

## Düşen Ağırlıklı Deflektometre Ölçümlerinde Asfalt Sıcaklığı Etkisi

Fırat ERKMEN\*<sup>1</sup>, Figen KALYONCUOĞLU<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

(Alınış / Received: 16.12.2022, Kabul / Accepted: 10.04.2023, Online Yayınlanma / Published Online: 25.08.2023)

### Anahtar Kelimeler

Defleksiyon,  
Gerihesaplama,  
Sıcaklık,  
Referans,  
Düzeltilme,  
FWD

**Öz:** Karayolu ağları, ülkemizde en yaygın kullanılan ulaşım ağıdır. Yol yapımında kullanılan büyük kaynakların doğru yönetilmesi ve harcamaların optimum düzeye düşürülmesi için bakım - onarım ihtiyaçlarının doğru şekilde belirlenip, doğru zamanda uygun metotların uygulanması yüksek önem taşımaktadır. Bakım - Onarım planlamasında üstyapının mevcut yapısal ve fonksiyonel durumunun belirlenmesi gerekmektedir. Mevcut yapısal ve fonksiyonel durum, laboratuvar çalışmaları ve araştırma çukuru gibi yöntemlerle belirlenebileceği gibi tahribatsız test metotları kullanılarak da belirlenebilir. Yol üstyapısının yapısal durumu tahribatsız olarak Düşen Ağırlıklı Deflektometreleri (FWD) ile belirlenebilir. Esnek üstyapılarda yapılan FWD ölçümlerinde Bitümlü Sıcak Karışım (BSK) tabakaların ölçüm sonuçları sıcaklık ile değişkenlik göstermektedir. Bu çalışmada asfalt sıcaklığının esnek üstyapılarda defleksiyon ölçümleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

## Effect of Asphalt Temperature on Falling Weight Deflectometer Measurements

### Keywords

Deflection,  
Backcalculation,  
Temperature,  
Reference,  
Correction,  
FWD

**Abstract:** Highway networks are the most widely used transportation network in Turkey. It is very important to determine the maintenance and repair needs correctly and to apply appropriate methods at the right time in order to manage the large resources used in road construction and to reduce the expenditures to the optimum level. The current structural and functional condition of the pavement should be determined in the maintenance - repair planning. The existing structural and functional condition can be determined by methods such as laboratory studies and research pit, or it can be determined using non-destructive testing methods. The structural condition of the road pavement can be determined non-destructively with Falling Weight Deflectometers (FWD). In FWD measurements on flexible pavements, the measurement results of Hot Mixture Asphalt (HMA) layers vary by temperature. In this study, the effect of asphalt temperature on deflection measurements of flexible pavements was investigated.

### 1. Giriş

Karayolu ulaşımı ülkemizde en yaygın kullanılan ulaşım ağıdır. Ülkemizde toplam 68.526 km yol ağının 28.306 km' lik bölümü BSK olarak hizmet vermektedir[1]. Bu rakam 2010 yılı verilerinde 10.014 km[2], 2015 yılında ise 18.174 km[3] olarak gözükmektedir. BSK yol miktarları her yıl artmakta ve yol inşaatlarına ayrılan bütçeler de artış göstermektedir. Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) stratejik planına göre karayolu ağındaki tüm sathi kaplamalı yolların, trafikteki ağır taşıt oranları dikkate alınarak BSK kaplamaya dönüştürülmesi hedeflenmektedir[4].

Her yıl artan BSK kaplama miktarları yol yapımına kullanılan kaynağın da artmasına neden olmaktadır.

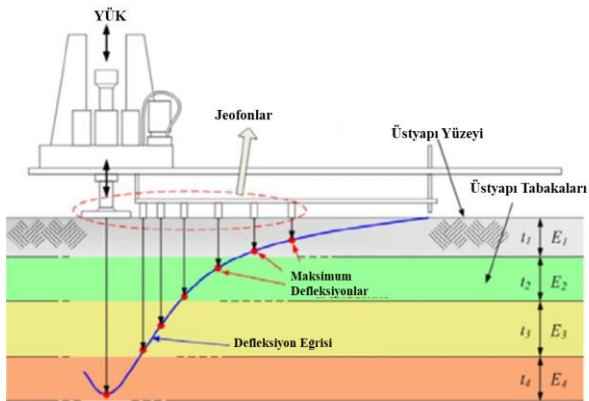
Yol yapımında kullanılan bu büyük kaynağın doğru yönetilmesi ve maliyetlerin azaltılması için bakım - onarım ihtiyaçlarının doğru şekilde belirlenip, doğru zamanda uygun metotların uygulanması gerekmektedir.

