

# İZMİR ŞEHİR İÇİ YOLLARININ KAYMA DİRENÇLERİNİN TRAFİK GÜVENLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Burak ŞENGÖZ  
Doç.Dr.  
Dokuz Eylül Üniversitesi  
İzmir, Türkiye  
burak.sengoz@deu.edu.tr

Çağrı GÖRKEM  
İnşaat Yüksek Mühendisi  
Dokuz Eylül Üniversitesi  
İzmir, Türkiye  
cagrigorkem@yahoo.com

Serhan TANYEL  
Yrd. Doç.Dr.  
Dokuz Eylül Üniversitesi  
İzmir, Türkiye  
serhan.tanyel@deu.edu.tr

Bülent KAÇMAZ  
İnşaat Yüksek Mühendisi  
Dokuz Eylül Üniversitesi  
İzmir, Türkiye  
bulentkacmaz@gmail.com

## 1.GİRİŞ

Bir karayolundan beklenen farklı çevre koşulları ve değişik trafik durumları altında karayolunu kullananların konforlu, ekonomik ve güvenli bir biçimde seyretmelerine olanak sağlamasıdır. Günümüzde otomotiv endüstrisinde meydana gelen hızlı gelişmelerin taşıt hızlarının dolayısı ile trafik kazalarının artışına neden olduğu göz önüne alındığında, güvenlik ihtiyacı yukarıda belirtilen üç zorunluluk içinde öne çıkmaktadır.

Trafik güvenliği, karayolunu kullanan insanların ve taşıtların herhangi bir kazayla karşılaşmadan yolu kullanabilmeleri için gerekli fiziksel, kültürel ve psikolojik koşulların hazırlanması olarak tanımlanabilir (Kutlu,1975). Trafik kazalarını etkileyen faktörler genel olarak insan, taşıt ve yol üçlüsüdür. İstatistikler, trafik kazalarında insan unsurunun en etkili faktör olduğunu ortaya koyuyorsa da, yol yüzeyinin drenajı, dokusu, kaplama tipi, ışık durumu ve iklim koşullarının etkileri de göz ardı edilmemelidir. Sayılan parametrelerden, yüzey dokusu ilk sırada yer almasının yanı sıra sadece seyir kalitesini değil aynı zamanda taşıt yakıt tüketimi, bakım giderleri, lastik ömrü, taşıt içi ve dışındaki seyir gürültüsü, ışık yansımaları, yuvarlanma direnci ve sürtünme direncini etkilemektedir (Kutlu,1975; OECD, 1995).

Karayolunda güvenli bir sürüşün sağlanabilmesi için, taşıt tekerlek bandajı ile yol yüzeyi arasında oluşan sürtünme direncinin belirli bir düzeyde olması gerekmektedir. Karayolu kaplamaları farklı hava koşullarında, tekerlek bandajı ile yol yüzeyi arasında yeterli aderansı sağlamalı, sürücünün fren tedbirine başvurduğu zamanlarda güvenle durmasını mümkün kılmalıdır. Özellikle yağmurlu havalarda, yüksek taşıt hızlarında yol yüzeyi ile tekerlek bandajı arasında oluşan sürtünme direnci çok küçük değerlere ineilmektedir. Bu alandaki çalışmalar, sürtünme direncindeki azalmanın trafik kazalarını arttırdığını ortaya koymuştur. Bu bakımdan kaplamaların sürtünme direncinin belirli periyotlarla ölçülerek değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında, trafik güvenliği etkileyen parametrelerden yüzey dokusu ile kayma direncinin önemi ele alınacaktır. Ayrıca, DFT cihazı ile İzmir şehir içi yollarda kayma direnci değerleri ölçülerek trafik kazaları ile arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır.

