

Hasarsız Deneylerle Bir Sathi Kaplamalı Yol Kesiminin Performans Değişiminin İncelenmesi

Cahit GÜRER¹, Mustafa KARAŞAHİN²

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, ANS Yerleşkesi, 6.Eğitim Bloğu, Gazlıgöl Yolu, 03200 Afyonkarahisar
Tel: (272) 228 14 23 (2164)
E-Posta: cgurer@aku.edu.tr

² İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Avcılar İstanbul

Öz

Hasarsız deneyler çok büyük alanların kısa sürede, daha az iş gücü harcayarak ve en önemlisi yapıya zarar vermeden incelenmelerine imkân sağlayan deney yöntemleridir. Son yıllarda özellikle karayolu uygulamalarında kullanımları giderek yaygınlaşmaktadır. Bu sayede mevcut karayolu ağının performansındaki değişimler hızlı bir şekilde takip edilebilmekte ve gerekli önleyici bakımlar zamanında yapılabilmektedir. Bu çalışmada Türkiye’de en çok kullanılan kaplama türü olan granüler temel üzerine yapılmış bir sathi kaplamalı güzergâhın performansında meydana gelen değişimler hasarsız deney yöntemleriyle incelenmiştir. Söz konusu güzergâhta 4 ay aralıkla yaz ve güz mevsimlerinde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Belirlenen güzergâhta zemin penetrasyon radarı ile tabaka kalınlıkları tespit edilmiş, hafif düşen ağırlık deformasyon ölçer ile temel ve alt temel elastisite modülleri geri hesaplanmış, termal kamera ile yüzey sıcaklık değişimleri tespit edilmiş, elektromanyetik yoğunlukölçer cihazı ile kaplama yoğunluğunda meydana gelen değişimler ve İngiliz Pandül deneyi ile sürtünme katsayısı değişimleri belirlenerek sathi kaplama performansında meydana gelen değişimler belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Sathi Kaplamalar, Hasarsız Deneyler, Performans, Düşük Trafik Hacimli Yollar.

1. Giriş

Türkiye yol ağının yaklaşık % 80’i sathi kaplamalı güzergâh olup bazı güzergahların yıllık ortalama günlük trafik hacmi 2000000’un üzerindedir. Türkiye Karayolları Teknik Şartnamesine göre genellikle bu tip kaplamaların düşük trafik hacimlerinde servis yapması öngörülmektedir bununla birlikte Türkiye’de ağır trafik hacmi yüksek olan yollarda da servis veren sathi kaplamalı güzergâhlar da bulunmaktadır. Sathi kaplamanın performansı tasarım, imalat kalitesi, ağır trafik hacmi ve etki süresi, drenaj şartları, iklim, bakım politikaları ve uygulamaları, malzeme ve yapım tekniği ile ilgili çok sayıda faktörden etkilenmektedir. (Gransberg and James, 2005; AUSTRROADS, 2006; SANRAL, 2007; Kardeşahin ve Gürer, 2007; Senadheera and Yazgan, 2008; Gürer, 2010).

Literatürde kaplama performansı ile ilgili değişik tanımlamalar yapılmıştır (Chamberlein, 1995; O'Flaherty, 2002). Prozzi'ye (2001) göre performans bir yolun servis ömrü boyunca trafik yükleri ve çevre etkilerini arzu edilir şekilde karşılama yeteneğidir. Sathi kaplamalarda çeşitli nedenlerden dolayı zaman içinde görülen bozulma türleri zaman içerisinde giderek kaplama performansının azalmasına neden olmaktadır. Gransberg ve James (2005), Karaşahin ve Güner (2007), sathi kaplama performansının tanımlanması ve ölçülmesinin diğer kaplama türlerine kıyasla oldukça zor olduğunu belirtmişlerdir. Granberg ve James'e (2005) göre sathi kaplama performans ölçümü hem nicel mühendislik prensipleriyle hem de uzman görsel değerlendirmeleriyle ilgilidir. ABD'de sathi kaplamalarda, sürtünme direncinin dışında, niceliğe bağlı performans ölçümü çok az olmakla birlikte, Avustralya, Yeni Zelanda, Güney Afrika ve Birleşik Krallık'da nicel performans ölçümleri çok yaygın olarak yapılmaktadır. Sathi Kaplamalarda ölçüme dayalı performans göstergeleri sürtünme direnci ve makro pürüzlülük derinliğidir. Banihatti (1994), sathi kaplamaların servis ömrünün ve performansının bağlayıcı-agrega adezyonuna bağlı olduğunu belirtmiştir. Vonk ve Korenstra (2004), sathi kaplamanın performansı açısından bitüm performansının önemini vurgulamışlar ve stiren-bütadien-stiren (SBS) ile modifiye edilen bitümün sathi kaplama uygulamalarında iyi performans gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu bildiri çalışmasında Konya bölgesi, Akşehir-Argıthanı güzergâhındaki bir sathi kaplamalı güzergahın trafiğe açıldıktan sonraki 1. yıldan itibaren sathi kaplama performans değişimleri hasarsız deneyler ve gözlemlerle takip edilerek meydana gelen değişimler belirlenmiştir.

