

## Bitkisel Atık Yağların Bitüm Katkı Malzemesi Olarak Kullanılabilirliği

Kemal Muhammet ERTEN<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Yapı Denetimi / Yalvaç Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye

\*ertenkemal@windowslive.com

**Özet** – Yollarımızda kullandığımız bağlayıcı ürün olan bitüm zamanla yaşlanmakta ve özelliğini kaybetmektedir. Son yıllarda, bitümün petrol ürünü olması ve pahalı bir malzeme olması nedeniyle de geri kazanım çalışmalarına hız verilmiştir. Geri kazanılan ve yaşlanmış olan bitüm malzemesinin orijinal özelliklerini geri kazanabilmesi asfalt karışımların performansı için önem arz etmektedir. Bu nedenle bitümün zamanla kaybettiği özelliklerini tekrar kazandırmak için farklı ürünler ve yöntemlerden faydalanılmaktadır. Bitkisel Atık Yağlar (BAY) da bitümün gençleştirme çalışmalarında en gözde ürünler arasındadır. Her gün evlerimizde düzenli olarak kullandığımız ve dünya çapında en çok tüketilen gıda maddelerinden olan bitkisel yağların kullanımdan sonra atık olarak çevreye verdiği zararlar bilinmektedir. Bu atık malzemenin asfalt karışımlarda kullanılmak suretiyle geri dönüşümü hem çevresel hem de ekonomik açıdan avantajlar sunmaktadır.

Çalışmada bitkisel atık yağların yaşlanmış bitüm özelliklerine etkisi ve literatürde yapılmış bazı deneysel çalışmalarına göre bitüm penetrasyon ve yumuşama noktası değerlerine olan katkısı araştırılmıştır. Araştırma sonucunda bitkisel atık yağların bitümün penetrasyon ve yumuşama noktası değerleri üzerine pozitif katkıda bulunduğu ve bitümü orijinal özelliklerine yaklaştırdığı gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** – Bitkisel Atık Yağ, Bitüm, Penetrasyon, Yumuşama Noktası, Geri Dönüşüm

### I. GİRİŞ

Bitümlü karışımların neden olduğu sera gazı salınımını [1] azaltmak için en etkili yöntemlerden birisi eski asfalt kaplamaların yeniden kullanımının teşvikidir [2], [3], [4].

Bitümlü malzemeler inşaat sürecinde ısıtma, karıştırma, serme, sıkıştırma ve servis ömrü boyunca hizmet sürecinde iklim ve trafik gibi etkilerden dolayı yaşlanmaktadır [5].

Asfalt bağlayıcısı olarak kullandığımız bitüm bu süreç zarfında kimyasal bileşiminde ki asfaltten ve malten (aromatikler, doymuşlar, reçineler) oranlarının değişmesi [6], [7] nedeniyle bağlayıcılık özelliğini kaybederek sertleşmekte ve işlevsizleşmektedir. Ancak asfalt karışımlarda kullanılan bitümün yüksek maliyeti onun tekrar kullanılma gereksinimini zorunlu kılmaktadır.

Ömrünü tamamlamış bitümü tekrar eski özelliklerine haiz şekilde kullanabilmek için içerisinde ki bileşenlerin oranlarının orijinal halinde ki durumuna yaklaştırılması gerekmektedir [8].

Bu nedenle çeşitli ürünlerden faydalanılmaktadır. Bitkisel atık yağlar (BAY), Motor yağı, biyokütle yağları, [9], yumuşak bitümler, naftenik yağlar, biyo yağlar, parafinik yağlar [10], gençleştirici katkı [11] maddeleri gibi.

Çalışmada BAY'ın kullanımının bitümün özelliklerine katkısı araştırılmaya çalışılmıştır. Burada özellikle BAY seçilmesinin nedeni, dünya genelinde yılda 200 milyon tonun üzerinde [12] bitkisel yağ tüketilmesi ve bunun artan nüfusla günden güne artmasıdır. Bu denli fazla kullanılan bir ürünün ne şekilde olursa olsun geri dönüştürülebilmesi çevresel sürdürülebilirlik açısından çok önemlidir.

Atık yağın düzensiz bir şekilde kanalizasyon sistemine verilmesi durumunda doğal su kaynakları ve toprak için ciddi tehdit oluşturmaktadır [13].

Ayrıca bu durum, suların arıtılabilmesi için de ilave maliyet doğurmaktadır [14].

Asfalt sektöründe BAY, yaşlanmış bitümü gençleştirmek ve yumuşatmak amacıyla kullanılmaktadır [9], [15].