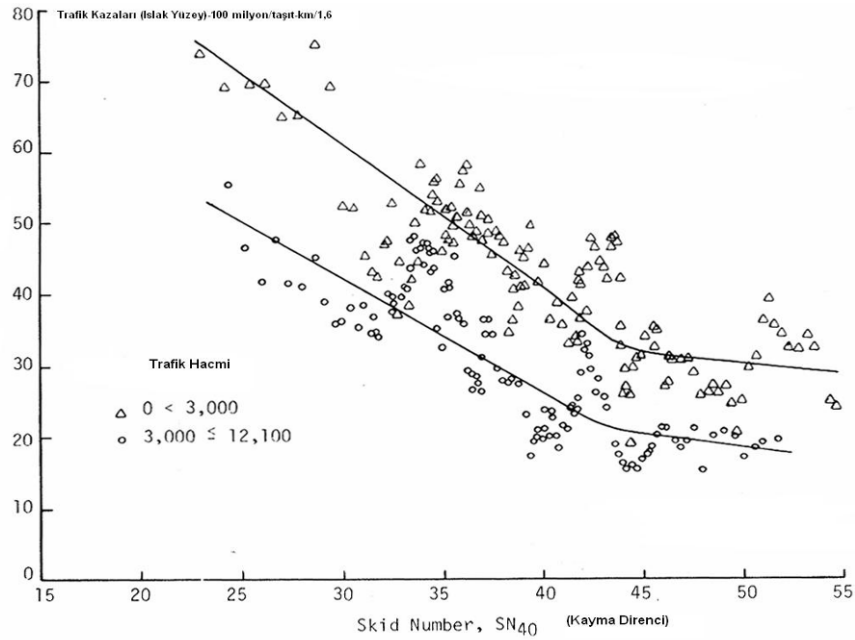
## 2.KAYMA DİRENCİNİN ÖNEMİ

Kayma yüzeyinin durumu kaza oranı üzerinde etkin bir rol oynamaktadır. Kayma yüzeyinin pürüzlülüğü azaldıkça kayma direnci düşerek sürüş güvenliği olumsuz etkilenmesine dolayısı ile kazaların oluşmasına neden olabilmektedir. Aşağıdaki nedenlerden dolayı kayma direnci azalarak sürüş kalitesinde düşüşe yol açmaktadır.

- Trafiğin aşındırıcı etkisi ile aşınıp agrega yüzeyleri cilalanmakta, agrega/tekerlek arasındaki sürtünme azalmaktadır.
- Makro pürüzlülük azaldıkça tekerleğin altındaki sular drene olmayıp sürtünme kuvveti azalmakta ve hidroplan etkisi artmaktadır.
- Ağır taşıt trafiğinin yoğun olduğu esnek kaplamalarda kalıcı deformasyonlar oluşmakta ve yağış suları hidroplan etkisini artırmaktadır.
- Bağlayıcı miktarının gerekenden çok kullanılması halinde, özellikle sıcak havalarda kuma sonucu kaplama yüzeyinde kaygan yüzeyler oluşmakta ve kayma direnci önemli ölçüde azalmaktadır.

Uluslararası çalışmalar kayma yüzeyinin trafik kazaları üzerinde önemi üzerine yoğunlaşmıştır. İngiltere’de yapılan bir çalışma kaplamanın kayma direnci değerinde %10’luk bir iyileştirmenin, yağmurlu havalarda meydana gelen trafik kazalarında %13’lük bir azalma sağladığını ortaya koymuştur (Hosking,1987). İngiltere Kaza Analizleri Departmanı verileri kaymaya karşı dirençli yol yapımı için 3 milyon poundluk bir harcamaya karşılık muhtemel kazaların önlenerek 24 milyon poundluk bir kazanç elde edildiğini göstermiştir (BRF,1998). Xiao ve arkadaşları kayma direnci ile trafik kazaları arasında ilişkiyi incelemiştir. Çalışmaları, yol yüzeyinin kayma direnci değerinin %35’ten %48’e çıkması durumunda trafik kazalarının da %60 oranında azalma meydana geldiğini göstermiştir (Xiao ve dig., 2000).

Trafik kazaları ile kayma direnci arasındaki ilişkiyi belirlemek için 100 milyon taşıt-km başına düşen kaza oranları ile yol yüzeyinin kayma direnci arasında bir ilişki kurulmuştur. (Şekil 1). Şekilde yol yüzeyinin kayma direncinin belirli bir değer altına düşmesi halinde trafik kazalarında ani artış görülmektedir (Rizenberg ve dig., 1972; Ergun, 1997)



