

ŞEHİRİÇİ KONTROLSÜZ EŞDÜZEY KAVŞAK KAZALARINI ETKİLEYEN UNSURLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Meltem SAPLIOĞLU *, Mustafa KARAŞAHİN **

Özet

Yol güvenliği araştırmalarında teori, modeller ve bunların uygulanabilirliği, trafik kazalarına karşı etkili önlemlerin alınması için kullanılan ana kaynaklardır. Modellerin hatasız ve uygulanabilir olması için de modelde kullanılacak teorilerin doğru tespit edilmiş olması gereklidir.

Sinyalizasyonsuz kavşak kazalarını etkileyen unsurların ne olduğunun ve kazaları nasıl etkilediklerinin doğru bir şekilde tespit edilebilmesi, ileride yapılacak güvenlik araştırmalarının temelini oluşturmaktadır. Bu da kavşak iyileştirme çalışmalarına geçmeden önce derinlemesine bir kaynak incelemesi yapmakla mümkün olabilir. Şimdiye kadar yapılan hiçbir çalışmada sinyalizasyonsuz kavşak kazalarını etkileyen tüm faktörler beraberce incelenmemiştir. Bu nedenle kaza tahmin modelleri oluşturulurken veya kavşak güvenlik analizleri yapılırken, etkileyen parametrelerde hep bir kısıtlamaya gidilmiştir.

Bu çalışmada şehiriçi sinyalizasyonsuz kavşak kazalarının oluşmasına sebep olan insan unsuru ve araç unsuru hariç, yol ve çevre unsuru, özellikle kavşak geometrik özellikleri ile kazalar üzerindeki etkilerinin tümü ayrıntılı olarak incelenmiştir. Çalışma şehiriçi sinyalizasyonsuz kavşak güvenlik analizi ile ilgili eksikliğin giderilmesini amaçlamaktadır ve elde edilen sonuç değerlerinin kavşak güvenliği araştırmalarına ışık tutabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sinyalizasyonsuz şehiriçi kavşak geometrisi, kavşak kaza değişkenleri.

EVALUATION OF URBAN UNCONTROLLED INTERSECTION ACCIDENTS EFFECTING FACTORS

Abstract

Theory and models used for effective measures against traffic accidents, are main sources. Data must be in high quality and sufficient quantity in intersection safety reseaches and it is possible with making depth research. Until now, in no uncontrolled intersection study has been examined together with all effecting factors. Therefore, when creating accident prediction model sor performing intersection safety analysis, there is always a restriction for the effecting parameters.

In this study, accident affecting factors except the human factor, road and environmental factors, especially the geometric features of intersections have been examined for urban uncontrolled intersections. The study aims to remendy deficiencies related to urban uncontrolled intersection safety analysis and it is thought the results could shed light on the values of intersection safety reseaches.

Key Words: Geometric design of urban unsignalized intersection, intersection traffic accident parameters.

* Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
E-posta: meltem@mmf.sdu.edu.tr

** Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
E-posta: mkara@mmf.sdu.edu.tr

1. Giriş

Son yıllarda, ülkemizde ulusal bir problem haline gelen trafik kazaları, doğal afetlerden daha fazla sosyal ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bu problemi çözebilmek, kayıpları azaltabilmek için daha güvenli yol ve kavşak projeleri geliştirilmeye çalışılmaktadır. Trafik kazalarının yaralanma, sakat kalma ve ölüm açısından etkisi kamu sağlığını ilgilendiren sosyal ve global bir problemdir. OECD bilimsel uzman grubuna göre trafik kazalarında bir saat içinde yaralanma riski, çalışan bir işçininkinden 30 kat daha fazladır. Ayrıca trafik kazalarıyla ilgili olarak gelişmiş ülkelerdeki durum giderek iyileşirken, gelişmekte olan ülkelerde çeşitli olumsuzluklar nedeniyle durum daha da kötüleşmektedir.

Ülkemizdeki istatistiklere göre trafik kazalarının %40-%60'ı kent içi ve kırsal yol kavşaklarında meydana gelmektedir. Eşdüzey kavşaklar fiziksel olarak karayolu sisteminin sadece küçük bir bölümünü kapsıyor olsa da, yapılan uluslararası çalışmalarda kavşaklarda meydana gelen kaza sayılarının oldukça fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Kavşak kazaları şehir içi toplam kazaların %50'sini şehirlerarası kazaların ise % 30'unu oluşturmaktadır (Kuciemba ve Cirillo, 2002). Teknoloji araştırma işbirliği üyelerinin yapmış olduğu bir çalışmada da toplam kazaların % 50'sinin kavşaklarda meydana geldiği tespit edilmiştir (National Highway R&T Partnership).

Literatürde tespit edilen hiçbir çalışmada sinyalizasyonsuz kavşak kazalarını etkileyen tüm faktörler beraberce incelenmemiştir. Fakat kavşak kazalarını etkileyen fiziksel ve geometrik tüm faktörler ve nasıl etkiledikleri kaza güvenlik ve kavşak iyileştirme çalışmaları için gerekli unsurlardır. Çalışmada literatürden faydalanarak şehir içi sinyalizasyonsuz eşdüzey kavşak kazalarının oluşmasına sebep olan insan unsuru ve araç unsuru hariç, yol ve çevre unsurunun, özellikle kavşak geometrik özelliklerinin kazalar üzerindeki etkisi ve parametrelerin kendi içindeki etkileşimleri incelenmiştir. Ayrıca çalışma, trafik kazaları ve karayolu iyileştirme bölümlerinin kullanabileceği kavşak kazalarında etkili parametrelerin korelasyon matrisleri ile desteklenmiştir. Son olarak elde edilen parametrelerin sınır değerleri, bir başka deyişle geometrik açıdan, trafik hacmi açısından ve çevre koşulları açısından ideal bir şehirçi sinyalizasyonsuz eş düzey kavşakta olması gereken sınır değerleri tespit edilmiş ve bir tablo ile sunulmuştur.

2. Yöntem

Yöntem çalışmasındaki kaynak incelemeleri sırasında homojenlik sağlanması açısından, sinyalizasyonsuz eşdüzey kavşaklarla ilgili trafik hacmi ve çevre koşulları birbirine benzeyen tip kavşak çalışmaları incelenmeye çalışılmıştır. Çünkü bulgular kısmında elde edilen korelasyon matris değerleri için bu önemlidir. Kavşak kazalarını etkileyen parametreler şu alt başlıklar altında incelenmiştir.

2.1. Kavşak geometrisi ve kazalara etkisi

2.1.1. Kavşak kol sayısı

- 2.1.2. Kavşak kolları arasındaki yatay açı
- 2.1.3. Görüş uzunluğu ve görüşe engel cisim durumu
- 2.1.4. Kanallama (Ayırma adaları, sola dönüş şeridi, sağa dönüş şeridi)
- 2.1.5. Bir önceki kavşağa mesafe
- 2.1.6. Kavşak yaklaşımındaki şerit, banket ve platform genişlikleri
- 2.1.7. Boyuna eğim
- 2.1.8. Orta refüj genişliği
- 2.1.9. Yoldan kaynaklanan kusurlar ve yol yüzey durumu
- 2.2. Anayol ve tali yol trafik hacmi ile ağır taşıt yüzdesinin etkisi
 - 2.2.1. Hızın etkisi
 - 2.2.2. Aydınlatmanın etkisi
 - 2.2.3. Gün durumunun etkisi
 - 2.2.4. Hava durumunun etkisi

2.1.1. Kavşak Kol Sayısının Etkisi

Literatürdeki ortak görüş, üç kollu kavşakların dört kollu kavşaklardan daha emniyetli olduğu yönündedir. Bu bulgu mantıklıdır çünkü dört kollu kavşaklardaki çakışma sayısı üç kollu kavşaklardakinden daha fazladır. (Leong, 1973); (David, Norman, 1976); (Hanna vd., 1976) ile (Yayla, 2004) yaptıkları çalışmalarda bu konuda hemfikirlidir. Brude, (1991) kavşaklarda yapmış olduğu önce-sonra analizlerinde, dört kollu kavşaklardaki kaza oranlarının üç kollu kavşaklarınkinin 1,5-2 katı daha fazla olduğunu tespit etmiştir. Dacid ve Norman (1976) ise şehir içi dört kollu ve üç kollu kavşaklar için, kavşağa gelen trafik hacminin 20 000 araç/gün'den az olduğu durumlarda kol sayısının güvenliği etkilemediğini görmüştür. Fakat toplam kavşağa giren araç sayısı 20000 araç/gün den fazla olduğu durumlarda üç kollu kavşakların dört kollu kavşaklardan iki kat daha güvenli olduğunu tespit etmiştir. Bir başka deyişle, bu çalışma kavşak kol sayısının akıma bağlı güvenliği etkilediğini savunmaktadır.

