

# Şehiriçi Işıklı ve Dönel Kavşak Uygulamalarının Performans Kriterlerine Etkisinin İncelenmesi

**Duygu EROL<sup>1</sup>, Özgür BAŞKAN<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Pamukkale Üniversitesi, Fen Bil. Enst., İnş. Müh. Anabilim Dalı, Denizli  
Tel: (258) 296 23 73

E-Posta: [edyuguerol@gmail.com](mailto:edyuguerol@gmail.com)

<sup>2</sup> Pamukkale Üniversitesi, Müh. Fak., İnş. Müh. Böl., Kınıklı, 20070, Denizli  
Tel: (258) 296 34 16

E-Posta: [obaskan@pau.edu.tr](mailto:obaskan@pau.edu.tr)

## Öz

Ülkemizde şehiriçi ulaşım ağlarında yaşanan trafik sıkışıklığı ve buna bağlı olarak oluşan gecikmeler yoğun olarak kavşaklarda meydana gelmektedir. Farklı yönlerden gelen trafik akımlarının ortaklaşa kullanılmak zorunda oldukları yol alanları olarak tanımlanan kavşaklar, günümüzde çoğunlukla eşdüzey olarak hizmet vermektedirler. İstatistiklere göre şehiriçi yollarda meydana gelen gecikmelerin büyük bir bölümü bu tip kavşaklarda meydana gelmektedir. Bu nedenle şehiriçi ulaşımın etkin olarak sağlanabilmesi için eşdüzey kavşakların analiz edilmesi ve performanslarının artırılması amacıyla bir takım düzenlemeler yapılması gerekmektedir. Eşdüzey kavşaklar kullanılan kontrol mekanizmalarına bağlı olarak sınıflandırılmakla birlikte, en çok kullanılan tipleri ışıklı kavşaklar ve özellikle son yıllarda ülkemizde kullanım alanı bulmaya başlayan dönel kavşaklardır.

Bu çalışmada Denizli ilinde bulunan ve ışıklı kavşak olarak hizmet veren Emniyet kavşağı çalışma alanı olarak seçilmiş ve VISSIM benzetim yazılımı kullanılarak modellenmiştir. Söz konusu kavşağın mevcut durumu ortalama taşıt gecikmesi ve hız parametreleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın amaçlarından biri olan kavşak kontrol türünün değiştirilmesi durumunda kavşak performansının nasıl değişeceğinin araştırılması amacıyla söz konusu kavşak, dönel kavşak olarak tasarlanarak VISSIM yazılımında analizler yapılmıştır. Ayrıca trafik hacim, ağır taşıt ve sola dönüş oranları değerlerinin kademeli olarak artırılması senaryoları altında analizler yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonunda uygun eşdüzey kavşak türünün seçilmesi konusunda yerel yönetimlere tavsiye niteliğinde değerlendirmeler yapılmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Işıklı kavşak; Dönel kavşak; Taşıt gecikmesi; VISSIM