Bu çalışmada BAY'ın farklı bitüm sınıfları ve farklı katkı maddeleriyle modifiye edilmiş bitümler üzerine ne tür etki ettiği ortaya koyulmuştur. Araştırma da tüm dünyada bitümler için temel değerlendirme kriterleri olarak kabul görmüş penetrasyon ve yumuşama noktası deney sonuçları baz alınmıştır.

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada, literatür araştırmasından elde edilen 5 farklı deneysel çalışmaya göre, BAY'ın farklı bitümler üzerine farklı oranlarda uygulanmasının deneysel çalışmalarda kullanılan bitümlerin penetrasyon ve yumuşama noktası değerlerini nasıl etkilediği ortaya koyulmuştur.

Seçilen numuneler özellikle, farklı penetrasyon sınıfı, farklı modifikasyon ve yaşlandırma aşamalarından geçmiş numuneler olarak belirlenmiştir. Böylece BAY'ın farklı şartlarda ki etkisi gözlemlenmeye çalışılmıştır.

Şekil 1'de görüldüğü şekilde uygulanan penetrasyon deneyi, bitümlerin sertlik veya kıvamlılığını belirlemek için, Şekil 2'de görüldüğü şekilde uygulanan yumuşama noktası deneyi ise bitümlerin sıcaklığa olan hassasiyetini ölçmek için yumuşama noktası olarak ifade edilen sıcaklığın belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır [16].



Şekil 1. Bitüm Penetrasyon Deneyi Uygulaması



Şekil 2. Bitüm Yumuşama Noktası Deneyi Uygulaması

Tablo 1'de verilen 'A' numunesi [17] 70/100 sınıfında katkısız orijinal bitümdür. 'B' numunesi [18] %5 SBS (Stiren-Butadien-Stiren) katkılı bitümdür. 'C' numunesi [15] %1,5 RET (Reaktif Etilen Terpolimer) + %0,2 PPA (Polifosforik Asit) ilaveli 50/70 sınıfı bitümdür. 'D' numunesi [19] 50/70 sınıfında katkısız orijinal bitümdür. 'E' numunesi [20] ise 40/60 penetrasyon sınıfında kısa ve uzun dönem yaşlandırmaya tabi tutulmuş bitüme BAY eklenmesiyle oluşturulmuştur.

Tablo 1. Farklı numunelere farklı yüzdelerde eklenen BAY ile deneysel olarak bulunan Penetrasyon ve Yumuşama Noktası sonuçları

Deneysel Çalışmaya Ait Kod	Bitüm Sınıfı	Bitkisel Atık Yağ Yüzdesi (Bitüm Ağırlığına)	Penetrasyon (0,1 mm)	Yumuşama Noktası (°C)
A	70/100 Orijinal Bitüm	0	88,20	48,00
		2	146,70	37,00
		4	205,40	33,00
		6	254,90	30,00
		8	>300	26,00
		10	>300	22,00
B	SBS Modifiye Bitüm	0	35,00	65,50
		1	52,00	62,15
		3	79,00	61,10
		5	119,00	58,45
		7	148,00	56,20
		9	180,00	54,20
C	RET+PPA Modifiye Bitüm	0	40,00	58,00
		2	59,00	53,00
		4	80,00	50,00
		6	114,00	46,00
		8	145,00	44,00
D	50/70 Orijinal Bitüm	0	62,00	53,30
		2	65,00	52,90
		4	92,00	51,00
		6	118,00	47,80
		8	136,00	45,90
		10	174,00	42,60
		12	192,00	40,00
E	40/60 Bitüm RTFOT ve PAV Sonrası Yaşlanmış	0	23,00	60,00
		3	39,00	55,00
		4	45,00	53,50
		5	52,00	53,00
		6	61,00	52,50
		7	71,00	52,00

Tablo 1’de çalışmalarda kullanılan orijinal bitüm sınıfları, bu bitümlere eklenen BAY yüzdeleri ve bu yüzdeler için numunelerin penetrasyon ve yumuşama noktası değerlerinin nasıl değiştiği görülmektedir.

### III. BULGULAR

Örnekleme ki numunelerin tamamı farklı türde ve kullanılan BAY yüzdeleri de her numune için değişken değerlerde olduğu için net bir kıyaslama yapılamayacağından, BAY yüzdesinin sıfır olduğu referans numune penetrasyon değerlerini %100

artıran BAY yüzdeleri aşağıda verilen ve Excel yardımıyla çıkarılan denklemler yardımıyla hesaplanmıştır. Bulunan yüzdeler için yumuşama noktası değerlerinin de referans numunelere göre nasıl değiştiği hesaplanmıştır. Denklemlerde y değerleri penetrasyon ya da yumuşama noktası değerlerini ve x değerleri BAY yüzdesini temsil etmektedir.

