

6. ULUSAL ASFALT SEMPOZYUMU

27-28 Kasım 2013, ANKARA

BİLDİRİLER



T.C.
Ulaştırma Denizcilik ve
Haberleşme Bakanlığı



KARAYOLLARI
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



TÜRKİYE
ASFALT MÜTEAHHİTLERİ DERNEĞİ

DÜZENLEME KURULU

Başkan

M. Cahit TURHAN (KGM-YTMK)

Üyeler

U. Kenan ADİLOĞLU (KGM)
A. Gürkan GÜNGÖR (KGM-YTMK)
Prof. Dr. Mustafa ILICALI (BAU)
Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN (İÜ)
Doç. Dr. Hilmi Berk ÇELİKOĞLU (İTÜ-YTMK)
Doç. Dr. Murat GÜLER (ODTÜ)
A. Tuncer ERTAN (ASMÜD)

YÜRÜTME KURULU

Başkan

U. Kenan ADİLOĞLU (KGM)

Üyeler

A. Gürkan GÜNGÖR (KGM-YTMK)
Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN (İÜ)
Doç. Dr. Murat GÜLER (ODTÜ)
Hüsamettin KIRCI (KGM)
Enver İSKURT (KGM)
Fatma ORHAN (KGM)
Ayberk ÖZCAN (ASMÜD)
Çağatay KALKANCI (ASMÜD)
Derya ŞENYAY (ASMÜD)

Sempozyum Genel Koordinatörü

Ş. Özcan EROL (YTMK)

BİLİM KURULU

Emine AĞAR (E-İTÜ)
Perviz AHMEDZADE (EÜ)
Hüseyin AKBULUT (AKÜ)
M. Vefa AKPINAR (KTÜ)
Atakan AKSOY (Avrasya Ü)
Süha ARAY (ONUR)
Tankut BALKIR (KOLİN)
Halil CEYLAN (IASTATE)
Mehmet ÇAKIROĞLU (TRS)
O. Nuri ÇELİK (SÜ)
Bırol DEMİR (KGM)
Murat ERGÜN (İTÜ)
Murat GÜLER (ODTÜ)
Sinan HINISLIOĞLU (Zirve Ü)
Mustafa ILICALI (BAU)
Mustafa KARASHAHİN (İÜ)
Serdar KAŞAK (KGM)
Necati KULOĞLU (FÜ)
A. Hilmi LAV (İTÜ)

Gülay MALKOÇ (ASMÜD)
Fatma ORHAN (KGM)
Şeref ORUÇ (KTÜ)
M. Aydın ÖNAL (FERNAS)
Halit ÖZEN (YTÜ)
Ahmet SAĞLIK (KGM)
Mehmet SALTAN (SDÜ)
İbrahim SÖNMEZ (İSFALT)
Burak ŞENGÖZ (DEÜ)
Serkan TAPKIN (BAU)
Yüksel TAŞDEMİR (Bozok Ü)
Zeliha TEMREN (ASMÜD)
Serdal TERZİ (SDÜ)
Mesut TIGDEMİR (SDÜ)
Erol TUTUMLUER (Illinois U)
Ali TOPAL (DEÜ)
Hikmet TUĞLU (OTOYOL)
E. Nazan ÜNAL (KGM)
Yetkin YILDIRIM (Texas U / İKÇÜ)

PROGRAM

1. GÜN, 27 KASIM 2013, ÇARŞAMBA

08:30 - 09:30 KAYIT

09:30 - 11:00 AÇILIŞ TÖRENİ

- Saygı Duruşu ve İstiklâl Marşı
- Açılış Konuşmaları
- Sergi Açılışı

11:00 - 11:15 ARA

11:15 - 13:00 PANEL

YENİLİKLERLE TÜRKİYE VE DÜNYADA ASFALT

Yönetici : Prof.Dr. Mustafa İLICALI, BAU

Panelistler: U. Kenan ADİLOĞLU

KGM, Genel Müdür Yardımcısı

Prof.Dr. Mustafa KARAŞAHİN, İÜ

Prof.Dr. Yetkin YILDIRIM,

University of Texas at Austin / İKÇÜ

A. Gürkan GÜNGÖR,

KGM Ar-Ge Dairesi Başkanı / YTMK Genel Sekreteri

Ayberk ÖZCAN

ASMÜD Yönetim Kurulu Başkanı

13:00 - 14:00 ÖĞLE ARASI

14:00 - 16:30 I. OTURUM

ASFALT ÜSTYAPILARIN PERFORMANSI VE DURABİLİTESİ

Oturum Başkanı: Prof.Dr. Emine AĞAR, E-İTÜ

14:00 - 14:30 **Davetli Konuşmacı**: Prof.Dr. Erol TUTUMLUER, University of Illinois at Urbana-Champaign

Asfalt Üstyapıların Ar-Ge Çalışmaları ve Son Gelişmeler

14:30 - 14:45 **Moderatör**: Prof.Dr. Serdal TERZİ, SDÜ

- Sıcaklık Değişiminin Farklı SBS'ler ile Modifiye Edilmiş Bitümler Üzerine Etkisinin İncelenmesi

Dr. İbrahim SÖNMEZ, İSFALT, Aydın TOPCU, İSFALT,

Fatma Hilal NACAR, İSFALT

- Geçirimli Asfalt Karışım Tasarımı İçin Laboratuvar Çalışması
Yrd.Doç.Dr. Altan ÇETİN, ANADOLU Ü., Buminhan BAŞTUĞ, YAPI MERKEZİ

- Temel Tabakası Rijitliğine Bağlı Olarak Kaplama Kalınlığının Mekanistik Analizle Tayini

Sedat ÖZCANAN, İTÜ, Doç.Dr. Muhammet Vefa AKPINAR, KTÜ

14:45 - 15:00 Saf ve Modifiye Bitümlerle Hazırlanan Karışımların Kalıcı Deformasyona Karşı Dayanımlarının Belirlenmesi
Yrd.Doç.Dr. Mehmet YILMAZ, FÜ, Doç.Dr. Baha Vural KÖK, FÜ,
Yrd.Doç.Dr. Taner ALATAŞ, FÜ, Prof.Dr. Necati KULOĞLU, FÜ

