

## PAPER DETAILS

TITLE: Dinamik Koni Penetrasyon (DCP) Deneyi ile Sathi Kaplamali Güzergahlarda Zemin Özelliklerinin Degisiminin Belirlenmesi

AUTHORS: Cahit GÜRER, Mustafa KARASAHIN

PAGES: 11-20

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/782358>

## **Determination of Change of Soil Properties on Chip Sealed Roads by Dynamic Cone Penetration (DCP) Test**

*\*Cahit GÜNER<sup>1</sup>, Mustafa KARAŞAHİN<sup>2</sup>*

### **Abstract**

---

One of the most widely used road pavement in Turkey is chip seals. The length of 67333 km road network in Turkey consists of 39 333 km is chip sealed road pavements. The performance of chip sealed road pavements are influenced by many factors such as sub layer conditions, design, construction, material etc. Since the surface coatings on the granular base course don't have load bearing capacities, this task is carried out by layers such as base and sub-base layers. Therefore, these layers have a great effect on chip sealed road pavement performance. In this study, DCP tests were carried out at five different chip sealed test roads and the bearing capacity changes in the base and sub base/subgrade layers were determined and compared with the route performance indices.

**Key Words:** Chip Seals, Performance, DCP Test, Base, Sub Base, CBR.

---

<sup>1</sup> Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar

<sup>2</sup> İstanbul Gelişim Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul

\*Corresponding Author, e-mail: cgurer@aku.edu.tr

# **Dinamik Koni Penetrasyon (DCP) Deneyi ile Sathi Kaplamalı Güzergahlarda Zemin Özelliklerinin Değişiminin Belirlenmesi**

## **Özet**

---

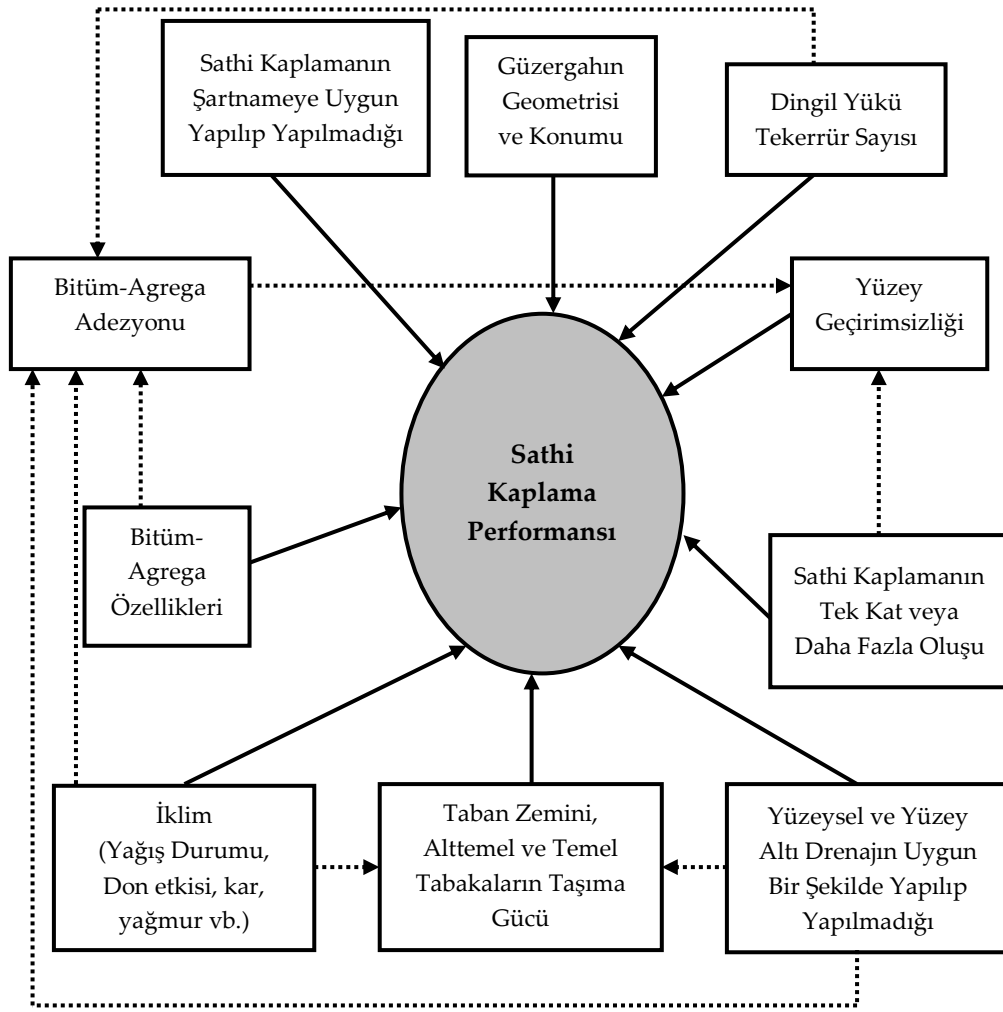
Türkiye’de en yoğun kullanılan karayolu kaplamalarının başında sathi kaplamalar gelmektedir. 67333 km uzunluğundaki Türkiye karayolu ağının 39333 km’si sathi kaplamalı yollardan oluşmaktadır. Sathi kaplamaların performansı alt tabaka koşulları, dizayn, yapım, malzeme vb gibi pek çok faktörden etkilenmektedir. Granüler temel üzerine yapılan sathi kaplamaların yük taşıma kapasiteleri olmadığı için bu görev temel ve alt temel gibi tabakalar tarafından yapılmaktadır. Dolayısı ile sathi kaplama performansı üzerinde bu tabakaların oldukça büyük etkisi bulunmaktadır. Bu çalışmada beş farklı sathi kaplamalı güzergahta belirli aralıklarla DCP (Dinamik Koni Penetrasyon) deneyleri gerçekleştirilerek sathi kaplamalı üstyapılarda temel ve alt temel tabakasındaki taşıma gücü değişimleri belirlenmiş ve güzergah performans indeksleri ile karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sathi Kaplama, Performans, DCP Deneyi, Temel, Alt Temel, CBR.