Şekil 1. Kayma direnci-Trafik kazaları

### 3.KAYMA DİRENCİ ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

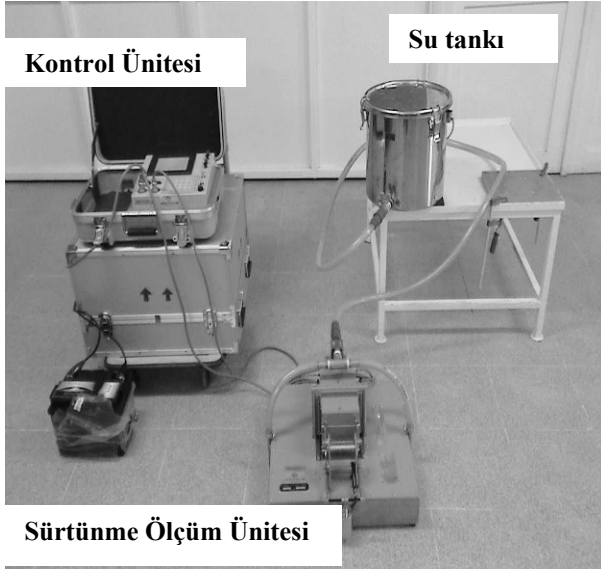
Kayma direncini ölçmek amacı ile kullanılan cihazlar iki grupta incelenmektedir. Bunlar yüksek hız ile düşük hızda ölçüm yapabilen cihazlardır. Yöntemler Tablo 1’de açıklanmaktadır.

Tablo 1. Kayma Direnci Ölçüm Yöntemleri

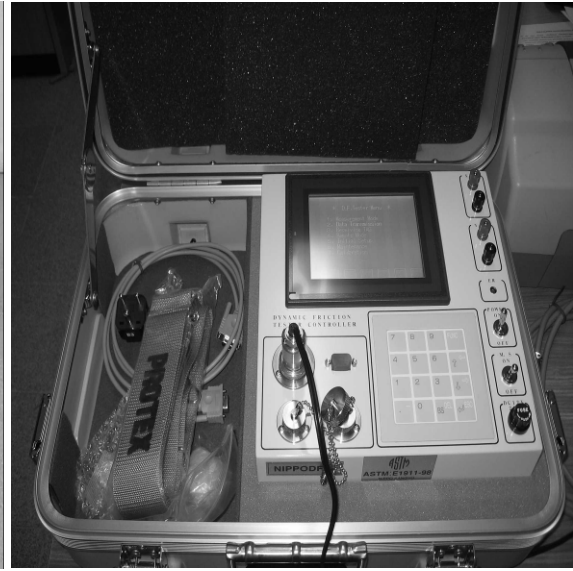
Ölçüm Tipi	Yöntem ismi	İlgili Şartname	Kullanılan Cihaz
Yüksek Hızlı	Locked Wheel (Kilitlenmiş Tekerlek)	ASTM E-274	Stuttgarter Reibungsmesser (Çek Cumhuriyeti, İsviçre ve Avusturya), BV – 11 (İsveç), ASTM E – 274 Treyleri (Amerika Birleşik Devletleri) ve LCPC Treyleri (Fransa)
	Yanal Kuvvet (Side Force)-	ASTM E-670	İngiliz Mu sayacı veya SCRIM (British Sideways Force Coefficient Routine Investigation Machine),:
	Değişken Kayma	ASTM E-1859	Norsometre
	Sabit Kayma	-	Saab Sürtünme Ölçücü (Saab Friction Tester), Pist Sürtünme Ölçücü (Runway Friction Tester) ve Grip Tester
Düşük Hızlı	Stopping Distance Measurent (Duruş mesafe ölçümü)	ASTM E-445	64 km/saat hızla yol alabilen araç
	Deceleration rate measurement (Yavaşlama ivme ölçümü)	ASTM E-2102	Kış koşullarında uygulanır. 32 ve 48 km/saat hızla giden bir taşıtın yavaşlama ivmesini ölçebilen mekanik bir araç
	Portatif Yöntemler	ASTM E-303	British Pendulum-İngiliz Sarkacı
		ASTM E-1911	Dinamik Sürtünme Ölçer (DFT-Dynamic Friction Tester)