15:00 - 15:15 **Moderatör:** Fatma ORHAN, KGM

- *Farklı Katkılarla Modifiye Edilmiş Bitümlü Karışımların Kalıcı Deformasyonlara Karşı Direnç Özelliklerinin Karşılaştırılması*
Dr. İbrahim SÖNMEZ, İSFALT, Seyit Ali YILDIRIM, İSFALT, Fatma Hilal NACAR, İSFALT, Yasin BAYRAKLI, İSFALT
- *Bitümlü Sıcak Karışımlarda Granit Atığı Kullanılarak Filler Miktarı Tayini İçin Bir Dizayn Önerisi*
Prof.Dr. Hüseyin AKBULUT, AKÜ, Yrd.Doç.Dr. Sedat ÇETİN, AKÜ, Yrd.Doç.Dr. Cahit GÜREER, AKÜ, Ayfer ELMACI, AKÜ
- *Türkiye’de Taş Mastik Asfalt Kaplama Kullanımı ve Literatür Üzerine Bir Değerlendirme*
Yrd.Doç.Dr. Mustafa Sinan YARDIM, YTÜ, Funda ARSLAN, KGM

15:15 - 15:30 **ARA**

15:30 - 15:45 Poroz Asfalt Karışımların Performansı
Onur ÖZAY, KGM, Fatma ORHAN, KGM, A. Gürkan GÜNGÖR, KGM, Ebru ARIKAN ÖZTÜRK, GÜ

15:45 - 16:00 **Moderatör:** Süha ARAY, ONUR

- *Taş Mastik Asfalt Karışımlarında Fiber ve Ekstra Filler Yerine Sönmüş Kireç Kullanımı*
Dr. İbrahim SÖNMEZ, İSFALT, Süleyman GİRİT, İSFALT, Nilgün TAYBARS, İSFALT
- *Yol Yapımında Kullanılan Asfalt Malzemesinin İşlenebilirliği ve Sıkıştırılabilirliğinin Değerlendirilmesi*
Yrd.Doç.Dr. Samer DESSOUKY, University of Texas at San Antonio, Yrd.Doç.Dr. İbrahim SEL, BOU, Yrd.Doç.Dr. Hacer BİLİR ÖZHAN, BOU, Serdar MERMER, BOU
- *Türkiye’deki Bazı Volkanik Agregaların Yol Üstyapısında Bağlayıcısız Tabakalarda Kullanımı Açısından İncelenmesi*
Yrd.Doç.Dr. Altan YILMAZ, Mehmet Akif Ersoy Ü.

16:00 - 16:15 İmalat Parametrelerinin Sathi Kaplama Performansı Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi
Prof.Dr. Mustafa KARAŞAHİN, İÜ, Yrd.Doç.Dr. Cahit GÜREER, AKÜ, A. Gürkan GÜNGÖR, KGM, Prof.Dr. Mehmet SALTAN, SDÜ, Fatma ORHAN, KGM, Yrd.Doç.Dr. Bekir AKTAŞ, ERCİYES Ü., Dr. Murat V. TAÇIROĞLU, AKÜ, Yrd.Doç.Dr. Sedat ÇETİN, AKÜ, V. Emre UZ, MÜ

16:15 - 16:30 SORULAR VE OTURUM BAŞKANININ GENEL DEĞERLENDİRMESİ

16:30 - 16:45 **ARA**

16:45 - 17:30 **II. OTURUM**

SAĞLIK, GÜVENLİK VE ÇEVRE

Oturum Başkanı: Doç.Dr. Murat GÜLER, ODTÜ

- 16:45 - 17:00 Ilık ve Sıcak Karışım Asfaltları Sağlık ve Kalite Açısından Mukayese Eden "NORVEÇ LTA 2011" Deneme Yolu Projesi Sonuçları
Gülay MALKOÇ, ASMÜD, Seray TORAMAN, ASMÜD
- 17:00 - 17:15 Asfalt ve Beton Karışımlarının İmalatında Enerji Tüketimi ve Karbon Ayak İzi ile İlgili Bir Çalışma
Zeliha TEMREN, ASMÜD, Dr. İbrahim SÖNMEZ, İSFALT
- 17:15 - 17:30 SORULAR VE OTURUM BAŞKANININ GENEL DEĞERLENDİRMESİ

2. GÜN, 28 KASIM 2013, PERŞEMBE

09:00 - 10:45 III. OTURUM

ÜSTYAPI YÖNETİMİ, ÜSTYAPININ BAKIMI VE ONARIMI

Oturum Başkanı: Erol ALTUN, KGM

- 09:00 - 09:30 **Davetli Konuşmacı:** Prof.Dr. Yetkin YILDIRIM, University of Texas at Austin/İKÇÜ
ABD'de Üstyapı Bakım, Onarım Teknolojileri ve Uygulamaları
- 09:30 - 09:45 Çelik Köprülerde Mastik Asfalt Yenileme Çalışmaları
Dr. İbrahim SÖNMEZ, İSFALT, Süleyman GİRİT, İSFALT,
Nilgün TAYBARS, İSFALT
- 09:45 - 10:00 Sathi Kaplamalarda Görülen Çukur Bozulmasının Görüntü İşleme Yöntemiyle Analizi
Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN, İÜ, Prof.Dr. Mehmet SALTAN, SDÜ,
Yrd.Doç.Dr. Sedat ÇETİN, AKÜ
- 10:00 - 10:15 Uluslararası Düzgünlük İndeksi (IRI) Değerleri Kullanılarak Asfalt Beton Yolların Performansının Değerlendirilmesi
Yrd.Doç.Dr. Ömer Faruk USLUOĞULLARI, TURGUT ÖZAL Ü.,
Prof.Dr. Yetkin YILDIRIM, University of Texas at Austin/İKÇÜ,
Dr. Mehmet Sait CÜLFİK, SEMBOL
- 10:15 - 10:30 Kar ve Buz Mücadelesinde Kullanılan Kimyasalların Esnek Üstyapıya Etkileri
Şenol ALTIOK, KGM, Berke Ersin AVCI, KGM
- 10:30 - 10:45 SORULAR VE OTURUM BAŞKANININ GENEL DEĞERLENDİRMESİ