## 1. Giriş

Kaplamanın zamana bağlı olarak yapısal veya fonksiyonel durumunun ölçülerek tanımlanması kaplama performansı olarak nitelendirilmektedir [1]. Yol üstyapı mühendisliğinde “performans” terimi genellikle “bitmiş bir ürünün veya imalatın zaman içinde sergilediği davranış” olarak tanımlanmaktadır [11]. Prozzi’ye (2001) göre yol üstyapıları trafik yükleri ve çevrenin etkisi altında sürekli olarak bozulma eğilimindedir, dolayısıyla Prozzi bir yolun servis ömrü boyunca trafik yükleri ve çevre etkilerini arzu edilir şekilde karşılama yeteneğini performans olarak tanımlamıştır. 1950’lerin başında nicel olarak asfalt kaplama performansının ölçülmesi gerekliliği fikri oluşmuş ve Devlet Karayolları İdaresi Batı Birliği (WASHO) bir deneme yolu imalatı gerçekleştirerek kaplamalarda meydana gelen bozulmaları belirlemeye çalışmış fakat bozulmalar konusunda fikir birliğine varılamayınca bu denemeler başarılı olamamıştır. Daha 1960’lı yıllarda Birleşik Devletler, Devlet Karayolları İdaresi Birliğinde (AASHO) yol deneyleri tasarlanmış ve istatistikçiler kaplama tasarım denklemlerinin geliştirilebilmesi için performansla ilgili bazı objektif ölçümlerin gerekli olduğunun farkına varmışlardır. Buna göre performans terimi kaplamanın servis verebilirliği – zaman eğrisi altında kalan alan olarak tanımlanmıştır. Servis verebilirlik/performans fikri ilk olarak AASHO yol deneyleri ile