2. İnceleme Güzergâhı - Materyal ve Yöntem

2.1 İnceleme Güzergâhı

İnceleme güzergahı Akşehir'i Argıthanı ve Konya'ya bağlayan 300-11 kesim numaralı devlet karayolu üzerinde olup 2009 temmuz tarihinde tamamlanıp aynı tarihte kısa bir süre bölünmemiş karayolu olarak trafiğe açılmıştır. Güzergah bölünmüş karayolu güzergahı olup karışık enkesite sahiptir. İnceleme güzergâhı 1500 m uzunluğundadır. İncelenen güzergaha ait trafik sayımları Tablo 1.'de görülmektedir.

Tablo 1. Akşehir-Argıthanı Güzergâhına ait Trafik Sayım Sonuçları.

*YOGT	Otomobil	Hafif Kamyon	Otobüs	Kamyon	Çekici
8916	4890	482	380	2107	1057

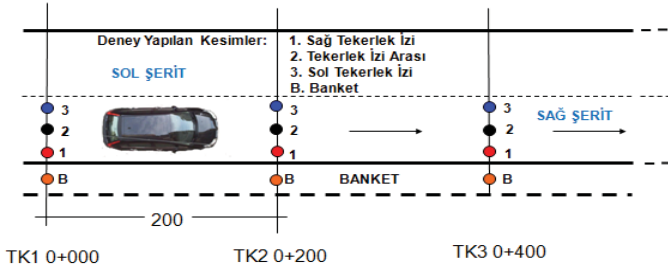
2.2 Materyal

Bu kesimde ortalama 12,5 mm nominal boyutlu kireçtaşı kökenli agrega, bağlayıcı olarak % 0,1 doplu B 100/150 bağlayıcısı, astar olarak MC 30 sınıfı katbek bitümü kullanılarak tek kat sathi kaplama olarak yapılmıştır. Güzergâhın sathi kaplama performansı Temmuz 2009 ve Temmuz 2010 tarihleri arasında takip edilmiştir

2.3 Yöntem

İnceleme yolu trafiğe açıldıktan sonraki 1 yıl boyunca 3 farklı zamanda ziyaret edilerek, performanslarında meydana gelen değişimler hasarsız deneyler ve gözlemlerle belirlenmiştir. Yerde yapılan deneyler test yollarının sağ şeridinde, sırasıyla banket (B), sağ tekerlek izi (1), tekerlek izleri arası (2) ve sol tekerlek izlerinde (3) olmak üzere 4 farklı noktada