10:45 - 11:00 ARA

11:00 - 12:30 IV. OTURUM

ASFALT ÜRETİM VE UYGULAMALARINDA KALİTE KONTROL VE KALİTE GÜVENCESİ

Oturum Başkanı: Tankut BALKIR, KOLİN

- 11:00 - 11:30 **Davetli Konuşmacı:** Dr. Reha ÇETİNKAYA, BASALT-ACTIEN-GESELLSCHAFT
Almanya'da Asfalt Yol Yapımında Kalite Kontrol Sistemleri
- 11:30 - 11:45 Karayolu Teknik Şartnamesinde Bitümlü Kaplamalarla İlgili Yenilikler
Fatma ORHAN, KGM
- 11:45 - 12:00 Modifiye Bitümlerde Görüntü Analizi ile Modifiye Edici Katkı Tipi ve

Katkı Oranının Belirlenmesi

Yrd.Doç.Dr. Şevket GÜMÜŞTEKİN, İYTE, Doç.Dr. Ali TOPAL, DEÜ,
Doç.Dr. Burak ŞENGÖZ, DEÜ

12:00 - 12:15 Yeni Yapılan Asfalt Kaplamalarda Düzgünsüzlük Değerlendirmeleri
Birol DEMİR, KGM, Dr. Nazan ÜNAL, KGM

12:15 - 12:30 SORULAR VE OTURUM BAŞKANININ GENEL DEĞERLENDİRMESİ

12:30 - 13:30 ÖĞLE ARASI

13:30 - 15:00 V. OTURUM

ASFALTTA GERİ KAZANIM

Oturum Başkanı: Prof.Dr. Sinan HINISLIOĞLU, ZİRVE Ü.

13:30 - 13:45 **Moderatör:** Birol DEMİR, KGM

- *Granit Atığının Temel Tabakası Stabilizasyonunda Kullanılabilirliği*
Yrd.Doç.Dr. İsmail ZORLUER, AKÜ, Yrd.Doç.Dr. Cahit GÜRER, AKÜ,
Yrd.Doç.Dr. Sedat ÇETİN, AKÜ, Süleyman GÜCEK, AKÜ

- **Elektrikli Ark Ocağı Cürufu (EAF)'nun Bitümlü Sıcak Karışımlarda Kullanılabilirliği**
Yavuz ABUT, KOCAELİ B.B.

- *Asfaltın Geri Kazanımı ve Sürdürülebilirlik*
Zeliha TEMREN, ASMÜD

13:45 - 14:00 Doğal ve Sentetik Zeolit İçeren Ilık Karışım Asfaltların Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi ve Geri Kazanılmış Asfaltlarla Kullanımı
Jülide OYLUMLUOĞLU, DEÜ, Peyman AGHAZADEH DOKANDARI, DEÜ, Doç.Dr. Burak ŞENGÖZ, DEÜ, Doç.Dr. Ali TOPAL, DEÜ, Derya KAYA, DEÜ, Çağrı GÖRKEM, DEÜ

14:00 - 14:30 Laboratuvarında Üretilen Geri Kazanılmış Asfaltın Ilık Karışım Asfaltlarda Kullanılabilirliğine Ait Bir Çalışma
Everett CREWS, MWV, Tejash GANDHI, MWV, Jason BAUSANO, MWV

14:30 - 14:45 Kazanmış Asfalt Kaplamaların Yerde Soğuk Geri Dönüşüm Olarak Kullanımı KGM Uygulamaları

Ahmet SAĞLIK, KGM, Birol DEMİR, KGM, A. Gürkan GÜNGÖR, KGM

14:45 - 15:00 SORULAR VE OTURUM BAŞKANININ GENEL DEĞERLENDİRMESİ

15:00 - 15:15 ARA

15:15 - 17:25 VI. OTURUM

ASFALT ÜRETİMİ İLE YAPIMINDA YENİLİKLER

Oturum Başkanı: Prof.Dr. Necati KULOĞLU, FÜ

15:15 - 15:35

Moderatör: Doç.Dr. Burak ŞENGÖZ, DEÜ

- *Borik Asidin Asfaltın Fiziksel Özelliklerine Etkisi*
Doç.Dr. Şeref ORUÇ, KTÜ, Bahadır YILMAZ, BAYBURT Ü.,
Yrd.Doç.Dr. Murat BOSTANCIOĞLU, CUMHURİYET Ü.
- *Gamma Işıması ile Yüzey Aktivasyonu Yapılan Geri Dönüştürülmüş Yüksek Yoğunluklu Polietilen Katkılı Bitümlerin Fiziksel Özelliklerinin Değerlendirilmesi*
Doç.Dr. PervizAHMEDZADE, EÜ, Prof.Dr. Alexander FAINLEIB,
UBA, Taylan GÜNAY, EÜ, Dr. Olga STAROSTENKO, UBA,
Yrd.Doç.Dr. Tacettin GEÇKİL, İNÖNÜ Ü.
- *Filler Malzemesi Olarak Perlitin Bitümlü Sıcak Karışım Kaplamalarda Marshall Parametrelerine Etkisinin İncelenmesi*
Celil GÜMÜŞER, KGM, Yrd.Doç.Dr. Murat BOSTANCIOĞLU,
CUMHURİYET Ü.
- *Baritin Sıcak Asfalt Karışımlarda Agregada Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması*
Dr. Nihat MOROVA, SDÜ, Prof.Dr. Serdal TERZİ, SDÜ,
Prof.Dr. Mehmet SALTAN, SDÜ, Mustafa HASGÜL, SDÜ,
Sercan SERİN, DÜZCE Ü.