Bakım - Onarım metotlarının belirlenmesinde en uygun zamanın ve en uygun yöntemin belirlenmesi için üstyapının mevcut yapısal ve fonksiyonel durumunun belirlenmesi gerekmektedir. Mevcut yapısal ve fonksiyonel durum, laboratuvar çalışmaları ve araştırma çukuru gibi yöntemlerle belirlenebileceği gibi günümüz teknolojisinde tahribatsız test metotları kullanılarak da belirlenebilir. Tahribatsız test metotlarının kullanılması ile üstyapı verilecek zararın önlenmesinin yanı sıra, test süresinin büyük ölçüde

azalması nedeni ile örnekleme miktarında da çok yüksek artışlar sağlanacaktır[5].

Yol üstyapısının yapısal durumu tahribatsız olarak FWD ile belirlenebilir. FWD geçici yükleme esasına göre çalışır ve üstyapının taşıma kapasitesini belirler. FWD cihazlarında kuvvet, kılavuz sistemli bir kütle (düşen ağırlık) tarafından üretilir. Kütle önceden belirlenmiş bir veya daha fazla yüksekliğe kaldırılır ve düşürülür. Kaplamaya iletilen ortaya çıkan kuvvet darbesi, yarım sinüs dalgasının şekline yaklaşır. Yükleme belirli bir frekansta ve zaman aralığında yapılır. FWD tarafından uygulanan darbe etkisi, yük uygulama süreleri çok farklı olsa bile, standart dingil yüklerinin oluşturduğu etkiye son derece yakındır ve diğer tahribatsız test yöntemlerinden daha başarılı sonuçlar vermektedir[6].

Uygulanan yüke karşılık üstyapıda oluşan defleksiyonlar, merkez jeofondan uzaklaştıkça üstyapının tüm tabakalarından taban zemini tabakasına doğru sıralanacak şekilde üstyapıyı temsil ederler. Dolayısıyla en uçta yer alan jeofon yalnızca taban zeminini, yük merkezi altında yer alan jeofon ise tüm tabakaları temsil etmektedir. Bu nedenle oluşan defleksiyon eğrisinin şekline göre üstyapının hangi tabakasının yüksek dayanıma sahip olduğu konusunda ön değerlendirme yapılabilir.



Şekil 1. FWD Defleksiyon Eğrisi [7]

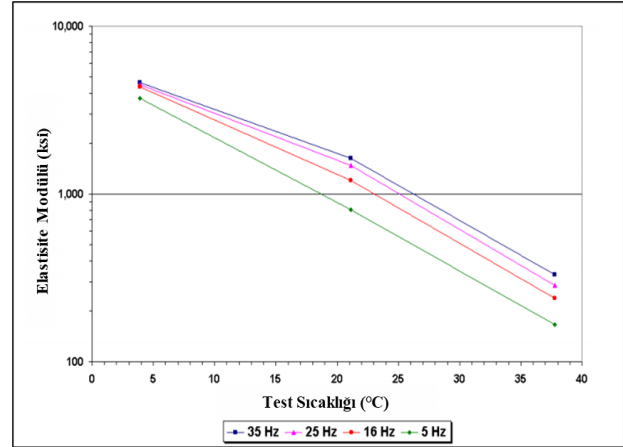
Bu çalışmada Şekil 1'de ekipmanları gösterilen Dynatest marka 8082 model 176 seri numaralı HWD (Yüksek Ağırlıklı Düşen Ağırlık Deflektometresi) ölçüm cihazı kullanılmıştır. Dynatest HWD ölçümü Şekil 2' de yer almaktadır.

