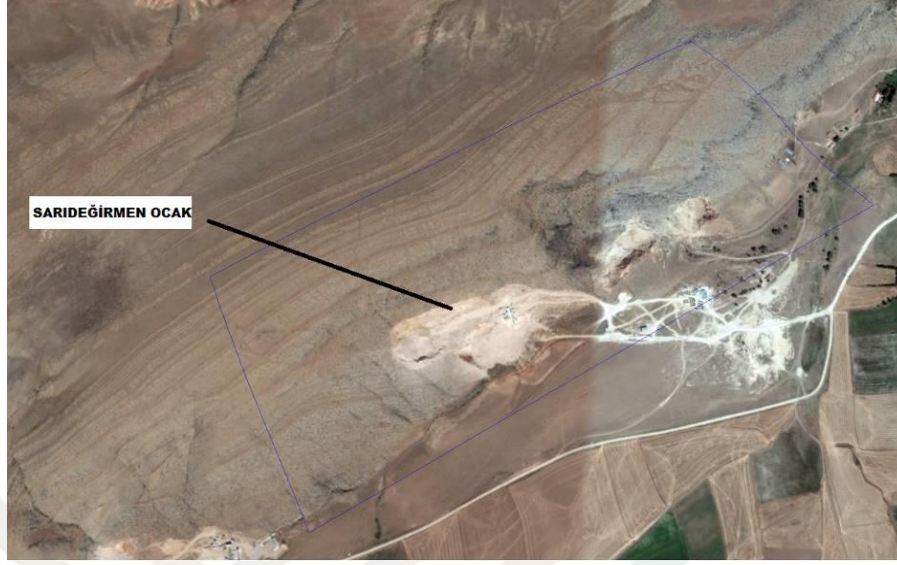


Şekil.3.15. Yakupabtal ocak asfalt planti

3.2.5.Haymana-Sarıdeğirmen kırmataş ocağı

Ankara 3. Bölgesindeki agrega tipini temsil edecek olan iki kırmataş çağından birincisi olan ocak, Ankara ilinin Haymana ilçesinin Sarıdeğirmen mahallesi mevkiinde bulunmaktadır. Özel teşebbüs tarafından işletilen ocak, Ankara Büyükşehir Belediyesinin yol çalışmalarını gerçekleştiren Söğüt İnşaat firması tarafından rödovans usulü devir alınmıştır. Üretim saatlik kapasitesi 450 ton olan prosesinde birincil kırıcı

olarak çeneli kırıcı kullanılmaktadır. İkincil kırıcı olarak ise, kübikser kırıcı kullanılmaktadır. Ocağın yerini gösteren uydu görüntüsü Şekil 3.16.'de gösterilmiştir.



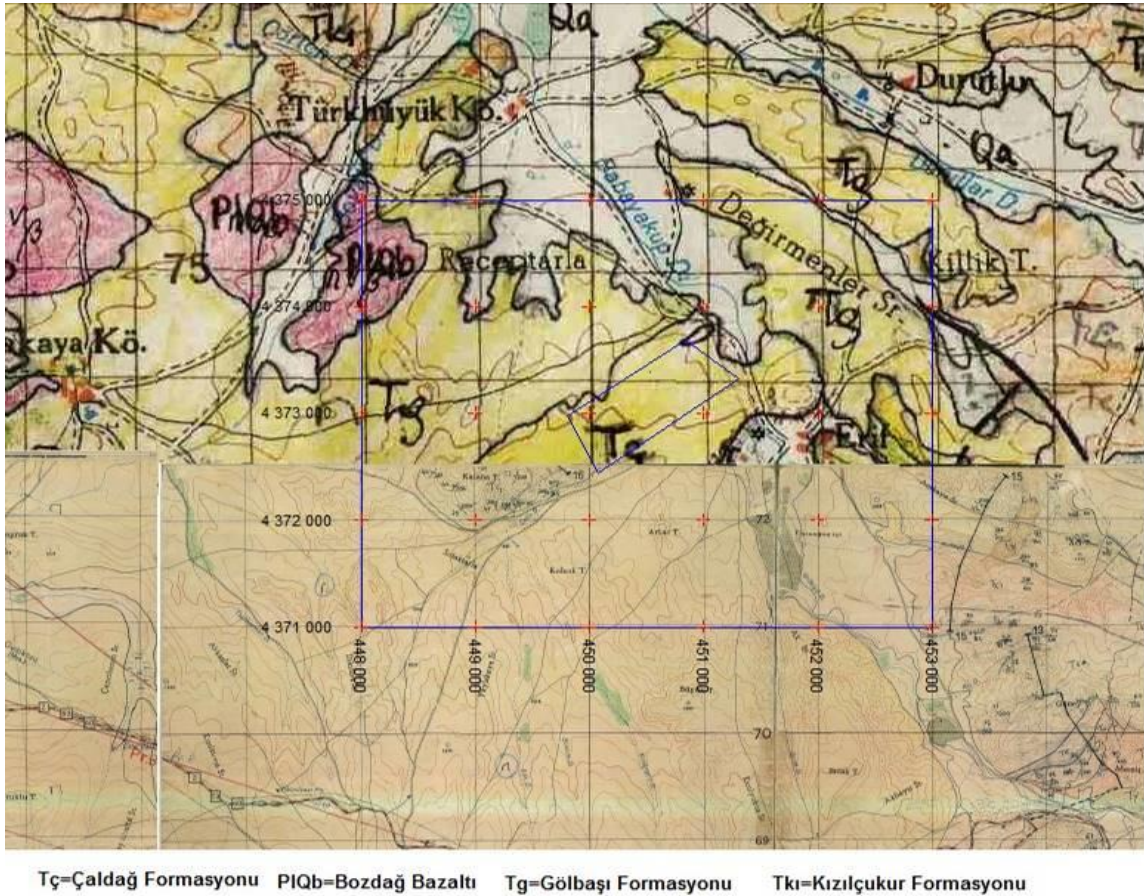
Şekil 3.16. Haymana-Sarideğirmen kırmataş ocağının çalışma alanını gösteren uydu görüntüsü

Ankara Büyükşehir Belediyesi, Haymana ve yakın ilçelerdeki yol çalışmalarında kullanılan bitümlü tabakalar için kullanılan agregaları bu tesisten temin etmektedir. Tesisten alınan agrega sınıfları, kırmataş ocağından 13 km uzaklıktaki Hayman merkeze yakın mevkinde bulunan Ankara Büyükşehir Belediyesine ait plent tesisinde BSK üretimlerinde kullanılmaktadır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Haymana asfalt plent tesisi

Ocak Çaldağ Formasyonu içinde açılmış kireçtaşıdır. Çaldağ formasyonu resifal kireçtaşı, kırıntılı kireçtaşı ve kumlu kireçtaşından oluşur. Birimde kireçtaşları tabakalanma göstermeyen ve yer yer alg ve mercan biyohermlerinin bulunduğu mercekse geometrilili oluşuklar şeklindedir Sarıaşlan ve ark (1998). Ocağın bulunduğu alanla ilgili sayısallaştırılmış jeojik harita Şekil 3.18.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.18. Sarıdeşirmen ocağının sayısallaştırılmış 1/25000 jeolojik haritası (Pafta,J28-b2)

Ocakta üretim yöntemi olarak açık işletme yöntemi uygulanırken, kazı yöntemi olarak delme-patlatma yöntemi kullanılmaktadır. Ocaktaki basamaklar yarı düzenli olarak işletilmiştir. Ocaktan çıkarılan kalker kırma-eleme tesislerinde işlem gördükten sonra 0-5 mm, 5-13 mm, 13-25 mm agrega sınıflarına ihtiyaca kaba ve ince agrega sınıfları üretilmektedir. Ocak sahasının görüntüsü Şekil 3.19. gösterilmiştir.



Şekil 3.19. Haymana-Sarıdeğirmen Kırmataş Ocağının çalışma alanının genel görünümü

3.2.6. Polatlı-Sümer kırmataş ocağı

Ankara ilinin agrega tipinin 3. Bölgesini temsil etmesi amacıyla seçilen kırmataş ocaklarından ikincisi olan bu ocak, Hasan Sümer İnş.Tic.Ltd.Şti. aittir 2005 yılında Konya Yunak Yolu Mevkiinde kurulmuş olup, ilk agrega üretim tesisi olma özelliğini taşımaktadır. Delme-patlatma sonucu üretilen malzemeler saatlik kapasitesi 500 ton olan darbeli kırıcı konkasör ile istenilen ebatlara getirilmeye çalışılır. Kırmataş ocağı, bölgedeki hazır beton tesislerine ve diğer tesislere agrega temini sağlamaktadır. Ayrıca, sahip olduğu plent-mix tesisi ile de, karayolları ve diğer bazı devlet kurumlarına malzeme temini gerçekleştirmektedir. Çalışma alanının uydu görüntüsü Şekil 3.20.'de gösterilmiştir.



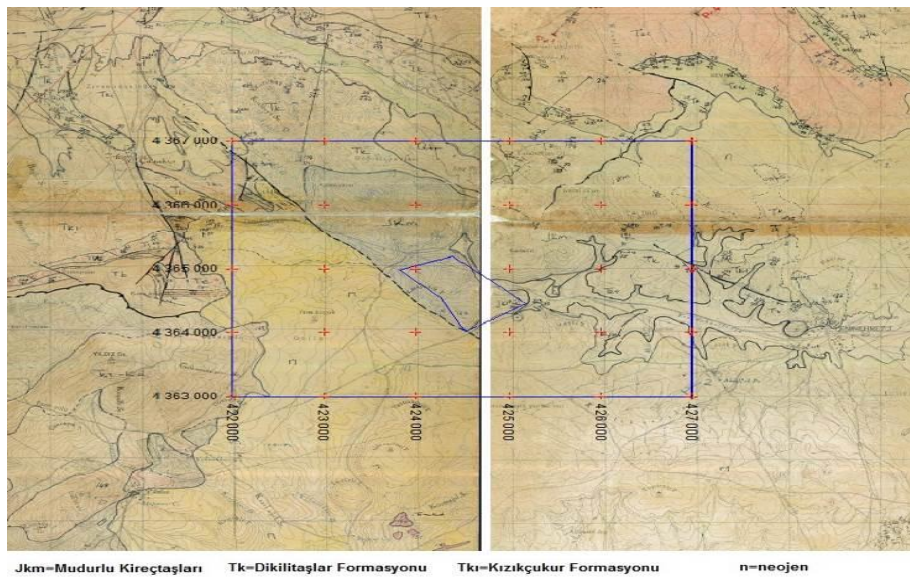
Şekil 3.20. Polatlı-Sümer Kırmataş Ocağının yerini gösteren uydu görüntüsü

Ankara Büyükşehir Belediyesi tarafından Polatlı ve yakın ilçelerdeki yol çalışmalarındaki bitümlü tabakalar için kullanılan agregalar bu tesisten temin edilmektedir. Tesisten alınan agrega sınıfları, ocaktan 11 km uzaklıktaki Polatlı merkeze yakın mevkiinde bulunan Ankara Büyükşehir Belediyesine ait plant tesisinde BSK üretimlerinde kullanılmaktadır (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Polatlı asfalt plant tesisi

Ocak Mudurlu formasyonunda açılmış kireçtaşı ocağıdır. Formasyon volkanik püskürme ürünlerinin su altında çökmesiyle oluşmuştur. Formasyon Karakaya karışığıyla Söğüt metamorfiklerini temsil eden Gökçekaya metamorfikleriyle açısız uyumsuzluk göstermiştir. Altun ve ark (2002). Ocağa ait sayısallaştırılmış jeolojik harita Şekil 3.22.' de gösterilmiştir.



Şekil 3.22. Sümer ocağının sayısallaştırılmış 1/25000 jeolojik haritası

Ocak açık işletme yöntemiyle üretimini sürdürmektedir. Kazı yöntemi olarak delme-patlatma yöntemi uygulanmaktadır. Ocaktaki basamaklar yarı düzenli olarak işletilmiştir. Ocaktan çıkarılan kalker kırma-eleme tesislerinde işlem gördükten sonra 0-5 mm, 5-13 mm, 13-25 mm agrega, ihtiyaca göre 0-63 mm kırmataş üretilmektedir. Şekil 3.23'te ocağa ait genel görünümle sunulmuştur.



Şekil 3.23. Polatlı-Sümer Kırmataş Ocağına ait çalışma sahası

4. ARAZİ VE LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Yol yapımında kullanılacak agregaların temini için belirlenecek kırmataş ocakları belirli kriterlere sahip olmalıdır. Bu kriterlerden başlıcaları, ocağın kapasitesi, işletim kolaylıkları, taşıma mesafesi ve agreganın fiziksel özellikleridir. Özellikle üretilen kırmataşın istenilen özellikte olmasına dikkat edilmelidir. Bu nedenle taş ocakların işletilmesine karar verilmeden önce, temsili kayaç numuneleri alınarak laboratuvarlarda agrega deneyleri gerçekleştirilmelidir. Agregada olarak kullanılacak kırmataşlar gerekli fiziko-mekanik özellikleri sağlamış olsalar bile, bitümlü sıcak karışım ile kompozisyonun da gerekli şartları sağlaması gereklidir. Bu nedenle, Marshall karışım dizaynları yapılarak taşın bitümlü kaplama yapımına uygun olup olmadığı belirlenmelidir.

4.1. Agregada Numune Alma Yöntemleri

Bu çalışmada, Ankara ilini 3 bölgeye ayrılıp ve her bir bölgeden 2 adet taş ocağı belirlenerek deneyler için gereken numune teminine geçilmiştir. Numune alım işleminin bilimsel yöntemlerle gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle numune alım işlemleri aşağıda belirtilen şartlarda gerçekleştirilmiştir. Numunelerin alındığı yere göre alma yöntemi de farklılık göstermektedir. Bu nedenle tüm bu şartlara dikkat edilerek numuneler alınmıştır.

Numuneler, mümkün olduğu sürece üretilen stok alanlarından alınmıştır. Numune alma sırasında agregaların kırılmasını ve dane boyutlarının küçülmesini engellemek için gerekli tedbirler alınmıştır. Numuneler TS EN 932-1 standartlarına göre Çizelge 4.1.'de belirtilen miktarlarda alınmıştır. Deneyler için her bir agregada boyutunda (0-5 mm, 5-13 mm, 13-19 mm ve 13-25 mm) 50 kg numune alınmıştır.

Çizelge 4.1. Numune miktarları TS-EN-932-1 (1997)

Agreganın maksimum nominal boyutu (mm)	Minimum numune miktarı (kg)
50	100
37,5	75
25	50
19	25
12,7	15
9,52	10
4,75	10
2,00	10

4.1.1. Stoktan numune alma

Stoktan numune alımı işlemi TS EN 932-1 standartına göre yapılmıştır. Stoktan temsili numune alma, segregasyon nedeniyle zordur. Agregaya yığın halinde depolanırken iri agregaların yüzeyden dökülerek eteklerde toplanması nedeniyle segregasyon oluşur. Kaba agregaya veya kaba ve ince agregaya karışım yığınlarından numune alma, birisi yığının en üst kısmından, birisi orta kısmından diğeri de yığının alt kısmından olmak üzere en az 3 çeşit alınmış ve malzemelerin birleştirilmeleri suretiyle yapılmıştır. Standarta uygun şekilde tabanı dairesel konik şekildeki stoklardan numune almada, stok yığının üst 1/3'den bir birim parça numune, ortadaki 1/3'lük kısımdan bunun 7 katından daha fazla ve alt 1/3'lük kısmından da 19 katından daha fazla olmak üzere 50 kg olarak alınmıştır.

Çalışmada elde edilen numuneler stoktan numune alma yöntemine göre gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.1 ,4.2 ,4.3 ve 4.4).



Şekil 4.1. Ayaş-Oltan Kırmataş Ocağından 5-13 mm boyutundaki agreganın stok sahasından numune alım işlemi



Şekil 4.2. Polatlı Sümer Kırmataş Ocağından 0-5 mm boyutundaki agreganın stok sahasından numune alım işlemi



Şekil 4.3. Çayırhan Kırma taş Ocağından 13-25 mm boyutundaki agreganın stok sahasından numune alım işlemi



Şekil 4.4. Yakupabtal Kırma taş Ocağından 13-19 mm boyutundaki agreganın stok sahasından numune alım işlemi

4.1.2. Kamyon dan numune alma

Kamyon dan nispeten temsili numune alabilmek için yığında en az 3 tane 30x30 cm boyutunda kanal açılmış ve her bir kanal tabanından en az 3 eşit miktarda numune

alınıp, bu alınan numuneler birleştirilmiştir TS-EN-932-1 (1997). Bu şekilde alınan numunelerin temsili Şekil 4.5’de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Mamak-Eski Kıbrıs Kırmataş Ocağından 5-13 mm agrega numunesinin kamyon üzerinden alınması

4.2. Bitümlü Kaplama Karışımlardan Numune Alma Yöntemleri

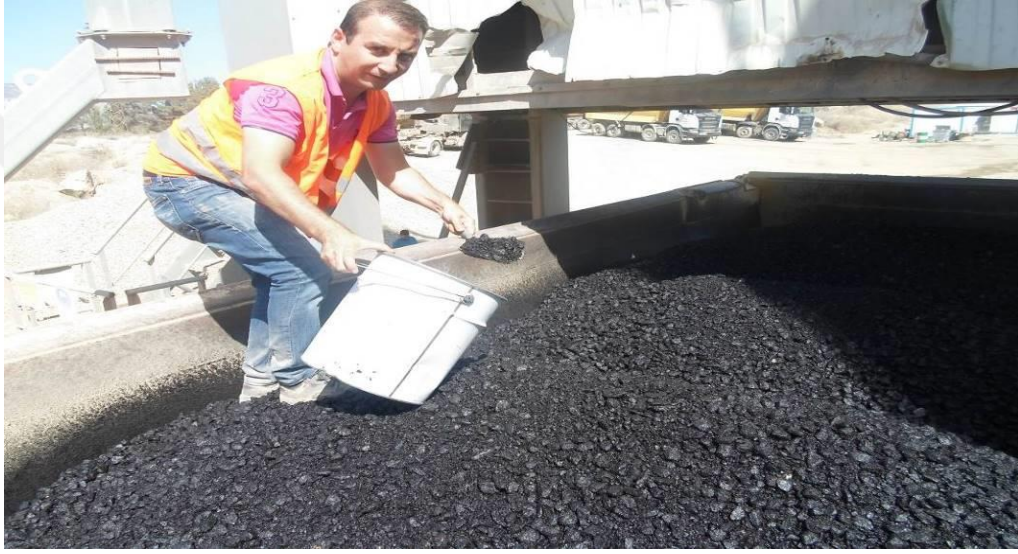
Üretim, depolama ve nakliye aşamalarında temsili numune alma işlemi, deneyi doğru yapmak kadar önemlidir. Bu nedenle numuneyi alan, numunenin alındığı malzemenin yapısını ve durumunu kabul edilebilir ölçüde temsil edebilmesi sağlamak için her türlü önlemi almalıdır. Bitümlü karışımlardan alınan numuneler hangi yöntemle alınırsa alınsın standarta uygun olarak Çizelge 4.2.’deki miktarlar kullanılmalıdır TS-EN-932-1 (1997).

Çizelge 4.2. Bitümlü numune miktarları

Agraganın maksimum nominal boyutu (mm)	Sıkıştırılmış karışım miktarı, minimum (kg)	Sıkıştırılmış karışım alanı, minimum (cm ²)
50	15	1500
37,5	10	900
25	10	900
19	5	500
12,7	5	500
9,52	5	500
4,75	2	250
2,36	2	250

4.2.1. BSK Kamyondan numune alma

Kamyondan numune alma esnasında numune alınacak kamyonlar üretim sırasında rasgele seçilmiştir. Numuneler kamyon kasasının rasgele seçilmiş 3 ayrı yerinden yaklaşık olarak eşit miktarlarda alınarak birleştirilmiştir. Alınacak numune miktarları standart olarak Çizelge 4.2. 'de belirtilen miktarlardan az olmayacak şekilde her bir ocağı temsil eden BSK'dan 10 kg alınmıştır. Arazi çalışmalarında bu yöntemle alınan numunelere ait temsili görüntüler şekil 4.6 gösterilmektedir.



Şekil 4.6. Kamyonu yüklenen binder tabakasından numune alımı

4.2.2. Sıkıştırılmamış kaplamadan numune alma

Numune alırken, serilen kaplamanın derinliğince tüm malzeme alınmakta olup, alttaki kaplamadan malzeme alınmamasına özen gösterilir.

İşleme yardımcı olmak amacıyla metal plakalar kullanılmıştır. Plaka, serimden önce tespit edilen kesimde mevcut yolun üzerine yerleştirilmektedir. Serimin hemen arkasından plaka üzerindeki malzeme numune kalıbına aktarılmıştır. Numune alınan yerler taze karışımla sonradan doldurulmuştur. Arazi çalışmalarında bu yöntemle alınan numunelerin temsili görüntüsü şekil 4.7.'de gösterilmektedir.



Şekil 4.7. Ankara-Haymana yolu bitümlü alt temel kaplamasından numune alım işlemi

4.3. Numune Azaltma Yöntemleri

Boşluk oranı, su içeriği ve tane dizilimi gibi belirleyici özelliklerinde önemli bir değişiklik meydana getirilmeden alınan numunelere “örselenmemiş numune”, zemin yapısı, su içeriği ve/veya diğer ayırt edici özellikleri bozularak alınan numunelere ise “örselenmiş numune” adı verilmektedir. Örselenmiş numuneler kazma-kürek gibi daha basit araç gereçlerle alınabilmekte ve alınan numuneler poşet, çuval vb. araçlarla laboratuvara getirilebilmektedir. Laboratuvara getirilen fazla miktardaki numunelerin uygun yöntemlerle bölünerek azaltılması gerekmektedir Özer (2014).