15:35 - 15:50

Organik İlık Karışım Asfalt Katkısının Modifiyeli Bağlayıcılarla Birlikte Kullanılması ve Karıştırma-Sıkıştırma Sıcaklığı Bakımından Değerlendirilmesi

Doç.Dr. Baha Vural KÖK, FÜ, Yrd.Doç.Dr. Mehmet YILMAZ, FÜ,
Mustafa AKPOLAT, FÜ

15:50 - 16:10

Moderatör: Doç.Dr. Perviz AHMEDZADE, EÜ

- *Bitümlü Sıcak Karışımların Üretiminde Optimum Tesis Tasarımı*
Doç.Dr. Baha Vural KÖK, FÜ, Yrd.Doç.Dr. Mehmet YILMAZ, FÜ,
İlyas TURHAN, FÜ
- *Yüksek Modifiyeli Asfalt (Highly Modified Asphalt - HIMA) ile Yeni Asfalt Teknikleri*
Zafer Sinan KARA, TERMOPOLO
- *Püskürtme Tekniğiyle Üretilen Köpük Bitümle İlık Karışım Asfalt Üretimi*
Yrd.Doç.Dr. Hande Işık ÖZTÜRK, ODTÜ KKK,
Yrd.Doç.Dr. M. Emin KUTAY, MICHIGAN STATE U.
- *Asfalt Karışımlarda Nanokil Ürünlerinin Kullanımı*
Yrd.Doç.Dr. Erol İSKENDER, KTÜ, Doç.Dr. Atakan AKSOY,
AVRASYA Ü. Doç.Dr. Burak ŞENGÖZ, DEÜ

16:10 - 16:25 ARA

- 16:25 - 16:40 Düşük Sıcaklık Asfalt Karışımı – Balmumu Katkılı
Dr. Thorsten BUTZ, SASOL WAX, Sebahattin HAN, TEKNOMET
- 16:40 - 16:55 **Moderatör:** Ahmet SAĞLIK, KGM
- *Plazma Teknolojisi ile Yüzeyi Kaplanmış Mineral Filler Kullanılarak Elde Edilen Asfalt Betonu Karışımların Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi*
Şebnem SARGIN, SDÜ, Prof.Dr. Serdal TERZİ, SDÜ,
Prof.Dr. Mehmet SALTAN, SDÜ, Melek KIRIŞTI, SDÜ,
Prof.Dr. Ayşegül ÖKSÜZ, SDÜ, Doç.Dr. Lütfi ÖKSÜZ, SDÜ
 - *Bitümlü Sıcak Karışım Modifikasyonlarında Polifosforik Asit Kullanımına Ait Avrupa ve Amerika Deneyimleri*
O. SHULGA, ICL, R. MALDONADO, ICL, H. ROMAGOSA, ICL,
L. LEWANDOWSKI, PRI
 - *Lastik Modifiyeli Bitümlerin Sıcak Karışımlarda Kullanım Potansiyelleri*
Yrd.Doç.Dr. Hande Işık ÖZTÜRK, ODTÜ KKK,
Yrd.Doç.Dr. M. Emin KUTAY, MICHIGAN STATE U.
- 16:55 - 17:10 Akrilik Elyafın Asfalt Betonu Karışımlarında Kullanımı
Prof.Dr. Mustafa KARAŞAHİN, İÜ, Didem TUNÇBİLEK, AKSA,
Ferda ÖZTOP, AKSA, Aras MUTLU, AKSA
- 17:10 - 17:25 SORULAR VE OTURUM BAŞKANININ GENEL DEĞERLENDİRMESİ
- 17:25 KAPANIŞ**

ELEKTRİKLİ ARK OCAĞI CÜRUFU (EAF)'NUN BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIMLARDA KULLANILABİLİRLİĞİ

Yavuz ABUT¹

ÖZET

Bu çalışmada, Kocaeli Dilovası Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyet gösteren Demir Çelik Fabrikaları'nda yan ürün olarak ortaya çıkan Elektrikli Ark Ocağı Cürufu'nun bitümlü sıcak karışımlarda kaba agrega olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Doğal agrega ise, Kocaeli'deki Hereke kalker taş ocaklarından temin edilmiştir. Aşınma (Tip 1) Tabakası kapsamında ASTM D1559'a uygun Marshall briketleri hazırlandıktan sonra, sudan kaynaklanan bozulmalara karşı direnç (AASHTO T 283) testi sonucunda, geleneksel karışımlar ile cüruf+kalker karışımları arasında bir performans değerlendirmesi yapılmıştır.

Çalışma sonucunda, cürüflü karışımların içeriğindeki düşük CaO nedeniyle soyulmaya karşı mukavemetinin düşük olduğu ve geleneksel karışımların sudan kaynaklanan bozulmalara karşı direnç açısından daha iyi performans sergilediği tespit edilmiştir.

1. GİRİŞ

Doğal kaynakların giderek azaldığı günümüzde, kaynakların daha efektif bir şekilde kullanımının önemi giderek artmaktadır. Özellikle inşaat sektöründe malzemeye olan ihtiyacın sektördeki payı düşünüldüğünde, bu düşüncenin gelecekte planlanması gereken önemli bir konu olduğu görüşü ortaya çıkmaktadır. Bu vesileyle karayolu üstyapısında kullanılan doğal agregaya olan ihtiyaç planlamaları, malzeme yönetimi gibi konular da, daha önemli hale gelecektir. Ülkemiz yolcu taşımacılığının %95'i ve yük taşımacılığının yaklaşık %90'ı karayolu üzerinde yapıldığı düşünülürse ilerleyen yıllarda artan nüfus ile beraber artan trafik hacmi, çevre kirliliği, modernite ve yapımla ilgili süreksizlikler de eklendiğinde ham maddeye ihtiyaç kritik noktalara gelecektir.