uygulanmıştır [2]. Subagio vd. (2005), kaplama performansını, “servis ömrü boyunca trafiğe hizmet verebilme kapasitesi” olarak tanımlamışlardır. Kaplama performansını etkileyen faktörler arasında başlangıç taşıma gücü, imalat kalitesi, ağır trafik hacmi (yüklerin büyüklüğü) ve tekrar sayısı, drenaj şartları, iklim, bakım politikaları ve uygulamaları sayılabilir. İster yapısal ister fonksiyonel performans eğrisi olsun, başlangıçta kaplama performans eğrisi oldukça stabildir. İlerleyen zamanlarda kaplama durumu hızlı bir şekilde kötüleşmeye başlar. “Kritik seviye olarak” adlandırılan bu aşamada güçlendirici bir kaplama takviye tabakası gereklidir, şayet önlem alınmadan bozulmanın kritik seviyenin daha da ötesine ilerlemesine izin verilirse bu aşamada kaplama bozulur ve yeniden yapılması gerekir [1]. Sathi kaplamalarda çeşitli nedenlerden dolayı zaman içinde görülen bozulma türleri giderek kaplama performansının azalmasına neden olmaktadır. Trafik yükleri yol üstyapılarının performansını etkileyen en büyük faktörlerden birisidir. Kaplamada oluşan hasarların tümünde bu yüklerin büyüklüğü ve toplamı en önemli etkindir [3, 4, 5]. Türkiye’de sathi kaplamaların performansına doğrudan veya dolaylı olarak etki ettiği düşünülen parametreler Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Sathi kaplama performansına doğrudan veya dolaylı olarak etki ettiği düşünülen parametreler (Karaşahin ve Gürer, 2007)

Sathi kaplamaların kaplama olarak taşıma gücü olmadığı kabul edilmektedir. Bu durumda granüler temel üzerine yapılan sathi kaplamaların performansları üzerinde temel ve alttemel gibi tabakaların taşıma güçlerinin oldukça büyük etkisi olduğu düşünülmektedir. Bu makale çalışmasında beş farklı sathi kaplama güzergahında DCP (Dinamik Koni Penetrasyon testleri) 1 yıl boyunca mevsim geçişlerinde dört kez tekrarlanmış ve yapılan görsel

performans değerlendirmesi sonucu ile zemin taşıma gücü değişimleri ile ilişkilendirilmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1 Materyal

Çalışma deneylerin yapıldığı test yolları, deney tarihleri ve bu yollara ait YOGT trafik değerleri Çizelge 1’de verilmiştir DCP deneyleri her güzergahta 3 farklı noktada ve en kritik nokta olan banket

bölgesinde yapılmıştır. Her test yolunda üç farklı mevsim ve tarih içerisinde gerçekleştirilmiştir. Güzergahlardan Finike-Demre ve Akşar-Göle test yollarında alttemel tabakası bulunmamaktadır. Test yollarının GPR ile ölçülen ortalama temel ve alttemel kalınlıkları ise Çizelge 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Test yollarının konumları ve ölçüm yıllarındaki trafik bilgileri

| Yol Konumu        | Deney Tarihleri |            |            | YOGT | Otomobil | Hafif Ticari Taşıt | Otobüs | Kamyon | Çekici |
|-------------------|-----------------|------------|------------|------|----------|--------------------|--------|--------|--------|
|                   | 1               | 2          | 3          |      |          |                    |        |        |        |
| Soma-Kırkağaç     | 23.12.2009      | 27.04.2010 | 22.07.2010 | 3820 | 2789     | 256                | 65     | 509    | 201    |
| Akşehir-Argıthanı | 25.12.2009      | 10.05.2010 | 26.07.2010 | 8916 | 4890     | 482                | 380    | 2107   | 1057   |
| Kalecik-Kırıkkale | 13.08.2009      | 23.04.2010 | 29.07.2010 | 3713 | 2713     | 235                | 123    | 531    | 111    |
| Akşar-Göle        | 13.06.2010      | 06.08.2010 | 04.08.2010 | 2440 | 1881     | 197                | 51     | 278    | 33     |
| Finike-Demre      | 14.12.2009      | 03.05.2010 | 19.07.2010 | 2440 | 1881     | 197                | 51     | 278    | 33     |

Tablo 2. Test yollarının temel ve alttemel kalınlıkları

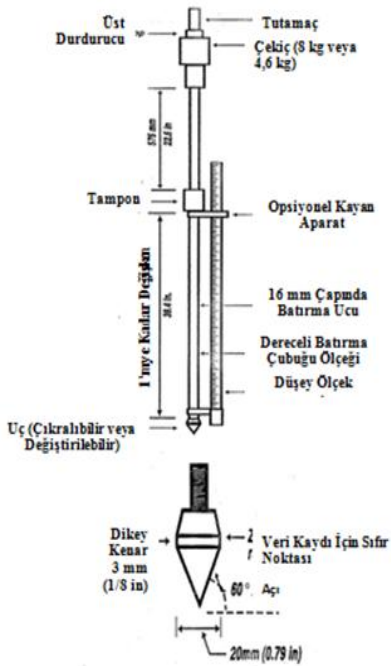
| Yol Konumu        | Temel Kalınlığı (cm) | Alttemel Kalınlığı (cm) |
|-------------------|----------------------|-------------------------|
| Soma-Kırkağaç     | 24                   | 18                      |
| Akşehir-Argıthanı | 29                   | 28                      |
| Kalecik-Kırıkkale | 27                   | 24                      |
| Akşar-Göle        | 16                   | -                       |
| Finike-Demre      | 23                   | -                       |