Dynatest 8082-176 HWD cihazı 30 ile 320 kN arasında ayarlanabilir yük aralığında test yapmaya uygun ekipmana sahiptir. Cihaz uygulanan yük miktarının saptanması için yük hücresi ve 10 adet defleksiyon ölçümü için jeofona sahiptir. Yük sinyalleri ve 10 adet defleksiyon kanallarının tamamı 40-200 milisaniye arasında değişen bir zaman penceresinde zamana bağlı olarak kayıt edebilen ve örnekleme devresi 0,05 milisaniye aralıklarla kullanılan kanal sayısından bağımsız olarak her bir kanalı tarayan jeofonlara sahiptir.



Şekil 2. Dynatest 8082-176 HWD Cihazı

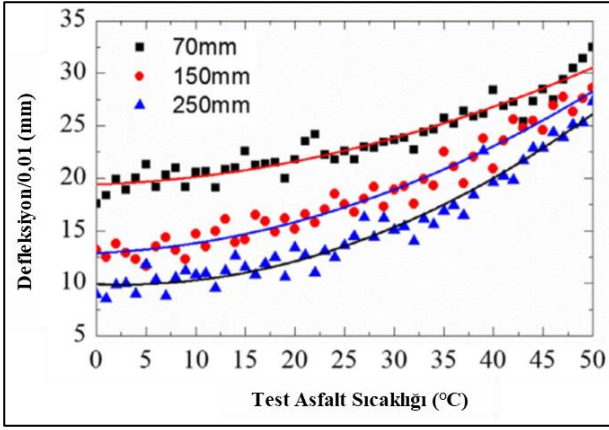
Esnek üstyapılarda BSK tabakaların dayanımı, sıcaklık, yükleme zamanı ve yük miktarı parametrelerine göre değişiklik gösterir. Şekil 3' teki grafikte, laboratuvar testleri sonucunda sıcaklık ve yükleme zamanı arttıkça, BSK tabakanın dayanımının (esneklik modülü) azaldığı gözlemlenmektedir[8].



Şekil 3. Elastisite Modülü - Sıcaklık Etkisi [8]

Defleksiyon ölçümleri sırasında kaplama sıcaklığı yakından izlenmesi gereken bir faktördür. Asfalt kaplamaları test edilirken, asfalt tabakasının sertliği sıcaklığının bir fonksiyonu olduğundan, kaplama sıcaklığı değiştiğinde defleksiyon da değişir. Daha yüksek sıcaklıklarda, asfaltın sertliği azalır, dolayısıyla defleksiyonlar artar.

2017 yılında Çin' in Zhengzhou bölgesinde yapılan çalışmada BSK kaplama içerisine 70 mm, 150 mm ve 250 mm derinliklerde yerleştirilen sıcaklık sensörleri ile farklı sıcaklıklarda defleksiyon verileri toplanmış ve defleksiyon değişimleri gözlemlenmiştir. Şekil 4' te bu çalışmanın sonuçlarına göre elde edilen veriler, sıcaklık değerlerinin yükseldikçe defleksiyon verilerinin de yükseldiğini göstermiştir. Ayrıca bu çalışmadan sıcaklık ölçüm derinliği de arttıkça sıcaklığın defleksiyon üzerindeki etkisinin azaldığı sonucuna varılabilir[9].



Şekil 4. Defleksiyon – Asfalt Sıcaklığı Değişimi [9]

Brezina vd. (2022), tarafından Çekya’ da yapılan bir çalışmada BSK kaplamaların taşıma kapasitesinin değerlendirilmesi, deflektometre ile ölçülen defleksiyonların analizi ve sıcaklık etkisi incelenmiştir. Yapılan değerlendirmede kaplama sıcaklığı uzun süreli ölçülerek deflektometre sonuçları üzerindeki etkilerinin analizi araştırılmıştır. Sıcaklık düzeltmesi, ölçülen defleksiyonlar ve geri hesaplanmış BSK tabaka modülleri üzerinde geliştirilmiştir. Her iki prosedürde de 20 °C referans sıcaklığa göre hesaplamalar yapılmış ve iki metodun farklılıkları belirtilmiştir [10].

$$E_{BSK} = E_{ölçüm} \times e^{-0,0387 \times (20 - T_{ölçüm})} \quad (1)$$

Burada  $E_{BSK}$  referans sıcaklık BSK tabaka modülü,  $E_{ölçüm}$  ölçüm sıcaklığı BSK tabaka modülü,  $T_{ölçüm}$  ise ölçüm asfalt sıcaklığıdır.