Karayolu üstyapısında agrega olarak en fazla kalker ve bazalt kullanılmaktadır. Bitümlü sıcak karışımlarda hacimce yaklaşık % 80-85 ve ağırlıkça %90-95 mineral agrega vardır. Bu sahadaki kaynaklara olan talebin karşılanması, çevrenin korunması ve atık yönetimi gibi konularda birtakım çalışmalar yapılmıştır [1,2,3,4]. Çelik cürufları ise, dünyada esas olarak; yollar için agrega, asfalt dolgu malzemesi, çimento endüstrisinde katkı malzemesi, tren yolu balastı, toprak dolgu, su kanalları için agrega, değişik alanlar için dolgu malzeme olarak kullanılmakta, ABD, İngiltere, Japonya ve Kanada gibi ülkelerde bitümlü sıcak karışımlarda başarılı bir şekilde değerlendirilmektedir [5,6,7,8]. Çelik cüruflarının bitümlü sıcak karışımlarda kullanılması ile ilgili olan bir çalışmada Sivas Divriği Demir Çelik Fabrikası'ndan temin edilen cürufun esnek üstyapılarda agrega olarak kullanılması durumunda, servis ömrünün ilk dönemlerde iyi performans sergileyeceği, ilerleyen yıllarda ise özellikle nem hasarına karşı kötü performans sergileyeceği tespit edilmiştir[9].

¹.İnş.Yük.Müh., Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Fen İşleri Dairesi Başkanlığı, Kocaeli

Ayrıca çelik cüruflarının ekonomik ve ekolojik değerlendirilmesi konulu başka bir çalışmada, bazik oksijen cüruflarının bitümlü sıcak karışımlarda kullanılabilirliği incelenmiştir [10].

Bu çalışmada ise, Kocaeli Dilovası Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyet gösteren Demir Çelik Fabrikaları'nda yan ürün olarak ortaya çıkan ve bütünüyle bölgedeki söz konusu atık malzemeleri temsil edebilen, Çolakoğlu Metalurji Endüstrisi'ne ait Elektrikli Ark Ocağı Cürufu (EAF) üzerinde fiziksel deneyler gerçekleştirilerek, karayolu mühendisliğinde bitümlü sıcak karışımlarda kaba agregaya yönünden kullanılabilirliği araştırılmıştır. Agregaya kompozisyonu açısından, %100 kalker ve %51 cüruf (kaba agregaya) + %49 kalker (ince agregaya) olmak üzere iki ayrı karışım üzerinde Geleneksel Aşınma Tip 1 tabakası için Marshall Prosedürü uygulandıktan sonra Sudan Kaynaklanan Bozulmalara Karşı Direnç (İndirek Çekme Direnci, ITS) gibi performansa yönelik deneyler gerçekleştirilmiştir. Son aşamada ise fayda maliyet analizi yapılarak, cürufların değerlendirilmesi konusunda birtakım önerilere yer verilmiştir.

2. YÖNTEM

2.1. Malzemeler

Çalışma kapsamında AC 50/70 bitüm, Türkiye Petrol Rafinerisi Anonim Şirketi (TÜPRAŞ) Körfez Rafinerisi'nden temin edilmiştir. Bağlayıcıya ait fiziksel özellikler *Tablo-1*'de verilmiştir. Mineral agregaya olarak Kocaeli, Körfez Hereke mevki kalker taş ocağından elde edilen agregalar ile Dilovası bölgesi Çolakoğlu Metalurji Endüstrisi'nde yan ürün olarak ortaya çıkan Elektrikli Ark Ocağı Cürufları (EAF) kullanılmıştır. Mineral kalker agregası ve cüruflara ait fiziksel özellikler *Tablo-2*'de verilmiştir.

Tablo 1. AC 50/70 Bitümün fiziksel özellikleri

DENEY	STANDART	SONUÇLAR
<i>Penetrasyon (0.1mm), 100 g, 5 s</i>	<i>TS EN 1426</i>	54
<i>Yumuşama Noktası (°C)</i>	<i>TS EN 1427</i>	52
<i>Özgül Ağırlık (gr/cm³)</i>	<i>TS 1087</i>	1.034

Tablo 2. Mineral kalker agregası ve cürüflara ait fiziksel özellikler

DENEY	STANDART	AŞINMA (Tip 1) Limitleri [11]	KALKER			CÜRUF
			Kaba Agrega	İnce Agrega	Filler	Kaba Agrega
LOS ANGELES AŞINMA KAYBI (%)	TS EN 1097-2	max 27	22	--	--	25
HAVA TESİRLERİNE KARŞI DAYANIKLILIK (donma deneyi, Mg2SO4 ile) kayıp(%)	TS EN 1367-2	max 16	1	--	--	2.5
KIRILMIŞLIK (en az iki yüzü) ağırlıkça, (%)	—	min 100	100	--	--	100
YASSILIK İNDEKSİ, (%)	BS 812	max 25	19.5	--	--	18
SOYULMA MUKAVEMETİ(%)	KTŞ Kısım 403 EK-A	min 50	55	--	--	45
PLASTİSİTE İNDEKSİ (PI)	TS 1900	NP	--	NP	NP	--
Hacim Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	TS EN 1097-6	--	2.678	2.691	--	3.015
Zahiri Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	TS EN 1097-6	--	2.723	2.721	2.696	3.263
Su Absorbsiyonu (%)	TS EN 1097-6	max 2	0.617	0.410	--	2.52

Çelik cürüfları esas olarak kalsiyum, demir, magnezyum ve mangan oksitlerin eriyerek oluşturduğu kalsiyum silikat ve alimino-ferritler meydana gelmektedir. Üretilen çeliğin özelliklerine bağlı olarak kimyasal özellikler farklılıklar gösterebilir [10]. Elektrikli Ark Ocağı Cürüflarının (EAF) yüzey dokusunu gösterir resim Şekil-1'de, kimyasal analizi ise Tablo-3'de verilmektedir.