gerçekleştirilmiştir. Bu noktalarda kum daire deneyi ile makro doku derinliği (ASTM E 965-96, 2006), İngiliz pandül cihazı ile (ASTM D 6951-03, 2006) sürtünme sayıları belirlenmiş bu sayılara herhangi bir düzeltme uygulanmamıştır. Hafif düşen ağırlık deformasyon ölçer cihazı ile elde edilen deformasyon verilerinden Dynatest LWDmod yazılımı kullanılarak temel tabakası ve taban zemini elastisite (rijitlik) modüllerinin geri hesaplamaları yapılmış (ASTM D 4694-96 , 2006), termal kamera ile yüzey sıcaklıkları, elektromanyetik yoğunluk ölçer ile sathi kaplama yoğunluk değişimleri belirlenmiş (ASTM D 7113-05, 2006) ayrıca GPR ile tabaka kalınlıkları (ASTM D 4748-98, 2006) ve DCP ile temel tabakası CBR değerleri bulunmuştur (ASTM E 0303-93R03, 2006). Yapılan gözlemler ve deneyler neticesinde bir sathi kaplama bozulma indeksi oluşturulmuş ve oluşturulan indeks ile trafik, iklim ve bazı yapısal özellikler karşılaştırılmıştır. Hasarsız deneylerin gerçekleştirildiği noktalara ait şematik plan Şekil 1.'de görülmektedir.



Şekil 1. Hasarsız deneylerin gerçekleştirildiği noktalara ait şematik plan

3.Hasarsız Deney Bulguları

Sathi kaplama performansı açısından en önemli göstergelerden birisi makro doku derinliğidir (Gürer, 2010). Doku derinliği değişimlerinden de görülebileceği gibi birinci ve ikinci deneyler arasındaki beş aylık süreçte ve üçüncü ölçümlerin sonucunda doku derinliklerinde önemli azalmaların olduğu görülmektedir. Bu durumun oluşmasında güzergâhın ağır trafik hacminin ve konum olarak tırmanma eğiminde oluşunun etkili olduğu düşünülmektedir. Nitekim Alderson (2008), agrega gömülmesiyle ağır tonajlı araç sayısının ve tekerlek basınçlarının oluşturduğu dikey gerilmelerin ve yükleme anındaki yüzey sıcaklıklarının ilişkili olduğunu belirtmiştir. Güney Afrika sathi kaplama şartnamelerinde, yüksek eğimlerin taşıt tekerleklerinin çekiş kuvveti nedeniyle, kaygan veya kuma görülmüş yüzeylerin oluşmasında etkili olduğu dolayısıyla bu kısımlarda zayıf sathi kaplama performanslarının artış gösterdiği belirtilmektedir (SANRAL, 2007). Birinci deneylerin sonucunda B, 1, 2 ve 3 noktalarında sırasıyla ortalama 4,05; 3,40; 3,83 ve 3,39 mm doku derinlikleri belirlenmiştir. Bu değerlerin üçüncü deneylerin sonucunda sırasıyla ortalama 2,79; 1,95; 2,62; 1,89 mm değerlerine azaldığı görülmüştür. Kuma bozulmasının görüldüğü TK 3, 4 ve 6 numaralı kesimlerde doku derinliklerinin 1,44; 1,94 ve 1,65 mm olarak en az seviyelerde olduğu görülmektedir (Tablo 1-2-3-4).

Tablo 1. B Noktalarına ait Hasarsız Deney Sonuçları Ortalamaları

Deney No	Makro Doku Derinliği (mm)	Ortalama Sürtünme Sayısı	Sathi Kaplama Yoğunluğu (t/m^3)	Deformasyon (μm)	Temel Elastisite Modülü (MPa)	Ort.Yüzey Sıcaklığı ($^{\circ}C$)
1	4.05	73.3	1.841	88.4	487	15.3
2	3.16	59.0	1.886	92.1	468	43.7
3	2.79	54.9	1.921	102.5	428	51.8

Tablo 2. 1 Noktalarına ait Hasarsız Deney Sonuçları Ortalamaları

Deney No	Makro Doku Derinliği (mm)	Ortalama Sürtünme Sayısı	Sathi Kaplama Yoğunluğu (t/m^3)	Deformasyon (μm)	Temel Elastisite Modülü (MPa)
1	3.40	63.6	1.848	91	484
2	2.32	49.4	1.924	116.8	377
3	1.95	46.0	1.968	128.2	339

Tablo 3. 2 Noktalarına ait Hasarsız Deney Sonuçları Ortalamaları

Deney No	Makro Doku Derinliği (mm)	Ortalama Sürtünme Sayısı	Sathi Kaplama Yoğunluğu (t/m^3)	Deformasyon (μm)	Temel Elastisite Modülü (MPa)
1	3.83	68.8	1.848	103.3	380
2	2.91	51.5	1.864	108.3	401
3	2.62	43.9	1.924	121.7	346