Defleksiyon ölçümlerinde esnek kaplamaların sıcaklığa bağlı değişimi nedeni ile kaplamaların değerlendirilebilmesi için ölçülen defleksiyon değerlerinin belirli bir referans sıcaklık değerine göre düzeltilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada belirlenen bir test kesiminde farklı sıcaklıklarda defleksiyon ölçümleri yapılarak hesaplanan elastisite modülleri ile elastisite modülü – sıcaklık değerlendirmeleri üzerinden sıcaklık düzeltme metodu geliştirilmiştir.

Defleksiyon ölçümlerinde defleksiyon değerlerinin ve dolayısıyla esnek üstyapıların elastisite modüllerinin sıcaklık ile doğrudan ilişkili olması, yıl genelinde yüksek sıcaklık etkisi altında olan kesimlerde BSK tabakaların elastisite modülünün daha düşük olmasına, dolayısıyla taşıma kapasitesinin daha az olmasına neden olmaktadır. Yapılan literatür araştırmalarında defleksiyon ölçümleri referans sıcaklıklarının sabit bir sıcaklık değeri olarak kabul edildiği görülmüştür. Erzurum’da yıllık ortalama hava sıcaklığı 5,7 °C iken, Mersin bölgesinde ise 19,2 °C’ dir. Türkiye geneli için yıllık ortalama sıcaklık 5 °C ile 50 °C arasında değişiklik göstermektedir. Bu nedenle tek bir referans sıcaklık kabul edilmesi, yıl genelinde asfalt sıcaklığı düşük olan Erzurum bölgesi gibi soğuk bölgelerde gereğinden fazla kalınlıkta üstyapı

tasarımı yapılmasına, yıl genelinde asfalt sıcaklığı yüksek olan Mersin bölgesi gibi sıcak bölgelerde ise gereğinden daha az kalınlıkta üstyapı tasarımı yapılmasına neden olacaktır. Bu durum soğuk bölgelerde gereksiz yatırım maliyetlerine, sıcak bölgelerde ise erken bozulan üstyapılar nedeni ile yeniden yapım ya da bakım – onarım maliyetlerine neden olacaktır.

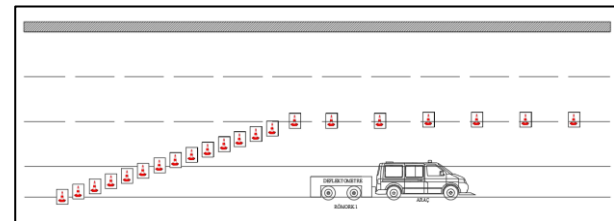
## 2. Materyal ve Metot

Ülkemiz koşullarında sıcaklık metodu geliştirilmesi amacıyla Ankara Çevre Otoyolu üzerinde O-20/09 Kontrol Kesimi 005 Numaralı tabela konumunda belirlenen noktalarda Dynatest HWD cihazı ile, farklı mevsimlerde gün boyu sıcaklık ve defleksiyon ölçümleri yapılmıştır. Belirlenen ölçüm noktaları Şekil 5’te yer almaktadır.



Şekil 5. HWD ve Sıcaklık Ölçümleri Çalışma Kesimi

Ölçümün güvenli bir şekilde yapılabilmesi için Ankara Emniyet Müdürlüğü Bölge Trafik Denetleme Şube Müdürlüğü’nden gerekli izinler alınmış ve Şekil 6’da yer alan çizime uygun olarak, Şekil 7 ve Şekil 8’de görüldüğü gibi ölçüm bölgesi trafiğe kapatılmıştır.