Numune azaltma işlemleri sırasında muhtemel hataları önlemek ve yığın içerisindeki her bir tanenin eşit seçilebilme şartını garanti etmek amacıyla numune bölme işlemlerine geçilmeden önce, numune azaltma işlemlerinin doğruluğu, yöneme ve bu iş için tercih edilen numune azaltma aletine bağlıdır. Numune azaltma işlemlerinde alternatif kürek yöntemi, konileme-dörtleme yöntemi, oluklu bölücü (Jones RIFFLE), kavanozlu numune azaltma aleti ve spatül ile numune bölme yöntemleri uygulanmaktadır Sabah ve Cengiz (2002).

Tez çalışmasında konileme-dörtleme ve oluklu bölücü yöntemleriyle numune azaltma işlemleri yapılmıştır.

4.3.1. Konileme-dörtleme numune azaltma

Konileme-dörtleme yönteminde, bölünecek numune sert, düzgün ve temiz bir yüzey üzerine boşaltılmalı, uygun büyüklükte bir kürek kullanılarak, küreğe alınan numuneler her seferinde koninin tepesine dökülmek suretiyle bir koni oluşturacak şekilde yan tarafa aktarılmalıdır. Aktarma işlemi en az üç kere tekrarlanmak suretiyle numunenin iyice karışması ve homojen hale getirilmesi sağlanmalıdır. Daha sonra numunenin homojenliğinin bozulmamasına ve tanelerin eşit bir şekilde yayılmasına özen gösterilerek koninin tepesine kürekle veya uygun bir levhayla bastırılmak suretiyle oluşturulan koni eşit kalınlıkta bir disk haline getirilmelidir. Bu şekilde oluşturulan diskin çapı, kalınlığının dört ila sekiz katı kadar olmalıdır. Oluşturulan disk kürekle veya cetvelle dört eşit parçaya bölünmeli ve çapraz iki parçası toplanarak alınmaktadır. Geriye kalan iki parça birleştirilmeli ve gerekiyorsa aynı işlemler uygulanmak suretiyle tekrar çeyrekleme işlemine tabi tutulmalıdır TS-EN-932-2 (1999).

Konileme-dörtleme işlemi 6 farklı ocaktan alınan 13-19 mm ve 13-25 mm boyutundaki iri agregalara uygulanmıştır. Numuneler, temizlenmiş laboratuvar zeminine boşaltılmış, üç kere aktarılmak suretiyle iyice karıştırılarak homojen hale getirilmiş ve uygun boyutlarda bir levha ile tepesinden bastırılarak eşit kalınlıkta bir disk haline getirilmiştir. Şekil 4.8 disk haline getirilen yığın gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Numunelerin disk haline getirilmesi

Oluşturulan diskin çapı yaklaşık, kalınlığa göre 8 kat olarak ölçülmüştür. Daha sonra aynı levha kullanılarak disk dört eşit parçaya bölünmüş ve yerde kalan ince taneler de toplanarak çapraz iki parçası alınmış ve toplanan malzemeler tartılmıştır. Şekil 4.8.'de dört parçaya bölme işlemi gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Oluşturulan diskin dört parçaya bölünmesi

4.3.2. Oluklu bölücü numune azaltma

Oluklu bölücü yönteminde numune, toplama kabının içine homojen bir şekilde serilmekte, diğer iki toplama kabı olukların altına yerleştirilmeli ve numune dolu kap olukların üzerinde bulunan besleme hunisi ya da kılavuz çerçeve üzerindeki yerine yerleştirildikten sonra içindeki numune sabit bir hızla olukların üzerine boşaltılmaktadır. Böylece numune iki parçaya bölünmüş olacaktır. Bu parçalardan her birisinin ağırlığı, numunenin bölünmeden önceki toplam ağırlığının yarısından \pm %10'dan fazla sapma göstermemelidir, aksi durumda bölünen parçaların birleştirilmesi ve tekrar bölme işlemine tabi tutulması gerekecektir TS-EN-932-2 (1999).

Konileme-dörtleme işlemi 6 farklı Ocaktan alınan 0-5 mm ve 5-13 mm boyutundaki agregalara uygulanmıştır. Şekil 4.10. kullanılan bölgeç gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Kullanılan bölgeç

4.4. Laboratuvar Çalışmaları

Bilimsel yöntemlerden yararlanılarak elde ettiğimiz 6 farklı ocaktan alınan numuneler, Ankara Büyükşehir Belediyesinin Güvercinlik şantiyesinde bulunan Kalite Kontrol Laboratuvarına nakil edildi. Bu laboratuvarında agregalar ve bitümler için standartlarda gerekli görülen agrega ve bitüm deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu laboratuvarında Ankara Büyükşehir Belediyesinin yapmış olduğu yol ve yol sanat çalışmalarının teknik şartnamelere göre uygunluğun deneyleri gerçekleştirilmektedir. Burası agrega ve bitümlü sıcak karışım deneyleri için kapsamlı bir deney laboratuvarı özelliğine sahiptir.



Şekil 4.11. Ankara Büyükşehir Belediyesinin kalite kontrol şefliği laboratuvarı

4.4.1. Agrega deneyleri

4.4.1.1. Aşınma kaybı (Los Angeles)

Los Angeles deneyi, aşınma ve darbe etkileri sonucu mineral agregalarının standart gradasyonunun bozulmasının ölçümü ile ilgili bir deneydir. Bu aşınma ve çarpma etkileri, numunenin gradasyonuna bağlı olarak seçilen sayıdaki çelik kürelerin dönen bir silindir içine konulmasıyla oluşturulur. Silindir döndükçe, raflar numuneyi ve bilyeleri toplar ve belli bir yüksekliğe gelince çarpma ve ezme etkisine sebep olacak şekilde numune ve bilyeleri silindirin karşı yüzüne düşürür. Daha sonra bunlar silindir içinde yuvarlanarak yeniden raf tarafından toplanana kadar aşınır. Makine istenilen sayıda döndükten sonra içindekiler çıkarılır ve agrega elenerek aşınan kısım yüzde kayıp olarak belirlenir. Los Angeles cihazı, her iki ucu kapalı, iç çapı 711 mm ve iç uzunluğu 508 mm olan bir çelik silindirden oluşmaktadır. Silindir, ucuna bağlanmış şaftlar üzerine montelenmeli ve 1/100 eğim toleransındaki yatay pozisyonda eksen etrafında dönebilmelidir. Silindirde, deney numunelerinin yerleştirildiği bir açıklık bulunmaktadır TS-EN-1097-2 (2000).

Şekil 4.12.'de agregaların aşınma kaybının belirlenmesi amacıyla yapılan deneylerde kullanılan Los Angeles cihazına ait bir görüntü görülmektedir.



Şekil 4.12. Los Angeles deney cihazı

Silindir içine yerleştirilecek bilyelerin ağırlıkları 390-445 gr arasında olup (Şekil 4.13), sayıları deneyde kullanılan malzeme ağırlığı ve gradasyonuna göre Çizelge 4.3'deki belirlenir.



Şekil 4.13. Los Angeles cihazında kullanılan bilyeler

Çizelge 4.3. Deney numunelerinin aşındırma yükleri TS-EN-1097-2 (2000)

Elek Büyüklüğü (mm)		Granülometri Sınıfları, Gerekli Örnek Miktarları (gram)						
Geçtiği	Kaldığı	A	B	C	D	E	F	G
75	63					2500		
63	50					2500		
50	37.5					5000	5000	
37.5	25	1250					5000	5000
25	19	1250						5000
19	12.5	1250	2500					
12.5	9.5	1250	2500					
9.5	6.3			2500				
6.3	4.75			2500				
4.75	2.36				5000			
Toplam (gram)		5000	5000	5000	5000	10000	10000	10000
Kullanılan bilye sayısı		12	11	8	6	12	12	12
Yükleme ağırlığı (gram)		5000 -/+25	4584 -/+25	3330 -/+20	2500 -/+15	5000 -/+25	5000 -/+25	5000 -/+25

**Şekil 4.14.** Los Angeles deneyi için A sınıfı gradasyon elemesi

Deneyde A sınıfı gradasyon ve 12 bilye kullanılmış olup (ASTM) E 11 standartlarına uygun elekler eleme işlemi gerçekleştirildi. Ağırlık ölçümleri için % 0,1 hassaslığında hassas terazi kullanıldı. Deneyi yapılmasında Los Angeles TS EN 1097-2 standartına göre gerçekleştirildi.

Çizelge 4.4 6 farklı kırmataş ocağından temin edilen agregaların Los Angeles deneyi sonuçları

Kırmataş Ocağının Adı		Deney Numesinin Ağırlığı (gr)	500 devir Sonunda Elek Üstünde Kalan malzeme (gr)	Los Angeles Katsayısı (%)	
				$\frac{M1-M2}{M1} \times 100$	Ortalama
Ayaş-Oltan	1.Numune	5000,1	3827,3	23,46	23,9
	2.Numune	5000,0	3757,4	24,85	
	3.Numune	5000,1	3826,5	23,47	
Çayırhan	1.Numune	5000,2	3775,7	24,49	24,5
	2.Numune	5000,2	3802,4	23,95	
	3.Numune	5000,0	3745,7	25,09	
Eski Kıbrıs	1.Numune	5000,1	3877,4	22,45	22,4
	2.Numune	5000,2	3904,9	21,90	
	3.Numune	5000,1	3851,3	22,97	
Yakupabtal	1.Numune	5000,1	3921,3	21,57	22,2
	2.Numune	5000,0	3896,3	22,07	
	3.Numune	5000,0	3846,3	23,07	
Sarideğirmen	1.Numune	5000,1	3713,3	25,74	25,1
	2.Numune	5000,2	3772,2	24,56	
	3.Numune	5000,0	3747,7	25,05	
Sümer	1.Numune	5000,0	3597,2	28,06	27,4
	2.Numune	5000,1	3633,6	27,33	
	3.Numune	5000,1	3649,8	27,01	

Ankara ili kırmataş çeşitliliği açısından üç ana bölgeye ayrılmıştır. Her bölgede belirlenen iki kırmataş ocağından temin edilen numuneler üzerinde, agregaların aşınma kaybını belirlemek için Los Angeles deneyleri gerçekleştirilmiştir. Los Angeles deney sonuçlarına göre 2. Bölge ocakları (Eski Kıbrıs ve Yakupabtal) ve bu bölgedeki Yakupabtal Kırmataş Ocağın agregasının, diğer ocaklara göre aşınma direncinin daha fazla olduğu belirlenmiştir. 3. Bölge ocaklarından Sümer ocağın aşınma direnci en az olan ocak olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yol üst yapısındaki bitümlü sıcak karışımlarda kullanılan agregalar mekanik ve hava koşulları etkileri nedeniyle ufalanmaya, aşınmaya ve kırılmaya uğramaktadır. Bu nedenle, agregaların kullanım yerlerine göre belli aralıklardaki sınır değerlerinde aşınmaya karşı dayanıklı olması istenmektedir. Binder ve bitümlü temelde kullanılan agregaların aşınma direnci ne kadar fazla ise yol yapımında kullanılan BSK buna paralel olarak daha dirençli ve uzun ömürlü olacaktır. Karayolları teknik şartnamesinde (KTS) Los Angeles aşınma direnci en fazla % 30 geçmemelidir. 6 farklı taş ocağının deney sonucu KTS’i sınırları içerisinde olup, Yakupabtal (2. Bölge) ocağın direnci en fazla

olduğu için kullanıldığı binder ve bitümlü temel diğer ocaklara göre daha dirençli ve uzun ömürlü olması beklenir.

4.4.1.2. Hava tesirlerine karşı dayanıklılık

Bu deney agregaların periyodik olarak magnezyum sülfata daldırılması ve takiben etüvde kurutulması yolu ile gerçekleştirilir. Deneyin amacı, agregaların donmaya karşı davranışlarını değerlendirmektir. Agregaların hava etkileriyle donarak ufalanmaya karşı olan dirençleri hakkında laboratuvarında kısa süre içinde karar verebilmek amacıyla uygulanan hızlandırılmış bir deneydir.

Saf magnezyum sülfat tuzu ($MgSO_4$) ya da 1400 gram kristalize magnezyum sülfat tuzu kullanılabilir. TS EN 1367-2 göre deneyde kullanılacak tane boyutları ve ağırlıkları çizelge 4.5.'de gösterilmiştir. Biz kendi çalışmamızda 4,75-9,5 mm, 9,5-12,5mm ve 12,5-19mm boyutundaki agregaları kullandık. Şekil 4.15.'de kullanılan tel sepet ve agregalar gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Kullanılan tel sepetler ve Magnezyum sülfat tozu

Çizelge 4.5. Donma deneyi tane boyutları ve ağırlıkları TS-EN-1367-2 (1999)

Elek Büyüklüğü (mm)		Ağırlık (gram)
Elek altı	Elek üstü	
63	50	3000
50	37,5	2000
37,5	25	1000
25	19	500
19	12,5	630
12,5	9,5	330
9,5	4,75	300
4,75	2,36	100

Çözeltinin bir kısmı kavanoza süzülerek yoğunluğun hidrometreyle ölçümü sonucu 1,3 g/ml'ye ulaştığı kontrol edildi ve çözelti tekrar kaba döküldü TS-EN-1367-2 (1999). Şekil 4.16.'de MgSO₄ çözeltisi hazırlanırken gösterilmiştir.



Şekil 4.16. Magnezyum sülfat çözeltisi hazırlanması

Tane büyüklüğü 4,75 mm ile 9,5 mm arasında 300 gram, 9,5 mm ile 12,5 mm arasında olan 330 gram ve 12,5 mm ile 19 mm arasında olan yeterli miktarda üç deney numunesi, agregaların üzeri en az 2 cm kaplayacak biçimde doymuş magnezyum sülfat çözeltisine daldırıldı ve kabın üzeri kapatıldı. Sıcaklığı 21° C olan ortamda 17 saat bekletildi. Daldırma süresi sonunda agrega numunesi çözeltilerden çıkarılarak 5 dakika süzmeye bırakıldı ve 110° C'lik etüvde sabit ağırlığa kadar kurutuldu. Etüvden çıkarılınca oda sıcaklığına kadar soğutudu. Şekil 4.17.'de çözelti içinde bekleyen numuneler gösterilmiştir.



Şekil 4.17. Magnezyum sülfat çözeltisi hazırlanması ve numunelerin bekletilmesi

Sepetteki numuneleri suya daldırdıktan sonra çözeltilerden çıkarılıp iki saat boyunca suyun süzülmesi beklenildi. Bu işlemden sonra her bir sepet 110°C 'lik etüvde 24 saat boyunca kurutuldu ve 5 saat boyunca laboratuvar sıcaklığına erişmesi için soğutuldu. Bir sonraki daldırma işleminde, kabın tabanında toplanan tuz çökeltileri önce çözülür ve çözelti iyice karıştırılarak 30 dakika süre ile bekleme bırakıldı. Kaptaki çözeltinin yoğunluğu kontrol edilip $1,3\text{ g/ml}$ den farkı değerdeyse çözelti tekrar hazırlanmış doygun magnezyum sülfat çözeltisi ile değiştirildi TS-EN-1367-2 (1999).

Numune ikinci kez çözeltilere daldırılarak anlatılan işlemler tekrar yapıldı. Bitümlü kaplama agregaları için daldırma-kurutma işlemleri 5 kez tekrarlanmıştır. 5. Devre sonunda etüvden çıkan numune soğutulup, çözelti tamamen temizleninceye kadar suyla yıkandı. Daha sonra numuneler 110°C 'lik etüvde sabit ağırlığına kadar kurutuldu ve tartıldı. Deney sonrası kalan numune ağırlığı ile ilk numune ağırlığı arasındaki fark donma kaybıdır. Bu kaybın ilk ağırlığa göre yüzdesi donma kaybı yüzdesidir. Deney sonuçları Çizelge 4.6. gösterilmiş olup elde edilen her iki sonucun ortalama değeri hesaplandı ve en yakın tam sayıya yuvarlatılarak kaydedildi TS-EN-1367-2 (1999).

Çizelge 4.6 6 farklı Kırmataş Ocağının MgSO₄ deneyi sonuçları

Kırmataş Ocağı	Numune Boyutu	M1 (gr)	M2 (gr)	Donma Kaybı %
Ayaş-Oltan	4,75-9,5 mm	300	276,15	7,95
	9,5-12,5 mm	330	303,534	8,02
	12,5-19 mm	630	579,285	8,05
			Ortalama	8,01
Çayırhan	4,75-9,5 mm	300	269,97	10,01
	9,5-12,5 mm	330	296,67	10,10
	12,5-19 mm	630	567,945	9,85
			Ortalama	9,99
Eski Kıbrıs	4,75-9,5 mm	300	276,06	7,98
	9,5-12,5 mm	330	302,775	8,25
	12,5-19 mm	630	580,545	7,85
			Ortalama	8,03
Yakupabtal	4,75-9,5 mm	300	269,52	10,16
	9,5-12,5 mm	330	299,805	9,15
	12,5-19 mm	630	559,44	11,20
			Ortalama	10,17
Sarıdeğirmen	4,75-9,5 mm	300	276,03	7,99
	9,5-12,5 mm	330	306,966	6,98
	12,5-19 mm	630	580,356	7,88
			Ortalama	7,62
Sümer	4,75-9,5 mm	300	264,72	11,76
	9,5-12,5 mm	330	292,38	11,40
	12,5-19 mm	630	552,258	12,34
			Ortalama	11,83

Ankara ili kırmataş çeşitliliği açısından üç ana bölgeye ayrılmıştır. Her bölgede belirlenen iki kırmataş ocağından temin edilen numuneler üzerinde, agregaların termal ve bozunma özellikleri için don kaybı (magnezyum sülfat) deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarına göre en düşük don kaybı değeri 1.bölge Ayaş Oltan ocağına aitken, en yüksek don kaybı değeri 3.bölge Sümer ocağına ait olduğu belirlenmiştir.

Yol üst yapısındaki bitümlü sıcak karışımlarda kullanılan agregalar sürekli atmosferik etkilere bu sebeple donma ve çözünmeye maruz kaldıklarından zamanla parçalanıp üzerine gelen yükü taşıma özelliğini kaybeder ve parçalanmalar neticesinde, agrega ile bitüm arasındaki fiziksel bağ zayıflar. Bu nedenle bitümlü sıcak karışımlarda kullanılan agregaların donma ve çözünmeye karşı dirençli olması istenir. 6 farklı taş ocağının agregalarının Karayolları teknik şartnamesinde belirtilen sınır değer olan %18 değerinin altında olup binder ve bitümlü temel karışımları için uygun özellikte oldukları belirlenmiştir. 1. Bölge Ayaş Oltan ocağının agregasının kullanıldığı BSK karışımların hava tesirlerine karşı daha dayanıklı olduğundan agrega ve bitüm arasındaki fiziksel bağ diğer ocaklara göre daha kuvvetli olması beklenir.

4.4.1.3 Su emme (Absorpsiyon) oranının tayini

Deney, agregaların tane yoğunluğu ve su emme oranının tayini için yapıldı. Agregaya boyutuna göre iki yöntem kullanılır.

TS-EN 1097-6 standartlarına göre yapılan Tel sepet metodu, 4-31,5 mm arasında tane boyutuna sahip agregalarda, piknometre metoduna alternatif olarak kullanılabilir. Kararsızlık durumunda piknometre metodu, referans olarak kullanılır. Kendi deneyimizde tel sepet metodunu ve 5-25 mm boyutundaki agregaları kullandık.

Kuru bez üzerine alınan suyu süzülen deney numunesi kısmı üzerine yerleştirilen agregaların yüzeyi dikkatlice kurutuldu. Şekil 4.18.'de kurutulan numuneler gösterilmiştir.



Şekil 4.18 Agregaların suya doygun hale getirilmesi ve yüzey neminin kurulanması

Doygun ve yüzeyi kuru deney numunesi kısmı, bir tepsiye aktarıldı ve tartıldı (M1). Agregaların taneleri, etüvde 110 °C'de, sabit kütleye (M4) kadar kurutuldu.

Tel sepet yöntemi kullanılarak arazi çalışmalarımızdan 6 farklı ocaktan alınan numuneler TS EN 932-1'e, numune azaltma ise, TS EN 932-2'e uygun olacak şekilde her bir ocak için 5-13mm ve 13-25mm boyutundaki agregaların oluklu bölücü yardımıyla ayrı ayrı 2000 gr alınıp hazır hale getirildi. Deneylerde kullanılacak olan agregaların kütlesi, Çizelge 4.7.'de verilen kütle değerlerinden daha az olmaması gereklidir. Bu nedenle deney çalışmalarında bu ağırlıklar göz önünde bulunduruldu.

Çizelge 4.7 Deneysel numunesi kısımlarının ez az kütlesi TS-EN-1097-6 (2002)

En büyük agrega büyüklüğü (mm)	Deneysel numunesinin kısmının kütlesi (kg)
63	15
45	7
31,5	5
16	2
8	1

Hazırlanan deneysel numunesi kısmı, tel sepete yerleştirildi ve suyun seviyesi sepetin üst kısmından 50 mm yukarıda olacak şekilde 25°C sıcaklıkta su ihtiva eden tanka daldırıldı. Daldırmadan hemen sonra sepet, tankın tabanından yaklaşık 25 mm yukarıya kaldırıldı ve saniyede bir kez olmak üzere 25 defa bu yükseklikten düşürülerek, hapsolmuş hava deneysel numunesi kısmından uzaklaştırıldı. Sepet ve agrega, 24 saat süreyle 25 °C sıcaklıktaki suda tamamen daldırılmış hâlde bekletildi.