## Giriş

Şehir içi ulaşımda özel taşıt kullanım oranlarının günden güne artması neticesinde trafik akımlarının kesişme noktası olan eşdüzey kavşaklarda meydana gelen gecikmeler trafiği olumsuz olarak etkilemektedir. Şehir içi ulaşımda meydana gelen gecikmelerin büyük bir bölümü eşdüzey kavşaklarda gerçekleşmektedir. Bu nedenle kent içi ulaşımın etkin olarak sağlanabilmesi için kavşakların performanslarının artırılması amacıyla bir takım önlemler alınması ve gecikmelerin azaltılması gerekmektedir. Bu önlemlerin başında uzun vadede uygulanacak politikalarla toplu taşıma kullanım oranlarının artırılması ve buna bağlı olarak özel taşıt kullanım oranlarının azaltılması sayılabilir. Ancak bu çözüm yolu çoğu zaman uzun bir süreç gerektirmektedir. Bu nedenle kısa vadede şehir içi kavşak gecikmelerinin en aza indirilebilmesi ve kavşakların mümkün olan en etkin ve verimli şekilde işletilmesi için çözümler üretmek gerekmektedir. Bilindiği gibi şehir içi eşdüzey kavşaklar genel olarak kontrolsüz ve kontrollü olarak işletilmektedir. Genellikle trafik hacminin yoğun olduğu kesimlerde kullanılan kontrollü kavşaklar ise ışıklı ve dönel kavşaklar olarak ikiye ayrılmaktadır. Işıklı kavşaklar meydana gelebilecek kazaları önlemek ve gecikmeleri azaltmak amacı ile kullanılmakla birlikte gerekli kriterlere uyulmadan işletilen ışıklı bir kavşak hem gecikmelerin hem de trafik kazalarının artmasına yol açabilmektedir. Bu yüzden her eşdüzey kontrollü kavşağı ışıklı olarak düzenlemek beklenen faydaların elde edilmesi anlamında yetersiz kalabilmektedir. Diğer taraftan ışıklı kavşakların ışık sürelerinin en uygun şekilde belirlenmesi ve özellikle uzun vadede değişen talebe bağlı olarak bu sürelerin güncellenmesi gerekmektedir. Aksi takdirde ışıklı kavşaklar çoğu uygulamada ortalama taşıt gecikmelerini azaltmak yerine artırabilmektedir. Diğer bir eşdüzey kavşak kontrol türü olan dönel kavşaklar trafik akımının merkezde bulunan bir ada etrafında döndüğü kavşaklar olarak tanımlanmaktadır. Bu tür kavşaklarda geçiş önceliği kavşak içindeki araçlara ait olup yan yoldaki akımlar dönen akım içinde uygun boşluk bulmaları durumunda ana akıma katılabilmektedirler. Dönel kavşakların uygun geometrik tasarımlarının yapılması durumunda taşıtların hızlarının azalmasından dolayı trafik güvenliği artmakta ancak kapasite bir miktar azalabilmektedir. Bu nedenle dönel kavşakların yapımına karar verme aşamasında kavşak kapasitesi ile trafik güvenliği parametreleri birlikte gözönünde tutularak seçim yapılması gerekmektedir.

Literatürde gecikmelerin azaltılmasına yönelik çalışmalar genellikle ışıklı kavşak sürelerinin en iyilenmesi ve kavşak kontrol türünün değiştirilmesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Tanyel ve Varlıorpak (1998) yaptıkları çalışmada meydana gelen kaza sayısı ve kapasitelerine göre iki farklı kavşak belirlemişlerdir. Belirlenen bu kavşaklar üzerinde dönel ve ışıklı kavşak performansları incelenmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Çalışma sonucunda dönel kavşakların tasarımının uygun şekilde yapılması durumunda ışıklı kavşaklara göre daha yüksek kapasiteye sahip olabilecekleri belirlenmiştir. İngiltere'de ışıklı ile dönel kavşaklar arasında yapılan karşılaştırmalarda dönel kavşakların kazaların azaltılmasında önemli bir etken olduğu, ancak her iki kavşak tipinin de kendilerine özgü bir takım üstünlüklerinin bulunması sebebiyle tercihin, kavşağın bulunduğu bölge ve üzerinden geçen trafiğin özelliklerine göre belirlenebileceği sonucuna varılmıştır (Tanyel, 2001). Tanyel (2005) dönel kavşaklarda ana akım içindeki ağır taşıt yüzdesinin yan yol kapasitesi üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışma sonucunda ana akım içindeki ağır taşıt oranının artmasının yan yol kapasitesinin önemli oranda azalmasına yol açtığı belirlenmiştir. Diğer taraftan yan yoldaki ağır taşıt yüzdesi değişiminin yan yol kapasitesi üzerinde fazla etkili olmadığı sonucuna varılmıştır. Tanyel ve Yayla (2010) dönel kavşakların kapasitelerinin