Şekil 1. Elektrikli Ark Ocağı Cürüfları (EAF)

Tablo 3. Elektrikli Ark Ocağı Cürüfları (EAF) Kimyasal Özellikleri
(TÜBİTAK, MAM 2011)

Element	CaO	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	MnO	Cr ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	S
%	50.43	1.939	7.509	30.47	7.169	0.628	0.005	0.034	0.038	0.297	0.015	0.501

2.2. Malzemelerin Deneye Hazırlanması

Agrega kompozisyonu açısından, %100 kalker ve %51 cüruf (kaba agreg) + %49 kalker (ince agreg) olmak üzere iki ayrı karışım, Aşınma Tip 1 tabakası için hazırlanmıştır (K = %100 Kalker, CK = %51 Cüruf + %49 Kalker). Agreg karışım gradasyonu *Tablo-4*'te gösterilmiştir. ASTM D 1559 Marshall Prosedürü ile karışımlar üzerinde optimum bitüm yüzdeleri tespit edilmiş, sonraki aşamalarda ise AASHTO T 283'e uygun olarak Sudan Kaynaklanan Bozulmalara Karşı Direnç (İndirek Çekme Direnci, ITS) deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deneyler için hazırlanan numune sayıları *Tablo-5*'te verilmiştir. *Şekil-2*'de ise CK = %51 cüruf (kaba agreg) + %49 kalker (ince agreg) numunelerinin hazırlanışı görülmektedir.

Tablo 4. K ve CK karışımlarına ait karışım gradasyonu

ELEK AÇIKLIĞI		% GEÇEN	AŞINMA (Tip 1) Limitleri [11]
Mm	inch		
19.1	3/4"	100	100
12.7	1/2"	90	88-100
9.52	3/8"	77	72-90
4.76	No.4	49	42-52
2.00	No.10	30	25-35
0.42	No.40	13	10-20
0.177	No.80	8	7-14
0.075	No.200	6	3-8

Tablo 5. Deneyler için hazırlanan numune sayıları

Deney	Numune Sayıları	
	K	CK
Marshall Deneyi ile Optimum Bitüm Tesbiti	15	15
Marshall Stabilite ve Akma Deneyi (Kontrol)	3	3
İndirek Çekme Direnci (ITS)	6	6
Toplam	24	24



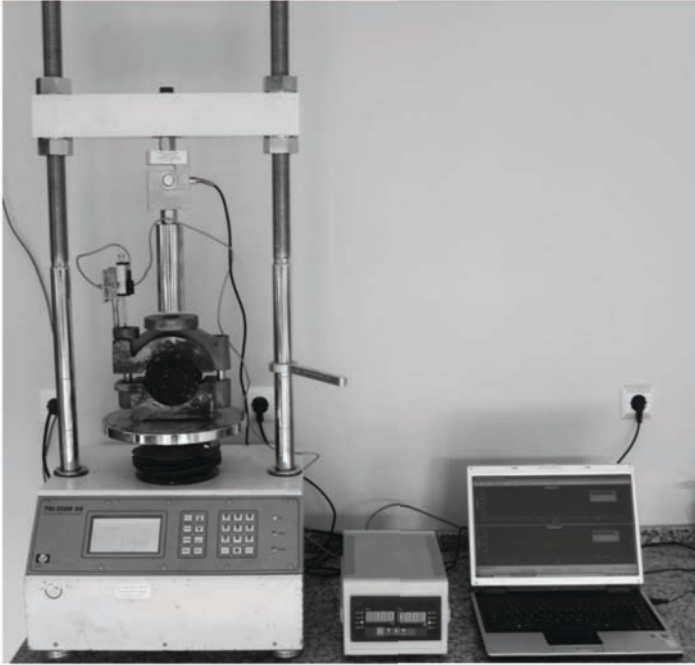
Şekil 2. CK karışımlarına ait elek fraksiyonları

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Marshall Stabilite ve Akma Deneyi

Marshall stabilitesi ve akma deneyi, farklı bağlayıcı içerikli sıkıştırılmış silindirik numunelere uygulanır. Numuneler 30-40 dakika kadar 60°C'deki suda bekletildikten sonra, 51mm/dak. sabit bir basınç altında çelik yükleme plakaları kullanılarak yüklemenin yapıldığı bir deneydir. Marshall stabilite değeri (kN) yükleme boyunca kaydedilen maksimum kuvvet, akma değeri (mm) ise maksimum kuvvette kaydedilmiş deformasyondur. Optimum bağlayıcı içeriğini belirlemek için; maksimum hacim özgül ağırlığı, maksimum stabilite, asfalt karışımındaki %4 hava boşluğu ve bağlayıcı ile dolu agrega karışımındaki %80 boşluğundaki bağlayıcı içeriği değerleri kullanılır. Marshall oranı (MQ) (kN/mm), stabilitenin (kN) akmaya (mm) oranı olarak hesaplanır ve bu şekilde belirli test koşulları altında yükün deformasyona oranına yakın bir değerini simgeleyerek servis esnasında kalıcı deformasyona karşı malzemenin direncinin bir ölçüsü olarak kullanılabilir [12].

Marshall Stabilite ve Akma Deneyi için Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Yapı Malzemeleri Laboratuvarında, bilgisayar kontrollü VJ Tech - TRISCAN 50 yükleme cihazı kullanılmıştır (Şekil-3).



Şekil 3. Bilgisayar kontrollü VJ Tech - TRISCAN 50 yükleme cihazı

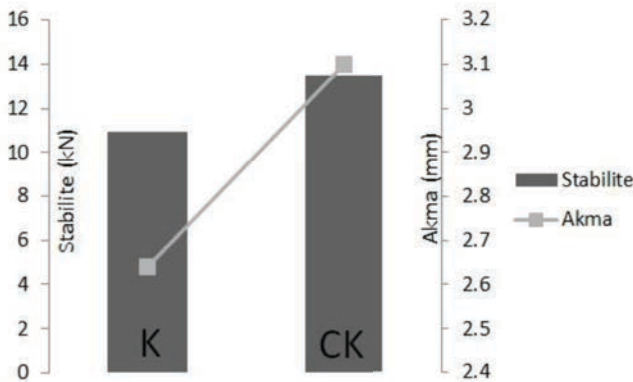
6. Ulusal Asfalt Sempozyumu

27-28 Kasım 2013, Ankara

Asfalt betonunun Marshall stabilitesi, onun trafik yükü altındaki tekerler izi oluşumuna ve ötelenme direncine karşı yeteneğini yansıtır. Marshall akması, asfalt betonunun çatlamaksızın alt tabakadaki hareketlere ve yavaş oturmalara karşı kendisini ayarlama yeteneğidir. Akma, stabiliteye karşıt bir özellik olarak dikkate alınabilir. Marshall test sonuçları *Tablo-6*'da verilmiştir. Stabilite ve akma değerleri ise *Şekil-4* 'teki grafikte ayrıca gösterilmiştir.