Bir dört kollu kavşağın iki adet üç kollu kavşağa dönüştürülmesinin kazaları azaltabileceği bilinmektedir. Sweroad (2001) tarafından yapılan çalışmada bir dört kollu kavşağın iki adet üç kollu kavşağa dönüştürülmesi, bazı taşıtların iki kavşaktan geçmesini gerektirmesine karşın, kazaları azaltmaktadır ve dört kollu kavşağın iki adet üç kollu kavşağa dönüştürülmesinin ölümlü ve yaralanmalı kazaları % 40 oranında azaltacağı tespit edilmiştir. Bunun iki nedeni vardır:

- Bir üç kollu kavşaktaki kaza oranı, buna karşılık gelen dört kollu kavşaktaki kaza oranının yarısıdır. Bu durum, kavşağın daha iyi görülebilmesinden kaynaklanmaktadır.
- Taşıtların çakışma ve karışıklık nokta sayısı dört kollu kavşakta 32 iken üç kollu kavşakta 9 dur.

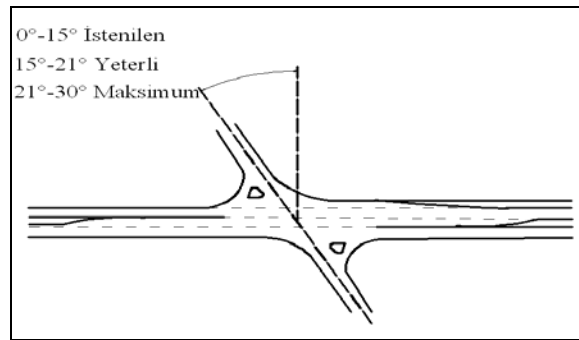
Bununla birlikte topografik koşullar ve şehir içindeki yerleşim yerlerinde kavşakların tekrar düzenlenmesindeki sıkıntılar nedeniyle, her dört kollu kavşağı üç kollu iki kavşak haline getirmek de imkânsızdır. Sonuç olarak, ideal bir kavşakta kol sayısı dörtten fazla olmaması gerektiği bilinmektedir (TSE, 1995). Fakat yapılan çalışmalarda, kavşak kol sayısının tek başına kazalara etkisi için kesin bir değer bulunamayacağı; bunun yerine kol sayısı, kavşağa

gelen toplam trafik hacmi, denetim durumu ve kavşağa yaklaşma hızının kendi içinde bir korelasyona sahip olduğu ve beraberce düşünülmesi gerekliliği tespit edilmiştir.

2.1.2. Kavşak Kolları Arasındaki Yatay Açının Etkisi

Kavşaklardaki trafiğin emniyet ve güven içinde olmasının en önemli karakteristiği “görmek ve görülmek” tir. Kavşaktaki görüş şartları da kavşağa giren aracın hızına ve kavşak kollarının kesişim açısına bağlıdır. Kollar arasındaki açı dar olduğunda kaza potansiyeli ciddi bir şekilde artmaktadır. Kavşak kolları görüşü sağlamak amacıyla dik açı ve dike yakın bir açıyla (70^0 - 110^0) kesleştirilmelidir (Austroads, 2005).

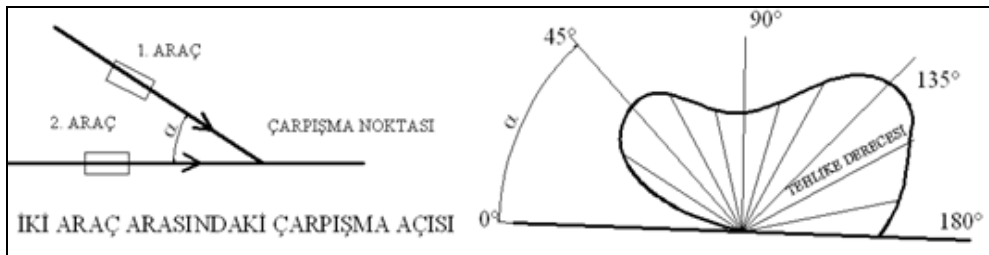
Oregon Ulaştırma Bölümü standart kavşak çizimleri incelendiğinde, kavşak kolları arasındaki açının sınır değerlerine ulaşabilmektedir (Şekil 2.1). Bu değerler, kollar arasındaki açıyı 90^0 'ye tamamlayan değerler olarak verilmiştir (Oregon Department of Transportation, 2002).



Şekil 2.1. Şehir içi eşdüzey kavşak kolları arasındaki açının olması gereken sınır değerleri (Oregon Department of Transportation, 2002).

Yapılan bir sinyalizasyonsuz kavşak çalışmasında, kollar arası dar açılı olan kavşak, geniş açılı kavşağa oranla iki ile üç kat daha fazla kaza potansiyeline sahip olabileceği tespit edilmiştir (Zhong vd., 2007). Yapılan diğer çalışmalarda, üç kollu Y tipi kavşakların üç kollu T tipi kavşaklardan % 50 daha fazla kaza potansiyeline sahip olduğu ortaya çıkmıştır (Leong, 1973); (Hanna vd., 1976); (David ve Norman, 1976).

Kollar arasındaki açının güvenliğe etkisi, çarpışma açıları detaylı olarak incelendiğinde rahatlıkla görülebilir (Yetgin, 1985). Şekil 2.2'de çarpışma açısından faydalanarak kollar arasındaki açının güvenliğe etkisi gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Çarpışma açısının güvenliğe etkisi (Yetgin, 1985).

Dört kollu kavşaklarda, istenirse de, kollardaki eksen çizgileri çakışmadığı durumlarla şehir içinde oldukça yoğun karşılaşılmaktadır. Eğer yeni oluşan iki kavşak arasındaki mesafe istenilenden kısa ise güvenlik sorunları oluşabilir. Bu tip kavşaklar literatürde Kollar Arası Sapma olan kavşaklar (Offset Intersections) olarak isimlendirilmektedir. Merkez eksenini çakışmayan bu kavşaklar geleneksel dört kollu kavşaklara göre % 43 oranında daha fazla kaza potansiyeline sahiptirler (Yetgin, 1985).

Ülkemizde şehir içinde plansız yerleşim nedeniyle kollar arası sapma olan kavşaklarla oldukça fazla karşılaşılabilmektedir. Buna rağmen ülkemizde bu konuda herhangi bir standart yoktur. Bu tip kavşaklar, ancak eksenleri kesişmeyen kollardaki akım çok düşük olduğu zaman inşa edilebilir ve yoğun trafik hacmi olan yollarda tehlike oluşturabilir (BLR-SM, 2005). Kavşak kollarındaki hız azaldıkça eksenindeki kayma miktarı artsa da kaza ihtimali düşecektir. Bu nedenle eksenini kaydırılmış kavşaklarda hız çok önemlidir.