belirlenmesi amacıyla farklı yöntemleri karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda dönel kavşakların kapasitelerinin analizinde regresyon analizi ile kritik aralık kabulü yöntemlerinin birbirlerine yakın sonuçlar verdiği ve hesaplamalarda kullanılabileceği belirlenmiştir. Ancak ülke koşullarına uygun kapasite hesap modellerinin geliştirilmesinin daha doğru sonuçlarına ulaşılması açısından önemli olduğu vurgulanmıştır. Wall ve diğ. (2005) yapmış oldukları çalışmada dönel kavşaklardaki kesişme noktası sayısının ışıklı kavşaklara göre oldukça az olduğunu vurgulamışlardır. Ancak yayaların geçiş güvenliği ve erişebilirliği anlamında dönel kavşakların birtakım dezavantajlarının olduğunu belirtmişler ve bu konuda ne tür stratejiler geliştirilebileceği konusunda çalışmalar yapmışlardır. Tanyel ve diğ. (2005) Karayolları Kapasite Rehberi'ni (HCM 2000) kullanarak ülkemizdeki dönel kavşakların kapasite ve performans analizleri üzerine değerlendirmeler yapmışlardır. Sonuçlar temel kapasite tahminleri ve performans değerlendirmelerinin yapılabilmesi için bu rehberin kullanılabileceğini ancak ülkemiz şartlarını daha iyi derecede temsil edecek analiz yöntemlerinin geliştirilebilmesi için ileri düzey çalışmaların yapılması gerektiğini ortaya koymuştur. Gross ve diğ. (2013) ışıklı kavşakların dönel kavşak şeklinde tasarımının yapılması durumunda kavşak güvenliğinde meydana gelecek olan değişiklikler üzerine çalışmışlardır. Çalışma kapsamında, Amerika Birleşik Devletleri'nde dönel kavşağa dönüştürülmüş olan 28 adet ışıklı kavşak tespit edilmiş ve bu kavşaklarda önce-sonra etütleri yapılmıştır. Çalışmalar sonucunda, ışıklı kavşakları dönel kavşağa çevirmenin kavşak güvenliği açısından olumlu olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çakıcı (2014) diğer bir kontrollü kavşak tipi olan ışıklı dönel kavşakların tasarım esasları üzerine çalışmış ve ışıklı dönel kavşakların depolama alanı gereklilikleri ve performansını etkileyen diğer faktörler üzerinde senaryolar altında değerlendirmeler yapmıştır. Diğer taraftan dönel ve ışıklı kavşakların yaratmış olduğu emisyonlar açısından karşılaştırma Salamati ve diğ. (2015) tarafından yapılmıştır. Sonuçlar düşük talep/kapasite oranlarında dönel kavşakların ışıklı kavşaklara oranla daha az emisyon salınımı gerçekleştirdiklerini göstermiştir. Ancak talep/kapasite oranının artması durumunda ışıklı kavşakların emisyon açısından performansının daha iyi olduğu vurgulanmıştır. Ren ve diğ. (2016) Avustralya'da 9 farklı dönel kavşak için farklı yöntemler kullanarak performans analizi yapmışlardır. Çalışma kapsamında geliştirilen yeni dönel kavşak kapasite modelinin diğer karşılaştırılan beş farklı yöntemden daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir. Sun ve diğ. (2016) yapmış oldukları çalışmada dönel kavşaklar ile ışıklı dönel kavşakları karşılaştırmış ve özellikle ağır talep durumunda ışıklı dönel kavşakların modern dönel kavşaklara oranla daha iyi performans gösterdiğini belirlemişlerdir.

Literatür incelendiği zaman dönel ve ışıklı kavşakların kapasite ve performans analizleri açısından farklı yaklaşımlar altında birçok çalışma yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmada ise ortalama taşıt gecikme ve hız parametreleri dikkate alınarak dönel ve ışıklı kavşak performans analizleri VISSIM benzetim yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Farklı talep senaryoları altında kavşak tiplerinin performansı değerlendirilmiş ayrıca ağır taşıt ve sola dönüş oranları gibi parametrelerin kavşak performansına etkisi incelenmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde çalışma alanı, sonraki bölümlerde performans analizleri ve senaryolar verilmiş, son bölümde ise çalışmanın sonuçları değerlendirilmiş ve gelecekte yapılması planlanan çalışmalar sunulmuştur.

## Çalışma Alanı

Denizli Türkiye'nin en önemli sanayi kentlerinden biri olup nüfusu almış olduğu göç neticesinde her geçen gün artmaktadır. Hızlı nüfus artışına bağlı olarak ulaşım talebi de hızla artmaktadır. Şehir içi ulaşım talebi büyük oranlarda özel taşıt ve toplu taşıma ile karşılanmaktadır. Kentin özellikle ana arterleri üzerinde özel taşıt ve toplu taşıma araçlarının oluşturduğu trafiğin yanında, yoğun bir ağır taşıt trafiği bulunmaktadır. Özellikle sanayi bölgelerinin bulunduğu bölgelerde ağır taşıt oranı etkisi trafik akışını göz ardı edilemez biçimde etkilemektedir. Denizli şehir içi ulaşım ağında sıklıkla kullanılan kavşak türü eşdüzey kavşaklardır. Bununla birlikte çevre yolu üzerinde özellikle transit trafiğin geçişini kolaylaştırmak ve gecikmeleri azaltmak amacıyla İzmir ve Ankara aksları üzerinde farklı düzeyli kavşaklar bulunmaktadır. 2016 yılı verilerine göre Denizli'de 1000 kişi başına otomobil sahipliği oranı 178 olup ülke genelinde yedinci sıradadır (TÜİK, 2016). Şehir nüfusunun % 44'ü ortalama 0-3 km değerleri arasındaki uzaklıkları yaya olarak katetmektedir. 3 km'nin üzerindeki uzaklıklar için özel araç ve toplu taşıma türleri baskın ulaşım türleri olarak karşımıza çıkmaktadır. 5-12.5 km arasındaki yolculukların % 67'si toplu taşıma ile yapılmaktadır (UAP, 2010). Kentte hizmet veren kavşaklar içinde çoğunlukla ışıklı kavşaklar ile karşılaşılmaktadır. Ancak son yıllarda kentteki yeni yerleşim bölgelerinde modern dönel kavşaklarda hizmet vermektedir. Çalışma kapsamında hem şehir içi trafiğe hem de transit trafiğe hizmet veren ve ışıklı kavşak olarak çalışan "Emniyet Kavşağı" çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. Kavşağın mevcut durumu Şekil 1'de verilmiştir.