A numunesi için;

$$y = -1,5487x^2 + 37,892x + 83,189 \quad (1)$$

$$y = 0,1563x^2 - 3,9339x + 46,607 \quad (2)$$

(1) denklemi ile %100 penetrasyon artışı veren BAY yüzdesi %2,77 olarak bulunmuştur. Bu yüzde için (2) denklemi ile yumuşama noktası değeri 36,89 °C olarak belirlenmiştir.

B numunesi için;

$$y = 0,0054x^2 + 16,158x + 34,694 \quad (3)$$

$$y = 0,0301x^2 - 1,4348x + 64,75 \quad (4)$$

(3) denklemi ile %100 penetrasyon artışı veren BAY yüzdesi %2,18 olarak bulunmuştur. Bu yüzde için (4) denklemi ile yumuşama noktası değeri 61,76 °C olarak belirlenmiştir.

C numunesi için;

%100 penetrasyon artışı veren BAY yüzdesi Tablo 1’de görüldüğü üzere deneysel olarak %4 bulunmuştur. Bu yüzde için yumuşama noktası değeri tabloda 50 °C olarak verilmiştir.

D numunesi için;

$$y = 0,3571x^2 + 7,3929x + 57 \quad (5)$$

$$y = -0,0268x^2 - 0,8119x + 53,983 \quad (6)$$

(5) denklemi ile %100 penetrasyon artışı veren BAY yüzdesi %6,82 olarak bulunmuştur. Bu yüzde için (6) denklemi ile yumuşama noktası değeri 47,25 °C olarak belirlenmiştir.

E numunesi için;

$$y = 0,436x^2 + 3,7252x + 23,169 \quad (7)$$

$$y = -0,0159x^4 + 0,2413x^3 - 1,025x^2 - 0,3458x + 60,001 \quad (8)$$

(7) denklemi ile %100 penetrasyon artışı veren BAY yüzdesi %4,13 olarak bulunmuştur. Bu yüzde için (8) denklemi ile yumuşama noktası değeri 53,46 °C olarak belirlenmiştir.

#### IV. TARTIŞMA

Tüm numuneler göz önüne alındığında aritmetik ortalama olarak %3,98'lik BAY ilavesinin penetrasyon değerini %100 artırdığı ve yumuşama noktası değerini %10,8 düşürdüğü hesaplanmıştır. Kıyaslanan deneysel çalışmalardan görüldüğü üzere, atık bitkisel yağ ilavesi numuneler için olumlu sonuçlar vermekte ancak optimum dozaj belirlenerek kullanılması gerekmektedir. BAY'ın düşük dozajlarda kullanımı, karışımların beklenen performanstan uzak kalmasına neden olabileceği gibi, yüksek dozajda kullanılması halinde asfaltın termostabilitesini zayıflatıcı etki yapar ve [20] tekerlek izi açısından uygun olmayan sonuçlar doğurabilir [21].

#### V. SONUÇLAR

Çalışmada BAY (Bitkisel Atık Yağ)'ın çevresel olumsuz etkilerini azaltmak adına asfalt sektöründe bitüm gençleştirme maddesi olarak kullanımın literatürdeki yeri incelenmiş ve seçilen örneklem için elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir. BAY'ın; bitüm sınıfı, bitümün yaşlanma durumu ya da katkı içeriği ne olursa olsun bitüm penetrasyonunu artırıcı olumlu etkisi vardır. Benzer şeklide BAY ürünler bitümün yumuşama noktası değerlerini azaltarak bu açıdan da olumlu etki sağlamışlardır. Ancak çalışmada verilen Tablo 1 incelendiğinde BAY'ın yüksek oranlarda kullanımı viskozite açısından olumsuz etki yaratmaktadır. Bu nedenle kullanılacak bitüm sınıfı, yaşlanma derecesi ve başka gençleştirici ilavesine göre optimum BAY dozajı belirlenmelidir. Bitüm gençleştirme amacıyla BAY kullanımı literatürdeki deneysel çalışma sonuçlarından da görüldüğü üzere teknik açıdan uygun olmasının yanı sıra, bitkisel atık yağların kullanımı hem çevresel avantajlar sunmakta hem de belli bir maliyeti olan gençleştirici katkıların yerine kullanılabilmesi adına ekonomi sağlayacaktır.

#### KAYNAKLAR

- [1] F. Ma, A. Sha, R. Lin, Y. Huang, C. Wang, 'Greenhouse Gas Emissions from Asphalt Pavement Construction: A Case Study in China'. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 13, 15p., 2016.
- [2] M. Zaumanis, R. B. Mallick, R. Frank, '100% recycled hot mix asphalt: A review and analysis'. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 92, pp. 230-245, 2014.