2.1.3. Görüş Uzunluğu ve Görüşe Engel Cisim Durumu

Görüş mesafelerinin düzenlenmesi, sinyalizasyonsuz kavşaklarda güvenlik açısından oldukça önemli ve biraz da karışık bir unsurdur. Literatürde görüş mesafelerini tam doğru olarak hesaplayıp ispatlamış bir araştırma da mevcut değildir (Neuman, 1985). Fakat bazı çalışmalarda anayol ve tali yol kesişimi olan kavşaklardaki görüş mesafeleri ile eşit hacimli kolların kesişmesinden oluşan kavşaklardaki görüş mesafesi hesapları farklı tutularak bu karışıklığın çözülmeye çalışılmasının doğru olacağı belirtilmiştir (Harwood vd., 2000).

David ve Norman (1976)'a göre günlük ortalama trafiği (ADT) 15 000'den fazla olan kavşaklarda ve kavşağa 6 m mesafede görüşe engel cisim olan kavşaklarda, aynı tip fakat görüşe engel cisim bulunmayan kavşaklardan %83 oranında daha fazla kaza olduğunu ortaya koymuştur (SUDAS, 2006).

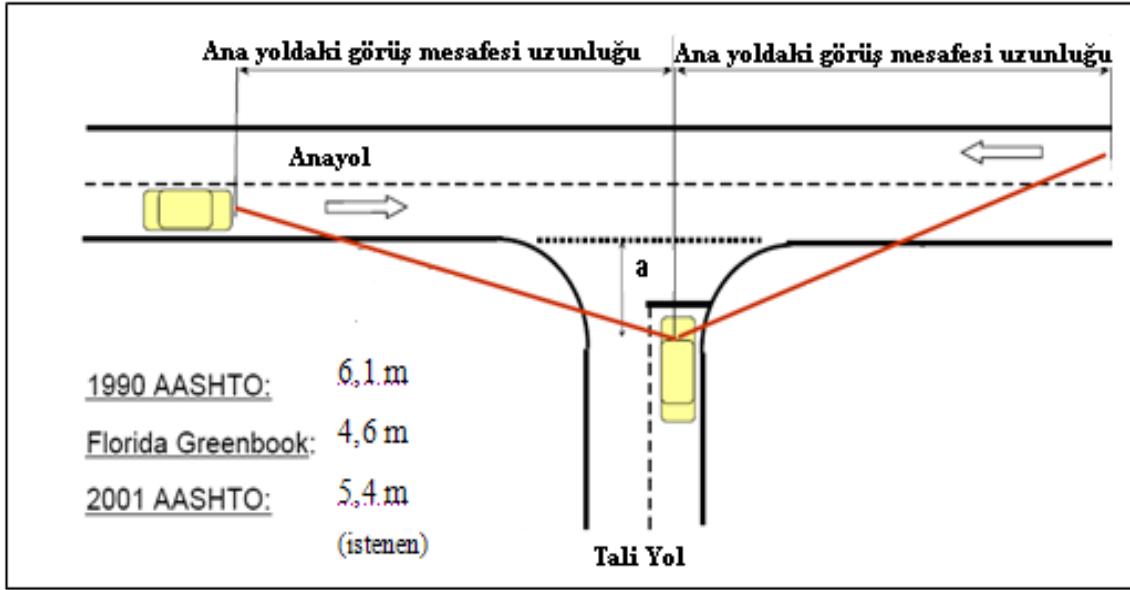
Hanna vd.(1976)'e göre görüşün kısıtlı olduğu kavşaklarda kaza oranının kavşağa giren her milyon araç başına 1.33 olduğunu hesaplamışlardır. Bu kavşaklarda sadece görüş kısıtlılığı nedeniyle kaza olduğunu yani bir milyon araçta 1.33 kaza olduğunu belirtmiştir. Mitchell (1972)'e göre görüşe engel üçgen içerisinde kalan engeller kaldırıldığında kavşak kazaları % 67 azalmaktadır.

Ülkemizde şehir içi kavşakların büyük bir kısmında görüş açık ve görüş mesafesi uygun olacak şekilde tasarlanmış ve uygulanmaya çalışılmaktadır. Buna karşılık görüş üçgeni içinde yer alan yol kenarı park halindeki araçlar görüşü önemli ölçüde kısıtlamaktadır. Bu nedenle, sabit görüşü engelleyen cisimlerin yanında yol kenarı park eden araçların güvenliğe etkisi de incelenmesi gereken önemli bir konudur. Kavşak görüş üçgeni içerisinde, kaldırımlarda görüşü engelleyen kulübe, levha, bina, büfe, reklam panoları gibi engeller olmamasının yanında kavşak içinde yol kenarı araç parkı da yapılmamalıdır. Farklı yollardan gelen araç sürücüleri birbirlerini yeterli mesafelerden kolaylıkla görebilmelidir.

Literatürde yol kenarı parkın kavşak güvenliğini ve görüş mesafesini nasıl etkilediği ile ilgili bir çalışma yoktur. Fakat birçok çalışmada yol kenarı parkın görüşü kısıtladığını ve bunun da güvenliği olumsuz yönde etkilediğini önemle belirtilmiştir (Neuman, 1985).

AASHTO (2001)'nin hazırlanmış olduğu standartta şehir içi eşdüzey kavşaklarda, tali yoldan kavşağa yaklaşan aracın olması gereken hızına bağlı olarak kavşağın anayol kolundaki görüş mesafeleri tespit edilmiştir. Şekil 2.3'de tali yoldan kavşağa yaklaşan araç için, görüş

üçgeninde olması gereken a mesafesi verilmiştir. ' a ' değeri AASHTO 2001'e göre en az 5,4m olmalıdır.



Şekil 2.3. Tali yoldan anayola yaklaşan araçlar için görüş uzunlukları (AASHTO, 2001)

Ülkemizde kullanılan standartlarda görüş üçgeni içindeki ideal a mesafesi, 20 m olarak düşünülmüştür (TS 11784). Fakat 20 m'lik emniyet mesafesinin sağlanması özellikle şehir içi kavşaklar için çok zor hatta imkânsız bir durumdur. Ülkemizde mevcut imar yönetmeliğinin kapsadığı iskan bölgesinde şehir içi yollarda olması gereken imar alanı çekme mesafesi minimum 3 metre ile 5 metre arasında değişmektedir. Bu mesafe, 3 metreden az olan kavşaklarda görüş üçgeni içinde bina, bahçe duvarı vb. engeller olacağı için görüş engellenecek, güvenlik büyük ölçüde düşecektir (Neufert, 1983).

Kavşaklardaki görüş üçgeni ve görüş uzunluklarını standart bir ölçekte belirtmek doğru olmayacaktır. Her trafik yoğunluğu, her hız, her kavşak kolu açısı ve eğimi kısaca her kavşak ayrı görüş uzunluklarını ve görüş üçgenini gerektirebilir. Kavşaktaki görüş uzunlukları kavşak kollarının kesişim açlarına, yoldaki boyuna eğime ve kavşağa yaklaşan araç hızlarına bağlı olarak değişir. Plan proje aşamasında bu üç değer birlikte düşünülmelidir. Yapımı bitmiş, kullanılmakta ve geometrik olarak düzeltilmesi imkânsız olan kavşaklarda araç hızı görüş açısından çok büyük önem taşımaktadır. Ayrıca görüşün güvenlik üzerindeki etkisi hem dört kollu hem de üç kollu kavşaklar için aynı öneme sahiptir.