Şekil 6. Çalışma Kesimi Güvenlik Önlemleri Çizimi

Yapılan ölçümlerde belirlenen her bir ölçüm noktası yanına sıcaklığın sürekli olarak takip edilebilmesi için birer delik açılmış ve bu delikler düzenli aralıklarda su ile doldurulmuştur. Suyun sıcaklığı belirli bir süre boyunca termometre ile takip edilmiştir. Su sıcaklığı asfalt iç sıcaklığı ile eşit olduğu zaman termometrede okunan değer sabitlenmiş ve bu değer ölçümde asfalt sıcaklığı olarak esas alınmıştır.



Şekil 7. Çalışma Kesimi Güvenlik Önlemleri



Şekil 8. Asfalt Sıcaklığının Tespiti

Defleksiyon ölçümleri her bir noktada 540 kg ağırlık 3 farklı yükseklikten 3 kez düşürülecek ve ölçüm yapılacak şekilde ayarlanarak yapılmıştır.



Şekil 9. Defleksiyon Sensörlerinin Ölçüm Noktalarına Yerleştirilmesi

Ölçümler 01.05.2021 tarihinde Şekil 5' de belirtilen 4 adet noktada, 07.11.2021, 21.11.2021, 24.04.2022 ve

03.07.2022 tarihlerinde ise bankette yer alan 2 adet noktada gün boyunca yapılmıştır. Farklı zamanlarda yapılan ölçümlerde, cihazın konumu her seferinde aynı noktada olacak şekilde hassas olarak Şekil 9'daki gibi ayarlanmış ve her ölçüm periyodu arasında ölçüm cihazı farklı bir bölgede bekletilmiştir. Ölçümler arasındaki zamanda ölçüm cihazı ya da herhangi bir ekipmanın ölçüm noktalarına gelecek güneş ışığı ve ısıyı engellemesi önlenmiş ve ortamdaki sıcaklık değişiminin ölçümlere olan etkisi ölçülmüştür. Ölçümlerde elde edilen örnek veriler Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1. 1 Numaralı Ölçüm Sıcaklık Değerleri

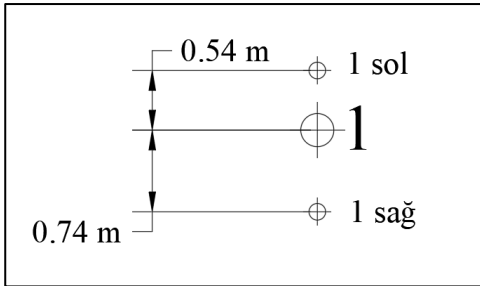
Test No	Düşür-me No	Asfalt Sıcaklığı (°C)	Yüzey Sıcaklığı (°C)	Hava Sıcaklığı (°C)	D1 (µ)
1	1	23.6	28.4	23.5	305.90
1	2	23.6	28.4	23.5	402.70
1	3	23.6	28.4	23.5	396.20
2	4	23.9	27.4	24.8	304.30
2	5	23.9	27.4	24.8	408.70
2	6	23.9	27.4	24.8	593.40
3	7	24.8	37.2	25.1	338.00
3	8	24.8	37.1	25.1	439.50
3	9	24.8	36.8	25.1	636.00
4	10	25.8	36.5	26	327.30
4	11	25.8	36.5	26	439.80
4	12	25.8	36.4	26	632.60
5	13	29.7	43.7	26.8	352.10
5	14	29.7	43.7	26.8	452.60
5	15	29.7	43.7	26.8	648.40
6	16	29.7	42.2	27.6	359.40
6	17	29.7	42	27.5	459.20
6	18	29.7	41.8	27.5	650.00
7	19	30.6	43.6	27.7	364.00
7	20	30.6	43.6	27.7	453.50
7	21	30.6	43.4	27.7	644.90
8	22	31	41.6	27	374.10
8	23	31	41.5	27	474.10
8	24	31	41.4	27	674.60
9	25	31.3	42.5	27	375.70
9	26	31.3	42.4	27	479.20
9	27	31.3	42.2	27	676.80
10	28	31.5	40.6	27.1	373.00
10	29	31.5	40.5	27.1	473.20
10	30	31.5	40.5	27.1	667.80
11	31	31.2	37.3	26.5	375.20
11	32	31.2	37.3	26.5	478.30
11	33	31.2	37.2	26.5	677.60
12	34	31	37.8	26.8	377.60
12	35	31	37.9	26.8	476.10
12	36	31	38	26.8	674.70
13	37	30.9	36.8	26.6	359.40
13	38	30.9	36.8	26.6	452.00
13	39	30.9	36.8	26.6	643.20
14	40	30.6	35.8	27	370.50
14	41	30.6	35.8	27	468.30
14	42	30.6	35.8	27	663.70
15	43	30.6	35.1	26.7	368.10
15	44	30.6	35	26.7	469.80
15	45	30.6	34.9	26.6	663.40
16	46	30.3	33.4	26.6	372.00
16	47	30.3	33.4	26.6	474.70
16	48	30.3	33.4	26.6	672.00