- [3] M. I. Giani, G. Dotelli, N. Brandini, L. Zampori, 'Comparative life cycle assessment of asphalt pavements using reclaimed asphalt, warm mix technology and cold in-place recycling'. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 104, pp. 224-238, 2015.
- [4] *Black and Green Sustainable Asphalt. Now and Tomorrow*, NAPA, 2009. Maryland, USA.
- [5] B. Şengöz, E. Açar, 'Asfalt film kalınlığının bitümlü karışımların yaşlanmasına etkisi'. *İTÜ Dergisi/D: Mühendislik*, vol. 4, pp. 71-82, 2005.
- [6] H. Li, B. Dong, W. Wang, G. Zhao, P. Guo, Q. Ma, 'Effect of Waste Engine Oil and Waste Cooking Oil on Performance Improvement of Aged Asphalt'. *Applied sciences*, vol. 9, 20p., 2019.
- [7] H. Zhu, G. Xu, M. Gong, J. Yang, 'Recycling long-term-aged asphalts using bio-binder/plasticizer-based rejuvenator'. *Construction and Building Materials*, vol. 147, pp. 117-129, 2017.
- [8] M. Chen, F. Xiao, B. Putman, B. Leng, S. Wu, 'High temperature properties of rejuvenating recovered binder with rejuvenator, waste cooking and cotton seed oils'. *Construction and Building Materials*, vol. 59, pp. 10-16, 2014.
- [9] S. Yan, Q. Dong, X. Chen, C. Zhou, S. Dong, X. Gu, 'Application of waste oil in asphalt rejuvenation and modification: A comprehensive review'. *Construction and Building Materials*, vol. 340, 16p., 2022.
- [10] A. Behnood, 'Application of rejuvenators to improve the rheological and mechanical properties of asphalt binders and mixtures: A review'. *Journal of Cleaner Production*, vol. 231, pp. 171-182, 2019.
- [11] E. Yalçın, 'Farklı gençleştiricilerle modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcıların fiziksel, kimyasal ve reolojik özelliklerinin araştırılması'. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, vol. 37, pp. 497-510, 2022.
- [12] (2023) M. Shahbandeh, [Online]. Available: <https://www.statista.com/statistics/263937/vegetable-oils-global-consumption/>
- [13] I. Kabir, M. Yacob, A. Radam, 'Households' Awareness, Attitudes and Practices Regarding Waste Cooking Oil Recycling in Petaling, Malaysia'. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, vol. 8, pp. 45-51, 2014.
- [14] T. Tsoutsos, S. Tournaki, Z. Gkouskos, O. Paraiba, F. Giglio, P. Q. García, J. Braga, H. Adrianos, M. Filice, 'Quality Characteristics of Biodiesel Produced from Used Cooking Oil in Southern Europe'. *ChemEngineering*, vol. 3, 13p., 2019.
- [15] A. Kumandaş, 'Bitkisel Atık Yağ İlavesiyle Reaktif Polimer ve Polifosforik Asit Modifiyeli Bitümün Düşük Sıcaklık Performansının ve İşlenebilirliğinin Geliştirilmesi', Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 2021.
- [16] 'Bitümlü Karışımlar Laboratuvarı Çalışmaları', F. Orhan, Karayolları Genel Müdürlüğü Araştırma Geliştirme Dairesi Başkanlığı Üstyapı Geliştirme Şubesi Müdürlüğü, 2012, Ankara.

- [17]İ. Gökçalp, Y. Özinal, V. E. Uz, 'Atık Bitkisel Yemeklik Yağların Saf Bitüm Özelliklerine Etkisinin Araştırılması'. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, vol. 6, pp. 570-578, 2018.
- [18]E. Çavdar, 'Bitkisel Atık Yağ Katkısının SBS Modifiyeli Bitümün Fiziksel ve Reolojik Özellikleri Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması', Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 2019.
- [19]E. Yalçın, M. Yılmaz, 'Investigation of the rheological properties of bitumen modified with different waste oils under various frequencies and temperatures'. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, vol. 27, pp. 676-682, 2021.
- [20]M. Chen, B. Leng, S. Wu, Y. Sang, 'Physical, chemical and rheological properties of waste edible vegetable oil rejuvenated asphalt binders'. *Construction and Building Materials*, vol. 66, pp. 286-298, 2014.
- [21]W. N. A. W. Azahar, R. P. Jaya, M. R. Hainin, M. Bujang, N. Ngadi, 'Chemical modification of waste cooking oil to improve the physical and rheological properties of asphalt binder'. *Construction and Building Materials*, vol. 126, pp. 218-226, 2016.