### 4.DİNAMİK SÜRTÜNME ÖLÇER

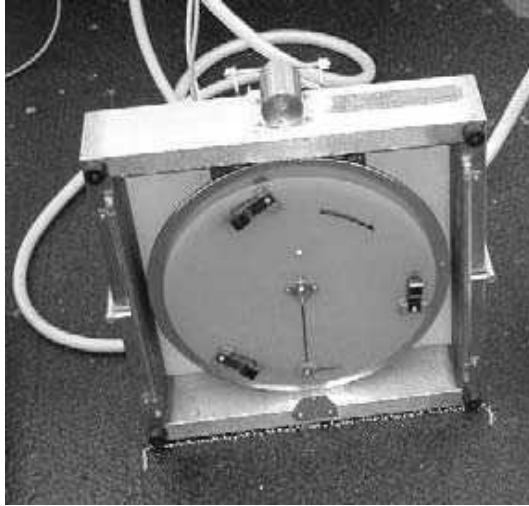
Bu yöntem ve elektronik olarak kontrol edilen donanım Japonya’da geliştirilmiştir ve Şekil 2 ve 3’de görülmektedir. Bu yöntemde, lastik, yatay dönen bir diskin alt kenarına sabitlenmektedir. Bu disk (Şekil 4), örneğin onun yol yüzeyine dik sabit bir yük (W) altındaki kauçuk yastığı sayesinde yol yüzeyine binmektedir ve yastığı kayma hareketine getirmek için döndürülmektedir. Yastığın doğrusal hızı (V) ve kuvvet (F), dönen disk hızından saptanmaktadır. Bundan sonra, sürtünme katsayısı ( $\mu$ ), F’yi W’ye bölmek suretiyle bulunabilmektedir. 20, 40, 60 ve 80km/saat hız değerlerinde pik sürtünme ölçüm değerleri alınabilmektedir (Şekil 5) Deney, İngiliz sarkacı gibi operatör veya rüzgardan etkilenmemekle birlikte uygun tekrar sağlanabilmektedir. Ayrıca uluslararası kayma direnci indeksi (IFI-ASTM E-1960) değerine cihazdan alınan veriler ile kolayca ulaşılabilmektedir.



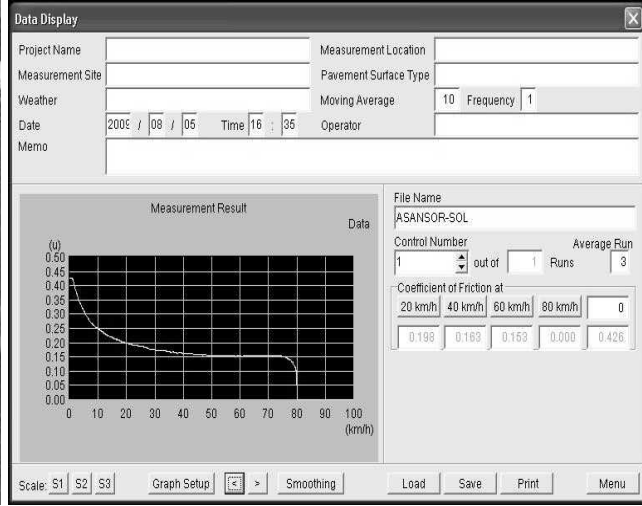
Şekil 2. Dinamik Sürtünme Ölçüm Sistemi



Şekil 3. Kontrol Ünitesi



Şekil 4. Ölçüm Ünitesi Döner Disk



Şekil 5. Veri transferi

## 5. ARAZİ ÇALIŞMALARI

### İstasyon Noktalarının Belirlenmesi

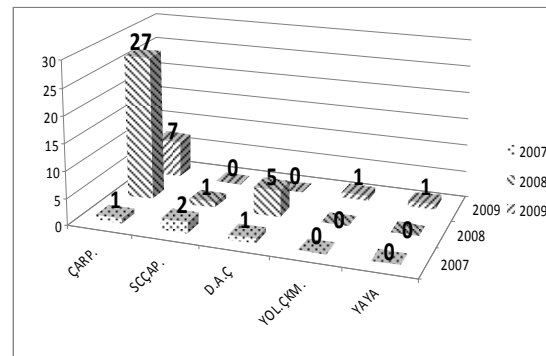
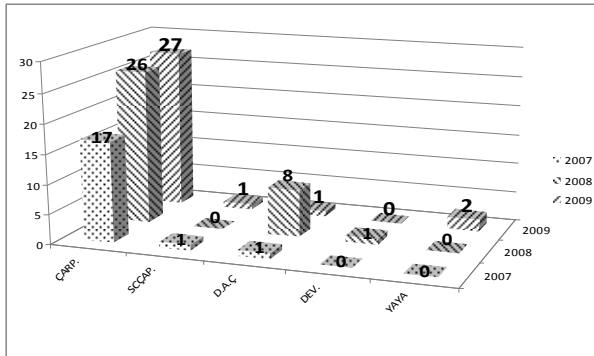
TÜBİTAK MAG tarafından desteklenen projede tüm ölçümlerin ve gözlemlerin yapılabilmesi için İzmir Emniyet Müdürlüğü ve Karayolları 2. Bölge Müdürlüğü desteği ile İzmir ili ve çevre yollarında ölçüm noktaları belirlenmiştir. Bu yollar belirlenirken İzmir ili ve çevresindeki yolların durumunu en iyi biçimde yansıtacak homojen bir istasyon seçimi hedeflenmiştir. Bununla birlikte seçim sırasında incelemeye alınması planlanan istasyona ait yol sathının durumu da göz önüne alınmıştır. Proje süresi içinde yol sathı üzerinden kesintisiz olarak (sath yenileme veya güvenlik dolayısı ile sath üzerinde yapılacak kısmi imalatlar gibi durumların olmayacağı) veri sağlanabilecek yollar seçilmiştir. Örneğin Altinyol gibi önemli transit yollar yol sathının durumu sebebi ile inceleme dışı bırakılmıştır. İstasyon seçiminde bir diğer parametre ise ölçülmesi planlanan nokta üzerinde ölçümler sırasında trafiğin yönlendirilebilme olanağıdır. Ayrıca gözlem noktaları kavşak ve benzeri kesişim noktalarından mümkün olduğunca uzakta, blok ortası olarak tanımlanabilen kesimlerden