2.1.4. Kanallama

Kavşakta öncelikli olarak yerine getirilmesi istenen koşul emniyet olmalıdır. Emniyeti sağlayabilmek için kavşaklar üzerinde basit veya karmaşık yönlendirme adaları (damla, üçgen, vb.), ilave sağ ve sol dönüş şeritleri, refüj ve göbek gibi yol elemanları ile kanallamalar oluşturulmalıdır. Trafik şeritleri, adaları, işaretlemeleri, çizgileri gibi parametreler kanallamaya yardımcı olarak kullanılmaktadır. Kanallama adaları, araçların şeritteki hareketlerini denetlediği gibi, yayalar için de adeta bir refüj oluştururlar. Adalar aynı zamanda trafik kontrol işaret ve işaretçileri için uygun yer oluştururlar. Washington, (1991) yükseltilmiş adaların yükseltilmemiş düz adalara göre % 40 daha az kaza oranına sahip olduğunu belirtmiş, bu adaların yaya kaza oranını % 11.5 azalttığını göstermiştir.

Kanallama ile kazaların azalması, kanallamanın dört önemli işlevi sayesinde gerçekleşir (Neuman, 1985). Bunlar: Çakışma nokta sayısını kısıtlaması, çakışma alanının karışıklığını azaltması, çakışma sıklığını kısıtlaması, çakışma çeşitliliğini azaltmasıdır. Kavşak güvenlik çalışmalarında kanallamalar ayırma adaları, sağ-sol dönüş şeritleri, damla adalar olarak üçe ayrılır. Literatürde, ayırma ve bölme adalarının güvenliğe etkisi ile ilgili yapılan çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin, Leong (1973) çalışmasında anayoldaki dar ayırma adalarının, üç kollu kavşak kazalarını azalttığını; dört kollu kavşak kazalarına da etkide bulunmadığını göstermiştir. Evlik ve Rydningen, (2002) ise, tali yoldaki bölme adalarının özellikle dört kollu kavşaklarda kavşağın görülebilirliğinin artırılması gerektiğinde başarılı olduğunu; üç kollu kavşaklarda ise kazaları azaltan bir önlem olarak düşünülmediğini belirtmiştir.

Çalışmalardan elde edilen farklı sonuçlar çelişmektedir fakat, ayırma adalarının oluşturulması, yaklaşan taşıtlar için kavşağın görülebilirliğini artırması nedeniyle normalde olumlu bir önlemdir. Sakıncası ise, yolun ortasına bir engelin yerleştirilmesidir. Bu durum, sürücülerin engeli görmemesi ve buna çarparak direksiyon hakimiyetini kaybetmesi sonucu meydana gelen kazalara yol açabilir.

TS 11784 standartlarına göre, ülkemizde şehir içi yollarda ($V < 70$ km/st) trafik hacmi fazla ise mutlaka sola dönüş şeridi yapılması gerekli görülmüştür. Düşük hacimli yollarda ise sola dönüş şeridi yapılmaz (Highway Capacity Manual , 2000). Sola dönüş şeridi, ana yoldan tali yola dönecek araçların emniyet ve güven içerisinde beklemelerini sağlar. Aynı zamanda arkadan gelen trafik akımının engellenmemesine ve kesintisiz bir akım oluşturmasına katkıda bulunur. Sola dönüş şeritleri ve tasarımı ile ilgili bilgi literatürde fazlasıyla mevcuttur.

Sola dönüş şeridi, birçok kaza araştırmasının konusu olmuştur. (Foody, T. J., Richardson, W.C., 1973) yapmış oldukları çalışmada, şehir içi sinyalizasyonlu kavşaklarda sola dönüş şeridi oluşturulduğunda kaza oranlarının % 38; sinyalizasyonsuz kavşaklarda ise % 76 azaldığını ortaya çıkarmışlardır. Gluck vd. (1999)'nin raporunda New Jersey Ulaştırma Bölümünün (1993) yaptığı iyileştirmelerde, sola dönüş şeridinin eklenmesiyle kaza oranlarında % 18 ile %77 arasında bir düşüş olduğu belirtilmiştir. Kavşak emniyetini arttıran diğer ek iyileştirme sistemleri ile karşılaştırıldığında, sola dönüş şeridinin yeri oldukça önemlidir. McFarland (1979), orta ada yükseltilmesi, veya diğer kanallamalara göre sinyalizasyonsuz kavşaklarda sola dönüş şeridi uygulamasının şehir içi kavşak kazalarının %70 oranında azalttığını ortaya koymuştur.

Sola dönüş şeridinin bir dezavantajı olarak bilinen bir konu, sola dönüş şeridindeki araçların görüş alanının, sola dönüş şeridinin eğikliği nedeniyle kısıtlanmasıdır. Bu güvenlik problemini belirten bir çalışmada, David ve Norman (1976), ortalama günlük trafik (ADT) hacminin 10000 ve 20000 araç/gün olduğu dört kollu kavşaklarda sola dönüş şeridinin mevcudiyetindeki kavşaklardaki kazaların sola dönüş şeridi olmayanlarıkinden daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Harwood vd., (1995) bu sorunu ortadan kaldırmanın yolunu bulmuşlardır. Sola dönüş şeridi inceltirilerek yerleştirildiğinde, ardı ardına gelen araçların birbirinin görüşünü kısıtlamadığı ve bu tehlikenin ortadan kalktığı tespit edilmiştir.

Kulmala (1997)'ya göre anayoldaki sola dönüş şeritleri anayoldaki arkadan çarpma kazalarını azaltmaktadır. Vogt (1999) de çalışmasında dört kollu kavşaklarda sola dönüş şeridinin mevcudiyetinin toplam kazaları % 38.4 oranında azalttığını tespit etmiştir.

Sağa dönüş şeridi kavşakta sağa dönen trafik hacminin veya sağa dönüşün olduğu yerdeki ilerleyen trafik hacminin 300 araç/saat olduğu yerlerde yapılmalıdır (Highway Capacity Manual, 2000)). Sola dönüş şeridiyle karşılaştırıldığında, literatürde çok daha az çalışma yapıldığı görülmüştür. Bauer vd. (1999) yaptıkları çalışmalarda sağa dönüş şeridinin kazaları azalttığını söylerken, Vogt ve Bared (1998), üç kollu sinyalizasyonsuz kavşaklar için kurdukları modelde kavşak kazalarının sağa dönüş şeridine bağlı olarak % 27 artış gösterdiğini tespit etmişlerdir. Bu iki çalışmanın çelişme sebebi incelendiğinde, ayrı bir sağa dönüş şeridinin normalde yol güvenliğini arttırmadığı görülmüştür. Ayrı bir şerit, kavşak daha genişletir ve bu nedenle tamamının görülmesi güçleşir. Buna bağlı olarak kazaların sayısı artabilir. Sağa dönmeyi amaçlayan taşıtı geçmekte olan taşıtlar, sağa dönmekte olan diğer taşıtların gölgesinde kalabilirler. Bu beklemekte olan taşıtların gizlenmiş taşıtı görmeden kavşağa girmeleri durumunda tehlikeli durumlar oluşturabilir (Evlik ve Rydningen, 2002).

2.1.5. Bir Önceki veya Sonraki Kavşağa Olan Mesafe

TS11784’de asimetrik birleşik üçlü kavşak ve simetrik birleşik üçlü kavşak olarak ardı ardına gelen iki tip üçlü kavşak tanımlanmıştır. Asimetrik birleşik üçlü kavşaklar, kavşak kollarından bir tanesi ortak olup diğerleri asimetrik olarak tertiplenmiş üçlü kavşaklardır. Simetrik birleşik üçlü kavşak ise, kavşak kollarından biri ortak, diğerleri simetrik olarak tertip edilmiştir. Her iki tipte de, güvenli geçiş sağlanması için kavşaklar arasındaki mesafe en az 50 metre olmalıdır.