## 2.2 DCP Deneyi

Bu deney yöntemi, dinamik konik penetrasyon deney cihazının üzerine düşürülen 8 kg'lık ağırlık ile, sıkışmış granüler temel ve alttemel malzemelerinde ve zeminlerdeki penetrasyon oranı ölçülür. Penetrasyon oranı yerindeki temel veya alttemel malzemesinin dayanımı ile ilgilidir ve buradan yola çıkılarak zemin

tabakasının CBR (Kaliforniya Taşıma Oranları), tabaka ve üstyapının yapısal sayıları (SN) tahmin edilir.

Cihaz 60°'lik açıya sahip konik ucu olan penetrometre çubuğunun üzerine yerleştirilmiş bir örs ve bunun üzerine 575 mm yükseklikten düşen 8 kg'lık bir ağırlığa sahiptir (Şekil 2). Konik uç çapı 20 mm çubuk çapı ise 16 mm'dir.



Şekil 2. Dinamik konik penetrasyon deney cihazı (Gürer, 2010)

Okumalar genellikle 5 veya 10 kere ağırlık düşürmeden sonra yapılır, ağırlık düşürme sayısı genellikle konik ucun kaplama altındaki tabakalara batmasına bağlı olarak değişir. İyi granüler temeller için genellikle 5-10 düşürmeden sonra okumalar yapılırken daha zayıf olan alttemel ve taban zeminlerinde 1-2

düşürmede uygun okuma yapılabilir. Genellikle yumuşak zemin tabakaları için 1 düşürme yeterli olurken, normal zemin tabakaları için 5 düşürme, çok dirençli zemin tabakaları için 10 düşürme yeterli olmaktadır. Deneyde düşen ağırlık sayısına karşılık olan batma miktarı kaydedilir ve her

deney için konik penetrasyon oranı hesaplanır. Elde edilen ortalama penetrasyon oranı ile California Taşıma oranları ile Elastisite modülleri tahmin edilebilir [7]. Üstyapı dayanım sayısı (SN) ise (1) eşitliğinden hesaplanır.

$$SN = \sum_{i=2}^n A_i * T_i \quad (1)$$

Penetrasyon derinlikleri uygulamaya göre değişmekle birlikte, yolla ilgili yapılan çalışmalar için söz konusu değer 900 mm'den daha azdır. Şayet beş ağırlık düşürmesinden sonra 2 mm'den fazla deformasyon olmamışsa veya 75 mm'den daha fazla bir deformasyon meydana gelmişse deney durdurularak başka bir noktada deney tekrar edilir. Yeni deney noktası eski noktadan en az 300 mm uzakta olmalıdır.

Deneyisel çalışmalardan elde edilen verilerden yola çıkarak CBR oranlarının tahmin edilmesinde Transportation Road Research Laboratory (TRRL) tarafından geliştirilen, DCP veri analiz programı [12] kullanılarak tabakaların CBR değerlerindeki değişimler hesaplanmıştır. Yerindeki CBR'ın belirlenmesinde DCP indeks değerinden yararlanılır. DCP indeks değeri, kümülatif düşürmede her bir düşürmeye karşılık gelen penetrasyon değeridir (düşme/mm). Bu değer ile uygun korelasyon denklemi kullanılarak yerindeki CBR değeri veya kayma dayanımı hesaplanır. Örneğin CBR değerinin hesaplanması için U.S. Army Corps of Engineers tarafından (2) eşitliği önerilmiştir.

$$CBR = \frac{292}{DCP^{1,12}} \quad (2)$$

Bu denklem CBR değeri 10'dan küçük olan CL türü zeminler ve CH türü zeminler hariç olmak üzere tüm zeminlerde kullanılırlar. Bu tip zeminlerde ise U.S. Army Corps of Engineers tarafından (3) ve (4) eşitlikleri önerilmiştir.