seçilmiştir. Bu sayede kavşaklardan kaynaklanabilecek farklı trafik ve yol koşullarının etkisini en aza indirgeyerek sağlıklı değerlendirmeler yapılabilecek kesimlerden veri alınması amaçlanmıştır. Şekil 6’da incelemeye alınana istasyon noktalar görünümü sunulmaktadır.



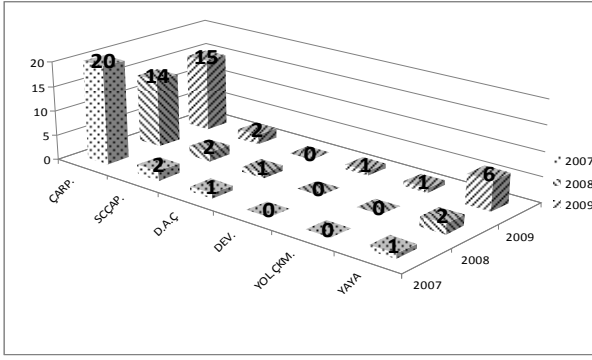
Şekil 6. İzmir İli içinde seçilen istasyonlar

Aynı noktalarda Karayolları Genel Müdürlüğü ve Emniyet Genel Müdürlüğü tarafından 2007, 2008ve 2009 Mayıs ayına kadar olan kaza verileri temin edilmiştir. Analizi yapılan veriler kapsamında 2009 yılı başında Trafik Kanunu’nda yapılan değişiklik nedeni ile anlaşma ile sonuçlanan ikili kazalar TRAMER’den; aynı döneme ait ölümlü, yaralanmalı, kamu araçlarının karıştığı kazalar ile tek aracın bulunduğu kazalara ait veriler Emniyet Genel Müdürlüğü’nden temin edilmiştir. Çalışma kapsamında kentiçi sinyalizasyon arterler üzerinde yer alan beş noktadan elde edilmiş olan ölçüm ve kaza değerleri kullanılmıştır. Şekil 7~11’de ilgili noktalara ait kaza sayılarının yıllara bağlı olarak değişimleri gösterilmektedir. Bu istasyon noktalarında sağ ve sol şeritte DFT cihazı ile ölçümler alınmıştır. Sadece Menderes caddesinde gözlem noktasında sol şerit bulunmamaktadır. Elde edilen veriler Şekil 12’de sunulmuştur.

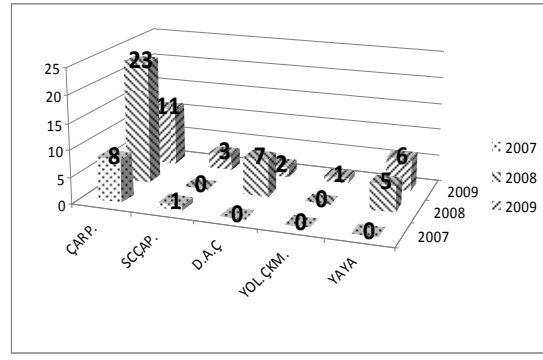


Şekil 7.M. Kemal Sahil Blv. 1 (Asansör Drk.)

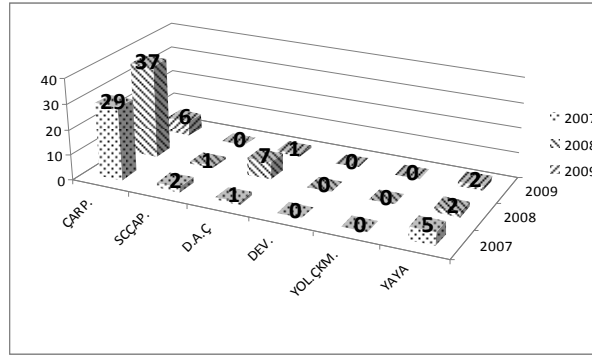
Şekil 8. M. Kemal Sahil Blv. 2 (Göztepe İsk.)