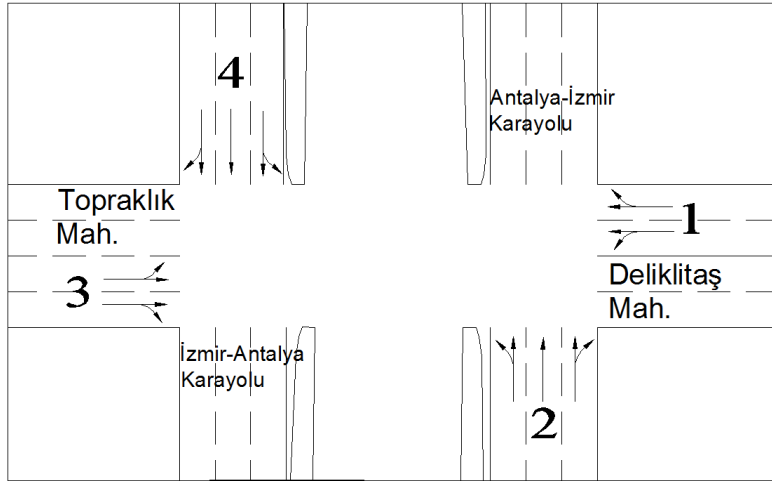
Şekil 1 Emniyet Kavşağı (Işıklı)

## Performans Analizleri

Kavşağın mevcut durumunun analizi için Denizli Büyükşehir Belediyesi'nden temin edilen zirve saat trafik hacim değerleri kullanılmıştır. Trafik hacim verilerinin yanında faz planı, devre diyagramı ve ışık süreleri ilgili kurumdan temin edilmiştir. Emniyet kavşağının analizi için VISSIM benzetim yazılımından faydalanılmıştır (PTV, 2016). Bu yazılım şehir içi ve şehirlerarası ulaşım ağlarında trafik akımlarının modellenmesi ve analizi için geliştirilmiş davranış tabanlı mikroskobik bir benzetim yazılımıdır. VISSIM

farklı türdeki taşıtların, ağır taşıtların, toplu taşıma türlerine ait taşıtların, bisikletlerin ve yayaların modellenebilmesine olanak sağlamaktadır. Herhangi bir kavşak tasarımı sahada uygulanmadan önce bu yazılım sayesinde tasarımın farklı senaryolar altında performansının değerlendirilmesi işlemi kolaylıkla yapılabilmekte ve gerçeğe oldukça yakın performans değerleri elde edilebilmektedir (Asamer ve diğ., 2011; Sun ve diğ., 2013; Tianzi ve diğ., 2013; Çakıcı ve Murat, 2016).

Çalışma kapsamında ele alınan Emniyet kavşağı Antalya-İzmir karayolu ile Deliktaş ve Topraklık mahallelerinin bağlantı noktasıdır. Kavşağın yaklaşım kollarının numaralandırılmış detaylı şekli Şekil 2’de verilmiş olup, ilgili yaklaşım kollarına ait trafik hacim değerleri Tablo 1’de verilmiştir.