Farklı bir çalışmada kavşak kazalarını azaltmak için, kavşağın her iki tarafında 85 metreden daha yakın olan kavşakların kapatılması önerilmektedir (Neuman, 1985). Ayrıca garaj çıkışlarında veya benzin istasyonu çıkışlarında kaza sıklığının fazla olma nedenlerinden birisi de bu çıkış yerlerinin yakınında kavşakların olmasıdır. Araç çakışmaları nedeniyle bu kesimlerde sürücülerin kafası karışır ve çeşitli tehlike noktaları oluşur. İyi bir geçişin sağlanabilmesi için kavşağa 75 m yakınlıktaki garaj çıkışlarının kapatılması yerinin değiştirilmesi veya sınırlandırılması gerekmektedir (AASHTO, 2001).

2.1.6. Kavşak Yaklaşımındaki Şerit, Banket ve Platform Genişlikleri

Ülkemizde en önemli kaza nedenleri arasında doğrutu değiştirme manevralarını yanlış yapmak sebebiyle üçüncü sırayı (%13-14 kusur oranı); şerit izleme kurallarına uymamak sebebiyle de beşinci sırayı (%7-8 kusur oranı) şerit unsurundan meydana gelen kazalar almaktadır (Çavdar, 2008). Bir başka deyişle şerit çizgileri ve şerit unsuru kazayı etkileyen önemli parametreler arasındadır. Fakat çalışmalarda tek başına şerit unsuru incelendiğinde farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bu da şerit genişliği ve şerit çizgisi etkisinin diğer unsurlarla birlikte incelendiğinde anlam kazandığını göstermektedir.

Şerit sayısı, kavşak yaklaşımında ilk olarak trafik talebine ve istenen servis seviyesine bağlı olarak tasarlanır. Kişinin ilk aklına gelen şerit sayısı ile kaza sayısının doğru orantılı olacağıdır. Çünkü şerit sayısı artışına bağlı çakışma sayısı, buna bağlı olarak da kaza sayısı artacaktır. Fakat Vogt (1999) şehir içi ve şehirler arası sinyalizasyonsuz kavşak çalışmalarında ek şeritli kavşaklarda kaza meyilinin iki ve daha fazla şeritli kavşaklardakinden fazla olduğunu tespit etmiştir. Summersgill, ve Kennedy (1996)’nin ulaştırma trafik araştırma laboratuvar çalışmalarında yapmış oldukları incelemelerde, eşdüzey kavşaklarda trafik şerit sayısının artışı ile arkadan çarpma ve şerit değiştirme kazalarının arttığı tespit edilmiştir.

Bauer, ve Harwood, (1999), Neuman (1985) ve Lacy (1972) çalışmalarında şerit genişliklerinin artışı ile kaza oranlarının düştüğünü göstermişlerdir. Bauer ve Harwood (1996), kavşak yaklaşımındaki şerit genişliği azaldıkça kazaların artmaya meyillendiğini; Neuman, (1985) banket genişliklerinin artırılmasıyla kazaların azaldığını tespit etmiştir. Banket genişliğinin artışı manevra için araçlara ek yer sağlaması açısından ve görüş mesafesi kısıtlı kavşaklarda fazladan görüş mesafesi sağlayabilmesi açısından emniyeti arttırmaktadır. Aynı zamanda Lacy (1972) kavşak yaklaşımının genişletilmesinin yanında diğer güvenlik tedbirlerinin alınmasıyla kaza sıklığının % 35, kaza çeşitliliğinin ise % 80 oranında azaldığını bulmuştur.

Şerit genişliği ve banket genişliğinin kazalar üzerindeki etkisi incelendiğinde, şerit genişliğinin kaza oranları üzerinde banket genişliğinden daha etkili olduğu sonucu ortaya çıkmıştır (Zegeer ve Deacon, 1987). Ayrıca eşdüzey kavşak tasarımında şerit genişlikleri genellikle banketleri de içerisine alacak şekilde düşünülmektedir. TSE'nin hazırlamış olduğu kavşak geometrik standartlarında şerit genişliği 3,75-3,5 m olarak alınmıştır. Bu genişliklere ek olarak sağ ve sola dönüş şeritleri de 3,5/2 veya 3,5 veya da 3,75 m olarak alınabilmektedir.

Sonuç olarak, çalışmalardaki şerit genişliği ve platform genişliği ile ilgili çelişkiler nedeniyle sadece şerit genişliği düşünülerek kaza sayısı ve ihtimali ile ilgili kesin bir sonuca varmak yanlış olacaktır. Ayrıca kavşak yaklaşımlarında dönüşlerin rahat gerçekleşebilmesi için platformlarda genişletmeler mevcuttur. Sadece şerit genişliği göz önünde bulundurulduğunda kavşaklardaki bu genişletme miktarı gözardı edilmiş olur. Tüm bu değerleri de göz önünde bulundurarak şehir içi kavşak yaklaşımında platform genişliği göz önünde bulundurulması ve bunun da özellikle hız ve trafik hacmi ile birlikte düşünülerek yorum yapılması daha uygun olacaktır.

2.1.7. Boyuna Eğim

Kavşaklar için en iyi durum tabii ki boyuna eğimin olmadığı veya boyuna eğimin % 2'yi geçmediği durumlardır. Fakat şehir içi kot farklarının fazla olduğu bölgelerde boyuna eğimli kavşaklarla karşılaşmak kaçınılmazdır.

Kavşaklarda oluşturulan dik tepe kurba daha da uzun süreli geçişleri gerektirmektedir. Örneğin, Pickering vd. (1986)'ne göre iniş eğimli kavşaklar yüksek kaza potansiyeline sahiptir. Fambro ve diğerleri (1989) de görüşün kısıtlı olduğu düşey kurba olan kavşaklarda kaza oranlarının yüksek olduğunu tespit etmiştir. Tüm bunlara karşılık, Hanna vd. (1976), güvenli bir işletme gerçekleştirilebilirse bu tip kavşakların emniyetli olabileceğini savunmuştur.

Duruş görüş uzunluğunun uzamasına sebep olduğu için kavşaklar da da iniş eğiminin çıkış eğiminden tehlikeli olduğunu söylemek mümkündür. Literatürde boyuna eğim, anayol ve tali yol kollarına bağlı olarak ayrı ayrı incelenmektedir. Tali yollardaki boyuna eğim, güvenliği aynı anayoldaki gibi etkilemektedir fakat, anayollar ile karşılaştırıldığında tali yolun daha düşük hizmet düzeyinde olması ve daha düşük hıza izin vermesi nedeniyle kavşak merkezine yaklaştıkça tali yolun boyuna eğiminin yatıklaşması daha önemli bir hal alır. Anayoldaki eğim ise devam ettirilebilir. Bu kural özellikle Dur ve Yolcu işaret levhalı kesimlerde uygulanmalıdır.

2.1.8. Orta Refüj Genişliğı

Refüjler, çok şeritli, gidiş ve gelişi ayrılmış, yüksek hızlı yollarda kullanılan yardımcı elemanlardır. Bir yolun tümü boyunca kullanıldıkları gibi, kavşak girişlerinde kanalize edici olarak da uygulanabilirler. Refüj genişlikleriyle ilgili şu özetleme yapılabilir: Kent içinde düşük hızda minimum 0,60 m, daha güvenli bir ayırım için minimum 1,00-1,50 m, sol dönüş cepli minimum 4,00 m (Bostancı, 2005).