Deneysel numunesi kısmının, tartım için farklı bir tanka aktarıldı, sepet ve deneysel numunesi kısmı, yeni tankta tartım (M2) öncesi 25 defa sallandı. Sepet ve agrega, sudan çıkarıldı ve suyun uzaklaşması için birkaç dakika beklendi. Agrega, sepetten, kuru bezlerden birinin üzerine dikkatlice boşaltıldı. Boş sepet, tekrar suya daldırıldı, 25 defa sallandı ve suda tartılıp (M3) olarak kaydedildi. Şekil 4.19’da havada ve sudaki ağırlıkları tartımları gösterilmiştir.

**Şekil 4.19.** Doygun numunelerin havada ve sudaki ağırlıkları

Doygun kuru agrega taneleri tartıldı (M1) ve agrega taneleri, bir tepsiye aktarılıp etüvde 110°C sıcaklıkta, sabit kütleye (M4) kadar kurutuldu. Bütün tartımlar, deneysel numunesi kısmının kütlesinin (M4) % 0,1’i veya daha iyi olan bir doğrulukla yapılır ve kaydedilir TS-EN-1097-6 (2002). Çizelge 4.8. 6 farklı ocağın özgür ağırlık ve su absorpsiyon sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.8 6 farklı ocağın özgül ağırlık ve su absorpsiyon sonuçları

Agrega Türü	Boyut (mm)	Kuru birim ağırlığı (Yaş hacim) g/cm ³	Suya doymun birim ağırlığı (hacim özgül ağırlık) g/cm ³	Görünen birim ağırlığı (zahiri özgül ağırlık) g/cm ³	Absorpsiyon
		$\frac{M1}{M1-(M2-M3)}$	$\frac{M4}{M1-(M2-M3)}$	$\frac{M4}{M4-(M2-M3)}$	$\frac{(M1-M4)100}{M4}$
Ayaş-Oltan	5-13	2,685	2,666	2,717	0.70
Ayaş-Oltan	13-25	2,680	2,664	2,707	0.60
Ortalama		2.682	2,665	2,712	0,65
Çayırhan Ocak	5-13	2,681	2,661	2,716	0.75
Çayırhan Ocak	13-25	2,685	2,666	2,717	0.70
Ortalama		2.683	2,664	2,716	0,72
Eski Kıbrıs Ocak	5-13	2,685	2,663	2,721	0.80
Eski Kıbrıs Ocak	13-25	2,688	2,672	2,716	0.61
Ortalama		2.686	2,668	2,718	0,70
Yakupabtal Ocak	5-13	2,688	2,669	2,720	0.70
Yakupabtal Ocak	13-25	2,698	2,682	2,726	0.61
Ortalama		2.693	2,675	2,723	0,65
Sarıdeğirmen	5-13	2,696	2,668	2,745	1.05
Sarıdeğirmen	13-25	2,675	2,649	2,719	0.97
Ortalama		2.685	2,658	2,732	1,01
Sümer ocak	5-13	2,675	2,654	2,712	0.80
Sümer ocak	13-25	2,674	2,655	2,705	0.69
Ortalama		2.675	2,655	2,708	0,75

Ankara ili kırmataş çeşitliliği açısından üç ana bölgeye ayrılmıştır. Her bölgede belirlenen iki kırmataş ocağından temin edilen numuneler üzerinde, agregaların özgül ağırlık ve su kaybını belirlemek için su absorpsiyonu deneyleri gerçekleştirilmiştir

Yol üst yapısındaki bitümlü sıcak karışımlarda kullanılan agregaların tane yoğunlukları yüksek olanlar, bitümlü sıcak karışımının birim ağırlığını arttırdığı gibi karışımının dayanımını da artırır. Agregaların bünyesine emdikleri su miktarının artmasıyla bitümlü sıcak karışımda kullanılan bitümde artmaktadır. Su emme oranı, bitümün agregaya yapışmasıyla doğrudan ilgilidir. Su emme oranı fazla olan agregalar aşırı bitüm içereceğinden serilmiş binder ve bitümlü temelde terleme ve kumaya yol açabilmektedir. Bu sebepte BSK karışımının stabilitesinin düşmesine neden olmaktadır. 6 farklı ocağın su absorpsiyon değerleri Karayolları teknik şartnamesi sınır değeri % 2,5'tan düşük değerde olup, 2. bölge ocağı Yakupabtal ve 1. bölge Ayaş Oltan ocağın su absorpsiyonları aynı ancak özgül ağırlık bakımından Ayaş Oltan agregasının yoğunluğu diğer ocağa göre daha düşüktür. Yakupabtal ocağın agregalarının kullanıldığı BSK karışımının birim ağırlığı yüksek olacaktır. 3. Bölge ocağı Sarıdeğirmen ocağın su absorpsiyonu en yüksek çıkmıştır.

4.4.1.4 Agregaya ve bitüm arasındaki bağlanmanın tayini (Soyulma mukavemeti)

Soyulma, agregaya yüzeyi ile bitümlü bağlayıcı arasındaki adeziv bağın suyun etkisi ile kırılmasıdır. Soyulmaya etki eden parametreler yüzey dokusu ve porozitedir. Bitümle kaplanması kolay olan cilalı yüzeye sahip olan agregaların adezyon değeri zayıf olduğu için kolaylıkla soyulabilmektedir. Tasong ve ark (1998).

Deney agregaya numunelerinin 9,5 mm elekten geçen ve 6,3 mm elek üzerinde kalan kısmından yaklaşık olarak 200 gr alınarak saf su ile yıkayıp toz ve yabancı maddeden arındırılmıştır. 110° C'lik etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Kurutulmuş agregaya kullanılacağı zamana kadar desikatörde muhafaza edilmiştir. Sonra hazırlanmış agregadan 100 gr tartılarak ve 250 ml'lik cam behere konulmuştur. 5 gr içinde bitümlü malzeme bulunan cam beher kum banyosuna yerleştirilmiştir. Şekil 4.20'de tartılmış bitümlü malzeme ve agregaya gösterilmiştir.



Şekil 4.20. Bitüm ve agreganın tartılması

Üzerine önceden etüvde ısıtılmış agregaya ilave edildi ve ısıtılmış cam bagetle bütün agregaya yüzeyi bitümle iyice kaplanıncaya kadar 3 dakika karıştırıldı. Sonra bitümle kaplanmış agregaya 2 petri kabına (çapı 10cm) eşit olarak aktarıldı. Şekil 4.21a eşit sıcaklıktaki agregaya ve bitümin karıştırılması gösterilmiştir.



Şekil 4.21a. Agrega ve bitümün kum banyosunda eşit sıcaklıkta karıştırılması

Cam bagetle agregaların petri kabı içerisine homojen bir şekilde dağılması sağlandı. Numuneler 15 dk oda sıcaklığında bekletildikten sonra petri kapları içi saf su ile doldurulmuş tepsilere konarak tamamen su ile örtülmeleri sağlandı, tepsilerin üzeri örtüldü ve 24 saat bekletilmek üzere 60° C sıcaklıktaki etüve kondu.

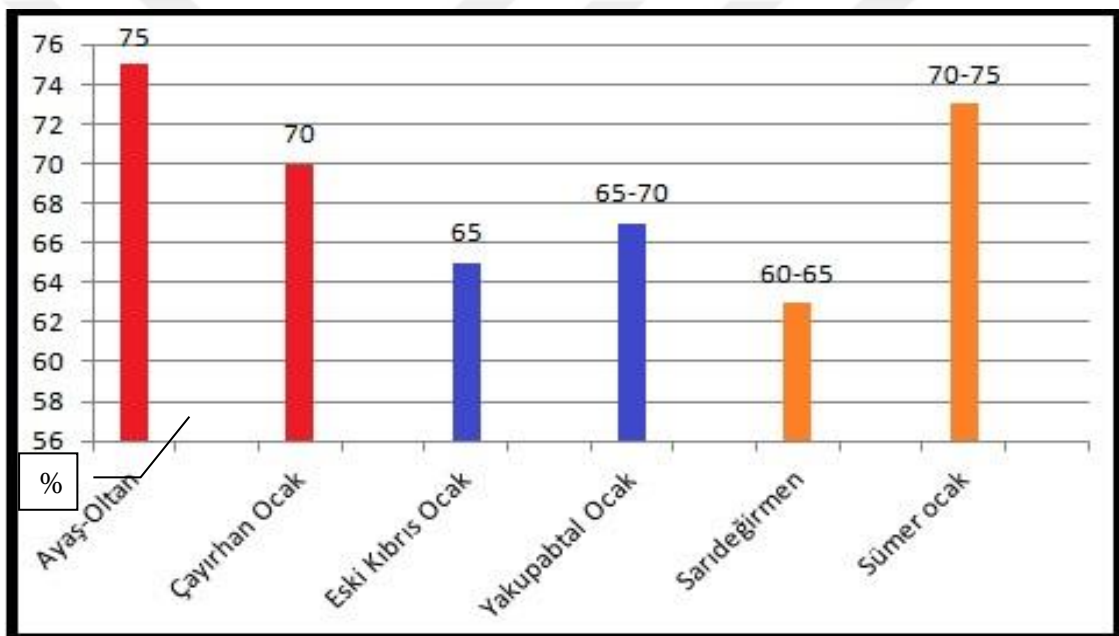


Şekil 4.21b. Karışımların petri kaplara konulması ve su tepsisinde bekletilmesi

24 saat sonunda etüvdeki petri kapları çıkartılmıştır. Bitümle kaplanmış agregaları sarmadan üzerindeki su boşaltılarak ve yeni saf su ilave edilerek yandan gelen ışık altında agrega yüzeyleri dikkatlice incelendi. Deney sonunda soyulmamış agrega yüzeyinin toplam agrega yüzeyine oranı, soyulmaya karşı dayanıklılık olarak belirlenir. TS-EN-12697-11 (2012). Şekil 4.23.'de 6 farklı ocağın soyulma mukavemeti sonuçları gösterilmektedir



Şekil 4.22. Karışımların etüve atılması ve 24 saat sonra ışık altında gözlemlenmesi



Şekil 4.23. 6 farklı ocağın Soyulma deneyi sonuçları

Ankara ili kırmataş çeşitliliği açısından üç ana bölgeye ayrılmıştır. Her bölgede belirlenen iki kırmataş ocağından temin edilen numuneler üzerinde, agregaların bitüm arasındaki bağlanmanın tayini belirlemek için soyulma mukavemeti deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarına göre en yüksek soyulma değeri 1.bölge Ayaş Oltan ocağına ait olup agreganın bitümle en çok kaplandığı görülmüştür. En düşük soyulma değeri yani bitüm kaplaması en az olan değer 3.bölge Sarıdeğirmen ocak agregalarında görülmüştür.

Yol üst yapısındaki bitümlü sıcak karışımlarda kullanılan agregalar fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikleri ile bitümün kimyasal özellikleri agrega ve bitüm

arasındaki yapışma kuvvetlerini etkiler. Soyulmaya pek çok faktör etki etmesiyle beraber en önemlileri porozite ve yüzey şeklidir. Porozitesi yüksek olan agregaların su emme oranlarında yüksek olmaktadır. BSK’da kullanılan agregaların soyulma değerleri 6 farklı ocakta Karayolları teknik şartnamesindeki % 60 sınır değerinin üstünde olup bitümlü temel ve binder karışımları için uygundur. Soyulma değeri en yüksek yani bitümlü agrega arasındaki en güçlü bağ 1.bölge ocağı Ayaş Oltan ocağında görülmekte olup, Ayaş Oltan ocağın agregasının su emme oranı da öteki ocaklardan düşük değerde olduğu su absorpsiyon deneyinde görülmüştür. Soyulma deneyi en düşük değerse 3.bölge Sarideğirmen ocakta görülmüş olup, su emme oranı en fazla olan ocaktır.

4.4.1.5. Metilen mavisi deneyi

Deney ince agregadaki kil, organik madde ve demir oksit miktarını saptamak için yapılmaktadır. Metilen mavisi boyası, kil minerallerinin negatif yüklü yüzeyleri üzerinde tutunan geniş polar organik bir moleküldür ve suda yüksek çözünürlüğe sahiptir. Metilen mavisi boyası kation değişimleriyle kil mineralleri yüzeyinden tutunur ve her bir kil çeşitinin farklı bir kation değiştirme kapasitesi mevcuttur. Kilin kation değiştirme kapasitesi değeri aşıldığı zaman, fazla metilen mavisi yüzeyde kil mineralleri ile birleşip mevcut olan kationlar ile yer değiştirerek kil parçacıklarının yüzeyinin metilen mavisi ile kaplanması esasına dayanmaktadır. TS EN 933-9 standartına göre deney 2 mm elekaltı malzemeyle yapılmıştır.

Deneyde kullanılan metilen mavisi çözeltisi 1000 gr saf suya 10 gr metilen mavisi tozu eklenerek karıştırıcıyla 600 devirde karıştırılmış ve ayrı bir saklama kabına konulup 24 saat bekletildi. Bu oluşturduğumuz çözeltinin ömrü 28 gün olup bu süreyi aşarsa çözelti tekrar yapılmalıdır. 6 farklı ocağa ait 0-5 mm boyutundaki ince agregalar 110° C etüde 24 saat bekletildikten sonra 0-2 mm elekten elenerek her bir ocaktan 200 gr (M1) ağırlığında numene hassas terazide tartılmış, elenen numuneler Şekil 4.23’te hassas terazide tartılan numuneler Şekil 4.24’de gösterilmiştir.



Şekil 4.23 Numunelerin 0-2mm elektenmesi



Şekil 4.24. 200 gr numunelerin tartılması

Elenmiş 200 gr numune Şekil 4.25’de görüldüğü gibi 500 ml olan saf su içeren behere konuldu.



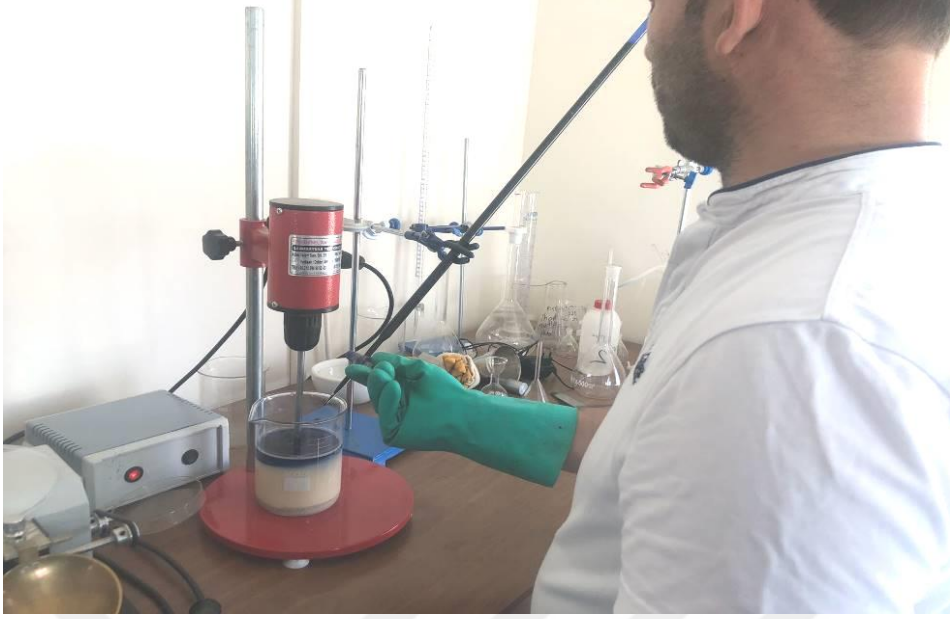
Şekil 4.25. 200 gr numunenin 500 ml saf suya konulması

Oluşan karışım deney düzeneğindeki karıştırıcıyla dakikada 600 devir hızla 5 dakika kronometre tutularak Şekil 4.26. görüldüğü gibi karıştırıldı.



Şekil 4.26. Karışımın 600 devir/dakika hızla 5 dk karıştırılması

Önceden hazırladığımız metilen mavisi çözeltisini Şekil 4.27. görüldüğü büret yardımıyla 5ml (10 g/l) miktarda karışıma katıldı. Beherdeki karışım dakikada 400 devir hızla 1 dk süre kronometre tutularak karıştırıldı.



Şekil 4.27. Karışımın 400 devir/dakika hızla 1 dk karıştırılması

1 dakika boyunca karıştırılan karışımdan süzgeç kağıdı üzerine cam çubuk yardımıyla çapı 8 mm ile 12 mm arasında olan bir damla bırakıldı (Şekil 4.28.).



Şekil 4.28. Karışımından alınan damlanın süzgeç kâğıda damlatılması

Damlanın çevresinde 1 mm az olmayacak şekilde açık mavi halkanın görülmesi gerekmektedir. Halka oluşana kadar karışıma 5ml (10 g/l) miktarda metilen mavisi çözelti eklendi 1dk boyunca karıştırıldı ve süzgeç kâğıdına damla bırakma işlemleri devam ettirildi. Halka meydana gelirse deney olumlu olur ve ilave edilen boya çözeltisinin hacmi (V1) kaydedildi. Denklem 4.1 yardımıyla metilen mavisi değeri

hesaplanır TS-EN-933-9 (2010). Çizelge 4.9 da 6 farklı ocağa ait metilen mavisi deneyi sonuçları verilmiştir.

$$\text{Metilen Mavisi Değeri} = \frac{VI}{MI} \times 10 \quad (4.1)$$

Burada:

VI = Karışıma eklenen metilen mavisi çözeltisi (ml)

M1 = Numune ağırlığı (gr)

Çizelge 4.9 6 farklı ocağa ait metilen mavisi deneyi sonuçları.

Agrega Türü	Metilen mavisi değeri (g/Kg)
Ayaş-Oltan	2.25
Çayırhan Ocak	5,00
Eski Kıbrıs Ocak	3.50
Yakupabtal Ocak	1.75
Sarıdeğirmen	2.50
Sümer ocak	1.25

Ankara ili kırmataş çeşitliliği açısından üç ana bölgeye ayrılmıştır. Her bölgede belirlenen iki kırmataş ocağından temin edilen numuneler üzerinde, ince tanelerin tayini için Metilen mavisi deneyi gerçekleştirildi. Deney sonuçlarına göre en yüksek metilen mavisi değeri 1.bölge ocağına ait olup, en düşük metilen mavisi değeri yani içeriğinde yabancı madde en az olan değer 3.bölge ocak agregalarında görülmüştür.

Yol üst yapısındaki bitümlü sıcak karışımlarda kullanılan agregaların bünyesinde bulundurduğu yabancı maddeler agrega ve bitüm arasındaki oluşması istenen bağı etkilemektedir. Kil gibi yabancı maddelerin fazla miktarda olması bitümün agregayla olan aderansı azaltmaktadır. Yabancı madde tayininde harcanan metilen çözelti miktarı, agregadaki yabancı maddelerdir. Düşük derecede absorpsiyon değerleri düşük oranda yabancı madde içermektedir. 6 farklı ocağın agregalarındaki yabancı madde içerikleri Karayolları teknik şartnamesindeki binder için % 2 ve bitümlü temel için % 1,5 olan sınır değerlerinin altında olup, 3.Bölge Sümer ocak agregası en düşük metilen mavisi değeri vermiştir. Yabancı madde içeriği en düşük olduğundan bitümlü sıcak karışımlarda diğer ocaklara göre daha iyi sonuçlar vermesi beklenir.

4.4.2. Bitüm deneyleri

Bu tez çalışmasında arazi çalışmalarından elde edilen 6 farklı ocağın agrega malzemesini temsil eden 6 farklı plentten temin edilen bitümlü temel tip-A ve binder sınıfındaki BSK malzemeleri üzerinde deneyler gerçekleştirilmiştir. Bitüm deneylerinde ilk olarak, optimum bitüm içeriğine göre tasarlanıp karışım oranları belirlenen asfalt numunelerinin Marshall stabilitesi ve akma oranları tespit edilmiştir. İkinci olarak asfalt numunelerinde ekstraksiyon deneyi yani bitüm miktar tayinleri yapılmıştır.



Şekil 4.29. 6 Kırmataş ocağını temsil etmesi amacıyla plentlerden alınan BSK

4.4.2.1. Marshall Stabilitesi deneyi

Bu çalışmasında BSK numunelerine uygulanan Marshall stabilite ve akma deneyi TS EN 12697-34 standartına göre yapılmıştır. Marshall aleti yardımıyla BSK'dan hazırlanan silindir briketler yanal yüzeylerine yükleme yapılmış ve plastik akmaya karşı direnci ölçülmüştür. Yoğunluk ve boşluk özellikleri, standarta uygun olarak hazırlanan numuneler üzerinde saptanmıştır. Bu metottaki deney sonuçları yoldan karotla alınmış bitümlü kaplama numunelerin maksimum yük ve akmasını bulunmasıyla elde edilmiştir.