CL Türü Zeminler, CBR < 10:

$$CBR = \frac{1}{(0,017019 \times DCP)^2} \quad (3)$$

CH Türü Zeminler,

$$CBR = \frac{1}{(0,002871 \times DCP)} \quad (4)$$

Bu çalışmada ise TRL tarafından geliştirilen (5) eşitliği kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

$$\log_{10}(CBR) = 2,48 - 1,057 \log_{10}(p.o.) \quad (5)$$

(p. o. : penetrasyon oranı)

### 3. Bulgular

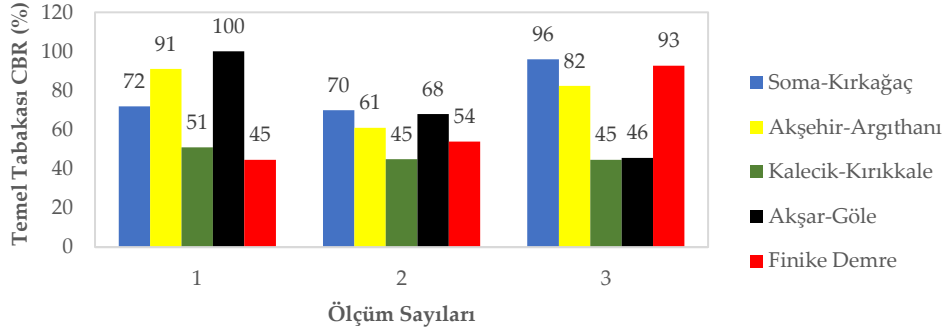
#### 3.1 Dinamik Konik Penetrasyon (DCP) Deney Bulguları

Yapılan DCP deneyi sonucunda test yollarının 1-3. Ölçümler arasında temel tabakası CBR değişimleri Şekil 3.'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yağmur yağışlarının fazla olduğu, ilkbahar mevsimine rastlayan 2. ölçüm periyodunda temel tabakası CBR değerlerinde öneli azalmalar belirlenmiştir. Üçüncü ölçümlerde bazı yollarda CBR değerlerinde azalmalar görülürken bazı yollarda yükselme görülmüştür. Finike-Demre test yolu yarma en kesitinde olup genellikle zemin kayadır. Bunun bir sonucu olarak yaz mevsiminde CBR değerleri yükselmiştir. Kış mevsiminde ise

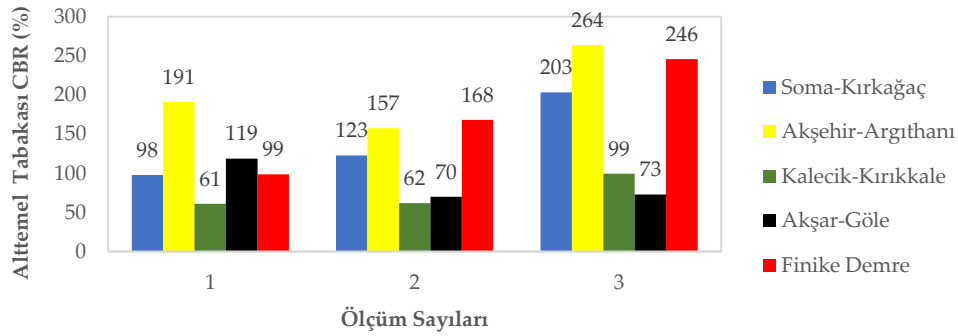


heyelan potansiyeli olan bir zemine sahip olduğu için CBR değerlerinde önemli azalmalar görülmüştür. Akşar-Göle, Kalecik-Kırıkkale, Akşehir-

Argıthanı gibi kesimlerdeki temel tabakası CBR azalmalarının ise tabakanın taşıma gücü kaybından kaynaklandığı düşünülmektedir.