Literatürde orta refüjün güvenlik üzerindeki etkisi bölünmüş kara yollarında ve kavşaklarda ayrı ayrı incelenmiştir. Harwood ve diğerleri (1995) orta refüjle ilgili yapmış oldukları çalışma sonucunda şehirler arası dört kollu sinyalizasyonlu ve sinyalizasyonsuz kavşaklarda orta refüj genişliğı arttıkça kaza sıklığının azaldığını, buna karşılık şehir içi yollarda orta refüj genişletilmesi kaza oranlarını ve kötü araç kullanımını arttırdığını tespit etmişlerdir. Şehir içi kavşaklarda orta refüj genişliğinin standartlardan fazla olması, dönüş yapacak araçların görüş mesafesini uzatıp görüş kısıtlılığına sebep olabilecektir. Bu nedenle kavşak içinde orta refüj genişlikleri önemlidir. Van Maren (1980) ise Hindistan'da yapmış olduğu çalışmada orta refüj genişliğı ile kazalar arasında önemli bir istatistiksel ilişki olmadığını savunmuştur.

2.1.9. Yoldan Kaynaklanan Kusurlar ve Yol Yüzey Durumu

Uluslararası çalışmalarda yol yüzeyinin kazalara etkisi oldukça hassas incelenmiştir. Örneğın tekerlek izi ve pürüzlülüğün trafik kazalarına etkisinin incelendiğı bir çalışmada güvenlik açısından ayrıntılı sonuçlar elde edilmiştir. Chirtensen ve Ragnoy'un (2006) İsveç Yol ve Ulaşım Enstitüsü için yapmış oldukları çalışmada tekerlek izi derinliğı ile kaza riski arasında lineer olmayan bir ilişki tespit edilmiştir. Tekerlek izi derinliğı artışı ile kaza riskinin artış gösterdiği fakat bu yükselişin her türlü kaza için olmadığı tespit edilmiştir. Literatürde karşılaşılan, üstyapı bozulmaları arasında kusma, cilalanmış ağrega ve tekerlek izi oturması özellikle kavşak güvenliğini doğrudan etkileyen durumlardır. Çünkü bu nedenlerle kaplamanın kayma direnci azalırsa sürüş güvenliğı ve duruş görüş uzunluğı olumsuz etkilenmektedir (Terzi, 2004).

Kayma direnci üst yapı ile ilgili kavşak kazalarının oluşmasında en önemli unsurdur. Kayma direnci değeri düştükçe kaza riski artmaktadır (Dierstein ve LaCroix, 1984). Kayma direncinin kazalar açısından tehlike arz etmesinin önemli bir nedeni kötü hava şartlarından yağışlı havalardır. Yoldaki kayma direnci yağışlı havalarda kritik seviyeye ulaşmaktadır. Kayma direnci düştükçe kavşak kazaları artmaktadır. Yağışlı havalarda ki kazalar, şehir içi toplam kazaların ortalama %20'sini oluşturmaktadır (Patte, 2005). Tekerlek izi oluşumu yüklemekten dolayı oluşan yorulma kırıkları olarak adlandırılır. Tekerlek izinin şeklini aldığı ve tekerlek izleri altında meydana geldiğı için tekerlek izi çatlak olarak isimlendirilir (SHRP, 1993). Özellikle ağır taşıt trafiğinin yoğun olduğu esnek kaplamalarda tekerlek izi olukları oluşmakta ve yağışlardan sonra bu oluklara biriken sular hidropan etkisi yapmaktadır. Kavşağına yüksek hızla giren araçların manevra kabiliyetini olumsuz etkileyen bu durum duruş görüş uzunluğunun da artmasına sebep olmaktadır (Tunç, 2004). Cilalanmış ağrega, kaplama yüzeyindeki ağrega danelerinin cilalı ve pürüzsüz hale gelmesidir. Bu tip bozulma hem doğal olarak pürüzsüz yüzeyli kırılmamış ağrega kullanılmasından, hem de kırma taşın trafik etkisiyle aşınmasından meydana gelir. Cilalanmada makro pürüzlülük azaldıkça tekerin altındaki sular dren olmayıp sürtünme kuvveti azalmakta hidropan etkisi artmaktadır.

Ülkemizde şehir içi kavşaklarda meydana gelen kazalarda yol yüzeyindeki kusurların etkisi tespit edilmemekte ve kaza tutanaklarında yer verilmemektedir. Buna bağılı olarak da

istatistiklere geçmemektedir. Ülkemizde tutulan istatistiksel verilere göre; kazaların %1 kadarının yol kusurları nedeniyle meydana geldiği belirtilmektedir. Oysaki diğer ülkelerde kaza nedenleri arasında yol ve çevre koşullarının %20-30 dolaylarında, Amerika'da ise yol kusurlarının %36 olduğu görülmektedir (Kalkan, 1999). Bu karşılaştırma ülkemizde yol ve çevre koşullarının gelişmiş ülkelere göre çok daha iyi olduğunu göstermeyip, istatistiklerdeki eksiklikleri açığa çıkartmaktadır. Kaza tutanaklarında sadece hava durumuna bağlı yolun ıslak, kuru, karlı, çamurlu veya buzlu oluşuna yer verilmiştir. Tutanaklarda kayma direnci ile ilgili daha ayrıntılı bir bölüm mevcut değildir.

Sonuç olarak kavşak kazalarını etkileyen yol yüzey özellikleri arasında iklimle bağlantılı olan yağışlı havalardaki kayma direnci değişimi göz önünde bulundurularak güvenlik çalışmalarında katkı sağlayabileceği düşünülebilir. Diğer etkili yol yüzey problemlerinin trafik kaza tespit tutanaklarında yer almayışı nedeniyle güvenlik incelemelerine eklemek mümkün olamamaktadır.

2.2. Sinyalizasyonsuz Eşdüzey Kavşak Kazalarını Etkileyen Diğer Unsurlar

Literatürden faydalanılarak, şehir içi sinyalizasyonsuz eşdüzey kavşakları etkileyen geometrik unsurlar hariç diğer yol ve çevre unsurlarının etkileri, yedi başlık altında toplanmıştır.

2.2.1. Anayol ve Tali Yol Trafik Hacmi

Eşdüzey kavşak tasarımını ve kavşak kazalarını etkileyen en önemli parametre kavşağa giren trafik akımının oluşturduğu trafik hacmidir. Bir kavşakta güvenlik sorunlarının bulunması durumunda kaza oranı, sadece bu kavşak için hesaplanabilir. Hesaplanan değer, sorunun boyutu ve iyileştirmelerle engellenebilecek muhtemel kaza konusunda bir fikir verir. Bir kavşağa ilişkin kaza oranı, bir karayolu kesimine ilişkin orandan farklıdır. Bir kesim için taşıt kilometreleri hesaplanır. Bir kavşak için ise bu, kavşağa giren taşıtların sayısına tekabül eder. Hesaplanan ölçüt, milyon araç başına kaza sayısı olacaktır (Sweroad, 2001).

Kavşak kaza analizi çalışmalarında tahmin edilmek istenen zaman dilimine göre bir hacim değişkeni hesaplamakta fayda görülür. Bir başka deyişle, kazaların değerlerinin günün saatlerine göre tahmin edebilecek bir model geliştirirken, trafik hacmini de günün saatlerine göre değişimini değişken almakta fayda vardır. Yıl içindeki kaza değerlerinin değişimi inceleneceğinde ise, yıllık hacim değişiminden faydalanmak daha uygun olur (Gedizlioğlu, 1980).