Arazi çalışmalarından elde edilen 6 farklı kırmataş ocağını agrega malzemesini temsil eden 6 farklı plentten temin edilmiş olan bitümlü temel tip-A ve binder sınıfındaki BSK tabakarıyla 63,5 mm yüksekliğinde briket hazırlanmıştır

Kalıp ve tokmak iyice temizlendikten sonra etüvde standart aralığında olan 137°C’de ısıtıldı. Kalıbın dibine uygun olarak kesilmiş filtre kâğıdı konulmuştur. Tüm karışım kalıba dökülerek ve ısıtılmış bir spatula yardımıyla 15 kez karıştırılmıştır. Yakayı çıkarıp numune yüzeyi düzeltilmiştir.



Şekil 4.30. Bitümlü sıcak karışımların briketlere yerleştirilmesi

Yaka takılıp, kalıp gerektiği şekilde sıkıştırma tabanı üzerine yerleştirildi ve 75 darbe uygulayarak sıkıştırıldı. Sıkıştırma sırasında tokmak eksenini kalıp tabanına dik olacak şekilde ayarlandı. Şekil 4.30 ‘da darbe uygulaması ve ters çevrilen kalıp gösterilmiştir. Taban plakası ve yaka çıkartıldıktan sonra kalıbı ters çevrilip yeniden başlanmıştır. Çevrilen yüzede aynı sayıda darbe uygulanmıştır.



Şekil 4.31. Briketlerinin kalıplarda 75 kere sıkıştırılması ve ters çevrilmesi

Sıkıştırmadan sonra taban plakası çıkartıldı ve aynı yüzden numune çıkarıcısına yerleştirildi.



Şekil 4.32. Numunelerin briketlerden çıkarılması

Daha sonra yaka çıkartılıp, numuneleri dikkatli bir şekilde aldıktan sonra oda sıcaklığında düzgün ve temiz yerde bir gece bırakıldı (Şekil 4.33).



Şekil 4.33. Hazırlanmış bir gece bekletilen briketler

Numunelerin boyları ölçüldükten sonra sudaki, doymun-yüzey kuru ve havadaki ağırlıkları tartıldı ve deneye alındı TS-EN-12697-34 (2004). Şekil 4. 34.'de havada ve suda tartılan numuneler gösterilmiştir.



Şekil 4.34. Briketlerin yükseklik ölçümü, havada ve suda tartımları

Çizelge 4.10 Ayaş Oltan ocak bitümlü temel stabilite ve akma sonuçları

Numune	Akma (mm)	Stabilite (kg)	Düzeltilme Faktörü	Düzeltilmiş Stabilite (kg)
1	5,50	1152,27	1,035	1192,60
2	4,40	1009,51	1,074	1084,22
3	4,80	1276,45	1,103	1407,92
Ortalama	4,90	1146,08		1228,25

Çizelge 4.11 Ayaş Oltan ocak binder stabilite ve akma sonuçları

Numune	Akma (mm)	Stabilite (kg)	Düzeltilme Faktörü	Düzeltilmiş Stabilite (kg)
1	5,30	895,61	1,096	981,59
2	4,80	1088,87	1,184	1289,22
3	5,15	1143,48	1,146	1310,43
Ortalama	5,08	1042,65		1193,75

Çizelge 4.12 Çayırhan ocak bitümlü temel stabilite ve akma sonuçları

Numune	Akma (mm)	Stabilite (kg)	Düzeltilme Faktörü	Düzeltilmiş Stabilite (kg)
1	7,10	1213,45	1,099	1333,59
2	5,20	1182,86	1,198	1417,07
3	4,20	1091,09	1,190	1298,40
Ortalama	5,50	1162,47		1349,68

Çizelge 4.13 Çayırhan ocak binder stabilite ve akma sonuçları

Numune	Akma (mm)	Stabilite (kg)	Düzeltilme Faktörü	Düzeltilmiş Stabilite (kg)
1	5,20	1223,65	1,059	1295,85
2	5,30	1182,86	1,137	1344,92
3	5,10	1019,71	1,033	1053,36
Ortalama	5,20	1142,08		1231,37

Çizelge 4.14 Eski Kıbrıs ocak bitümlü temel stabilite ve akma sonuçları

Numune	Akma (mm)	Stabilite (kg)	Düzeltilme Faktörü	Düzeltilmiş Stabilite (kg)
1	4,50	1070,70	0,975	1043,93
2	5,40	866,75	1,003	869,35
3	4,90	946,36	0,968	916,08
Ortalama	4,93	961,27		943,12

Çizelge 4.15 Eski Kıbrıs ocak binder stabilite ve akma sonuçları

Numune	Akma (mm)	Stabilite (kg)	Düzeltilme Faktörü	Düzeltilmiş Stabilite (kg)
1	3,80	1590,75	1,035	1646,42
2	4,90	1743,70	1,115	1944,23
3	3,80	1764,10	1,134	2000,49
Ortalama	4,17	1699,52		1863,71

Çizelge 4.16 Yakupabtal ocak bitümlü temel stabilite ve akma sonuçları

Numune	Akma (mm)	Stabilite (kg)	Düzeltilme Faktörü	Düzeltilmiş Stabilite (kg)
1	6,50	744,39	1,096	815,85
2	5,40	876,95	1,268	1111,97
3	5,30	805,57	1,096	882,91
Ortalama	5,73	808,97		936,91

Çizelge 4.17 Yakupabtal ocak binder stabilite ve akma sonuçları

Numune	Akma (mm)	Stabilite (kg)	Düzeltilme Faktörü	Düzeltilmiş Stabilite (kg)
1	4,80	1080,89	1,184	1279,78
2	3,80	978,92	1,231	1205,05
3	4,80	999,32	1,205	1204,18
Ortalama	4,47	1019,71		1229,67

Çizelge 4.18 Sarıdeğirmen ocak bitümlü temel stabilite ve akma sonuçları

Numune	Akma (mm)	Stabilite (kg)	Düzeltilme Faktörü	Düzeltilmiş Stabilite (kg)
1	5,59	1152,27	1,010	1163,80
2	6,15	1162,47	1,065	1238,03
3	5,12	1121,68	1,078	1209,17
Ortalama	5,62	1145,47		1203,67

Çizelge 4.19 Sarıdeğirmen ocak binder stabilite ve akma sonuçları

Numune	Akma (mm)	Stabilite (kg)	Düzeltilme Faktörü	Düzeltilmiş Stabilite (kg)
1	4,60	1050,30	1,059	1112,27
2	4,50	1172,67	1,065	1248,89
3	4,40	1009,51	1,103	1113,49
Ortalama	4,50	1077,49		1158,22

Çizelge 4.20 Sümer ocak bitümlü temel stabilite ve akma sonuçları

Numune	Akma (mm)	Stabilite (kg)	Düzeltilme Faktörü	Düzeltilmiş Stabilite (kg)
1	3,80	876,95	1,190	1043,57
2	4,80	846,36	1,181	999,55
3	4,80	978,92	1,121	1097,37
Ortalama	4,47	900,74		1046,83

Çizelge 4.21 Sümer ocak binder stabilite ve akma sonuçları

Numune	Akma (mm)	Stabilite (kg)	Düzeltilme Faktörü	Düzeltilmiş Stabilite (kg)
1	4,40	1172,67	1,121	1314,56
2	4,50	1152,27	1,062	1223,71
3	4,50	1009,51	1,128	1138,73
Ortalama	4,47	1111,48		1225,67

Ankara ili kırmataş çeşitliliği açısından üç ana bölgeye ayrılmıştır. Her bölgede belirlenen iki kırmataş ocağından temin edilen numuneler üzerinde, agregaların optimum bitüm tayini ve akma değerlerini belirlemek için Marshall Stabilitesi deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarına göre 2.bölge ocağı olan Eski Kıbrıs ocağın binder karışımı en yüksek stabilite değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir..

Stabilite değeri yol üst yapısındaki BSK'da, sıkıştırılmış bir BSK karışımında yapısal mukavemeti temsil etmektedir. Mukavemete birincil derecede bitüm miktarı ve karışımındaki agregaların tane boyut dağılımı ve fiziksel özellikleri etkiler. Akma değeri BSK karışımına trafik yükleri altındaki davranışlarını belirleyen, karışımların esneklik ile plastiklik özelliklerini ifade eden değerdir. Marshall biriketlerinin kırıldığı kuvvete tekabül eden deformasyonunu ifade eden akmanın değeri sıkıştırılmış BSK'nın iç sürtünmesinin ölçüsüdür. Karayolları teknik şartnamesinde (KTŞ) gösterilen en yüksek akma değeri, BSK'nın plastikliğini ve kullanılabilir en yüksek bağlayıcı miktarını, en alt değeri ise, BSK'nın dayanıklılığını ve gevrekliğini gösterir. 6 farklı ocağı temsil eden binder ve bitümlü temel karışımlarının KTŞ'de belirtilen stabilite alt sınır 500 kg (bitümlü temel) ve 600 kg'dan (binder) fazla ve akma değerlerinin şartnamedeki belirtilen bitümlü temel (2-5mm) ve binder (2-4mm) akma değerleri arasındadır. Eski Kıbrıs ocağın (2.bölge) binder karışımı en yüksek stabiliteyle en mukavemetli karışımı, buna paralel olarak en düşük akma değerini verdiği bulunmuştur. Eski Kıbrıs taş ocağı agregaları BSK karışımlarında en dayanıklı ve gevrek karışımı sağlamaktadır.

4.4.2.2. Ekstraksiyon (çekme, özütleme) deneyi

Bitümlü karışımlarda bitüm miktarının tayini aşağıdaki amaçlar için yapılır;

- İmalat sırasında, karışımdaki bitümün dizayn değerine uygun verilip verilmediğini belirlemek,
- Karışımdaki agrega gradasyonunu belirlemek,
- Bozulmuş kaplamalardan alınan karotlar üzerinde, bitüm miktarı ve gradasyon belirleyerek, kaplamanın muhtemel bozulma sebeplerini araştırmak.

Bitümlü sıcak karışımlardaki bitüm miktarı deneyi Karayolları Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında ASTM D2172 standartına göre yapıldığından çalışmamızdaki deneyimizi ASTM (2011) standarttı referans alınmıştır.

Karışımdan ya da kaplamadan alınan numune, spatula veya küçük bir kürek ile ayrıştırılabilecek kadar yumuşak değilse bir tepsiye konarak yumuşaması için 110°C etüvde bekletildi Orhan (2012).



Şekil 4.28. Bitüm sıcak karışımlarının homojen ayrılması ve etüve konulması işlemi

Santrifüjlü ya da ısıtıcılı cam veya alüminyum ekstraktör aleti kullanılarak deney yapılabilir. Santrifüjlü ekstraktör ile deney daha kısa zamanda bitmekte ancak filler kaybı yüksek olmaktadır. Isıtıcılı cam veya alüminyum ekstraktör ile deney yaklaşık 2-4 saat sürmekte ancak filler kaybı daha az olmaktadır.



Şekil 4.29. Alüminyum ekstraktör cihazı

Bitüm yüzdesi tayini deneyinde alüminyum ekstraktör kullanılmıştır. Karışımın Dmaks'na göre uygun miktarda bitümlü malzeme (D) filtre kağıdı (A) yerleştirildi tel sepet içine konuldu (C).



Şekil 4.30. Filtre kağıdının tek başına ve tel sepetle ağırlığı

Alüminyum silindire ayrıştırıcı ve trikloretilen, seviyesi tel sepetin koni ucundan aşağıda olacak miktarda konuldu. Tel sepet alüminyum silindire yerleştirildi. Yoğunlaştırıcı alüminyum silindir üzerine yerleştirildi ve yoğunlaştırıcı içinden sürekli soğuk su geçmesi sağlandı. Alüminyum silindir altında bulunan ısıtıcının sıcaklığı, ayrıştırıcı yavaşça kaynayacak ve yoğunlaştırıcıdan sepet içine düzenli bir akış sağlanacak şekilde ayarlandı. Sepetin alt konik ucundan etilenin rengi (açık kehribar) görünene kadar işleme devam edildi. Daha sonra bitümü alınmış agrega tel sepetten

çıkartılarak etileni uçması için oda sıcaklığında bir süre bekletildikten sonra 110 °C'lik etüvde sabit ağırlığa kadar kurutuldu. Daha sonra karışım(D) ve agrega ağırlığında (E), bitüm miktarı (F) hesaplandı. Şekil 4.31.'de bitüm karışımının ağırlık tartımları gösterilmiştir.



Şekil 4.31. Bitüm karışımının tel sepete konulup tartılması

Bitüm yüzdesi tayini sırasında, karışımındaki bir miktar filler malzemesi etilen ve bitümle birlikte filtre kâğıdından süzülür. Bu nedenle, bitüm miktarı ve agrega gradasyonu hesaplanırken filler kaybının dikkate alınması gerekir.



Şekil 4.32. Bitümden ayrılmış agregaların elenmesi

Her bölgede belirlenen kırma taş ocaklarını temsil eden numuneler üzerinde, binder ve bitümlü temel olarak bitümlü sıcak karışımlar içindeki bitüm miktarlarını belirlemek için yapılan yapılan deney sonuçları Çizelge 4.22-4.27'de gösterilmiştir. Bitümsüz numune yani agreganın gradasyonun belirlemek için deneyden çıkan agreganın elek analizi yapıldı. Deneyden sonra bitümden ayrılmış agregalar elek

analizlerine tabi tutulup karayolları teknik şartnamesi sınırları içerisinde olup olmadığı test edildi.

Çizelge 4.22 Ayaş-Oltan Kırmetaş Ocağı bitüm miktar tayini sonuçları

Ayaş-Oltan Kırmetaş Ocağı	Bitümlü Temel	Binder
A=Kağıt (gr)	14.60	14.60
B=Kağıt+Sepet (gr)	317.90	318.50
C=Kağıt+Sepet+B.S.K. (gr)	2345.10	2334.60
D=Bitümlü Numune (gr)=(C-B)	2027.20	2016.10
E=Bitümsüz Numune (gr)	1968.40	1972.50
F= Bitüm Miktarı= (D-E)	79.20	81.60
Bitüm Oranı %'e= ((F/E)*100)	4.02	4.14

Çizelge 4.23 Çayırhan ocak bitüm miktar tayini sonuçları

Ayaş-Oltan Kırmetaş Ocağı	Bitümlü Temel	Binder
A=Kağıt (gr)	14.70	14.60
B=Kağıt+Sepet (gr)	318.20	371.60
C=Kağıt+Sepet+B.S.K. (gr)	2267.20	2393.90
D=Bitümlü Numune (gr)=(C-B)	1949.00	2022.30
E=Bitümsüz Numune (gr)	1873.30	1928.70
F= Bitüm Miktarı= (D-E)	73.70	90.60
Bitüm Oranı %'e= ((F/E)*100)	3.93	4.70

Çizelge 4.24 Eski Kıbrıs ocak bitüm miktar tayini sonuçları

Ayaş-Oltan Kırmetaş Ocağı	Bitümlü Temel	Binder
A=Kağıt (gr)	14.90	14.30
B=Kağıt+Sepet (gr)	372.30	322.10
C=Kağıt+Sepet+B.S.K. (gr)	2405.70	2155.70
D=Bitümlü Numune (gr)=(C-B)	2033.40	1833.60
E=Bitümsüz Numune (gr)	1966.30	1759.70
F= Bitüm Miktarı= (D-E)	69.10	73.90
Bitüm Oranı %'e= ((F/E)*100)	3.51	4.20

Çizelge 4.25 Yakupabtal ocak bitüm miktar tayini sonuçları

Ayaş-Oltan Kırmetaş Ocağı	Bitümlü Temel	Binder
A=Kağıt (gr)	14.60	14.80
B=Kağıt+Sepet (gr)	321.30	370.60
C=Kağıt+Sepet+B.S.K. (gr)	2425.80	2512.10
D=Bitümlü Numune (gr)=(C-B)	2104.50	2141.50
E=Bitümsüz Numune (gr)	2031.00	2038.20
F= Bitüm Miktarı= (D-E)	73.50	93.30
Bitüm Oranı %'e= ((F/E)*100)	3.62	4.58

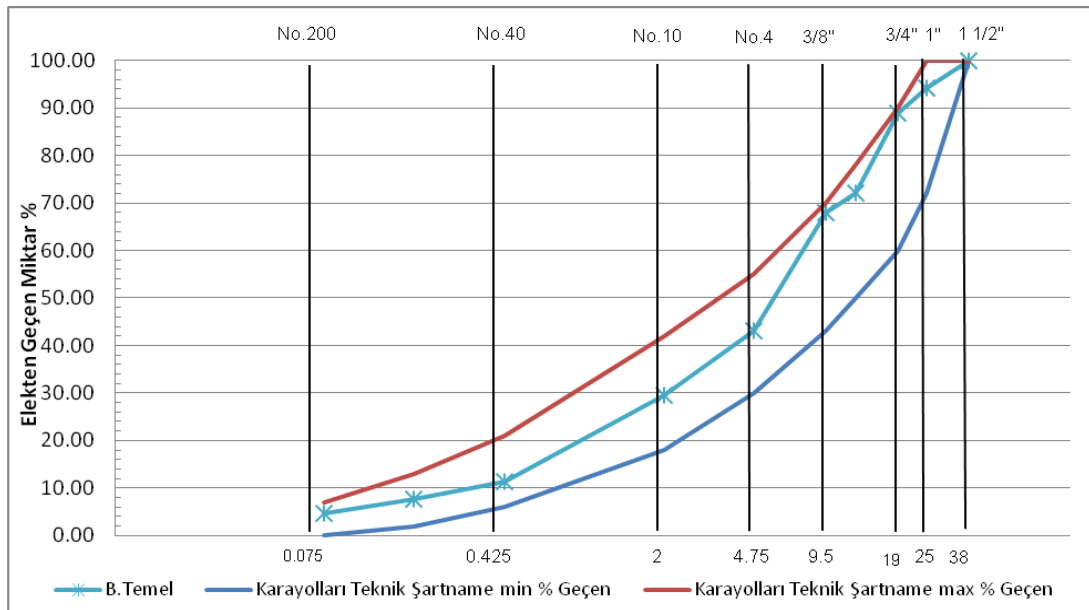
Çizelge 4.26 Sarideğirmen ocak bitüm miktar tayini sonuçları

Ayaş-Oltan Kırmataş Ocağı	Bitümlü Temel	Binder
A=Kağıt (gr)	14.50	14.40
B=Kağıt+Sepet (gr)	370.80	370.50
C=Kağıt+Sepet+B.S.K. (gr)	2516.30	2560.40
D=Bitümlü Numune (gr)=(C-B)	2145.50	2164.30
E=Bitümsüz Numune (gr)	2072.00	2077.40
F= Bitüm Miktarı= (D-E)	73.50	84.40
Bitüm Oranı %'e= ((F/E)*100)	3.55	4.06

Çizelge 4.27 Sümer ocak bitüm miktar tayini sonuçları

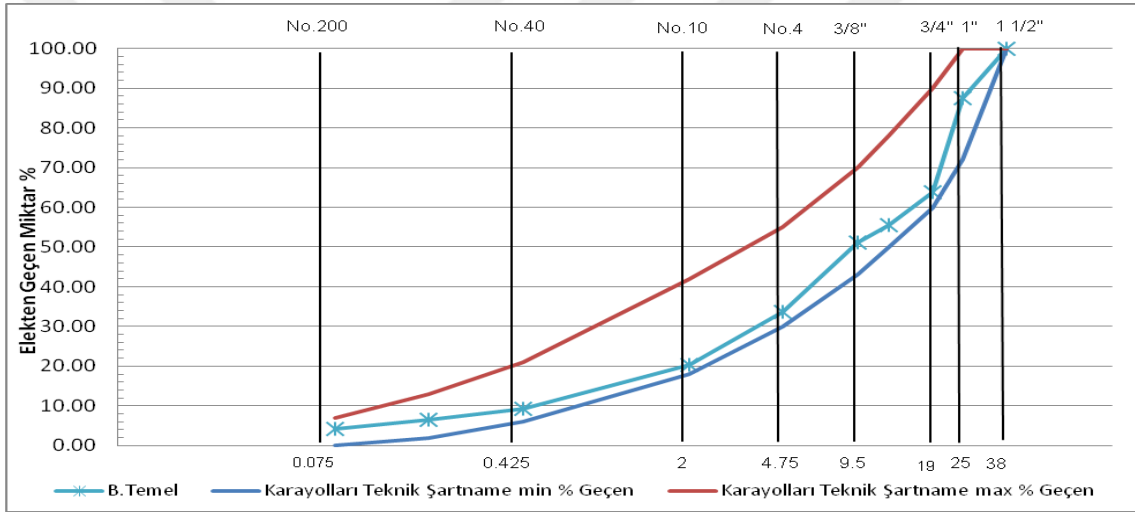
Ayaş-Oltan Kırmataş Ocağı	Bitümlü Temel	Binder
A=Kağıt (gr)	14,30	14,50
B=Kağıt+Sepet (gr)	370,60	371,20
C=Kağıt+Sepet+B.S.K. (gr)	2554,50	2455,00
D=Bitümlü Numune (gr)=(C-B)	2183,90	2083,80
E=Bitümsüz Numune (gr)	2099,30	2020,00
F= Bitüm Miktarı= (D-E)	80,60	67,80
Bitüm Oranı %'e= ((F/E)*100)	3.84	3.95

Bitüm miktarı belirlenip bitüm karışımdan ayrıldıktan sonra kalan bitümsüz agregalar elek analizlerine tabi tutulup karayolları teknik şartnamesi sınırları içerisinde kaldıkları her bir ocağın gradasyon eğrileri aşağıdaki grafiklerde belirtilmiş olup, ayrıntılı tablo bilgileri Ek 3'te gösterilmiştir.