Şekil 2 Emniyet Kavşağı Yaklaşım Kolları

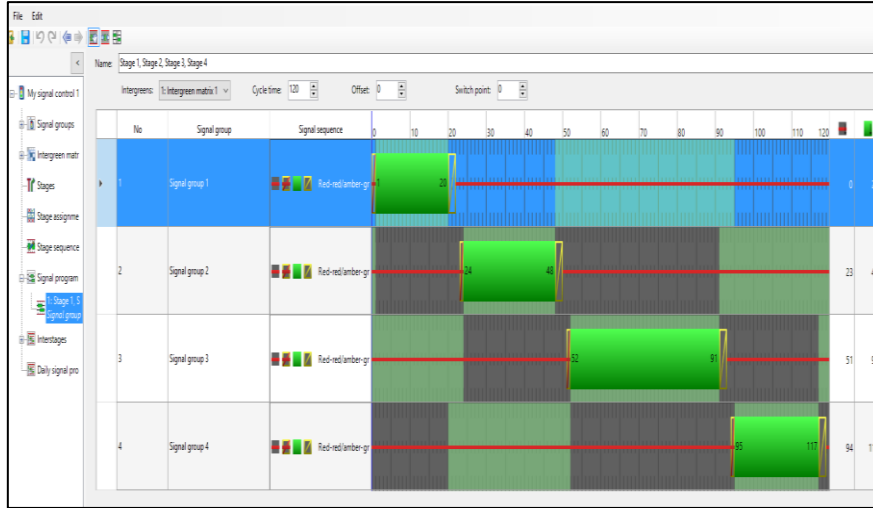
Tablo 1 Emniyet Kavşağı Trafik Hacim Değerleri

Yaklaşım Kolu Numarası	Otomobil (ta/sa)	Otobüs (ta/sa)	Minibüs (ta/sa)	Kamyonet (ta/sa)	Kamyon (ta/sa)
1	341	18	117	35	12
2	430	18	96	33	13
3	632	16	122	53	8
4	345	33	122	36	16

Emniyet Kavşağı dört kollu ışıklı bir kavşak olup dört faz olarak hizmet vermektedir. Kavşağın mevcut durumdaki devre süresi 120 saniye olup fazlara ait ışık süreleri Tablo 2’de verilmiştir. Kavşağın VISSIM programında oluşturulan devre diyagramı Şekil 3’de verilmiştir.

Tablo 2 Emniyet Kavşağı Işık Süreleri

Faz Numarası	Yeşil Süre(sn)	Yeşillerarası süre(sn)
1	20	3
2	25	3
3	40	3
4	23	3



Şekil 3 Emniyet Kavşağı Devre Diyagramı

Emniyet kavşağı mevcut durumu ve ilgili verilerine bağlı olarak VISSIM yazılımında modellenmiş ve analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda kavşağın performansının değerlendirilmesi için ortalama taşıt gecikmesi ve ortalama hız parametreleri seçilmiş ve bulunan değerler Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3 Emniyet Kavşağı (Işıklı) Analiz Sonuçları

Performans Parametreleri	
Ortalama taşıt gecikmesi (sn/ta)	44.31
Ortalama hız (km/sa)	18.63

Çalışmanın ana amaçlarından biri olan kavşağın kontrol türünün değiştirilmesi durumunda performans parametrelerinin değişiminin belirlenmesi amacıyla Emniyet kavşağının dönel kavşak olarak tasarımı yapılmış ve VISSIM programında modellenmiştir. Dönel kavşak olarak modellenen Emniyet kavşağının VISSIM yazılımına ait görüntüsü Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4 Emniyet Kavşağı (Dönel)

Dönel kavşağın yarıçapı  $R=25$  metre ve dönen akım iki şeritli olarak tasarlanmıştır. Kavşağın dönel kavşak olarak hizmet vermesi durumunda elde edilen performans parametrelerinin değerleri Tablo 4’de verilmiştir.

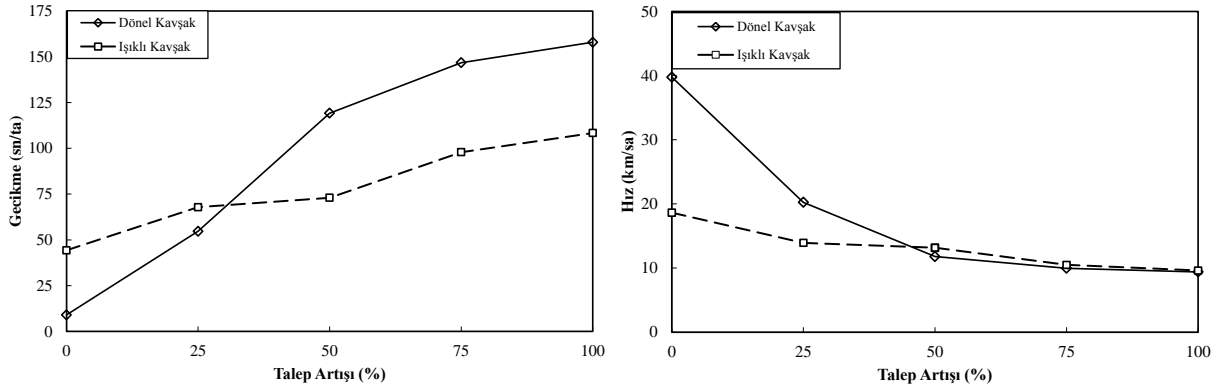
Tablo 4 Emniyet Kavşağı (Dönel) Analiz Sonuçları