Sinyalizasyonsuz kavşak geometrilerinin güvenliği ile ilgili yapılmış birçok çalışmada trafik akımı en önemli bağımsız değişken olarak gösterilmiştir. Bu çalışmalara örnek olarak, Huang ve May (1991), Del Mistro (1981), Kulmala (1997), Vogt ve Bared (1998), Mohamedshah vd. (1993) gösterilebilir. Pickering vd. (1986)'ne göre farklı kaza tipleri için trafik akımları önemli bir kaza tahmin edici etkendir; en iyi-uygun akım fonksiyonu da kazaya direk karışan taraftaki trafiğin akımıdır. Çalışmada tali yol trafiğinden kaynaklanan kaza ağırlığı 0,8; anayol trafiğinden kaynaklanan kaza ağırlığı 0,3 ile 0,5 olarak bulunmuştur. Buradan tali yol akımı etkisinden kaynaklanan kaza sayılarının daha fazla olduğu bulunmuştur.

2.2.2. Ağır Taşıt Yüzdesinin Etkisi

Literatürde, bürüt ağırlığı 4,5 ton'dan büyük olan taşıtlar (orta ve büyük kamyonlar) ağır taşıt olarak adlandırılmaktadır. Ağır taşıtlar, diğer taşıtlarla kıyaslandığında fiziksel özellikleri ve sürücü davranışları yönünden oldukça farklıdır. Teknik özellikleri bakımından bu taşıtların manevra kabiliyetleri kısıtlıdır. Karayolunda ve kavşaklarda daha fazla yer kaplarlar ve

çarpma şiddetleri diğere taşıtlara kıyasla daha fazladır. Ayrıca ağır vasıta kazalarının ölümle sonuçlanma riski diğere kazalara göre 3,6 kat daha fazladır(Pickering vd. 1986).

Bonnesson ve Fontaine (2001)'nın yapmış olduğı araştırma raporundaki bilgilere göre ağır taşıt yüzdesinin kazalarda etkili olması için alışılmışın dışında bir değerde yüksek olması gerekmekte, ancak bu durumda ağır taşıt yüzdesinin etkisinden bahsedilebilmektedir. Alışılmışın dışında olarak adlandırılan bu değere, pik saatlik ölçümlerin % 5'i ve üstünü kapsamaktadır. Bir başka deyişle pik saatlik hacim ölçümlerinde ağır taşıt % değeri toplam gelen araç sayısının % 5'i veya fazlası ise kavşak güvenliğine etkisi önemlidir.

2.2.3. Hızın Etkisi

Ülkemizde her geçen yıl artan nüfusla birlikte trafiğe çıkan taşıt sayısı ve sürücü sayısı da artmaktadır. Bu artış içerisinde yine ülkemizdeki trafik kazalarındaki kusur oranları incelendiğinde sürücü tali kusurlarından olan hız ihlalleri oldukça önemli kaza ve ölüm oranlarına sahip olduğı görülmektedir. Hız kusurları kazalara hem doğrudan hem de dolaylı olarak etkide bulunmaktadır. Arkadan çarpma, yüksek hız, park etmiş araçlara çarpma gibi sürücülerin hız ihlallerinden kaynaklanan kazaların % 30 civarında olduğı çalışmalarla tespit edilmiştir. Karayolları genel müdürlüğünün her yıl ülke genelinde yaptığı hız ölçümlerinde yaklaşık olarak kamyonların % 30'unun, otomobillerin % 50'sinin ve otobüslerin % 70'inin hız sınırlarını ihlal ettiğı tespit edilmiştir (EGM, 1998).

Birçok Avrupa ülkesinde hız limitlerinin azalmasıyla trafik kazaları sonucu meydana gelen yıllık ölü sayısında % 20-50 oranında azalma olduğı ifade edilmiştir (58). Bununla birlikte ortalama hızın 1 km/st artmasıyla ölüm oranında yaklaşık % 3'lük bir artış olduğı görülmüştür (Archer ve diğere, 2008). Başka bir çalışma sonucuna göre, hız limitinin 90 km/st'ten 105 km/st'e çıkarılması sonucunda hız kusurlarının % 30'lardan %42'lere çıktığı görülmüştür (Steff ve Schultz, 1990).

2.2.4. Aydınlatmanın Etkisi

Gece karanlığın başlaması ile birlikte yol aydınlatması sürücünün emniyeti ve konforu açısından büyük önem taşımaktadır. Yapılan araştırmalar, yol aydınlatmasının gece kazalarını % 30 civarında azalttığını göstermektedir. Sürücünün emniyeti ve konforu karanlığın başlaması ile düşündürücü bir biçimde azalır. Bu nedenle emniyetle ilgili olarak ABD'deki yol ölçümlerinin %50'den fazlası gece yapılmaktadır. Seyahat edilen km bazında ABD'de gece ölüm oranı gündüz değerine göre 2,5 kat daha fazladır. İngiltere'de ise gece kazaları gündüz olanlardan 1.8 kat daha fazladır (BTS, 2008).

2.2.5. Gün Durumunun Etkisi

Hava ve gün durumunun etkisi birlikte düşünülduğünde trafik kaza oranları kayda değere bir şekilde değişim göstermektedir. Kazaların ortalama %54'ü gece karanlığında meydana gelmektedir. Ferguson (1974), 1957-1967 yılları arasındaki kaza verilerini kullanarak yaptığı analiz sonucunda kazaların % 25'inin 18:00 ve 20:00 saatleri arasında meydana geldiğini, ayrıca alaca karanlık saatlerinde de kazaların oldukça yoğun olduğunu belirtmiştir.

2.2.6. Hava Durumunun Etkisi

Hava durumu, kazaları etkileyen önemli çevresel faktörlerden birisidir. Özellikle yağmur ve kar yağışı karayolu ulaştırma sistemleri için ciddi bir risk oluşturmaktadır. Hava koşullarında

karayolunu etkileyen en önemli durum, yağıştan dolayı yüzey sürtünmesinin değişikliğidir. Çalışmaların büyük çoğunluğu yağmur yağışının etkisi ile ilgilidir. İncelenen diğer çalışmalar sonuçları Tablo 2.1’de özetlenmiştir.

Tüm hava koşulları ile ilgili literatür çalışma sonuçlarından da anlaşılacağı gibi yağışların yol güvenliğine etkileri önemlidir. Farklı modellerle farklı bölgelerden elde edilmiş sonuçlarda göstermektedir ki yağmurlu ve karlı havalarda kaza oranları, güneşli havalardakinin en az iki katıdır. Çalışma sonuçlarına göre yağışlı havalarda meydana gelen kazalardaki ölüm oranları düşüktür. Bunun sebebi de araç hızlarının düşük olmasıdır. Özellikle yağmur yağışının yeni başladığı anlarda yoldaki ıslaklık bir film tabakası halinde iken ve araçların yoldaki ıslaklığı fark etmedikleri anlarda kaza riski artmaktadır. Çok az sayıda hava durumu yol geometrisi ilişkisi incelenmiştir ve hava durumunun yol geometrik özelliklerle ilişkisi olduğu ortaya çıkmıştır.