Şekil 9. Yeni Girne Caddesi



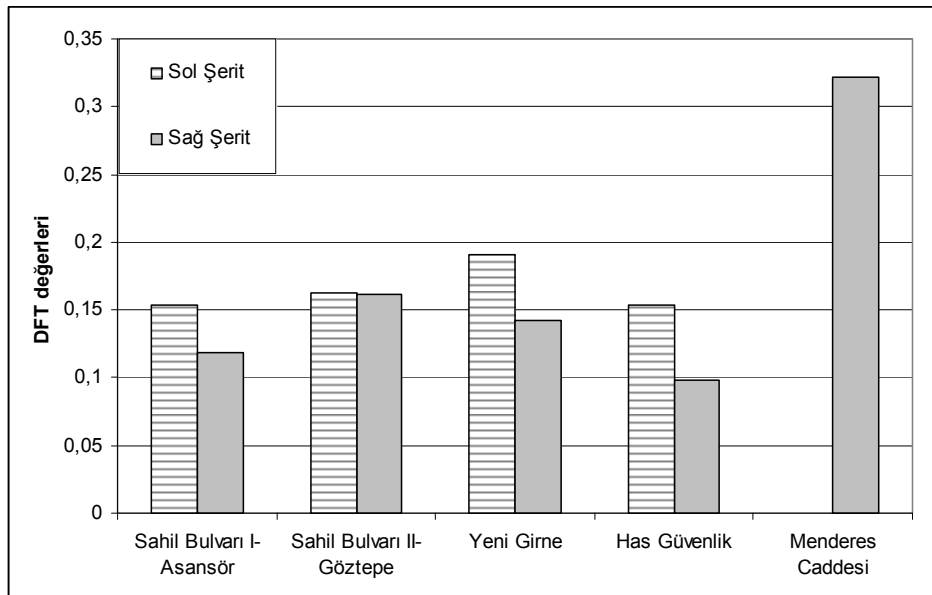
Şekil 10. Has Güvenlik



Şekil 11. Menderes Caddesi

Kaza istatistikleri incelendiğinde meydana gelen kazaların genelde öndeki araca arakadan çarpma ve/veya şerit değiştirme manevrası sırasında yandaki araca çarpma şeklinde gerçekleştiği görülmektedir. Bazı istasyon noktalarında 2009 yılı (Mayıs ayına kadar) içerisindeki kaza sayılarının 2008 yılı toplam kaza sayısına yaklaştığı veya geçtiği görülmektedir. Bu Mustafa Kemal Sahil Bulvarı-Asansör Durağı ile Yeni Girne Caddesidir.

DFT değerleri incelendiğinde, sol şeride ait DFT değerlerinin sağ şeride oranla daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu durum, ağır araçların sol şeridi daha az kullanmaları ile açıklanabilir. Gözlem noktalarına ait araç kompozisyonları Tablo 2’de gösterilmiştir.



Şekil 12 Şehirî İstasyon Noktalarında DFT Değerleri

Tablo 2 İstasyon Noktalarında Şerit Bazında Araç Kompozisyon Yüzdeleri.

İstasyon Adı	Şerit	Otomobil	Minibüs	Otobüs	Kamyon
Asansör Durağı	Sol	0,93	0,06	0,00	0,01
	Orta	0,89	0,07	0,01	0,03
	Sağ	0,81	0,11	0,03	0,04
Göztepe Vapur İskelesi	Sol	0,81	0,19	0,00	0,00
	Orta	0,77	0,20	0,00	0,03
	Sağ	0,65	0,20	0,12	0,02
Has Güvenlik	Sol	0,84	0,07	0,01	0,08
	Sağ	0,74	0,04	0,03	0,20
Yeni Girne	Sol	0,87	0,09	0,00	0,03
	Orta	0,71	0,20	0,01	0,08
Menderes Caddesi	Sağ	0,58	0,26	0,13	0,03