Performans Parametreleri	
Ortalama taşıt gecikmesi (sn/ta)	9.02
Ortalama hız (km/sa)	39.76

Analiz sonuçları incelendiğinde ışıklı kavşağın dönel kavşak olarak hizmet vermesi durumunda ortalama taşıt gecikmesi ve ortalama hız değerlerinde gözle görülür bir iyileşme olduğu görülmektedir. Bu durum kavşak kontrol türünün kavşak performansı üzerindeki etkisini açıkça ortaya koymaktadır.

## Senaryolar

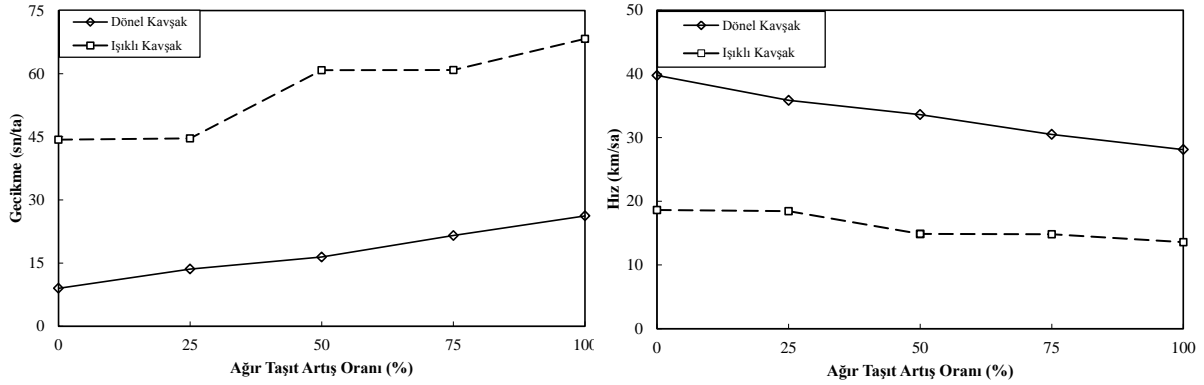
Çalışma kapsamında üç farklı senaryo oluşturularak dönel ve ışıklı kavşak performanslarının ne ölçüde etkilendiğinin belirlenmesi amacıyla analizler yapılmıştır. Senaryo 1’de kavşak kontrol türüne bağlı olarak talebin artırılması durumunda ortalama taşıt gecikmesi ve hız performans parametrelerinin değişimi incelenmiş ve Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 5 Senaryo 1

İki farklı kontrol türü göz önüne alınarak VISSIM yazılımında modellenen Emniyet kavşağında talebin mevcut duruma göre % 25-100 oranında artırılması durumunda ortalama taşıt gecikmesi ve hız parametrelerindeki değişimler Şekil 5’de görülmektedir. Beklenildiği gibi hem ışıklı hem de dönel kavşak durumları göz önüne alındığında ortalama taşıt gecikmesi parametresinde artış görülmektedir. Talebin yaklaşık % 30 artması durumuna kadar ışıklı kavşakta ortalama taşıt gecikme değeri daha yüksek iken bu noktadan sonra dönel kavşaktaki gecikme değerinin daha fazla arttığı görülmektedir. Ortalama hız parametresinin değişimi açısından Senaryo 1 değerlendirildiği zaman talep artışına bağlı olarak hız değerinin her iki kontrol türünde de düşüş eğiliminde olduğu görülmektedir. Özellikle talebin yaklaşık % 50 artırılması durumuna kadar dönel kavşak türündeki ortalama hız değeri ışıklı kavşağa oranla daha hızlı bir şekilde düşmektedir.