FWD testinin analizi için, tabaka modüllerinin geri hesaplanmasında, tabaka kalınlığının doğru ölçülmesi gerekmektedir. Tabaka kalınlığı verilerinin güvenilir bir kaydı sağlamak için yeterli sayıda karot alınmalıdır[11]. Yapılan ölçümlerin geri hesaplamasında kullanılmak üzere Karayolları 4.Bölge Müdürlüğü Araştırma ve Geliştirme Başmühendisliği ekipleri tarafından 28.04.2022 tarihinde Şekil 10'da görüldüğü gibi Karot çalışması yapılmıştır.

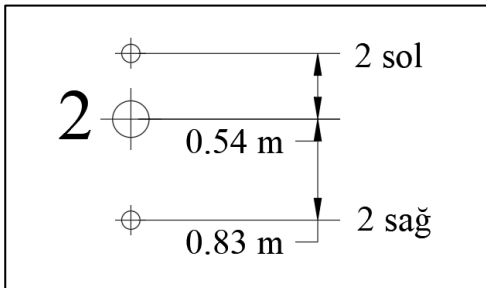


Şekil 10. Karot Çalışmaları

Karot çalışmasının yapıldığı tarihte, ölçüm işlemleri tamamlanmadığı için karotlar ölçüm noktalarından alınmamıştır. Bu nedenle karotlar ölçüm noktalarının iki tarafından alınıp enterpolasyon ile ölçüm noktası kalınlığı belirlenmiştir. Yapılan karot çalışma noktaları Şekil 11 ve Şekil 12'de, enterpolasyon hesapları ise Tablo 2 ve Tablo 3'te yer almaktadır.



Şekil 11. 1 Numaralı Ölçüm Noktası Karot Noktaları



Şekil 12. 2 Numaralı Ölçüm Noktası Karot Noktaları

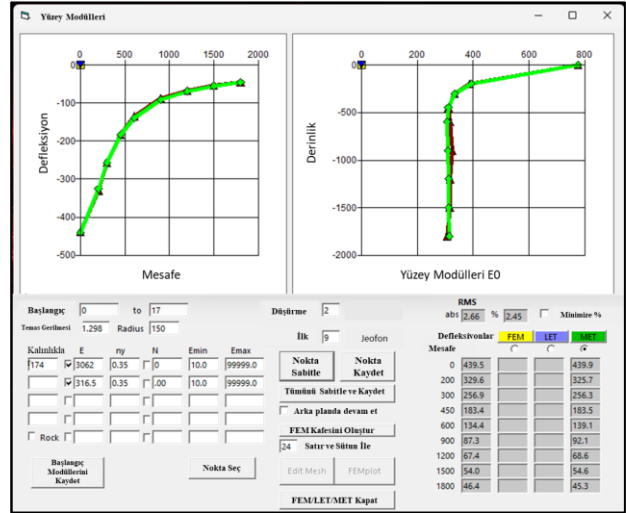
Tablo 2. 1 Numaralı Ölçüm Noktası Tabaka Kalınlığı