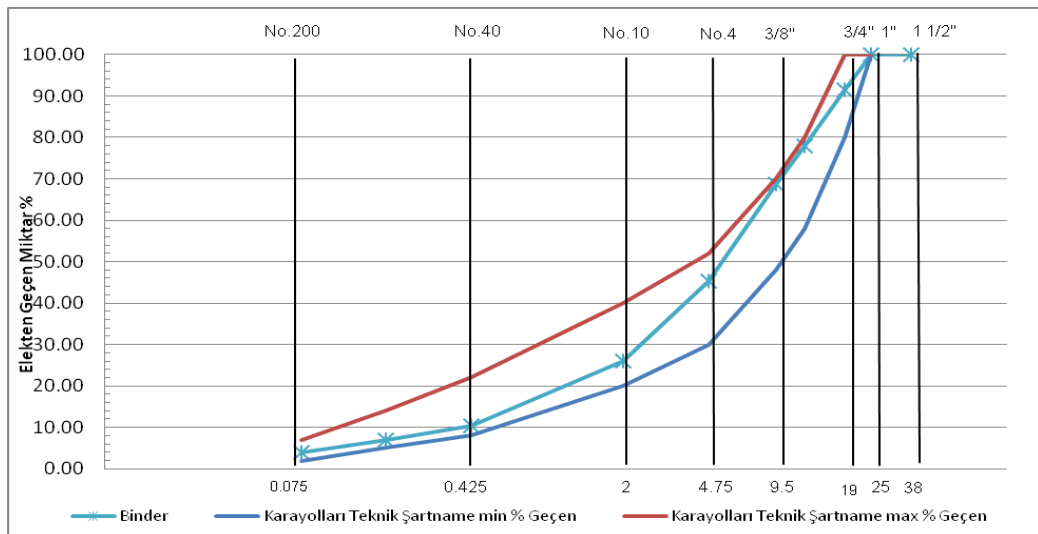
**Şekil 4.33.** Ayaş Oltan ocak bitümlü temel elek analiz sonuçları



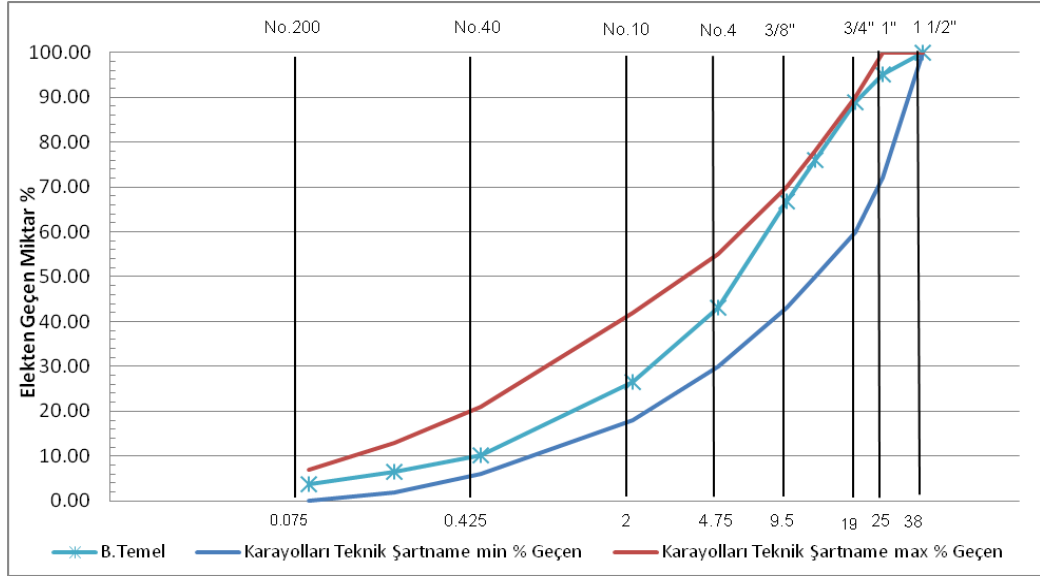
Şekil 4.34. Ayaş Oltan ocak binder elek analiz sonuçları



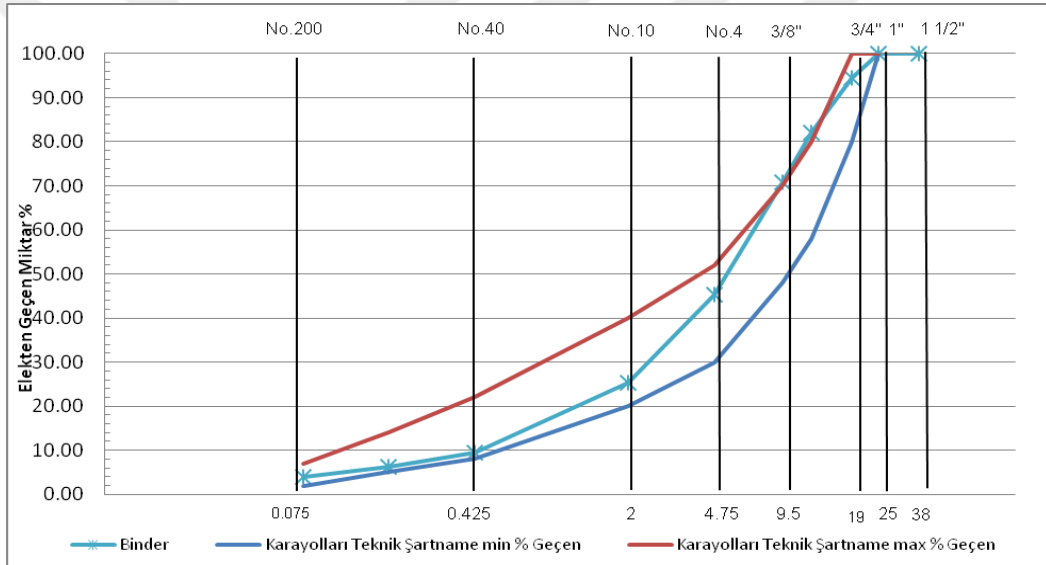
Şekil 4.35. Çayırhan ocak bitümlü temel elek analiz sonuçları



Şekil 4.36. Çayırhan ocak binder temel elek analiz sonuçları



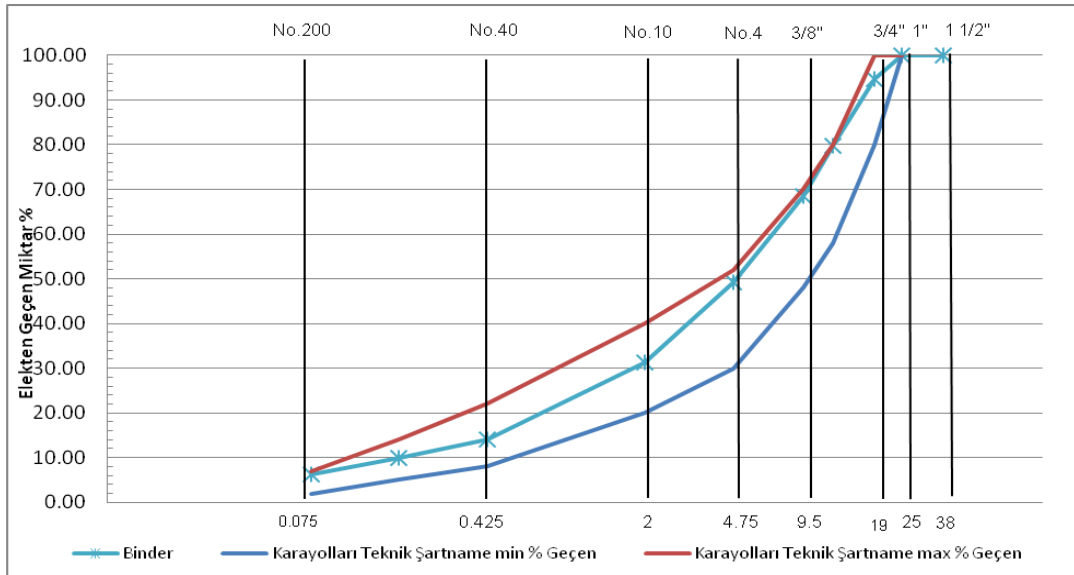
Şekil 4.37. Eski Kıbrıs ocak bitümlü temel elek analiz sonuçları



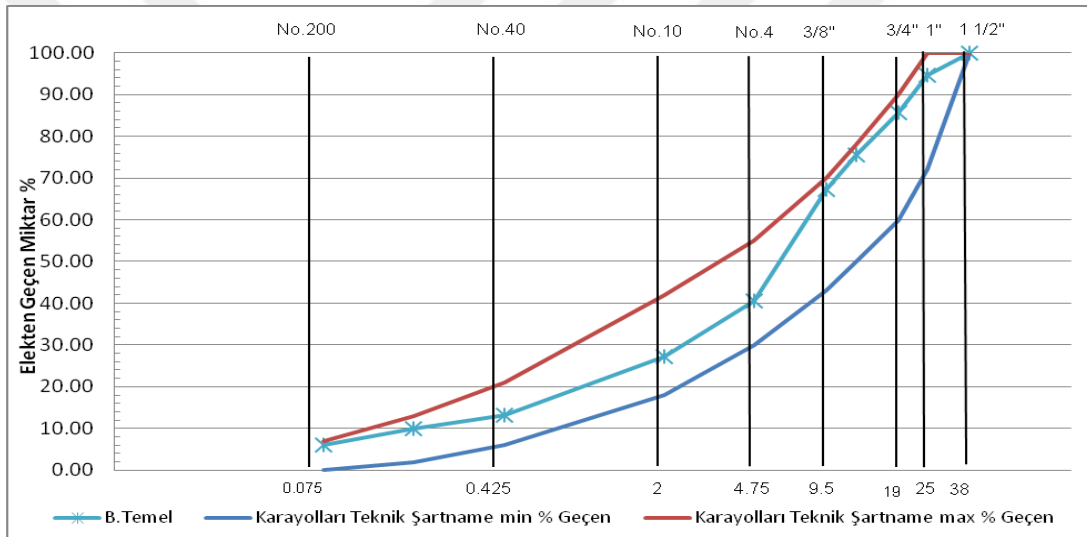
Şekil 4.38. Eski Kıbrıs ocak binder elek analiz sonuçları



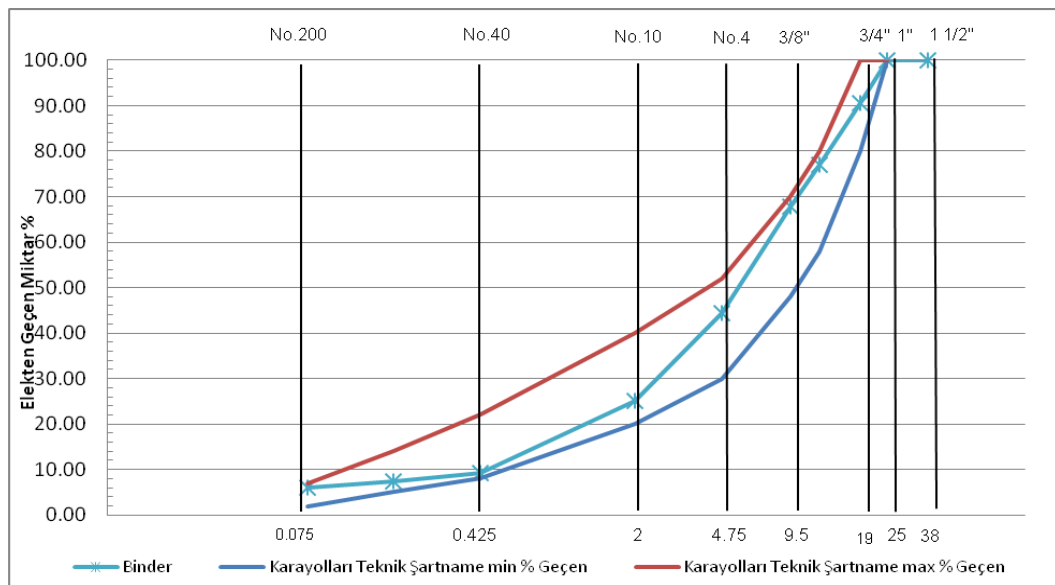
Şekil 4.39. Yakupabtal ocak bitümlü temel elek analiz sonuçları



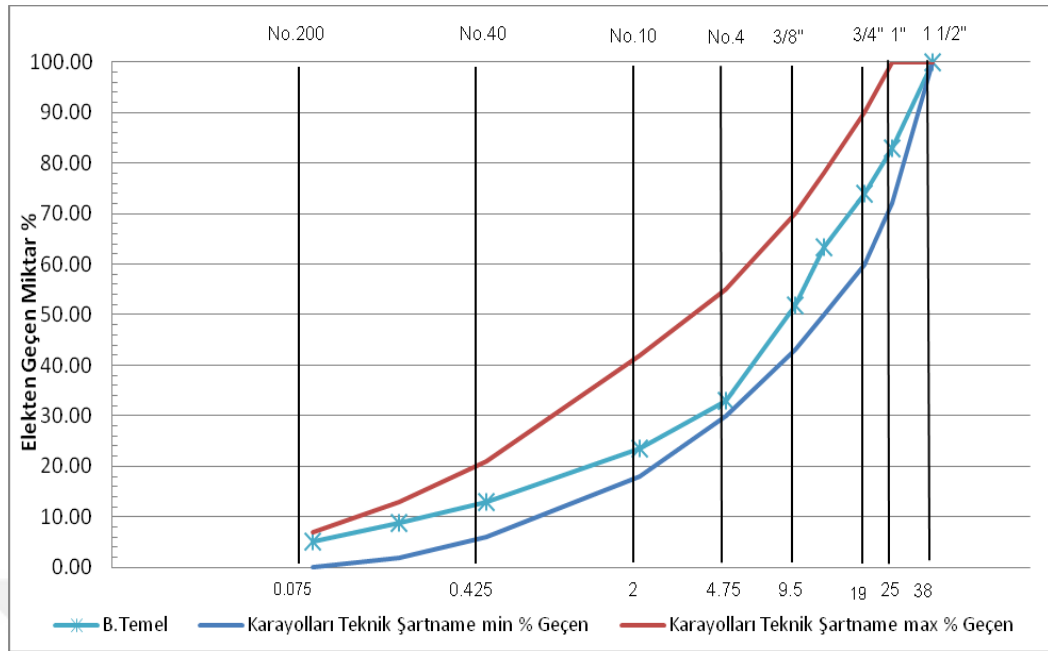
Şekil 4.40. Yakupabtal ocak binder elek analiz sonuçları



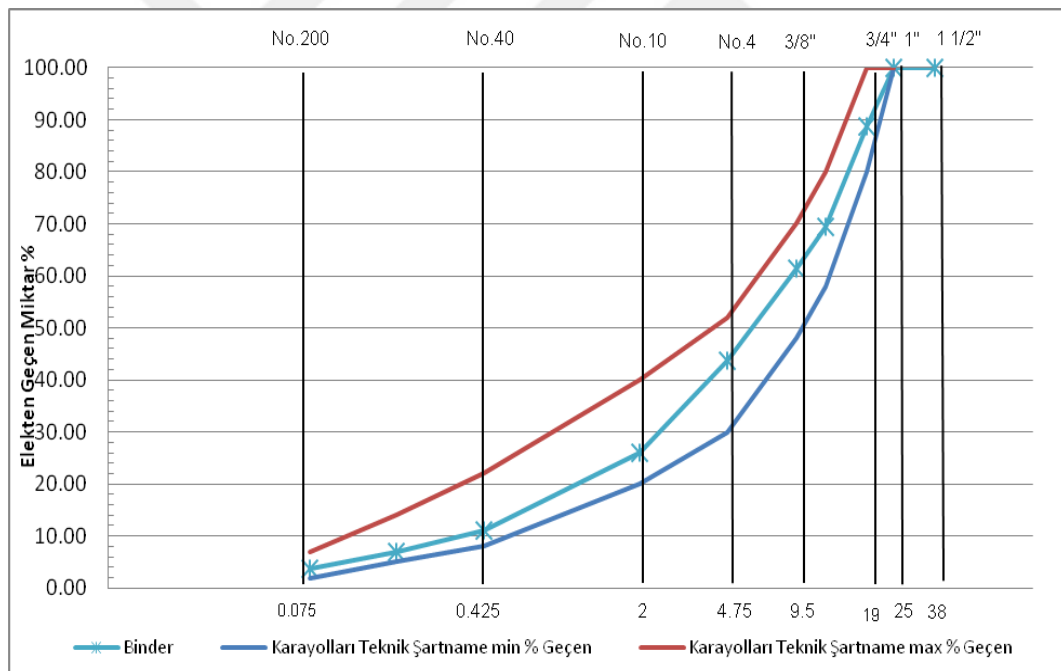
Şekil 4.41. Sarıdeğirmen ocak bitümlü temel elek analiz sonuçları



Şekil 4.42. Sarıdeğirmen ocak binder elek analiz sonuçları



Şekil 4.43. Sümer ocak bitümlü temel elek analiz sonuçları



Şekil 4.44. Sümer ocak binder elek analiz sonuçları

Ankara ili kırmataş çeşitliliği açısından üç ana bölgeye ayrılmıştır. Her bölgede belirlenen iki kırmataş ocağından temin edilen numuneler üzerinde, bitümlü sıcak karışımlar içindeki bitüm miktarlarını belirlemek için Ekstraksiyon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon deneyi sonuçları göre 3.bölge ocağı Sarıdeğirmen ocağına ait bitümlü temel BSK kaplamalarında bitüm miktarı deneylerinde en az bitüm

miktarı tespit edilmiştir. En fazla bitüm miktarı ise 1.bölgeye ait Çayırhan ocağına ait binder kaplamasında tespit edilmiştir.

Yol üst yapısındaki bitümlü sıcak karışımlarda kullanılan agregada gradasyonunun Karayolları teknik şartname sınır değerlerinin alt ve üst sınırlarına göre stabilite değeri sağlanmakta, gradasyonun incilmesi ile birlikte absorbe edilen bitüm miktarları artmakta iken stabilite değerinde azalmalar olabilmektedir. Düşük tane boyutlarında yüzey alanı artacağından bitüm daha fazla agregayla sarılacaktır ve kullanılan bitim miktarı artacaktır. Yüksek tane boyutlarında ise kullanılan bitüm miktarı azalırken yüksek stabilite değeri göstermektedir. Ancak yüksek stabiliteye sahip binder ve bitümlü temel karışımlarda ağır ve yoğun trafik yüklerinde kırılma ve çatlama oluşturabilmektedir. Bu yüzden BSK karışımlarında kullanılan agregada boyutları ne çok ince nede çok kalın olmalıdır. İdeal aralık olan ve Karayolları teknik şartnamesi sınırları ortasına yakın yerlerden geçmesi binder ve bitümlü temel karışımlarında daha stabil durum gerçekleştirebileceği düşünülmektedir.

5. DENEY SONUÇLARININ TOPSİS YÖNTEMİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Ankara İli kırmataş çeşitliliği açısından üç ana bölgeye ayrılmıştır. Her bir bölgede belirlenen iki kırmataş ocağından temin edilen numuneler üzerinde agrega ve bitüm deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarından yararlanarak kırmataş ocaklarından üretilen agregalar içerisinde, hangi ocaktan üretilen agregaların bitümlü sıcak karışım için uygun olduğunu belirlemek için çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Deney sonuçları ilk olarak kendi arasında Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemiyle karşılaştırılarak özelliklerine göre etki ağırlıkları belirlenmiştir. Sonraki aşamada ise, 6 farklı ocağın deney sonuçları karayolları teknik şartnamesindeki agrega ve bitüm değerlerinin maksimum ve minimum limitlerin baz alınarak oluşturulan standart optimum sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Optimum sonuç 1 sayısı kabul edilerek 6 farklı ocağın deney sonuçları optimum sonuca endekslenmiş ve ağırlık puanları verilmiştir. AHP yöntemiyle elde edilen etki ağırlık değerleri ile her deneyin ağırlık puanları kullanılarak TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to ideal Solution) yöntemiyle de 6 farklı ocağın BSK için uygunluğu sınıflanmıştır.

AHP, Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen ve en çok uygulanan çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. Yöntem karar verme sürecinde, ikili karşılaştırmalar yoluyla seçeneklerin ve kriterlerin birbirine göre ne kadar önemli, tercih edilebilir veya baskın olduğunu belirlemektedir Özgörmüş ve ark (2005). AHP yönteminde ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması ve önem ağırlıklarının belirlenmesinde Saaty tarafından önerilen ve Çizelge 5.1.'de verilen 1-9 önem skalası kullanılmaktadır.