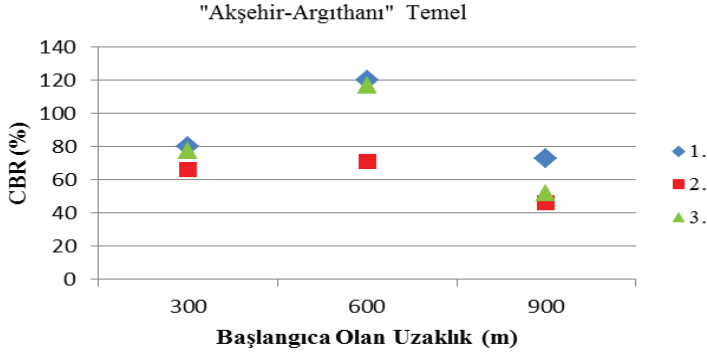
Tablo 4. 3 Noktalarına ait Hasarsız Deney Sonuçları Ortalamaları

Deney No	Makro Doku Derinliği (mm)	Ortalama Sürtünme Sayısı	Sathi Kaplama Yoğunluğu (t/m^3)	Deformasyon (μm)	Temel Elastisite Modülü (MPa)
1	3.39	65.6	1.846	116.7	353
2	2.20	49.6	1.878	108.9	401
3	1.89	45.4	1.933	123.3	367

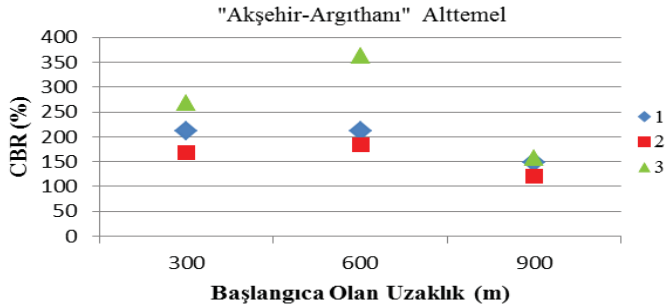
Bu inceleme güzergâhında sürtünme sayılarında üç farklı deney boyunca azalan bir eğilim görülmüştür. Azalma 12. ve 5. Aylar arasında daha belirgindir. Sürtünme sayılarının azalmasında güzergâhın trafik hacmi ve meydana gelen doku kayıplarının etkili olduğu düşünülmektedir.

İnceleme güzergâhı deformasyon değişimlerinin genel olarak artım eğilimi içinde olduğu görülmektedir. Üçüncü ölçümlerin yaz mevsiminde gerçekleştirilmesine rağmen, deformasyonların artan bir eğilim göstermesinde trafik hacminin önemli etkisi olduğu düşünülmektedir. Nitekim trafik hacminin deformasyon ve diğer bozulmalar üzerine olan etkisini bir çok araştırmacı belirlemiştir. Araştırmacılar trafik yükleriyle beraber üstyapı deformasyon değerlerini iklim ve üstyapının özelliklerinin de etkilediğini belirtmiştir (O'Flaherty, 2002; Subagio et.al., 2005; SANRAL, 2007; Cygas et al, 2008; Neaylon et al, 2008; Laurinavicius, 2008). Üstyapının yapısal olarak durumunu belirten en önemli özelliklerden birisi temel tabakası E modülleri değişimidir. Geri hesaplama sonucu, Akşehir-Argıthanı güzergâhı temel tabakasına ait E modülü değişimleri belirlenmiştir (Tablo 1-4). Temel tabakası E modüllerinin 3. Ölçümlerde azalmasının en önemli nedeninin temel tabakası taşıma güçlerinin trafik ve iklim etkisi ile giderek azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