Tablo 6. Marshall Testi sonuçları

Özellik	Karışım Tipi		AŞINMA TİP 1 Şartname Limitleri [11]
	K	CK	
Briket Yapımında Uygulanacak Darbe Sayısı	75	75	75
Optimum Bitüm Yüzdesi (%)	4.70	4.75	4-7
Agrega Hacim Özgül Ağırlığı (gr/cm³)	2.685	2.847	-
Karışım Özgül Ağırlığı, Dp (gr/cm³)	2.452	2.575	-
Boşluk (%)	4	4	3-5
Asfalt Dolu Boşluk (%)	70	70	65-75
Agregalar Arası Boşluk (%)	14	13.7	min 14
Stabilite (kN)	10.96	13.50	9
Akma (mm)	2.64	3.10	2-4
Stabilite/Akma, MQ (kN/mm)	4.20	4.35	-



Şekil 4. Marshall Testi stabilite ve akma değerleri

3.2. İndirek Çekme Direnci (ITS) Deneyi

İndirek çekme direnci (ITS) testi, Marshall cihazı ile indirek çekme cihazının çerçeve kısmı kullanılarak 51mm/dak. yük artış hızında yapılır. Bu deney için VJ Tech - TRISCAN 50 yükleme cihazı ile beraber yarma başlığı kullanılacaktır (*Şekil-5*). ITS testi, çap düzlemi doğrultusunda düşey olarak yüklenen ve paralel hareket eden yüklerin sıkıştırması ile silindirik bir numunenin yüklenmesini kapsar. Bu deney, asfalt betonunun gerilme özelliklerini belirlemek için uygulanır. Bu şekilde yol yüzeyinin kırılma özellikleriyle daha iyi bir bağlantı kurulabilir. ITS değerini hesaplamak için kırılmış olan deney numunesine uygulanan maksimum yüke göre aşağıdaki denklem kullanılır.

$$ITS = \frac{2 P_{max}}{\pi x t x d} \quad (1)$$

P_{max} : Uygulanmış maksimum yük (kN)

t : Numunenin kalınlığı (mm)

d : Numunenin çapı (mm)

Asfalt karışımların nem hassasiyeti su ile zarar gören karışımın hasar görmesi olarak belirlenir. Nem, asfalt karışımında toplandığı için asfalt bağlayıcı ve agregalar arasındaki bağa, soyulmayı sağlayarak zarar verebilir. Asfalt karışımların nem hassasiyeti AASHTO T 283 testi kullanılarak değerlendirilir. Numuneler eşit olacak şekilde iki gruba ayrılır. İlk grup numunelerin hava boşluk hacimlerinin %55-80'i, damıtılmış su kullanılan bir vakum tarafından doyurularak şartlandırılır. Daha sonra bu numuneler en az 16 saat süre ile -18°C 'deki bir buzluğa yerleştirilir. Buzluktan çıkarılan numuneler 60°C 'deki su banyosunda 24 saat bekletilir. Buradan çıkartılan numuneler 25°C 'deki su banyosunda 2 saat daha bekletilir. Ayrıca aynı anda şartlandırılmamış ikinci grup numuneler de 25°C 'deki su banyosuna yerleştirilir. Bu 2 saatlik sabit sıcaklıktan sonra bütün numunelerin indirek çekme direnci belirlenir. Şartlandırılan numunelerin indirek çekme direncinin ($ITS_{yaş}$), şartlandırılmayan numunelerin indirek çekme direncine (ITS_{kuru}) oranı aşağıdaki denklemle hesaplanmaktadır:

$$ITSR = \frac{ITS_{yaş}}{ITS_{kuru}} \quad (2)$$

$ITSR$: İndirek çekme direnci oranı

$ITS_{yaş}$: Şartlandırılmış grubun ortalama indirek çekme direnci (kPa)

ITS_{kuru} : Şartlandırılmamış grubun ortalama indirek çekme direnci (kPa)

0,7den daha az çekme direnci oranına sahip karışımların neme karşı direnci azdır ancak 0,7den daha büyük oranlı karışımların nem zararına karşı direnci daha iyidir [13].

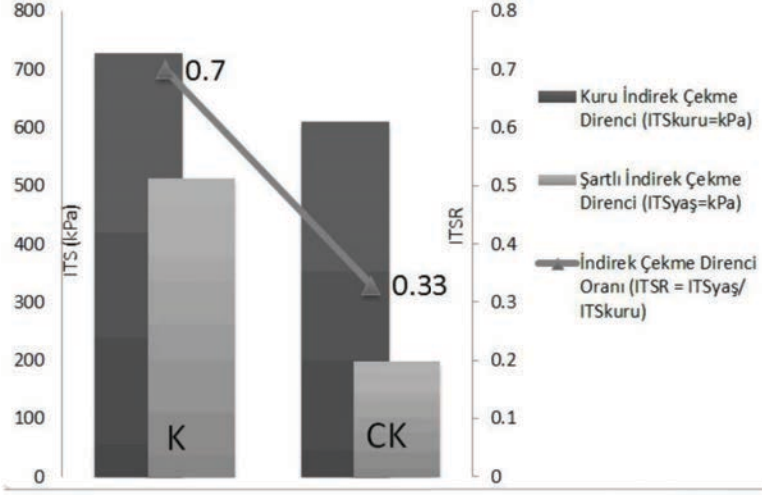


Şekil 5. Bilgisayar kontrollü VJ Tech - TRISCAN 50 yükleme ve yarma başlığı

İndirek çekme direnci deney sonuçları Tablo-7’de, ITS ve ITSR değerlerini gösterir grafik ise Şekil-6’te gösterilmiştir.