Çizelge 5.1. AHP ölçeğinin dereceleri ve açıklamaları Saaty (1990)

Önem Ölçeği	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	Her iki faktörün eşit öneme sahip olması durumu
3	Orta derecede önemli	1. Faktörün 2. faktörden daha önemli olması durumu
5	Kuvvetli derecede önemli	1. Faktörün 2. faktörden çok önemli olması durumu
7	Çok kuvvetli derecede önemli	1. Faktörün 2. faktöre nazaran çok güçlü bir öneme sahip olması durumu
9	Kesin önemli	1. Faktörün 2. faktöre nazaran mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu
2,4,6,8	Ara değerler	Ara değerler

Agrega ve bitüm deneylerinin ikili karşılaştırma matrisleri Çizelge 5.2. gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. Deneylerin karşılaştırma matrisi

	Soyulma	Su emme	Los Angeles	Özgül Ağırlık	Hava Tesiri	Metilen Mavisi	Stabilite	Akma	Bitüm Miktarı	Boyut Dağılımı
Soyulma	1.00	2.00	2.00	6.00	2.00	3.00	3.00	3.00	5.00	6.00
Su emme	0.50	1.00	3.00	5.00	0.50	1.00	3.00	3.00	5.00	5.00
Los Angeles	0.50	0.33	1.00	4.00	1.00	4.00	3.00	3.00	5.00	5.00
Özgür Ağırlık	0.17	0.20	0.25	1.00	0.33	0.25	0.33	0.33	0.50	1.00
Hava Tesiri	0.50	2.00	1.00	3.00	1.00	2.00	4.00	4.00	5.00	6.00
Metilen Mavisi	0.33	2.00	0.25	4.00	0.50	1.00	3.00	3.00	5.00	5.00
Stabilite	0.33	0.33	0.33	3.00	0.25	0.33	1.00	1.00	3.00	5.00
Akma	0.33	0.33	0.33	3.00	0.25	0.33	1.00	1.00	3.00	5.00
Bitüm Miktarı	0.20	0.20	0.20	2.00	0.20	0.20	1.00	0.33	1.00	5.00
Boyut Dağılımı	0.17	0.20	0.20	1.00	0.17	0.20	0.20	0.20	0.20	1.00
Toplam	4.03	8.60	8.57	32.00	6.20	12.32	19.53	18.87	32.70	44.00

Agrega ve bitüm deneylerinin ikili karşılaştırma matrisi düzenledikten sonra bu deneylerin her biri seçim faktörüne olan etkisini bulabilmek için ikinci karşılaştırma matrisleri oluşturulması gerekir. İlk önce ilişki matrisleri normalleştirilir. Normalleştirme her bir sütun değerinin ayrı ayrı ilgili sütun toplamına bölünmesiyle elde edilmektedir. Agreg a ve bitüm deneylerinden elde ettiğimiz ikili karşılaştırma matrisleri normalize edildi. Çizelge 5.3.'de normalleştirilmiş matris değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. Normalleştirilmiş deney matris değerleri

	Soyulma	Su emme	Los Angeles	Özgül Ağırlık	Hava Tesiri	Metilen Mavisi	Stabilite	Akma	Bitüm Miktarı	Boyut Dağılımı
Soyulma	0.25	0.23	0.23	0.19	0.32	0.24	0.15	0.16	0.15	0.14
Su emme	0.12	0.12	0.35	0.16	0.08	0.08	0.15	0.16	0.15	0.11
Los Angeles	0.12	0.04	0.12	0.13	0.16	0.32	0.15	0.16	0.15	0.11
Özgür Ağırlık	0.04	0.02	0.03	0.03	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Hava Tesiri	0.12	0.23	0.12	0.09	0.16	0.16	0.20	0.21	0.15	0.14
Metilen Mavisi	0.08	0.23	0.03	0.13	0.08	0.08	0.15	0.16	0.15	0.11
Stabilite	0.08	0.04	0.04	0.09	0.04	0.03	0.05	0.05	0.09	0.11
Akma	0.08	0.04	0.04	0.09	0.04	0.03	0.05	0.05	0.09	0.11
Bitüm Miktarı	0.05	0.02	0.02	0.06	0.03	0.02	0.05	0.02	0.03	0.11
Boyut Dağılımı	0.04	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02
Toplam	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Normalleştirilmiş karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra matrisin satır değerlerinin ortalaması alınarak ağırlıkları belirlenmiş olur. Çizelge 5.4. ağırlıkları belirlenmiş deneyler gösterilmiş olup bu ağırlık değerleri TOPSİS yönteminde kullanılacaktır.

Çizelge 5.4. Deneylerin ağırlık matrisi

Deneyler	Ağırlıkları
Soyulma	0.21
Su emme	0.15
Los Angeles	0.15
Özgül Ağırlık	0.03
Hava Tesiri	0.16
Metilen Mavisini	0.12
Stabilite	0.06
Akma	0.06
Bitüm Miktarı	0.04
Boyut Dağılımı	0.02
Toplam	1.00

TOPSIS yöntemi ilk defa 1981 yılında Hwang ve Yoon tarafından uygulanmıştır. Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir ve bu yöntemde kararlar arasından pozitif ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözümden de en uzak mesafede değerlendirme yapabilmektedir. Bununla birlikte; belirlenen en iyi kriter her zaman pozitif ideal çözüme en kısa mesafede olamadığı gibi; negatif ideal çözüme de en uzak mesafede olamayabilir. Bu durumda negatif ideal çözümlerin optimum kriter değerleri en az iken; optimum kriter değerlerinden oluşan veriler, ideal çözümlerdir Wu ve ark (2008). AHP yöntemiyle ağırlıkları belirlenen deney kriterlerinden sonra, TOPSIS yöntemi 6 aşamadan oluşan bir çözüm sürecini içermektedir Supçiller ve Çapraz (2011).

5.1. Karar Matrisinin (A) Oluşturulması (1.Aşama)

Matrisinin sütunlarında karar vermede kullanılan değerlendirme faktörleri satırlarında ise üstünlük önemleri sıralanmak istenen karar noktaları yer almaktadır. Bu matris karar verici tarafından oluşturulmuş başlangıç matrisidir. Karar matrisi Denklem 5.1. gösterilmiştir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (5.1)$$

A_{ij} matrisinde m karar noktası sayısını, n değerlendirme faktörü sayısını verir. Karar noktalarımız 6 farklı ocak, değerlendirme faktörüye 14 farklı deney sonucu kullanılmıştır. Çizelge 5.5'te oluşturulan karar matrisi gösterilmiştir. Karar matrisi değerleri oluşturulurken her bir deney sonucu kendi içinde Karayolları Teknik Şartnamesi (KTS) sonuçlarına göre değerlendirilmiş olup toplu deney sonuçları ve deney sonuçlarının KTS göre değerlendirilmesi Ek-2'de gösterilmiştir.

5.2. Standart karar matrisinin (R) oluşturulması (2.Aşama)

A matrisindeki elemanların yararlanmasıyla oluşan standart karar matrisi Eşitlik 5.2'deki formül kullanılarak hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (5.2)$$

R matrisi Denklem 5.3.'ten elde edilir.

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (5.3)$$

Karar matrisi değerleri kullanılarak oluşturulan standart karar matrisi Çizelge 5.6'te gösterilmiştir.

5.3. Ağırlıklı standart karar matrisinin (V) oluşturulması (3.Aşama)

Öncelikle değerlendirme faktörlerine ilişkin ağırlık değerleri (w_i) belirlenir ($\sum_{i=1}^n w_i = 1$). AHP yöntemiyle elde edilen ağırlık değerleri kullanılacaktır.

Daha sonra R matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili w_i değeri ile çarpılarak V matrisi oluşturulur. V matrisi Denklem 5.4.'te gösterilmiştir:

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (5.4)$$

Çizelge 5.7 'da AHP yöntemiyle oluşturulan w_i ağırlık değerleriyle çarpılarak oluşturulan ağırlıklı standart karar matrisi (v) gösterilmiştir.

5.4. Pozitif İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) çözümlerin oluşturulması (4.Aşama)

Bütün değerlendirme faktöründe monoton artan yada azalan bir eğilimde olduğu varsayılmaktadır. Oluşturulan ideal çözüm setinde karar (V) matrisinde ağırlıklı değerlendirme faktörleri (sütun değerlerinin en büyükleri) seçilir. Değerlendirme minimizasyon yönlü ise en küçüğü seçilir. Pozitif ideal çözüm setinin bulunması Eşitlik 5.4.'deki formülde gösterilmiştir.

$$A^* = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad (5.4)$$

Çizelge 5.5. Deney sonuçlarına göre oluşturulan karar matrisi

Ocaklar	Soyulma	Su Emme	Los Angeles	Özgül Ağırlık	Hava Tesiri	Metilen Mavisi	Stabilite		Akma		Bitüm Miktarı		Boyut Dağılımı	
							B.Temel	Binder	B.Temel	Binder	B.Temel	Binder	B.Temel	Binder
Ayaş-Oltan	0.750	0.740	0.203	0.993	0.555	0.000	0.838	0.398	0.067	0.000	0.819	0.425	0.830	0.910
Çayırhan Ocak	0.700	0.712	0.183	0.994	0.445	0.000	1.000	0.432	0.000	0.000	0.747	0.798	0.710	0.690
Eski Kıbrıs Ocak	0.650	0.720	0.253	0.995	0.554	0.000	0.458	1.000	0.017	0.000	0.411	0.466	0.810	0.580
Yakupabtal Ocak	0.675	0.740	0.260	0.997	0.435	0.125	0.449	0.431	0.000	0.000	0.495	0.718	0.720	0.660
Sarıdeğirmen	0.625	0.596	0.163	1.000	0.577	0.000	0.805	0.367	0.000	0.000	0.438	0.375	0.760	0.880
Sümer ocak	0.725	0.700	0.087	0.991	0.343	0.375	0.596	0.427	0.356	0.000	0.672	0.300	0.930	0.910

Çizelge 5.6. Oluşturulan standart karar matrisi

Ocaklar	Soyulma	Su Emme	Los Angeles	Özgül Ağırlık	Hava Tesiri	Metilen Mavisi	Stabilite		Akma		Bitüm Miktarı		Boyut Dağılımı	
							B.Temel	Binder	B.Temel	Binder	B.Temel	Binder	B.Temel	Binder
Ayaş-Oltan	0.4445	0.4297	0.4143	0.4073	0.4606	0.0000	0.4746	0.2931	0.1841	0.0000	0.5416	0.3181	0.4252	0.4745
Çayırhan Ocak	0.4149	0.4134	0.3735	0.4079	0.3693	0.0000	0.5664	0.3180	0.0000	0.0000	0.4943	0.5980	0.3637	0.3598
Eski Kıbrıs Ocak	0.3852	0.4181	0.5161	0.4082	0.4596	0.0000	0.2592	0.7356	0.0471	0.0000	0.2721	0.3494	0.4150	0.3024
Yakupabtal Ocak	0.4001	0.4297	0.5297	0.4090	0.3610	0.3162	0.2545	0.3168	0.0000	0.0000	0.3275	0.5381	0.3689	0.3441
Sarıdeğirmen	0.3704	0.3461	0.3328	0.4103	0.4785	0.0000	0.4561	0.2696	0.0000	0.0000	0.2896	0.2810	0.3894	0.4588
Sümer ocak	0.4297	0.4065	0.1766	0.4067	0.2845	0.9487	0.3376	0.3142	0.9818	0.0000	0.4441	0.2250	0.4765	0.4745

Eşitlik 5.4. formülünden hesaplanacak set $A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$ şeklinde gösterilir.

Negatif ideal çözüm seti ise, V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en küçükleri (ilgili değerlendirme faktörü maksimizasyon yönlü ise en büyüğü) seçilerek oluşturulur. Negatif ideal çözüm setinin bulunması Eşitlik 5.5.'deki formülde gösterilmiştir.

$$A^- = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad (5.5)$$

Eşitlik 5.5. formülünden hesaplanacak set $A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$ şeklinde gösterilebilir. Her iki formülde de J fayda (maksimizasyon), J' ise kayıp (minimizasyon) değerini göstermektedir. Gerek ideal gerekse negatif ideal çözüm seti, değerlendirme faktörü sayısı yani m elemandan oluşmaktadır.

5.5. Ayırım ölçülerinin hesaplanması (5.Aşama)

TOPSIS yönteminde her bir karar noktasına ilişkin değerlendirme faktör değerinin İdeal ve negatif ideal çözüm setinden sapmalarının bulunabilmesi için Euclidian Uzaklık Yaklaşımından yararlanılmaktadır. Buradan elde edilen karar noktalarına ilişkin sapma değerleri ise İdeal Ayırım (S_i^*) ve Negatif İdeal Ayırım (S_i^-) Ölçüsü olarak adlandırılmaktadır. İdeal ayırım (S_i^*) ölçüsünün hesaplanması Eşitlik 5.6.'daki formülünde, negatif ideal ayırım (S_i^-) ölçüsünün hesaplanması ise Eşitlik 5.7'deki formülünde gösterilmiştir.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (5.6)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (5.7)$$

Burada hesaplanacak S_i^* ve S_i^- sayısı doğal olarak karar noktası sayısı kadar olacaktır.

Çizelge 5.7. Oluşturulan ağırlıklı standart karar matrisi

Ocaklar	Soyulma	Su Emme	Los Angeles	Özgül Ağırlık	Hava Tesiri	Metilen Mavisini	Stabilite		Akma		Bitüm Miktarı		Boyut Dağılımı	
							B.Temel	Binder	B.Temel	Binder	B.Temel	Binder	B.Temel	Binder
Ağırlık	0.21	0.15	0.15	0.03	0.16	0.12	0.06	0.06	0.06	0.06	0.04	0.04	0.02	0.02
Ayaş-Oltan	0.0933	0.0645	0.0621	0.0122	0.0737	0.0000	0.0285	0.0176	0.0074	0.0000	0.0217	0.0127	0.0085	0.0095
Çayırhan Ocak	0.0871	0.0620	0.0560	0.0122	0.0591	0.0000	0.0340	0.0191	0.0000	0.0000	0.0198	0.0239	0.0073	0.0072
Eski Kıbrıs Ocak	0.0809	0.0627	0.0774	0.0122	0.0735	0.0000	0.0156	0.0441	0.0019	0.0000	0.0109	0.0140	0.0083	0.0060
Yakupabtal Ocak	0.0840	0.0645	0.0795	0.0123	0.0578	0.0379	0.0153	0.0190	0.0000	0.0000	0.0131	0.0215	0.0074	0.0069
Sarıdeğirmen	0.0778	0.0519	0.0499	0.0123	0.0766	0.0000	0.0274	0.0162	0.0000	0.0000	0.0116	0.0112	0.0078	0.0092
Sümer ocak	0.0902	0.0610	0.0265	0.0122	0.0455	0.1138	0.0203	0.0189	0.0393	0.0000	0.0178	0.0090	0.0095	0.0095

Çizelge 5.8. Bulunan pozitif ve negatif ideal çözüm setleri

	Soyulma	Su Emme	Los Angeles	Özgül Ağırlık	Hava Tesiri	Metilen Mavisini	Stabilite		Akma		Bitüm Miktarı		Boyut Dağılımı	
							B.Temel	Binder	B.Temel	Binder	B.Temel	Binder	B.Temel	Binder
Minimum A ⁻	0.0778	0.0519	0.0265	0.0122	0.0455	0.0000	0.0153	0.0162	0.0000	0.0090	0.0109	0.0090	0.0073	0.0060
Maksimum A [*]	0.0933	0.0645	0.0795	0.0123	0.0766	0.1138	0.0340	0.0441	0.0393	0.0239	0.0217	0.0239	0.0095	0.0095

5.6. İdeal çözüme görelî yakınlığın hesaplanması (6.Aşama)

Negatif ideal ve pozitif ideal ayırım ölçüsünden yararlanılıp oluşturulan karar noktasının görelî yakınlığı (C_i^*) olarak hesaplanır. Bu işlemde kullanılan ölçü, negatif ideal ayırım ölçüsünün toplam ayırım içindeki ölçü payıdır. İdeal çözümlere görelî yakınlık değerinin hesaplanması Eşitlik 5.8.deki formülde gösterilmiştir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (5.8)$$

Burada C_i^* değeri $0 \leq C_i^* \leq 1$ arasında değer almakta ve $C_i^* = 1$ ilgili karar noktasının ideal çözüme, $C_i^* = 0$ ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir.

Eşitlikler 5.6, 5.7 ve 5.8 kullanılarak oluşturulan değerler Çizelge 5.9.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.9 İdeal çözüm sonuçları

OCAKLAR	Pozitif ideal çözüme uzaklık	Negatif ideal çözüme uzaklık	İdeal çözüme uzaklık	Tercih sıralaması
Sümer ocak	0.0697	0.1218	0.6360	1
Yakupabtal Ocak	0.0939	0.0690	0.4236	2
Eski Kıbrıs Ocak	0.1229	0.0657	0.3484	3
Ayaş-Oltan	0.1231	0.0533	0.3021	4
Çayırhan Ocak	0.1267	0.0437	0.2564	5
Sarıdeğirmen	0.1299	0.0409	0.2396	6

Bitümlü sıcak karışımların uygunluklarını sınıflamak için ilk önce deneyler kendi arasında Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemiyle karşılaştırılarak özelliklerine göre etki ağırlıkları belirlendi. Bu ağırlıklar TOPSİS yöntemiyle oluşturulan karar matrisinde kullanılarak ocakların uygunluk dereceleri sıralanmıştır. TOPSİS yöntemiyle bulunan sonuçlara göre yol yapımında kullanılan BSK'da en uygun agrega ocağının 3.bölge ocağı olan Sümer ocak olduğu belirlenmiştir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Bu tez çalışmasında Ankara İli kırmataş çeşitliliği açısından üç ana bölgeye ayrılmıştır. Her bir bölgede belirlenen iki kırmataş ocağından temin edilen numuneler üzerinde agrega ve bitüm deneyleri laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Agrega deneyleri olarak 5 farklı, bitüm deneyleri olarak 2 farklı deney yapılmıştır. Deney sonuçlarından yararlanarak kırmataş ocaklarından üretilen agregalar içerisinde, hangi ocaktan üretilen agregaların bitümlü sıcak karışım için uygun olduklarını belirlemek için çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Her bölgede belirlenen iki kırmataş ocağından temin edilen numuneler üzerinde, agregaların aşınma kaybını belirlemek için Los Angeles deneyleri gerçekleştirilmiştir. Los Angeles deney sonuçlarına göre 2. Bölge ocakları (Eski Kıbrıs ve Yakupabtal) ve bu bölgedeki Yakupabtal Kırmataş Ocağın agregasının 22,2 değerle, diğer ocaklara göre aşınma direncinin daha fazla olduğu belirlenmiştir. 3. Bölge ocaklarından Sümer ocağın aşınma direnci 27,4 değerle en az olan ocak olarak karşımıza çıkmaktadır.

Her bölgede belirlenen iki kırmataş ocağından temin edilen numuneler üzerinde, agregaların bitüm arasındaki bağlanmanın tayini belirlemek için Soyulma Mukavemeti deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarına göre en yüksek soyulma % 75 değerinde 1.bölge Ayaş Oltan ocağa ait olup agreganın bitümle en çok kaplandığı görülmüştür. En düşük soyulma % 60-65 yani bitüm kaplaması en az olan değer 3.bölge Sarideğirmen ocak agregalarında görülmüştür.

Her bölgede belirlenen iki kırmataş ocağından temin edilen numuneler üzerinde, agregaların bozunma ve termal özellikleri için don kaybı deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarına göre en düşük don kaybı % 8,01 değeriyle 1.bölge Ayaş Oltan ocağa aitken, en yüksek don kaybı % 11,83 değeriyle 3.bölge Sümer ocağa ait olduğu belirlenmiştir.

Her bölgede belirlenen iki kırmataş ocağından temin edilen numuneler üzerinde, agregaların özgül ağırlık ve su kaybını belirlemek için su absorpsiyonu deneyleri gerçekleştirilmiştir. 6 farklı ocağın su absorpsiyon değerleri Karayolları teknik şartnamesinde belirtilen sınır değerden düşük olup, 2. bölge ocağı Yakupabtal ve 1. bölge Ayaş Oltan ocağın su absorpsiyon değerleri % 0.65 tir. Özgül ağırlık bakımından

Ayaş Oltan agregasının yoğunluğu yakupabtal ocağa göre daha düşüktür. Buda Yakupabtal ocağın agregalarının kullanıldığı BSK karışımının birim ağırlığı yüksek olduğunu göstermektedir. 3. Bölge ocağı Sarıdeğirmen ocağın su absorpsiyonu % 1.01 değerle en yüksek çıkmıştır.

Her bölgede belirlenen iki kırmataş ocağından temin edilen numuneler üzerinde, ince tanelerin tayini için Metilen mavisi deneyi gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarına göre en yüksek metilen mavisi değeri % 5 değerle 1.bölge ocağı Çayırhan ocağa ait olup Karayolları teknik şartnamesindeki binder için % 2 ve bitümlü temel için % 1,5 olan sınır değerlerinden yüksektir. En düşük metilen mavisi değeri yani içeriğinde yabancı madde en az olan değer % 1,25'le 3.bölge Sümer ocak agregalarında görülmüştür. 6 farklı ocağın metilen mavisi değerlerine göre sadece Sümer ocak hem binder hem de bitümlü temel için uygun olup Karayolları teknik şartnamesindeki değerlerin sağladığı görülmüştür.