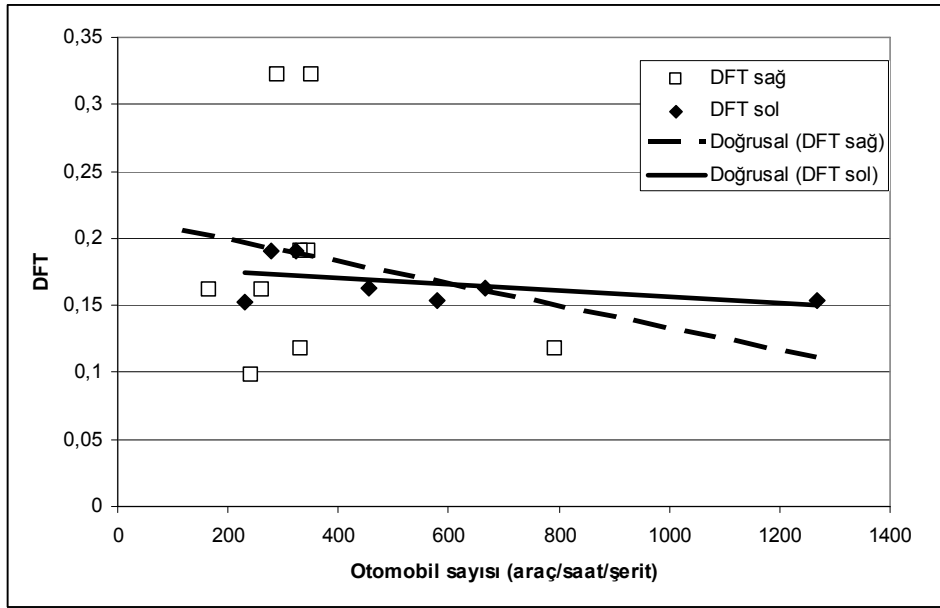
## DEĞERLENDİRME

Daha önce de belirtildiği gibi çalışma kapsamında kentiçi sinyalizasyon arterler üzerinde yer alan beş noktada yapılmış olan ölçümlerin değerlendirilerek kaza verileri ile ilişkilendirilmeleri hedeflenmiştir.

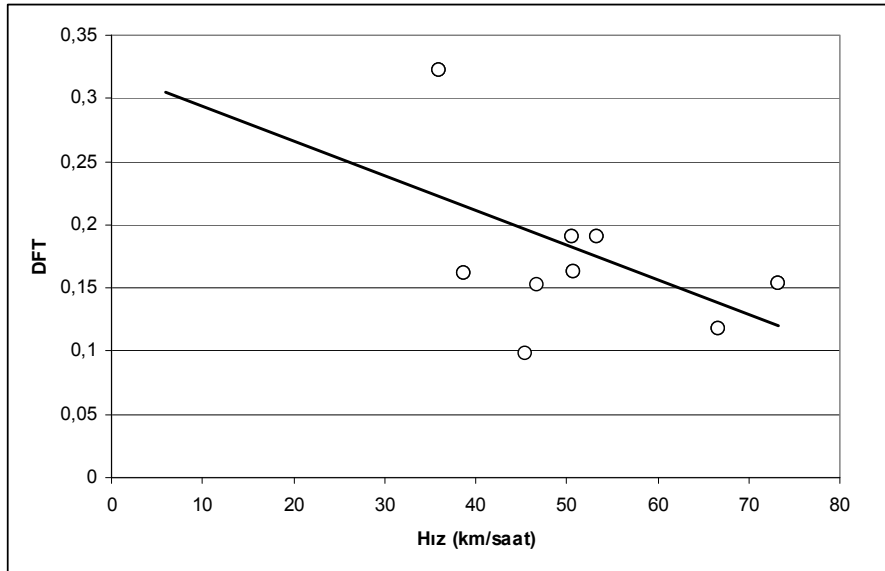
İlk adım olarak, DFT değerinin değişiminin hangi parametrelere bağlı olduğu incelenmeye çalışılmıştır. İlk adım olarak, araç kompozisyonunun etkisi irdelenmiştir. Tablo 2'den de görülebileceği gibi incelenen kesitlerden geçen minibüs yüzdesi oldukça yüksek olmakla birlikte, otobüs ve kamyon gibi yol yüzey pürüzlülüğüne direkt etki edebilecek ağır araç oranları iki şerit dışında oldukça düşük seviyelerde kalmaktadır.

Hesaplar, gözlem noktalarında otomobil sayılarının, DFT değerinin değişiminde daha önemli olduğunu göstermektedir. Şekil 13'te sol ve sağ şeritlerdeki otomobil sayılarına bağlı olarak DFT değerlerinin değişimi görülmektedir. Her iki şeritte de otomobil sayısı arttıkça DFT değerinin azaldığı görülmektedir. Ancak bu etki sağ şeritte daha belirgindir.