Tablo 7. İndirek çekme direnci deney sonuçları

Deney Türü	K	CK
<i>Kuru İndirek Çekme Direnci ($ITS_{kuru}=kPa$)</i>	727.9	610.6
<i>Şartlı İndirek Çekme Direnci ($ITS_{yaş}=kPa$)</i>	512.7	199.3
<i>İndirek Çekme Direnci Oranı ($ITSR = ITS_{yaş}/ITS_{kuru}$)</i>	0.70	0.33



Şekil 6. ITS ve ITR deney sonuçları grafiği

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Elde edilen sonuçlara göre; Elektrikli Ark Ocağı Cürüflarının bitümlü sıcak karışımlarda kaba agrega olarak kullanılması durumunda;

- Sudan kaynaklanan bozulmalara karşı direnç açısından K karışımları daha iyi performans sergilemiştir. CK karışımlarında, şartlandırılan numune dirençlerinde kuruya oranla yarıdan fazla bir düşüş görülmüştür (Şekil-6). Bu durumun, CK karışımlarının soyulma mukavemetlerinin düşük olması ve boşluk oranlarının yüksek olmasıyla alakalı olduğu düşünülmektedir. Bu durumda K karışımlarının nem hasarına karşı direncinin iyi, CK karışımlarının ise kötü olduğu söylenebilir ($ITSR_K=0.70$, $ITSR_{CK}=0.33$).

- Elektrikli Ark Ocağı Cürüfları, soyulma ve dolaylı çekme mukavemeti bakımından daha düşük performans ortaya koymuştur. Cüruf içerdiği düşük CaO nedeniyle soyulma yönünden sorunludur. Karışımlarda yüksek oranlarda kullanılması durumunda karmaşık olan soyulma problemini daha karmaşık hale getirecektir. Dolayısıyla cürüfların düşük oranda, atık bir maddeyi bertaraf etme noktasında, düşük standartlı yollarda kullanılmasının daha uygun olabileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda, karışım içeriğinde %3-5-7-10 gibi düşük oranda cüruf karıştırılarak elde edilen numuneler üzerindeki deneysel çalışmalar, bu çalışmanın bir devamı olarak araştırılması gereken konuların temelini oluşturacaktır. Ayrıca, cüruf içeriğindeki zamana bağlı oksitlenmeler ve kimyasal yapının zamana bağlı olarak bitümlü olan ilişkisi, asfalt plantinde elevatör, dryer gibi kısımlarda oluşturacağı aşındırıcı etkiler, ünitelerin tıkanması gibi olası durumları incelemek adına, ilerleyen zamanlarda bir deneme karışımı yapılarak, uzun periyotta performans gözlemleri yapılması planlanmaktadır. Karışımda bağlayıcı içeriği açısından önemli bir fark maliyet doğurmamasına karşın, ağırlıkça % 5 oranında daha ağır bir karışımla çalışılması; nakliye konusunda mali tabloların dikkate alınması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır.

- Ayrıca, cüruf içeriğindeki ağır metal bileşiklerin varlığı da düşünüldüğünde (*Tablo-3*), asfalt içeriğinde kullanılması durumunda, üretim , nakliye, serim ve sıkıştırma işlemlerinde ciddi bir atık yönetiminin gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

5. KAYNAKLAR

1. Y.Huang, R.N. Bird, O.Heidrich. A review of the use of recycled solid waste materials in asphalt pavements. *Resources Conservation and Recycling* 2007, 52, 58-73.
2. O.N.Çelik, C.D.Atış. Compactibility of hot bituminous mixtures made with crumb rubber-modified binders. *Construction and Building Materials* 2008, 22,1143–1147.
3. S.E.Zoorob, L.B.Suparma. Laboratory design and investigation of the properties of continuously graded asphaltic concrete containing recycled plastics aggregate replacement (Plastiphalt). *Cement and Concrete Composites* 2000, 22, 233-242.
4. A.Çetin. Reuse of crumb rubber and plastic on hot-mixed asphalt concrete. *Petroleum and Coal*, 2001, 43, 183-187.
5. Wintenborn, J.L., “Steel Making Slag: A Safe and Valuable Product” NATIONAL SLAG ASSOCIATIONNSA yayınları, Kasım 1998.
6. Emery, J.J. and Ferrand, B.L., “Recent improvements in the quality of steel slag aggregate” In *Proceedings of the International Symposium on Resource Conservation and Environmental Technologies*, Aug., 1994, pp.99-106.
7. Heaston, B.S., “Steel Plant Slag in Road Pavements”, *Australian Civil Engineering Transactions*, IEAust, 1993, Vol CE35, No 1
8. Bagampadde, U., Al-Abdul Wahhab, H.,I. And Aiban S.A., “Optimization of Steel Slag Aggregates for Bituminous Mixes in Saudi Arabia”, *Journal of Materials in Civil Engineering*, 1999, Feb., Vol. 11, No. 1, pp. 30-35
9. Kök, B.V. Yılmaz, M. Yılmaz, M., Sivas Divriği Çelik Cürufunun Bitümlü Sıcak Karışımlarda Kullanılabilirliği, *C.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi* 2009, Cilt:30, Sayı:1.
10. Günay, E. Kara, M. Çelik Cüruflarının Ekonomik ve Ekolojik Değerlendirilmesi, TÜBİTAK MAM, Malzeme Enstitüsü, Gebze/KOCAELİ
11. Karayolları Genel Müdürlüğü. (2006) Karayolları Teknik Şartnamesi, No:267, Ankara, 513-530s.
12. Resistance to plastic flow of bituminous mixtures using the Marshall apparatus, ASTM D 1559.
13. Standard Method of Test for Resistance of Compacted Asphalt Mixtures to Moisture-Induced Damage, AASHTO T 283.