Her bölgede belirlenen iki kırmataş ocağından temin edilen numuneler üzerinde, agregaların optimum bitüm tayini ve akma değerlerini belirlemek için Marshall Stabilitesi deneyleri gerçekleştirilmiştir. 6 farklı ocağı temsil eden binder ve bitümlü temel karışımlarının KTS de belirtilen stabilite alt sınır değeri olan 500 kg dan (bitümlü temel) ve 600 kg dan (binder) fazla olduğu ve akma değerlerinin şartnamede belirtilen bitümlü temel (2-5mm) ve binder (2-4mm) değerleri arasında olduğu görülmüştür. 2.bölge ocağı Eski Kıbrıs ocağın binder karışımı en yüksek 1863 kg stabiliteyle en mukavemetli karışımı, buna paralel olarak en düşük akma değerini 4,167 mm'le verdiği bulunmuştur. Eski Kıbrıs taş ocağı agregaları BSK karışımlarında en dayanıklı ve gevrek karışımı sağlamaktadır

Her bölgede belirlenen iki kırmataş ocağından temin edilen numuneler üzerinde, bitümlü sıcak karışımlar içindeki bitüm miktarlarını belirlemek için Ekstraksiyon deneyleri gerçekleştirilmiştir Ekstraksiyon deneyi sonuçları göre 3.bölge ocağı Sarıdeğirmen ocağa ait bitümlü temel BSK kaplamalarında bitüm miktarı deneylerinde en az bitüm miktarı % 3,547 olarak tespit edilmiştir. En fazla bitüm miktarı ise 1.bölgeye ait Çayırhan ocağa ait binder kaplamasında % 4,697 olarak tespit edilmiştir.

Bitümlü sıcak karışım uygunluklarını sınıflamak için yapılan 7 farklı agrega ve bitüm deneylerinden 10 adet etki parametresi elde edilmiştir. Bu deney parametreleri ilk önce kendi arasında Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemiyle karşılaştırılarak özelliklerine göre etki ağırlıkları belirlenmiştir. Bu ağırlıklar TOPSIS yöntemiyle oluşturulan karar matrisinde kullanılarak ocakların uygunluk dereceleri sıralanmıştır.

TOPSİS yönteminde, her bir parametre 6 farklı ocağın deney sonuçları Karayolları Teknik Şartnamesindeki alt limit ve üst limit değerleriyle karşılaştırılarak her bir ocağa ait değerler belirlenmiştir. TOPSİS yöntemiyle bulunan sonuçlara göre yol yapımında kullanılan BSK'da mevsim şartları ve çalışmaların yapıldığı anda alınan numuneler üzerinden yapılan deney sonuçlarına göre en uygun agrega ocağının ideal çözüme uzaklık değeri 0.6360 değerle 3.bölge ocağı olan Sümer ocak olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç bu çalışmada alınan numuneler üzerinden belirlenmiş olup kesinlik ifade etmemektedir. İdeal çözüme uzaklığı 0,2396 değeriyle 3.bölge ocağı Sarıdeğirmen ocak agregası BSK için diğer ocaklara göre daha elverişsiz olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç bu çalışmada alınan numuneler üzerinden belirlenmiş olup kesinlik ifade etmemektedir.

Topsis yöntemiyle yapılan 1'den 6'ya kadar olan sıralama, Haymana ve yakın çevresinde kullanılacak agreganın, Haymana sarıdeğirmen ocağı yerine Polatlı sümer ocaktan temin edilmesi, üretilecek BSK'nın daha ekonomik ve uzun ömürlü olacağı sonucunu çıkarmıştır.

Topsis sıralamasında 1.sırada çıkan Polatlı sümer ocağının agregasıyla üretilecek BSK da, AHP yöntemiyle belirlenen ağırlıklarda göz önünde bulundurulunca agreganın bitüm sarma(Soyulma Mukavemeti Deneyi) oranının yüksek olacağı, aşınma ve bozulmanın daha az olacağı(Los Angeles Deneyi) ve üretilecek binder tabakasında daha az bitüm kullanılacağı(Ekstraksiyon Deneyi) dolayısıyla BSK maliyetinin düşeceğini söyleyebiliriz.

Bu tez çalışmasında 6 farklı ocakta 7 adet deney yapılmış ve 10 farklı sonuç elde edilmiştir. Sadece elde edilen sonuçlara göre bir sıralama yapmak mümkün olmayacaktır. Örneğin TOPSİS yöntemiyle elde edilen sıralamada 6.sırada olan sarıdeğirmen ocak hava tesirlerine karşı dayanıklılık deneyinde en iyi sonucu vermiştir. Yapılan deneylerin sonucuna göre bir değerlendirme ve sıralama yapmanın mümkün olmayacağı bilindiğinden, çok kriterli bir seçim yöntemine ihtiyaç duyulmuştur. Bu çalışmada ulaşmak istediğimiz amaç, birçok farklı kriteri bir arada değerlendirip ideal bir sıralama yapmaktır. Bu amaca TOPSİS yöntemiyle ulaşılmış olup; oluşturulan sıralama sonuçlarına göre Ankara'da agrega üretilecek yeni sahalarla ihtiyaç duyulduğunda bu tez çalışmasındaki sonuçların kullanılması büyük avantajlar sağlayacaktır.

6.2. Öneriler

Bu tez çalışmasında Ankara bölgesi taş ocakları ele alınmış ve uygun ocak seçim kriterlerini belirlemek amacıyla çeşitli deneyler yapılmıştır. Bu çalışmada yapılmayan deneyler dahil edilerek yapılacak yeni çalışmalarda ocak seçimi kriterleri çoğaltılabilir. Yine bu çalışmada yapılan deneylerde elde edilen sonuçlar TOPSİS yöntemi ile değerlendirilmiştir.

Yol ve asfalt yapım işleri görevleri arasında olan belediyeler ve Karayollarında yol yapım ve asfalt çalışmaları için gerekli olan agregâ ocaklarını seçerken,sadece nakliye mesafeleri üzerinden bir seçim yapmak yerine,analiz ve deney sonuçları elde edilen alanlar arasından en uygun ve ekonomik olanı belirleyebilmek adına bu tez çalışmasında da (agrega sınıflandırması için) ilk defa kullanılan TOPSİS yöntemini tercih etmeleri büyük avantajlar sağlayacaktır.

Ankara'da agregâ üretimi yapmayı planlayan veya asfalt üretimi yapacak firmalar ve kurumlar için bu çalışma,doğru ocak seçimi sağlamaya yardımcı olacağından,özel sektör firmaları için ticari gelir;kamu kurumları için kamu yararı sağlayacağı düşünülmektedir.

İlk yatırım maliyetleri çok yüksek miktarlarda olan,özellikle madencilik gibi alanlarda, ocak alanı seçimi veya sahadan alınan numuneler üzerinde bir çok farklı deney sonucunun değerlendirilmesi gerektiğinde TOPSİS yöntemini kullanmak yüzbinler hatta milyonları bulan oranlarda karlılık sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada kullanılan yöntem,Türkiye'de ki üretimi devam eden veya yeni üretim yapılması planlanan tüm maden çeşitleri ve sahaları için kullanılabilir.

KAYNAKLAR


- Ahmed HY, Othman AM, Mahmoud AA, 2006. Effect of using waste cement dust as a mineral filler on the mechanical properties of hot mix asphalt. *Ass. Univ. Bull. Environ. Res*, 9, 1, 51-60.
- Akbulut H, Çetin S, Gürer C, 2009. Andezit Agregasının Sıcak Karışım Asfalt Kaplamalarında Kullanılabilirliğinin Araştırılması. 5.Uluslararası Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), .
- Akbulut H, Gürer C, Yıldız A, 2005. Farklı Jeolojik Özellikli Kayaçların Sıcak Karışım Asfalt Agregası Olarak Mühendislik Özelliklerinin Araştırılması. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1, 1, 25-36.
- Aksoy A, 1991. Karayolu Kaplamasında Maliyet Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi.
- Altun İE, Kadıncık G, Aksay A, 2002. 1:100000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Bolu H28 paftası, No:41. MTA Jeoloji Etütleri Dairesi, No:41, 18.
- ASTM, (2011). Standard test methods for quantitative extraction of bitumen from bituminous paving mixtures, ASTM D 2172, West Conshohocken.
- ASTM E. Standard Specification for wire cloth and sieves for testing purposes.
- Curtis CW, 1992. Investigation of asphalt-aggregate interactions in asphalt pavements. *American Chemical Society, Fuel*, 37, 1292-7.
- Çelik Mh, Kanıt R, Uğur Lo, 2004. Ankara İli ve Çevresinde Eşdeğer Jeolojik Formasyonlardan Sağlanan Kırmataş Agregaların Beton Yapımına Uygunluğu. *Politeknik Dergisi*, 7, 4.
- Çelik ON, Yonar F, Ceylan S, 2007. Bitümlü Sıcak Karışımların Performansına Filler Etkisi. 7. Ulaştırma Programı, İstanbul.
- Dağdelen E, 1995. Isının Asfalt Betonunun Fiziksel özelliklerine Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi.
- Dokandari PA, Öner J, Topal A, Şengöz B, 2014. Organik ılık karışım asfalt katkı maddesinin bitümlü karışımların yaşlanma özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi.
- Edet A, 1992. Physical properties and indirect estimation of microfractures using Nigerian carbonate rocks as examples. *Engineering Geology*, 33, 1, 71-80.
- Fookes P, 1991. Geomaterials. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 24, 1, 3-15.
- Gudimettla J, Cooley L, Brown E, 2003. Workability of Hot Mix Asphalt, NCAT Report 03-03. Auburn: National Center for Asphalt Technology, Auburn University.
- Güneş H, 2013. Ankara İlindeki Taş Ocaklarından Elde Edilen Agregaların Asfaltta Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Semineri, Selçuk Üniversitesi
- Halili A, 2003. Agregada üretiminde kırma eleme ve taşın fiziko-mekanik özelliklerinin önemi, 3. Ulusal Kırmataş Sempozyumu.
- İsfalt I, Tayfur, Özen, Sönmez, Ören, 2001. Asfalt ve Uygulamaları, İstanbul Asfalt Fabrikaları Sanayi ve Ticaret A.Ş., Bilimsel Yayın No:1
- Jooste FJ, Taute A, Verhaeghe B, Visser A, Myburgh P. A new hot-mix design method for Southern Africa. *World Of Asphalt Pavements, International Conference*, 1st, 2000, Sydney, New South Wales, Australia.
- Kandhal PS, Khatri MA, 1992. Relating asphalt absorption to properties of asphalt cement and aggregate. *Transportation Research Record*,

- Kandhal PS, Parker F, 1998. Aggregate tests related to asphalt concrete performance in pavements. 405, Transportation Research Board,
- Karakaş AS, 2014. Bitümlü Sıcak Karışımların Trafik Etkisi Altında Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi.
- KTŞ, 2013. Karayolları Teknik Şartnamesi Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara, p.
- Kuloğlu N, 2001. Bitüm ve bitümlü sıcak karışımların rijitliğine etki eden parametreler. Turk J. Engin. Environ. Sci, 25, 61-7.
- Mogawer WS, Stuart KD, 1996. Effects of mineral fillers on properties of stone matrix asphalt mixtures. Transportation Research Record, 1530, 1, 86-94.
- Onur Ö, Öztürk EA, 2013. Modifiye Edilmiş Poroz Asfalt Karışımların Performansı. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 28, 3.
- Orhan F, 2012. Bitümlü karışımlar laboratuvar çalışmaları. Kgm Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Orhan F, Yalçın G, 2004. Agrega ve bitüm cinsi değişiminin bitümlü sıcak karışımların performansına etkisi. 4. Ulusal Asfalt Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 167-80.
- Özen H, 1999. Bitümlü Karışım Değişkenlerin Performans Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması ve Hizmet Ömrü Tahmini İçin Bir Model Kurulması, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Özer M, 2014. Zemin Mekaniği Deneylerinde Uygulanan Numune Bölme (Azaltma) Yöntemlerinin Karşılaştırılması, sayfa: 167-176. Politeknik Dergisi, 17, 4.
- Özgan E, Serin S, Kap T. Sıcak Karışım Parametrelerinin Marshall Stabilitesine Etkisinin Çok Yönlü İncelenmesi. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ.
- Özgormüş E, Mutlu Ö, Güner H, 2005. Bulanık AHP ile personel seçimi.
- Öztürk Ö, Çelikkol M, Erkan M, 2007. Türkiye Agrega Sektör Raporu. Türkiye Hazır Beton Birliği, Hazır Beton Dergisi, Kasım-Aralık, 52-6.
- Prowell BD, Zhang J, Brown ER, 2005. Aggregate properties and the performance of superpave-designed hot mix asphalt. 539, Transportation Research Board, p.
- Saaty TL, 1990. How to make a decision: the analytic hierarchy process. European journal of operational research, 48, 1, 9-26.
- Sabah E, Cengiz İ, 2002. Cevher Hazırlama-I Laboratuvar Deney Föyleri. Afyon Kocatepe Üniversite Yayınları, 3-6.
- Sağlık A, 2009. Türkiye'de Üretilen Rafineri Bitümlerinin Karayolu Üstyapılarında Kullanımı için Performans Sınıflarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi.
- Sariaslan M, Yurdakul M, Osmañealebioğlu R, Basa F, Erkal T, Keçer M, Şentürk K, Mutlu G, Aktimur H, 1998. Ankara ilinin çevre jeolojisi ve doğal kaynakları. MTA. Derleme, 10069.
- Sayın E, Tanyıldızı H, 2006. Bitümlü Sıcak Karışımların Rijitliğinin Bulanık Mantık İle Bulunması. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 21, 4.
- Senior S, Rogers C, 1991. Laboratory tests for predicting coarse aggregate performance in Ontario. Transportation Research Record, 1301.
- Serin S, Morova N, Terzi S, Saltan M, Sargın Ş, 2012. Geleneksel Asfalt Beton Ve Genleştirilmiş Kil Agrega İle Üretilmiş Hafif Asfalt Betonun Çok Yönlü Karşılaştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 4, 3, 55-64.
- Supçiller AA, Çapraz O, 2011. Ahp-topsis yöntemine dayalı tedarikçi seçimi uygulaması. Ekonometri ve İstatistik e-Dergisi, 13, 1-22.

- Şiş A, 2000. Şartname Sınırlarındaki Agrega Granülometrisinin Asfalt Betonunun Fiziksel özelliklerine ve Optimum Bitüm Oranına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi
- Tasong W, Cripps J, Lynsdale C, 1998. Aggregate-cement chemical interactions. *Cement and Concrete Research*, 28, 7, 1037-48.
- Tayfur S, Eren K, Özen H, Yıldırım S, 2003. Sıcak Asfalt Karışımı (BSK) Üretimi Açısından İstanbul Taşocaklarının Genel Değerlendirilmesi: Karşılaşılan Problemler ve Çözüm Önerileri, III Ulusal Kırmataş Sempozyumu. III Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul.
- TS-EN-932-1, 1997. Agregaların genel özellikleri için deneyler bölüm 2: Laboratuvar numunelerin alma metodu. Ankara.
- TS-EN-932-2, 1999. Agregaların genel özellikleri için deneyler bölüm 2: Laboratuvar numunelerin azaltılması metodu. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS-EN-933-9, 2010. Agregaların genel özellikleri için deneyler bölüm 9: İnce tanelerin tayini- Metilen mavisi deneyi,. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS-EN-1097-2, 2000. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini İçin Metotlar. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS-EN-1097-6, 2002. Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler - Bölüm 6: Tane yoğunluğu ve su emme oranının tayini. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS-EN-1367-2, 1999. Agregaların termal ve bozunma özellikleri için Deneyler Bölüm 2: magnezyum sülfat deneyi. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS-EN-12697-11, 2012. Bitümlü karışımlar, Deney metotları Sıcak karışımli asfalt için - Bölüm 11: Agrega ve bitüm arasındaki bağlanmanın tayini. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS-EN-12697-34, 2004. Bitümlü karışımlar, Deney metotları Sıcak karışımli asfalt için - Bölüm 34: Marshall deneyi. Türk Standartları Enstitüsü.
- Tunç A, 2007. Yol Malzemeleri ve Uygulamaları El Kitabı. Nobel Yayın Dağıtım, 840.
- Turabi A, Okucu A, 2016. Balıkesir ili yol çalışmalarında kullanılan agregaların özellikleri ve şartnameye uygunluğu. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9, 1, 45-51.
- Turhan İ, 2013. Arazi ve laboratuvar sıkıştırma şartlarının bitümlü sıcak arışımların hacimsel ve mekanik özelliklerine etkisinin incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Fırat Üniversitesi.
- Umar F, Açar E, 1991. Yol Üstyapısı, 4.baskı, T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası,İstanbul., p.
- Uzun G, Perçin MH, 1999. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Peyzaj Konstrüksiyonu 1 Ders Notları. Ankara Üniversitesi yayınları 13.
- Whiteoak D, Lav AH, Lav MA, 2004. Shell bitüm el kitabı, İsfalt.
- Williams D, McNamara K, 1992. Limestone to dolomite to dedolomite conversion and its effect on rock strength: a case study. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 25, 2, 131-5.
- Woodward WDH, 1995. Laboratory prediction of surfacing aggregate performance, University of Ulster.
- Wu C-R, Lin C-T, Tsai P-H, 2008. Financial service of wealth management banking: Balanced scorecard approach. *Journal of social sciences*, 4, 4, 255-63.
- Wu Y, Parker F, Kandhal P, 1998. Aggregate toughness/abrasion resistance and durability/soundness tests related to asphalt concrete performance in pavements. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1638, 85-93.

Zaniewski JP, Nelson J, 2003. Comparison of 9.5 mm Superpave and Marshall Wearing I Mixes in West Virginia. Asphalt Technology Program Department of Civil and Environmental Engineering, West Virginia.





EK 1

Marshall düzeltme katsayıları


Boy (mm)	Katsayı	Boy (mm)	Katsayı	Boy (mm)	Katsayı
25.5	5.525	28.5	4.570	31.5	3.91
25.6	5.49	28.6	4.55	31.6	3.89
25.7	5.455	28.7	4.520	31.7	3.87
25.8	5.42	28.8	4.503	31.8	3.85
25.9	5.385	28.9	4.479	31.9	3.833
26.0	5.35	29.0	4.455	32.0	3.815
26.1	5.315	29.1	4.431	32.1	3.798
26.2	5.28	29.2	4.408	32.2	3.78
26.3	5.245	29.3	4.384	32.3	3.763
26.4	5.21	29.4	4.36	32.4	3.745
26.5	5.175	29.5	4.336	32.5	3.728
26.6	5.14	29.6	4.313	32.6	3.71
26.7	5.105	29.7	4.289	32.7	3.693
26.8	5.07	29.8	4.265	32.8	3.675
26.9	5.035	29.9	4.241	32.9	3.658
27.0	5.0	30.0	4.218	33.0	3.64
27.1	4.972	30.1	4.194	33.1	3.623
27.2	4.944	30.2	4.17	33.2	3.605
27.3	4.916	30.3	4.15	33.3	3.588
27.4	4.888	30.4	4.13	33.4	3.57
27.5	4.859	30.5	4.11	33.4	3.555
27.6	4.831	30.6	4.09	33.5	3.54
27.7	4.803	30.7	4.07	33.6	3.525
27.8	4.775	30.8	4.05	33.7	3.51
27.9	4.747	30.9	4.03	33.8	3.495
28.0	4.719	31.0	4.01	33.9	3.48
28.1	4.691	31.1	3.99	34.0	3.465
28.2	4.663	31.2	3.97	34.1	3.45
28.3	4.634	31.3	3.95	34.2	3.435
28.4	4.606	31.4	3.93	34.3	3.42

Boy (mm)	Katsayı	Boy (mm)	Katsayı	Boy (mm)	Katsayı
34.4	3.405	37.7	2.843	41.0	2.313
34.5	3.39	37.8	2.827	41.1	2.299
34.6	3.375	37.9	2.811	41.2	2.284
34.7	3.36	38.0	2.796	41.3	2.27
34.8	3.345	38.1	2.78	41.4	2.258
34.9	3.33	38.2	2.763	41.5	2.246
35.0	3.311	38.3	2.745	41.6	2.234
35.1	3.293	38.4	2.728	41.7	2.223
35.2	3.274	38.5	2.71	41.8	2.211
35.3	3.255	38.6	2.693	41.9	2.199
35.4	3.236	38.7	2.675	42.0	2.187
35.5	3.218	38.8	2.658	42.1	2.175
35.6	3.199	38.9	2.64	42.2	2.163
35.7	3.18	39.0	2.623	42.3	2.151
35.8	3.161	39.1	2.605	42.4	2.139
35.9	3.143	39.2	2.588	42.5	2.128
36.0	3.124	39.3	2.57	42.6	2.116
36.1	3.105	39.4	2.553	42.7	2.104
36.2	3.086	39.5	2.535	42.8	2.092
36.3	3.068	39.6	2.518	42.9	2.08
36.4	3.049	39.7	2.5	43.0	2.07
36.5	3.03	39.8	2.486	43.1	2.06
36.6	3.014	39.9	2.471	43.2	2.05
36.7	2.999	40.0	2.457	43.3	2.04
36.8	2.983	40.1	2.443	43.4	2.03
36.9	2.968	40.2	2.428	43.5	2.02
37.0	2.952	40.3	2.414	43.6	2.01
37.1	2.936	40.4	2.399	43.7	2
37.2	2.921	40.5	2.385	43.8	1.99
37.3	2.905	40.6	2.371	43.9	1.98
37.4	2.889	40.7	2.356	44.0	1.97
37.5	2.874	40.8	2.342	44.1	1.96
37.6	2.858	40.9	2.328	44.2	1.95