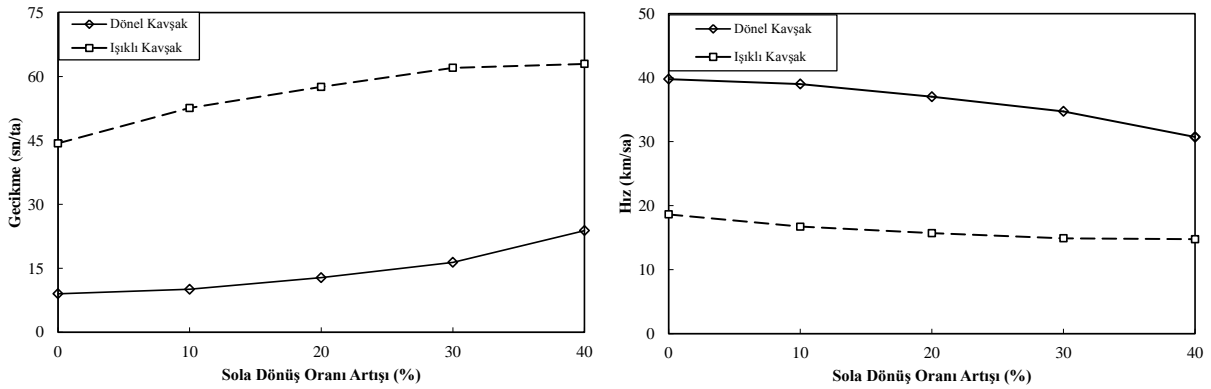
Ancak bu noktadan sonraki eğilimde dikkate değer bir farklılık görülmemektedir. Senaryo 2’de ise ağır taşıt oranındaki olası artışın farklı türdeki kavşak performansları üzerine etkisi incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 6 Senaryo 2

Şekilden görülebileceği gibi ağır taşıt oranı % 25-100 oranında artırılmıştır. Işıklı kavşakta mevcut durumda yaklaşık 44 sn olan ortalama taşıt gecikmesi ağır taşıt sayısının iki katına çıkarılması durumunda yaklaşık 68 sn olmuş ve % 54’lük artış görülmüştür. Buna karşılık dönel kavşakta ağır taşıt sayısının % 100 artırılması durumunda ortalama taşıt gecikmesi değerinin yaklaşık üç kat arttığı görülmüştür. Bu sonuç dönel kavşak performansının ağır taşıt sayısının artışından ışıklı kavşağa oranla çok daha fazla etkilendiğini göstermektedir. Ortalama hız değerindeki değişim incelendiği zaman ışıklı kavşakta mevcut durumda yaklaşık 19 km/sa olan hız değeri ağır taşıt oranındaki % 100 artış sonucunda yaklaşık 14 km/sa olarak elde edilmiş ve % 26’lık bir azalma olmuştur. Dönel kavşaktaki ortalama hız değerinde ise aynı senaryo için %30’luk bir azalma görülmüştür. Sonuç olarak ağır taşıt oranının artışının dönel kavşak performansını ışıklı kavşağa oranla daha fazla olumsuz etkilediği görülmektedir.

Senaryo 3 mevcut durumda sadece sola dönüş oranlarının değiştirilmesi durumunu temsil etmektedir. Bunun için kavşaktaki her bir yaklaşım kolundaki sola dönüş oranları % 10-40 oranında artırılmıştır. Senaryo 3’ün uygulanması sonucunda elde edilen analiz sonuçları Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7 Senaryo 3



Şekilden görüldüğü gibi sola dönüş oranlarının kademeli olarak artırılması durumunda dönel kavşakta meydana gelen ortalama taşıt gecikmesi değerinin ışıklı kavşağa oranla kayda değer bir biçimde arttığı gözlemlenmiştir. Her iki kavşak kontrol türünde de sola dönüş oranlarının artırılması ile birlikte ortalama hız değerlerinde azalma görülmüştür.