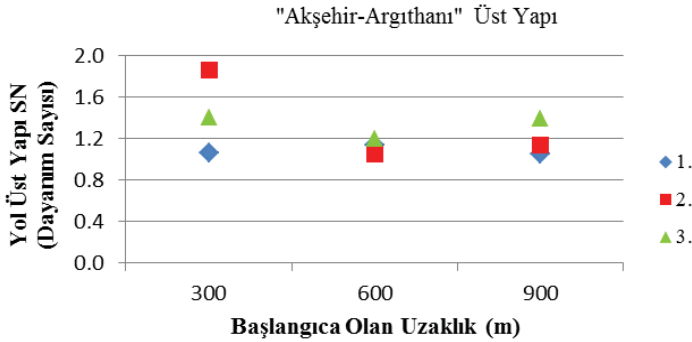
Akşehir-Argıthanı inceleme güzergâhında 0+300, 0+600 ve 0+900 km'lerinde rutin DCP deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu güzergâhta yapılan deney sonuçlarına göre temel, taban zemini CBR değişimleri ve üstyapı dayanım sayılarında meydana gelen değişiklikler sırasıyla Şekil 2-4'de görülmektedir



Şekil 2. İnceleme güzergâhı temel tabakası CBR değişimleri



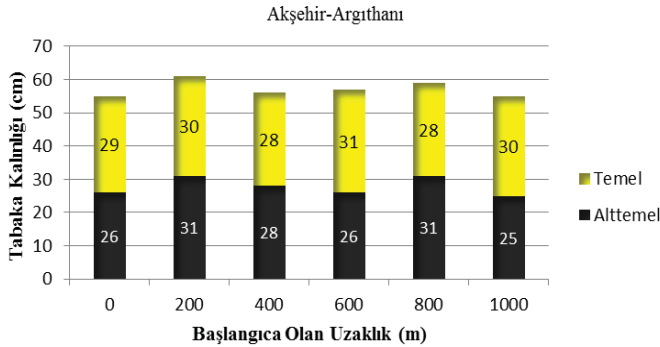
Şekil 3. İnceleme güzergâhı taban zemini tabakası CBR değişimleri



Şekil 4. İnceleme güzergâhı yol üstyapı dayanım sayısı (SN) değişimleri

DCP deney sonuçlarına göre ikinci ölçümlerde temel tabakası CBR değerlerinin düştüğü, üçüncü ölçümlerde, 0+900 km'deki nokta hariç birinci ölçümler seviyesine yükselme görüldüğü belirlenmiştir. Birinci ölçümlerde sırasıyla % 80, % 120 ve % 73 olan temel tabakası CBR değerleri üçüncü ölçümlerde sırasıyla, % 78, % 117 ve % 52 olarak hesaplanmıştır. Üçüncü ölçümler sonunda üstyapı dayanım sayılarında da bir miktar artış olduğu görülmektedir.

İnceleme güzergâhı temel ve alttemel olmak üzere iki granüler tabakadan oluşup söz konusu tabaka kalınlıklarının inceleme kesimi noktalarındaki değişimleri Şekil 4.161.'de gösterilmiştir. Güzergâhın ortalama temel tabakası kalınlığı 29 cm, alt temel tabakası kalınlığı ise 28 cm'dir.



Şekil 5. Akşehir-Argıthanı güzergâhı inceleme kesimleri tabaka kalınlıkları

Sonuçlar

Sathi kaplamaların performansı üzerinde çok sayıda parametre etkili olduğu için inceleme yolunda farklı parametrelerin değişimleri ölçülmüştür. Söz konusu güzergahta yoğunluk sırasına göre cilalanma, doku kaybı, kuma ve sökülme en fazla görülen sathi kaplama bozulma türleri olarak belirlenmiştir. Yüzeysel sıcaklığının yükseldiği yaz aylarında bitümün yumuşaması ve trafiğin de etkisiyle doku kayıplarının azaldığı ve sathi kaplama yoğunluklarının arttığı görülmüştür. Sıcaklık artışı ile birlikte sürtünme sayılarında da azalma olduğu görülmüştür. Temel tabakası taşıma güçlerinde de azalmaların olduğu görülmüştür. Yerinde yapılan hasarsız deney sonuçlarına göre genel sathi kaplama bozulmaları en yoğun sol tekerlek izlerinde görülmüş bu noktaları sağ tekerlek izi, tekerlek izleri arası ve banket noktaları takip etmiştir. İncelenen güzergahın tek kat sathi kaplama olması bozulmaların beklenenden daha hızlı ilerlemesine neden olmuştur. Türkiye özellikle köy yol ağı başta olmak üzere daha uzun yıllar sathi kaplamaları kullanmaya devam edecektir. Diğer ülkelerde de olduğu gibi farklı sathi kaplama yapım tekniklerinin ülkemizde de hayata geçirilip bu tip kaplamalardan daha yüksek performans alınması sağlanmalıdır.