DFT değerinin hıza bağlı olarak değişimi ise Şekil 14'te verilmektedir. Şekilden de görülebileceği gibi DFT beklenildiği şekilde hız arttıkça azalmaktadır.



Şekil 13 Otomobil sayısı-DFT değeri ilişkisi



Şekil 14 Araçların Ortalama Hızları ile DFT ilişkisi

Bu noktada bazı hususlara açıklık getirilmesinde yarar olduğu düşünülmektedir. DFT değeri, araçların tekerlekleri ile yol yüzeyi arasındaki etkileşimi ifade eden bir parametre olarak kabul edilebilir. Yüksek hızlarda seyreden bir aracın tekerleklerinin yol yüzeyi ile olan teması azalacak ve dolayısıyla DFT değeri de yüksek hızlar için düşük değerler olacaktır.

Diğer yandan araç sayısı arttıkça yüzey pürüzlülüğünde de azalma görülmesi beklenen bir durumdur. Yapılan ölçümler sonucunda, sağ şeritte hareket eden araçların hızlarının daha düşük ancak değişkenliklerinin (varyanslarının) daha yüksek olduğu görülmüştür. Hızlardaki bu değişkenlik, ağır araçların daha çok sağ şeridi kullanmalarından kaynaklanmaktadır. Hızların düşük olması sebebiyle DFT değerlerinin sol şeride oranla daha yüksek çıkması beklenirken tam tersi bir durumla karşılaşılmaktadır. Bunun sebebi, sağ şeritteki ağır araç sayısının fazla olması ve yüzey pürüzlülüğünün düşmesidir. Düşük pürüzlülüklerde tekerleklerle yol yüzeyi arasındaki etkileşim oranı da düşük olacaktır.

Hız ve DFT değerlerinin kazalar üzerindeki etkisi de incelenmiştir. Bunun sonucunda aşağıdaki bağıntı elde edilmiştir:

$$Kaza = 0,418 * V - 32,7 * DFT \quad R^2 = 0,956 \quad (1)$$

Burada “V” km/saat cinsinden ortalama hız değerini göstermektedir. Elde edilen bağıntıya ait istatistiksel değerler Tablo 3’te sunulmaktadır.

Tablo 3 Bağıntı (1)’e ait değerler

Bağımsız Değişken	Katsayı	T	P
DFT	-32,775	-3,309	0,013
Hız	0,418	10,212	0,000

Bağıntıdan da anlaşıldığı üzere Hız arttıkça kaza sayısı ve olasılığı da artmaktadır. Diğer yandan DFT değerinin, diğer bir değişle yüzeysel pürüzlüğün yüksek olması durumunda kaza sayısının önemli oranda azaltılabileceği açıktır.

## SONUÇ

Bu çalışmada, DFT değerlerine bağlı olarak kaza sayısının değişimi irdelenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda, DFT değerinin, kazaların engellenmesinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. DFT değerinin düşük, hız değerlerinin yüksek olduğu Mustafa Kemal Sahil Bulvarı Asansör Durağı gibi kesimlerde kaza sayılarının da yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, yol yüzey iyileştirme çalışmalarının trafik güvenliği açısından büyük önem taşıdığını gösteren bir bulgudur.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK MAG tarafından desteklenmiştir. Projede tüm ölçümlerin ve gözlemlerin yapılması sırasında İzmir Emniyet Müdürlüğü ve Karayolları 2. Bölge Müdürlüğü’ne destekleri için teşekkürü ederiz.

## KAYNAKLAR

British Road Federation Fact, web site, 1998.

Ergun, M. “Road Surface Micro and Macro Influence on Skid Resistance” Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 1997.

Hosking, J. K., “Relationship between skidding resistance and accident frequency: estimates based on seasonal variations.” TRRL. Report RR76, Department of Transport, Crowthorne, UK, 1987.

Kutlu, K., “Trafik Tekniği”, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, 1975.

OECD, “Road Infrastructure Rehabilitation And Safety Strategies In Central and Eastern Europa”, Paris, 1995.

Rizenbergs, R.L., J.L. Burchett, and C.T. Napier. “Skid Resistance of Pavements.” Report No. KYHPR-64-24, Part II, Kentucky Department of Highways, Lexington, Kentucky. 1972.

Xiao, J., B.T. Kulakowski, and M. El-Gindy. “Prediction of Risk of Wet-Pavement Accidents: Fuzzy Logic Model.” Transportation Research Record 1717, Transportation Research Board, Washington, D.C. 2000.