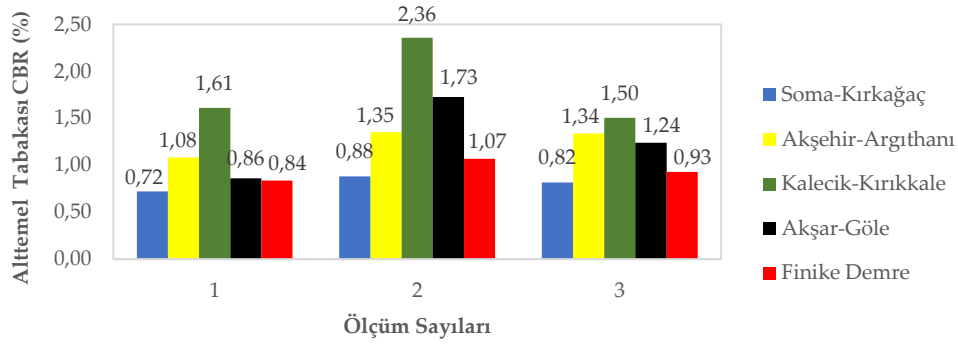
Şekil 3. Test yollarının temel tabakası CBR değişimleri



Şekil 4. Test yollarının alttemel/tabana zemini tabakası CBR değişimleri

Tüm test kesimlerinin yapısal sayılarında kış mevsiminde ve bahar mevsiminden sonraki ölçümler olan üçüncü ölçümlerde azalmalar dikkat çekmektedir (Şekil 5). Bunun da en

önemli sebebinin yağışlar nedeniyle tabakalardaki taşıma gücü kayıplarından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 5. Test yollarının SN değişimleri

#### 4. Sonuçlar

Sathi kaplama gibi granüler temel üzerine yapılan ve temel ve alt temel tabakasının taşıma gücü ile performansı doğrudan ilişkili olan bu tip kaplamaların yapısal durumlarının değerlendirilmesi ve kalite kontrollerinin güvenilir bir şekilde yapılmasında DCP deneyi önemli bir göstergedir. Yerinde üstyapı performansının hızlı bir şekilde

ölçülmesinde kullanılabilecek bu deney diğer esnek üstyapıların performans ölçümlerinde de kullanılabilir.

#### Teşekkür

Yazarlar bu çalışmaya 107G081 ve 1589-D07 nolu projelerle destek olan TÜBİTAK kurumuna ve Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Koordinasyon Birimine teşekkür ederler.

## Kaynaklar

- [1] O'Flaherty, E.C.A., 2002. Highways, The location, design, construction and maintenance of road pavements. Butterworth and Heinemann, Oxford, 552p.
- [2] Roberts, F., Kandhal, P., Brown, E.R., Lee, D-Y., Kennedy, T.W., 1991. Performance/Distress of HMA In: Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design And Construction. NAPA Education Foundation, Lanham, Maryland, 490 p.
- [3] Whiteoak, D., 1990. The Shell Bitumen Handbook. Shell Bitumen, pp-287-290. England.
- [4] Subagio, B.S., Cahyanto, H.T., Rachman, A., Mardiyah, S., 2005. Multi-Layer pavement structural analysis using method of equivalent thickness case study: Jakarta-Cikampek toll road. Journal of the Eastern of Transportation Studies.6, 55-65.
- [5] Neaylon, K., Spies, R., Alderson, A., 2008. The equivalent heavy vehicle concept in Australian sprayed seal design. 1st Sprayed Sealing Conference. Adelaide Australia.
- [6] Prozzi, J.A., 2001. Modelling pavement performance by combining field and experimental data. Civil and Environmental Engineering, University of California. 126, California, Berkeley.
- [7] ASTM E 0303-93R03. 2006. Standard Test Method for Use of The Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications. American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Road and Paving Materials; Vehicle-Pavement Systems. Vol. 04.03.US.
- [8] Karaşahin, M., Gürer, C., 2007. Sathi kaplamalar. Konya Belediyeler Birliği, 106'ncı Eğitim Semineri, Asfalt Günleri. ss. 75-116. Konya.
- [9] Gürer, C. 2010. Sathi kaplamaların performansına etki eden parametrelerin incelenmesi ve performans modeli geliştirilmesi. Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı.İsparta.379s.
- [10] Karaşahin, M., Gürer, C., 2007. Sathi kaplamalar. Konya Belediyeler Birliği, 106'ncı Eğitim Semineri, Asfalt Günleri. ss. 75-116. Konya.
- [11] Chamberlain, W., 1995. Performance-Related Specifications for Highway Construction and Rehabilitation, NCHRP Synthesis 212, Transportation Research Board, National Research Council Washington, D.C.
- [12] Samuel P., Done S., 2005. DCP analysis and design of low volume roads by the new TRL software UK-DCP. Proceedings of the Seminar on Sustainable Access and Local Resource Solutions. PIARC, Paris, France.