Nokta	Uzaklık (cm)	Kalınlık (mm)
1 sağ	54	113
Ölçüm Noktası	0	174
1 sol	74	259

Tablo 3. 2 Numaralı Ölçüm Noktası Tabaka Kalınlığı

Nokta	Uzaklık (cm)	Kalınlık (mm)
2 sağ	54	114
Ölçüm Noktası	0	177
2 sol	83	275

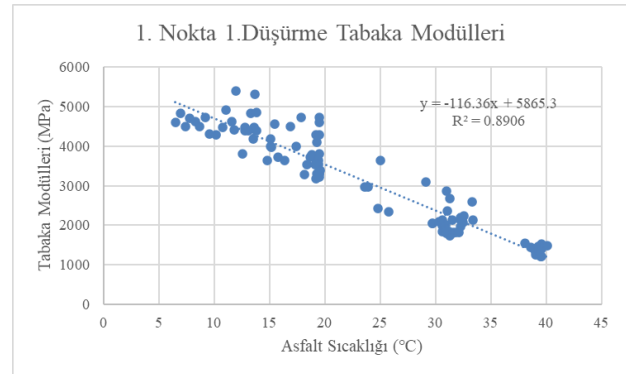
Toplanan ölçümlerin geri hesaplama analizleri Elmod 6 yazılımı ile tamamlanarak her yük düşürümüne ait Tabaka Modülleri hesaplanmıştır. Elmod 6 yazılımı ile geri hesaplaması aşamalarında yazılımın FEM/LET/MET modülü Denk Kalınlık Metodu (MET) kullanılmıştır. Elmod 6 yazılımı MET modülü yazılım görüntüsü Şekil 13'te yer almaktadır.



Şekil 13. Elmod 6 Geri Hesaplama Modülü

### 3. Bulgular

Yapılan analizler sonucunda elde edilen modül ve sıcaklık değerleri grafik üzerinde Şekil 14'te gösterilmiştir.



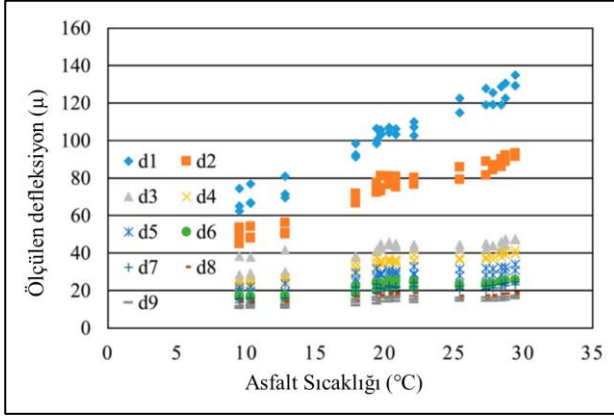
Şekil 14. 1.Nokta 1.Düşürmeler Tabaka Modülü Sonuçları

### 4. Tartışma ve Sonuç

Yapılan literatür çalışmalarında geliştirilen sıcaklık düzeltme metotları incelenmiş ve bu çalışma ile karşılaştırılmıştır. 1993 yılında yayınlanan AASHTO "Üstyapı Yapısal Tasarımı İçin AASHTO Rehberi" dokümanında yer alan düzeltme metodu üstyapının tüm tabakalarını temsil eden merkez defleksiyon

değerinin 20 °C ye düzeltilmesi şeklinde geliştirilmiştir[12].

Fakat üstyapının kalınlığına bağlı olarak, BSK tabakaların sıcaklığından 2. ve 3. defleksiyon ölçümleri de etkilenebilir. Bu durum Mehranfar ve Modarres tarafından yapılan bir çalışmada, Şekil 15' te açıklanmıştır[13].



Şekil 15. Asfalt Sıcaklığının Defleksiyon Değerlerine Etkisi[13]