Boy (mm)	Katsayı	Boy (mm)	Katsayı	Boy (mm)	Katsayı
44.3	1.94	47.7	1.663	51.2	1.45
44.4	1.93	47.8	1.656	51.3	1.445
44.5	1.92	47.9	1.649	51.4	1.44
44.6	1.912	48.0	1.643	51.5	1.435
44.7	1.904	48.1	1.636	51.6	1.43
44.8	1.896	48.2	1.629	51.7	1.425
44.9	1.888	48.3	1.622	51.8	1.42
45.0	1.879	48.4	1.615	51.9	1.415
45.1	1.871	48.5	1.608	52.0	1.41
45.2	1.863	48.6	1.601	52.1	1.405
45.3	1.855	48.7	1.594	52.2	1.4
45.4	1.847	48.8	1.588	52.3	1.395
45.5	1.839	48.9	1.581	52.4	1.39
45.6	1.831	49.0	1.574	52.5	1.386
45.7	1.823	49.1	1.567	52.6	1.381
45.8	1.814	49.2	1.56	52.7	1.377
45.9	1.806	49.3	1.554	52.8	1.373
46.0	1.798	49.4	1.549	52.9	1.368
46.05	1.79	49.5	1.543	53.0	1.364
46.1	1.783	49.6	1.538	53.1	1.359
46.2	1.775	49.7	1.532	53.2	1.355
46.3	1.768	49.8	1.526	53.3	1.351
46.4	1.76	49.9	1.521	53.4	1.346
46.5	1.753	50.0	1.515	53.5	1.342
46.6	1.745	50.1	1.509	53.6	1.338
46.7	1.738	50.2	1.504	53.7	1.333
46.8	1.73	50.3	1.498	53.8	1.329
46.9	1.723	50.4	1.493	53.9	1.324
47.0	1.715	50.5	1.487	54.0	1.32
47.1	1.708	50.6	1.481	54.1	1.316
47.2	1.7	50.7	1.476	54.2	1.311
47.3	1.693	50.8	1.47	54.3	1.307
47.4	1.658	50.9	1.465	54.4	1.303
47.5	1.678	51.0	1.46	54.5	1.298
47.6	1.67	51.1	1.455	54.6	1.294

Boy (mm)	Katsayı	Boy (mm)	Katsayı	Boy (mm)	Katsayı
54.7	1.289	58.1	1.162	61.5	1.053
54.8	1.285	58.2	1.159	61.6	1.049
54.9	1.281	58.3	1.156	61.7	1.046
55.0	1.276	58.4	1.153	61.8	1.043
55.1	1.272	58.5	1.149	61.9	1.04
55.2	1.268	58.6	1.146	62.0	1.038
55.3	1.263	58.7	1.143	62.1	1.035
55.4	1.259	58.8	1.137	62.2	1.033
55.5	1.254	58.9	1.134	62.3	1.03
55.6	1.25	59.0	1.131	62.4	1.028
55.7	1.246	59.1	1.128	62.5	1.025
55.8	1.243	59.2	1.124	62.6	1.023
55.9	1.239	59.3	1.121	62.7	1.02
56.0	1.235	59.4	1.118	62.8	1.018
56.1	1.231	59.5	1.115	62.9	1.015
56.2	1.228	59.6	1.112	63.0	1.013
56.3	1.224	59.7	1.109	63.1	1.01
56.4	1.22	59.8	1.106	63.2	1.008
56.5	1.216	59.9	1.103	63.3	1.005
56.6	1.213	60.0	1.099	63.4	1.003
56.7	1.209	60.1	1.096	63.5	1
56.8	1.205	60.2	1.093	63.6	.998
56.9	1.201	60.3	1.09	63.7	.995
57.0	1.198	60.4	1.087	63.8	.993
57.1	1.194	60.5	1.084	63.9	.99
57.2	1.19	60.6	1.081	64.0	.988
57.3	1.187	60.7	1.078	64.1	.985
57.4	1.184	60.8	1.074	64.2	.983
57.5	1.181	60.9	1.071	64.3	.98
57.6	1.178	61.0	1.068	64.4	.978
57.7	1.174	61.1	1.065	64.5	.975
57.8	1.171	61.2	1.062	64.6	.973
57.9	1.168	61.3	1.059	64.7	.97
58.0	1.165	61.4	1.056	64.8	.968

Boy (mm)	Katsayı	Boy (mm)	Katsayı	Boy (mm)	Katsayı
65.0	.963	68.3	.89	71.6	.828
65.1	.96	68.4	.888	71.7	.826
65.2	.958	68.5	.886	71.8	.825
65.3	.956	68.6	.884	71.9	.824
65.4	.954	68.7	.883	72.0	.823
65.5	.953	68.8	.881	72.1	.821
65.6	.951	68.9	.879	72.2	.82
65.7	.949	69.0	.877	72.3	.819
65.8	.947	69.1	.875	72.4	.818
65.9	.945	69.2	.873	72.5	.816
66.0	.943	69.3	.871	72.6	.815
66.1	.941	69.4	.869	72.7	.814
66.2	.939	69.5	.868	72.8	.813
66.3	.938	69.6	.866	72.9	.811
66.4	.936	69.7	.864	73.0	.81
66.5	.934	69.8	.862	73.1	.808
66.6	.932	69.9	.86	73.2	.806
66.7	.93	70.0	.858	73.3	.804
66.8	.928	70.1	.856	73.4	.803
66.9	.925	70.2	.854	73.5	.801
67.0	.923	70.3	.853	73.6	.799
67.1	.92	70.4	.851	73.7	.797
67.2	.918	70.5	.849	73.8	.795
67.3	.915	70.6	.847	73.9	.793
67.4	.913	70.7	.845	74.0	.791
67.5	.91	70.8	.843	74.1	.789
67.6	.908	70.9	.841	74.2	.788
67.7	.905	71.0	.839	74.3	.786
67.8	.903	71.1	.838	74.4	.784
67.9	.9	71.2	.836	74.5	.782
68.0	.898	71.3	.834	74.6	.78
68.1	.895	71.4	.832	74.7	.779
68.2	.893	71.5	.829	74.8	.778



EK 2

Deney sonuçları ve deney sonuçlarının KTŞ değerlerine göre karşılaştırılması

Ocaklar	Soyulma	Los Angeles	Su emme (Absorpsiyon)		Hava Tesiri	Metilen Mavisi	Marshall Stabilitesi				Ekstraksiyon (çekme, özütleme) deneyi			
			Su Emme	Özgül Ağırlık			Stabilite		Akma		Bitüm Miktarı		Boyut Dağılımı	
							B.Temel	Binder	B.Temel	Binder	B.Temel	Binder	B.Temel	Binder
Ayaş-Oltan	75	23.9	0.65	2.712	8.01	2.25	1228.248	1193.745	4.900	5.083	4.024	4.137	0.830	0.910
Çayırhan Ocak	70	24.5	0.72	2.716	9.99	5	1349.685	1231.375	5.500	5.200	3.934	4.697	0.710	0.690
Eski Kıbrıs Ocak	65	22.4	0.7	2.718	8.03	3.5	943.122	1863.714	4.974	4.167	3.514	4.200	0.810	0.580
Yakupabtal Ocak	65-70	22.2	0.65	2.723	10.17	1.75	936.910	1229.668	5.733	4.467	3.619	4.578	0.720	0.660
Sarıdeğirmen	60-65	25.1	1.01	2.732	7.62	2.5	1203.666	1158.217	5.620	4.500	3.547	4.063	0.760	0.880
Sümer ocak	70-75	27.4	0.75	2.708	11.83	1.25	1046.831	1225.668	4.467	4.467	3.839	3.950	0.930	0.910
KTŞ ALT SINIR	≥60						≥600	≥750	2.000	2.000	3.000	3.500		
KTŞ ÜST SINIR		≤30	≤2.5		≤18	≤2.0			5.000	4.000	5.500	6.500		

Ocaklar	Soyulma	Los Angeles	Su emme (Absorpsiyon)		Hava Tesiri	Metilen Mavisi	Marshall Stabilitesi				Ekstraksiyon (çekme, özütleme) deneyi			
			Su Emme	Özgül Ağırlık			Stabilite		Akma		Bitüm Miktarı		Boyut Dağılımı	
							B.Temel	Binder	B.Temel	Binder	B.Temel	Binder	B.Temel	Binder
Ayaş-Oltan	0.750	0.203	0.740	0.993	0.555	0.000	0.838	0.398	0.067	0.000	0.819	0.425	0.830	0.910
Çayırhan Ocak	0.700	0.183	0.712	0.994	0.445	0.000	1.000	0.432	0.000	0.000	0.747	0.798	0.710	0.690
Eski Kıbrıs Ocak	0.650	0.253	0.720	0.995	0.554	0.000	0.458	1.000	0.017	0.000	0.411	0.466	0.810	0.580
Yakupabtal Ocak	0.675	0.260	0.740	0.997	0.435	0.125	0.449	0.431	0.000	0.000	0.495	0.718	0.720	0.660
Sarıdeğirmen	0.625	0.163	0.596	1.000	0.577	0.000	0.805	0.367	0.000	0.000	0.438	0.375	0.760	0.880
Sümer ocak	0.725	0.087	0.700	0.991	0.343	0.375	0.596	0.427	0.356	0.000	0.672	0.300	0.930	0.910
KTŞ ALT SINIR	≥60						≥600	≥750	2	2	3	3.5		
KTŞ ÜST SINIR		≤30	≤2.5		≤18	≤2.0			5	4	5.5	6.5		

EK-3

Bitümden ayrılan numune agregaların elek analizleri

Çizelge Ek 3.1 Ayaş-Oltan Ocak bitümlü temel elek analizleri

AYAŞ OLTAN OCAK				Deney Sonucu			KTŞ Limit		
				Kalan (gr)	(% Kalan)	(% Geçen)	(% Geçen)		
Dane Boyutu Dağılımı	Standart	Elek (mm)	Elek (inch)				min	max	
	TS 1900-1	37,5	3/2					100,00	100,00
		25	1	114.17	5.80	94.20	72	100	
		19,1	3/4	218.49	11.10	88.90	60	90	
		12,5	1/2	547.22	27.80	72.20	50	78	
		9,52	3/8	631.86	32.10	67.90	43	70	
		4,75	No.4	1120.02	56.90	43.10	30	55	
		2	No.10	1385.75	70.40	29.60	18	42	
		0,425	No.40	1745.97	88.70	11.30	6	21	
		0,18	No.80	1818.80	92.40	7.60	2	13	
0,075		No.200	1875.89	95.30	4.70	0	7		

Çizelge Ek 3.2 Ayaş-Oltan Ocak binder elek analizleri

AYAŞ OLTAN OCAK				Deney Sonucu			KTŞ Limit		
				Kalan (gr)	(% Kalan)	(% Geçen)	(% Geçen)		
Dane Boyutu Dağılımı	Standart	Elek (mm)	Elek (inch)				min	max	
	TS 1900-1	37,5	3/2						
		25	1					100	100
		19,1	3/4	169.64	8.60	91.40	80	100	
		12,5	1/2	433.95	22.00	78.00	58	80	
		9,52	3/8	617.39	31.30	68.70	48	70	
		4,75	No.4	1023.73	51.90	48.10	30	52	
		2	No.10	1552.36	78.70	21.30	20	40	
		0,425	No.40	1789.06	90.70	9.30	8	22	
		0,18	No.80	1848.23	93.70	6.30	5	14	
0,075		No.200	1864.01	94.50	5.50	2	7		

Çizelge Ek 3.3 Çayırhan Ocak bitümlü temel elek analizleri

ÇAYIRHAN OCAK				Deney Sonucu			KTŞ Limit		
				Kalan (gr)	(% Kalan)	(% Geçen)	(% Geçen)		
Dane Boyutu Dağılımı	Standart	Elek (mm)	Elek (inch)				min	max	
	TS 1900-1	37,5	3/2					100,00	100,00
		25	1	234.10	12.50	87.50	72	100	
		19,1	3/4	679.50	36.20	63.80	60	90	
		12,5	1/2	833.00	44.40	55.60	50	78	
		9,52	3/8	915.00	48.80	51.20	43	70	
		4,75	No.4	1242.70	66.30	33.70	30	55	
		2	No.10	1495.90	79.80	20.20	18	42	
		0,425	No.40	1702.40	90.80	9.20	6	21	
		0,18	No.80	1750.80	93.40	6.60	2	13	
0,075		No.200	1795.70	95.80	4.20	0	7		

Çizelge Ek 3.4 Çayırhan Ocak binder elek analizleri

ÇAYIRHAN OCAK				Deney Sonucu			KTŞ Limit		
				Kalan (gr)	(% Kalan)	(% Geçen)	(% Geçen)		
Dane Boyutu Dağılımı	Standart	Elek (mm)	Elek (inch)				min	max	
	TS 1900-1		37,5	3/2					
			25	1				100	100
			19,1	3/4	163.40	8.50	91.50	80	100
			12,5	1/2	425.20	22.00	78.00	58	80
			9,52	3/8	603.90	31.30	68.70	48	70
			4,75	No.4	1053.00	54.60	45.40	30	52
			2	No.10	1427.20	74.00	26.00	20	40
			0,425	No.40	1729.40	89.70	10.30	8	22
			0,18	No.80	1795.00	93.00	7.00	5	14
		0,075	No.200	1851.40	96.00	4.00	2	7	

Çizelge Ek 3.5 Eski Kıbrıs Ocak bitümlü temel elek analizleri

ESKİ KIBRIS OCAK				Deney Sonucu			KTŞ Limit		
				Kalan (gr)	(% Kalan)	(% Geçen)	(% Geçen)		
Dane Boyutu Dağılımı	Standart	Elek (mm)	Elek (inch)				min	max	
	TS 1900-1		37,5	3/2				100,00	100,00
			25	1	95.90	4.90	95.10	72	100
			19,1	3/4	217.90	11.10	88.90	60	90
			12,5	1/2	471.50	24.00	76.00	50	78
			9,52	3/8	651.20	33.10	66.90	43	70
			4,75	No.4	1121.60	57.00	43.00	30	55
			2	No.10	1442.60	73.40	26.60	18	42
			0,425	No.40	1767.80	89.90	10.10	6	21
			0,18	No.80	1840.60	93.60	6.40	2	13
		0,075	No.200	1891.70	96.20	3.80	0	7	

Çizelge Ek 3.6 Eski Kıbrıs Ocak binder elek analizleri

ESKİ KIBRIS OCAK				Deney Sonucu			KTŞ Limit		
				Kalan (gr)	(% Kalan)	(% Geçen)	(% Geçen)		
Dane Boyutu Dağılımı	Standart	Elek (mm)	Elek (inch)				min	max	
	TS 1900-1		37,5	3/2					
			25	1				100	100
			19,1	3/4	96.30	5.50	94.50	80	100
			12,5	1/2	315.70	17.95	82.05	58	80
			9,52	3/8	514.70	29.25	70.75	48	70
			4,75	No.4	961.80	54.65	45.35	30	52
			2	No.10	1314.20	74.68	25.32	20	40
			0,425	No.40	1593.90	90.60	9.40	8	22
			0,18	No.80	1649.90	93.80	6.20	5	14
		0,075	No.200	1689.1	96	4.00	2	7	

Çizelge Ek 3.7 Yakupabtal Ocak bitümlü temel elek analizleri

YAKUPABTAL OCAK				Deney Sonucu			KTŞ Limit		
				Kalan (gr)	(% Kalan)	(% Geçen)	(% Geçen)		
Dane Boyutu Dağılımı	Standart	Elek (mm)	Elek (inch)				min	max	
	TS 1900-1	37,5	3/2					100,00	100,00
		25	1	141.90	7.00	93.00	72	100	
		19,1	3/4	385.30	20.00	80.00	60	90	
		12,5	1/2	718.40	35.40	64.60	50	78	
		9,52	3/8	957.30	47.10	52.90	43	70	
		4,75	No.4	1339.40	66.00	34.00	30	55	
		2	No.10	1580.70	77.80	22.20	18	42	
		0,425	No.40	1791.40	88.20	11.80	6	21	
		0,18	No.80	1847.70	91.00	9.00	2	13	
0,075		No.200	1902.70	93.70	6.30	0	7		

Çizelge Ek 3.8 Yakupabtal Ocak binder elek analizleri

YAKUPABTAL OCAK				Deney Sonucu			KTŞ Limit		
				Kalan (gr)	(% Kalan)	(% Geçen)	(% Geçen)		
Dane Boyutu Dağılımı	Standart	Elek (mm)	Elek (inch)				min	max	
	TS 1900-1	37,5	3/2						
		25	1					100	100
		19,1	3/4	110.00	5.40	94.60	80	100	
		12,5	1/2	410.40	20.15	79.85	58	80	
		9,52	3/8	643.40	31.55	68.45	48	70	
		4,75	No.4	1032.80	50.70	49.30	30	52	
		2	No.10	1398.00	68.60	31.40	20	40	
		0,425	No.40	1750.70	85.90	14.10	8	22	
		0,18	No.80	1834.50	90.00	10.00	5	14	
0,075		No.200	1912.50	93.85	6.15	2	7		

Çizelge Ek 3.9 Sarıdeğirmen Ocak bitümlü temel elek analizleri

SARIDEĞİRMEN OCAK				Deney Sonucu			KTŞ Limit		
				Kalan (gr)	(% Kalan)	(% Geçen)	(% Geçen)		
Dane Boyutu Dağılımı	Standart	Elek (mm)	Elek (inch)				min	max	
	TS 1900-1	37,5	3/2					100,00	100,00
		25	1	182.60	8.80	91.20	72	100	
		19,1	3/4	396.20	19.10	80.90	60	90	
		12,5	1/2	714.50	34.50	65.50	50	78	
		9,52	3/8	877.40	42.40	57.60	43	70	
		4,75	No.4	1135.70	54.80	45.20	30	55	
		2	No.10	1481.50	71.50	28.50	18	42	
		0,425	No.40	1830.00	88.30	11.70	6	21	
		0,18	No.80	1900.00	91.70	8.30	2	13	
0,075		No.200	1956.20	94.40	5.60	0	7		

Çizelge Ek 3.10 Sarıdeğirmen Ocak binder elek analizleri

SARIDEĞİRMEN OCAK				Deney Sonucu			KTŞ Limit		
				Kalan (gr)	(% Kalan)	(% Geçen)	(% Geçen)		
Dane Boyutu Dağılımı	Standart	Elek (mm)	Elek (inch)				min	max	
	TS 1900-1	37,5	3/2						
		25	1				100	100	
		19,1	3/4	198.40	9.50	90.50	80	100	
		12,5	1/2	477.80	23.00	77.00	58	80	
		9,52	3/8	671.00	32.30	67.70	48	70	
		4,75	No.4	1155.03	55.60	44.40	30	52	
		2	No.10	1553.90	74.80	25.20	20	40	
		0,425	No.40	1884.20	90.70	9.30	8	22	
		0,18	No.80	1923.67	92.60	7.40	5	14	
0,075		No.200	1952.76	94.00	6.00	2	7		

Çizelge Ek 3.11 Sümer Ocak bitümlü temel elek analizleri

SÜMER OCAK				Deney Sonucu			KTŞ Limit		
				Kalan (gr)	% Kalan	(% Geçen)	(% Geçen)		
Dane Boyutu Dağılımı	Standart	Elek (mm)	Elek (inch)				min	max	
	TS 1900-1	37,5	3/2					100,00	100,00
		25	1	361.00	17.20	82.80	72	100	
		19,1	3/4	546.10	26.00	74.00	60	90	
		12,5	1/2	768.40	36.60	63.40	50	78	
		9,52	3/8	1013.50	48.20	51.80	43	70	
		4,75	No.4	1406.50	67.00	33.00	30	55	
		2	No.10	1603.20	76.40	23.60	18	42	
		0,425	No.40	1827.80	87.00	13.00	6	21	
		0,18	No.80	1915.10	91.20	8.80	2	13	
0,075		No.200	1994.60	95.00	5.00	0	7		

Çizelge Ek 3.12 Sümer Ocak binder elek analizleri

SÜMER OCAK				Deney Sonucu			KTŞ Limit		
				Kalan (gr)	(% Kalan)	(% Geçen)	(% Geçen)		
Dane Boyutu Dağılımı	Standart	Elek (mm)	Elek (inch)				min	max	
	TS 1900-1	37,5	3/2						
		25	1				100	100	
		19,1	3/4	215.70	11.20	88.80	80	100	
		12,5	1/2	584.80	30.50	69.50	58	80	
		9,52	3/8	743.90	38.70	61.30	48	70	
		4,75	No.4	1080.70	56.20	43.80	30	52	
		2	No.10	1418.70	73.90	26.10	20	40	
		0,425	No.40	1709.30	89.00	11.00	8	22	
		0,18	No.80	1785.50	93.00	7.00	5	14	
0,075		No.200	1849.30	96.30	3.70	2	7		

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Hamza GÜNEŞ
Uyruğu : T.C
Doğum Yeri ve Tarihi : Gülşehir,1983
Telefon : 0530 976 06 50
Faks :
e-mail : Hamza.zyp.gunes@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: 2000 Evler süper Lisesi Nevşehir	2001
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi Konya	2006
Yüksek Lisans :		
Doktora :		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2008-2009	Ağaoğulları Madencilik	Vardiya Müh
2010-	Ankara Büyükşehir Belediyesi	Müh.

UZMANLIK ALANI

Maden Mühendisliği

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

Özkan, İ., Güneş, H., Özarslan, A., Geniş, M. 2006. Nevşehir-Gülşehir kaya tuz madeninde kaya tuzuna ait mühendislik özelliklerinin belirlenmesi. Kayamek'2006, VIII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu, İstanbul, s.329-338.

Güneş, H., Bilim, N. 2018. Mobil darbeleri kırıcılardaki darbe plakası açıklıklarının tane boyut dağılımı ve üretime etkisinin belirlenmesi. International Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology (EurasianSciEnTech 2018), November 22-23, 2018 Ankara, Turkey, 106-114.