## Sonuçlar

Ülkemizde şehiriçi ulaşım ağlarında yaşanan gecikmelerin büyük bir bölümü eşdüzey kavşaklarda meydana gelmektedir. Gecikmelere bağlı olarak ortaya çıkan olumsuzlukların en aza indirilebilmesi için kavşak performanslarının artırılması veya trafik koşullarına bağlı olarak farklı kontrol türündeki kavşakların uygulanabilirliğinin araştırılması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında Denizli şehiriçi trafiğinde gecikmelerin yoğun olarak gözlemlendiği Emniyet kavşağı çalışma alanı olarak seçilmiştir. Mevcut durumda ışıklı kavşak olarak hizmet veren Emniyet kavşağına ait analizler VISSIM yazılımında yapılmış ve performans parametreleri değerlendirilmiştir. Sonrasında mevcut kavşağın kontrol türü dönel kavşak olarak değiştirilmiş ve analizler tekrarlanmıştır. Emniyet kavşağının her iki kontrol türü göz önüne alınarak elde edilmiş performans parametrelerine göre yapılan karşılaştırmada dönel kavşaktaki ortalama taşıt gecikmelerinin ışıklı kavşağa kıyasla önemli oranda azaldığı ve ortalama hızlarda yaklaşık iki kat artış olduğu belirlenmiştir. Dönel ve ışıklı kavşak performanslarının talep, ağır taşıt ve sola dönüş oranları parametrelerine bağlı olarak değişiminin analiz edilmesi için üç adet senaryo oluşturulmuştur. Talep, ağır taşıt ve sola dönüş oranlarının kademeli olarak artırılması durumunda dönel kavşak performansının ışıklı kavşağa oranla daha fazla olumsuz etkilendiği belirlenmiştir.

## Kaynaklar

Asamer, J., Zuylen, H. J., and Heilmann, B. (2011) Calibrating VISSIM to Adverse Weather Conditions. 2nd International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems, 22-24 June, Leuven, Belgium.

Çakıcı, Z. (2014) Sinyalize Dönel (Yuvarlakada) Kavşakların Tasarım Esaslarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Çakıcı, Z. , ve Murat, Y. Ş. (2016) Sinyalize Dönel Kavşaklar için Hesap Yöntemi Önerisi ve Performans Analizi. İMO Teknik Dergi, 7569-7592.

Gross, F., Lyonb, C., Persaud, B., and Srinivasan, R. (2013) Safety effectiveness of converting signalized intersections to roundabouts. Accident Analysis and Prevention, 50, 234–241.

Highway Capacity Manual (2000) Transportation Research Board (TRB) Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.

PTV AG. (2016). VISSIM 9- User Manual, Karlsruhe: PTV Planung Transport Verkehr AG.

Ren, L., Qu, X., Guan, H., Easa, S., and Oh, E. (2016) Evaluation of Roundabout Capacity Models: An Empirical Case Study. Journal of Transportation Engineering, 142(12).

Salamati, K., Roupail, N. M., Frey, H. C., Liu, B., and Schroeder, B. J. (2015) Simplified Method for Comparing Emissions in Roundabouts and at Signalized Intersections. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2517, 48–60.

Sun, X., Ma, W., and Huang, W. (2016) Comparative Study on The Capacity of a Signalised Roundabout. IET Intelligent Transport Systems, 10(3), pp.175-185.

Sun, D., Zhang, L., and Chen, F. (2013) Comparative Study on Simulation Performances of CORSIM and VISSIM for Urban Street Network. Simulation Modelling Practice and Theory, 37, 18-29.

Tanyel, S. (2001) Türkiye’ deki Dönel Kavşaklar için Kapasite Hesap Yöntemi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Tanyel, S. (2005). Yuvarlak Ada Kavşaklarda Anaakımdaki Ağır Araç Yüzdesinin Yanyol Kapasitesi Üzerindeki Etkisi. DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 7(1), 19-30.

Tanyel, S. ve Varlıorpak, Ç. (1998) Yeni Tip Dönel Kavşak Uygulama Örnekleri. 4. Ulaştırma Kongresi, 135-147, 3-5 Haziran, Denizli.

Tanyel, S. ve Yayla, N. (2010) Yuvarlakada Kavşakların Kapasiteleri Üzerine Bir Tartışma. İMO Teknik Dergi, 4935-4958.

Tanyel, S., Baran, T., and Özuysal, M. (2005) Determining the Capacity of Single-Lane Roundabouts in Izmir. Journal of Transportation Engineering, 131(12), 953-956.

Tianzi, C., Shaochen, J., and Hongxu, Y. (2013) Comparative Study of VISSIM and SIDRA on Signalized Intersection. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 96, 2004-2010.

TÜİK (2016) Türkiye İstatistik Kurumu, Ulaştırma İstatistikleri, [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr), Ankara.

UAP (2010) Denizli Kentiçi ve Yakın Çevre Ulaşım Ana Planı ve Süreç Yönetimi, 1. Aşama Final Raporu, Aralık, Denizli

Wall, R., Long, R., Guth, D., Ashmead, D., and Ponchillia, P. (2005) Roundabouts: Problems of and strategies for access, International Congress Series, 1282, 1085-1088.