Bu makale çalışması kapsamında alınan ölçümlerden en düşük sıcaklık olan 6,5 °C' de toplanan verilerin analizi sonucunda elde edilen BSK tabaka modülü 4592,9 MPa olarak hesaplanırken; en yüksek sıcaklık olan 40,1 °C' de ise 1477,7 MPa olarak hesaplanmıştır. 20 °C referans alınması durumunda ise ölçüm noktasının BSK tabaka modülü 3545.6 MPa'dır. Dolayısıyla sıcaklık düzeltmesi 40,1 °C' de yapılan bir FWD test sonucunu %29, 6,5 °C' de yapılan bir FWD test sonucunu ise %58 oranında değiştirmektedir. Yapılan FWD ölçümlerinde doğru sıcaklık düzeltme metodunun seçilmemesi; ölçümlerin yapılması, analiz edilmesi, raporlanması aşamalarında birçok emek ve harcamanın boşa gitmesine neden olacağı gibi, değerlendirilen kesimlerde gerekli takviye kalınlıklarının fazla hesaplanması durumunda gereksiz yapım maliyetleri ya da az hesaplanması durumunda yolların erken bozularak çok daha büyük bakım - onarım maliyetlerine neden olacaktır. Bu nedenle ülkemizde yapılacak defleksiyon ölçümlerinde hava ve asfalt sıcaklığının da ölçülmesi ve modül hesaplaması sonucu bir sıcaklık düzeltme metodu kullanılması yüksek önem taşımaktadır. Ayrıca ülkemiz bölgelerindeki iklim farklılıkları nedeniyle hava ve asfalt sıcaklıkları incelenerek, referans sıcaklık belirleme çalışmasının yapılması yararlı olacaktır.

## Teşekkür

Yazarlar Karayolları Genel Müdürlüğü, Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Üstyapı Geliştirme Şubesi Müdürlüğü' ne veri temini, Karayolları 4.Bölge Müdürlüğü, Araştırma ve Geliştirme Başmühendisliğine karot çalışmaları, Komsa

Mühendislik İnşaat Sanayi Ticaret A.Ş.' ye ölçüm cihazı temini ve ölçümlerin yapılması çalışmalarına olan katkılarından dolayı teşekkür eder.

## Etik Beyanı

Bu çalışmada, "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi" kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederiz.

## Kaynakça

- [1] Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), 2022. Yol Ağı Bilgileri. Erişim Tarihi: 21.11.2022, <https://www.kgm.gov.tr/sayfalar/kgm/sitetr/kurumsal/yolagi.aspx>
- [2] Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), 2010. 2010 Mali Yılı Performans Programı. Erişim Tarihi: 21.11.2022, <https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Kurumsal/PerformansProgrami/10performans.pdf>
- [3] Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), 2015. 2015 Yılı Performans Programı. Erişim Tarihi: 21.11.2022, <https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Kurumsal/PerformansProgrami/15performans.pdf>
- [4] Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), 2019. 2019 - 2023 Stratejik Planı. Erişim Tarihi: 21.11.2022, [https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Kurumsal/StratejikPlan/strateji\(2019-2023\).pdf](https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Kurumsal/StratejikPlan/strateji(2019-2023).pdf)
- [5] Haas, R., Hudson, W.R., Zaniewski, J.P. 1994. Modern pavement management, Krieger Publishing Company, 583, Florida.
- [6] Shahin, M.Y., 1994. Pavement Management For Airports, Roads, And Parking Lots. Kluwer Academic Publishers, 450, Massachusetts
- [7] Choi, J.W., Wu, R., Pestana, J.M., Harvey, J., 2010. New Layer-Moduli Back-Calculation Method Based On The Constrained Extended Kalman Filter. Journal of Transportation Engineering, 136(1), 20-30.
- [8] Fernando, E.G., Liu, W., 2001. Development Of A Procedure For Temperature Correction Of Backcalculated Ac Modulus, FHWA/TX-01/1863-2, 45.
- [9] Zheng, Y., Zhang, P., Liu, H., 2019. Correlation Between Pavement Temperature and Deflection Basin Form Factors of Asphalt Pavement. International Journal of Pavement Engineering, 20(8), 874-883.

- [10] Březina, I., Machel, O., Zavrel, T., 2022. Temperature Correction of Deflections and Backcalculated Elasticity Moduli Determined from Falling Weight Deflectometer Measurements on Asphalt Pavements. Communications-Scientific letters of the University of Zilina, 24(1), Zilina, Slovakia, D1-D8.
- [11] Sağlık, A., Güngör, A.G., 2008. Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi. Karayolları Genel Müdürlüğü,148 ,Ankara.
- [12] Khan, Z.H., Islam, M.R., Tarefder, R.A., 2019. Determining Asphalt Surface Temperature Using Weather Parameters. Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), 6(6), 577-588.
- [13] Lukanen E.O., Stubstad, R.N., Briggs, R. 2002. LTPP Guide To Asphalt Temperature Prediction And Correction, FHWA-RD-98-085, 71.