Kaynaklar

Alderson, A. (2008) Flushing Distress Mechanism in Seals. 1st Sprayed Sealing Conference. Adelaide, Australia.

ASTM E 965-96 (2006) Standard Test Method for Measuring Pavement Macrotexture Depth Using a Volumetric Technique. American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Road and Paving Materials; Vehicle-Pavement Systems. Vol. 04.03.US.

ASTM D 6951-03 (2006) Test Method for Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester. American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Road and Paving Materials; Vehicle-Pavement Systems. Vol. 04.03. US.

ASTM D 7113-05 (2006) Standard Test Method for Density of Bituminous Paving Mixtures in Place by the Electromagnetic Surface Contact Methods. American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Road and Paving Materials; Vehicle-Pavement Systems. Vol. 04.03. US.

ASTM D 4694-96 (2006) Standard Test Method for Deflections with a Falling-Weight-Type Impulse Load. American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Road and Paving Materials; Vehicle-Pavement Systems. Vol. 04.03.US.

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.

ASTM D 4748-98. (2006) Standard Test Method for Determining the Thickness of Bound Pavement Layers Using Short-Pulse Radar. American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Road and Paving Materials; Vehicle-Pavement Systems. Vol. 04.03. US.

Banihatti N.V. (1991) Design And Durability Of Asphalt Seal Coats. M.Sc. Thesis. University of Arkansas.

Chamberlin W.P. (1995). NCHRP Synthesis 212: Performance-Related Specifications for Highway Construction and Rehabilitation, Transportation Research Board, National Research Council, National Academy Press.

Cygas, D., Laurinavicius, A., Vaitkus, A., Puodziukas, V. (2008) Research of Experimental Road Pavement Structures. The 25th International Symposium on Automation and Robotics in Construction. 22-28.

Gransberg, D., James D.M.B. (2005) Chip Seal Best Practices. In: Chip Seal Performance Measures. NCHRP Synthesis 342. Transportation Research Board, Washington, D.C., pp.56-60.

Gürer, C. (2010) Sathi kaplamaların performansına etki eden arametrelerin incelenmesi ve performans modeli geliştirilmesi. Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Laurinavicius, A., Vaitkus, A., Motiejunas, A., Bertuliene, L., 2008. Research of Experimental Road Pavement Structures in Lithuania. The 25th International Symposium on Automation and Robotics in Construction. 22-28.

Neaylon, K., Spies, R., Alderson, A. (2008) The Equivalent Heavy Vehicle Concept in Australian Sprayed Seal Design. 1st Sprayed Sealing Conference. Adelaide Australia.

O'Flaherty (2002). E.C.A. Highways, The Location, Design, Construction and Maintenance of Road Pavements. Butterworth and Heinemann, Oxford.

Karaşahin M., Gürer C. (2007) Sathi Kaplamalar. Konya Belediyeler Birliği , 106. Eğitim Semineri. Asfalt Günleri. Konya, ss. 75-116.

Prozzi, J.A. (2001) Modelling Pavement Performance by Combining Field And Experimental Data. Civil and Environmental Engineering, University of California. 126, California, Berkeley.

SANRAL (The South African National Roads Agency Ltd.). (2007) Technical Recommendations For Highways, Design and Construction of Surfacing Seals. TRH3, Pretoria, Republic of South Africa.

Senadheera, S., Yazgan, B. (2008) Incorporating Construction and Performance Conditions To Develop A Testing Protocol To Select Seal Coat Aggregate-Binder Combinations. 1st Sprayed Sealing Conference. Adelaide Australia.

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 2005; 6, 55-65.

Vonk W., Korenstra J. (2004) SBS Modified Bitumen Emulsion For Developed Chip Seals. 4.Ulusal Asfalt Sempozyumu. , s 141-148, Ankara.