Tablo 2.1. Hava durumu etkisi ile ilgili yapılan çalışmalar

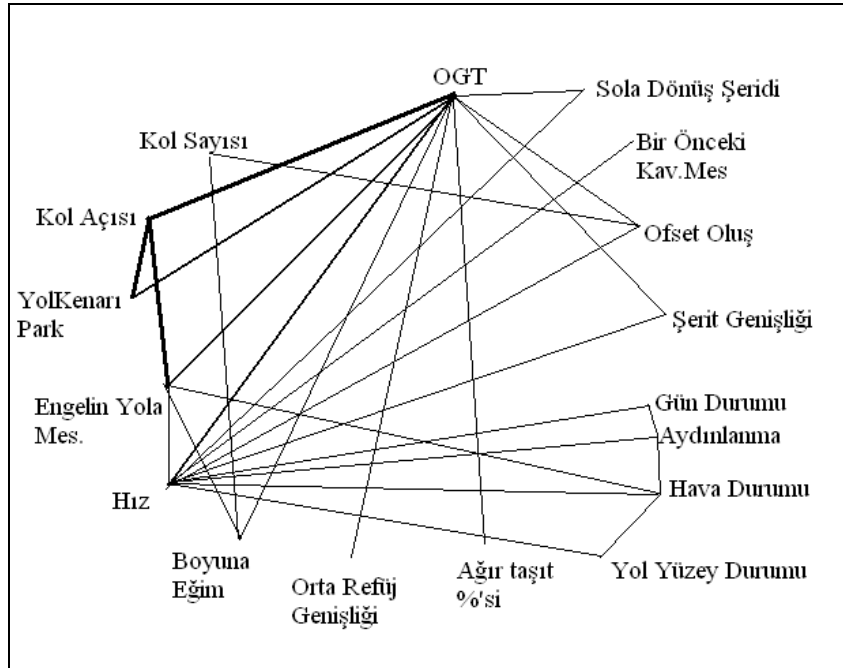
Çalışma yapılan Bölge ve Tarih	Çalışma Sonuçları
Kanada'da 6 adet kent merkezinde 1995-1998	Yağışlar toplam kazaların % 75 oranında , yaralanmalı kazaların ise %45 artışına sebep olmuştur (Andrey ve diğerleri, 2001).
Iowa eyaleti 1995-1998	Kaza oranları ciddi kış fırtına ve kar yağışında % 100 artmaktadır (Knapp, 2001).
İngiltere ve Galler'de 1980-1990	İngiltere ve Gallerde kazaların %4'ü şiddetli rüzgardan, %2'si sisten ve % 1'i karyagışından meydana gelmektedir (Edwards, 1996).
Kanada, Calgary ve Edmonton 1979-1983	Yağışlı havalarda çarpışma riski %70 artış göstermektedir (Andrey ve Yagar, 1993).
Kanada, Edmonton 1983	Yaz mevsiminde meydana gelen kazaların %2'si ıslak yollarda; kış mevsiminde meydana gelen kazaların % 40'ı ıslak, buzlu ve karlı yollarda meydana gelmektedir (Andrey ve Olley, 1990).
Kanada, Winnipeg 1974-1984	Hava sıcaklığı -15 derecenin altında iken yollarda meydana gelen kazalar hava sıcaklığı 0 ile -15 derece olduğunda yollarda meydana gelen kazaların 2 katıdır (Campbell, 1986).

ABD 1950-1960	3 ile 12 gün kar yağışı süren kesimlerde kaza sayıları % 200 artış göstermektedir (Rooney, 1967).
İngiltere 1969-1970	Yaralanmalı kazalar yağmurlu havalarda % 50 daha fazla olmaktadır (Codling, 1974).

3. Bulgular

Literatür incelemeleri sonucunda, farklı ülkelerde yapılan güvenlik analizi çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilebildiği gibi birbirine hiç benzemeyen sonuçlar da bulunmuştur. Kazaları etkileyen parametrelerin etkime derecelerinin farklı olma sebebi, her ülkenin kendi koşullunun ve her bir çalışmada ele alınan etkenlerin birbirinden farklı olmasıdır. Ayrıca, şehir içi kavşak güvenliğinde etkili olan tüm parametrelerin beraber değerlendirildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Örneğin, bazı çalışmalarda şerit genişliğinin emniyete etkisi araştırılırken; çevre etkisi, hava koşulları, hız, trafik hacmi gibi etkenlerin sadece bir tanesi yada ikisi bir arada düşünülmüştür.

Şehirîçi kavşaklardaki kaza tahminlerinin tek bir değişkenle yapılması eksik veya yanlış olacaktır. Kaynak çalışmaları sonucunda, modelleme karşılaşılan asıl problemin, verilerin içindeki korelasyon olduğu ortaya çıkmıştır. Bu korelasyon iyi incelenip, etkileyen parametrelerin kazaları etkileme ağırlıkları çıkartılmıştır. Parametrelerin kazalara etkileri ve etki dereceleri ayrı ayrı kaynaklardan çıkartılmıştır. Genel olarak etkileyen parametrelerin birbiri ile ilişkileri belirgin olarak tespit edilmiş, gruplandırılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Eşdüzey kavşak kazalarında etkili parametrelerin ilişkilendirilmesi

Kavşak kollarına giren trafik akımının diğer değişkenlerle güçlü bir korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir. Şekil 3.1'den de anlaşılacağı gibi parametreler arasında en etkili olanları sırasıyla: Trafik hacmi, hız, görüş unsurları ile ilgili olan engelin yola mesafesi-yol kenarı park, geometrik unsurlardan boyuna eğim-kol açısı-kavşak kollarının kesişme durumudur. Diğer parametrelerin ise kendi içinde ilişkilendirilebileceği tespit edilmiştir.

Etkiyen parametrelerin etki derecelerinin elde edilebilmesi için ve kaynaklardaki değerlerin doğruluğunun tespiti için kaynaklarda elde edilen değerler kullanılarak üç kollu kavşaklar ve dört kollu kavşaklar için korelasyon matrisleri çıkartılmıştır (Şekil 3.2 ve Şekil 3.3). Böylece hem parametrelerin nasıl davrandığı hakkında bilgi edinilebilmiş hem de gelecekte yapılacak kavşak kaza analiz ve tahmin modelleri için bir temel oluşturulmaya çalışılmıştır.

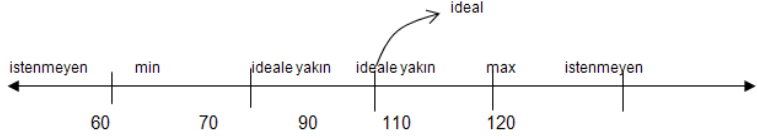
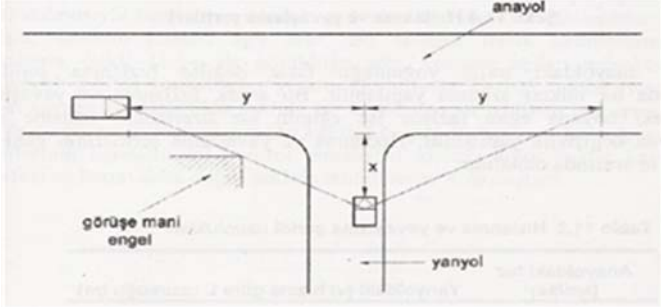
Ayrıntılı literatür incelemeleri ile elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve şehir içi sinyalizasyonsuz eşdüzey kavşaklar için bir tablo oluşturulmuştur (Tablo 3.1). Bu tablo ile de geometrik açıdan, trafik hacmi açısından ve çevre koşulları açısından ideal bir sinyalizasyonsuz eş düzey kavşakta olması gereken parametrelerin sınır değerlerini elde etmek mümkün hale gelmektedir.

YOGT1	YOGT2	Kol açısı	Yol kenarında araç	Yol	Engelin yola olan mesafesi	Hız	Boyuna eğim	Orta refüj genişliği	Ağır taşıt yüzdesi	Yol yüzey durumu	Hava durumu	Aydınlatma ma	Gün durumu	Platform genişliği	Bir önceki kavşağa mesafe	Sola dönüş şeridi	Eksen çıkışma (ofset)
1																	
0,50000	1																
0,12353	0,06176	1															
0,05882	0,02941	0,47619	1														
0,12059	0,06029	0,97619	0,48780	1													
0,35294	0,17647	0,35000	0,16667	0,34167	1												
0,24118	0,12059	0,51220	0,24390	0,50000	0,68333		1										
0,12941	0,06471	0,95455	0,45455	0,93182	0,36667		0,53659	1									
0,24706	0,12353	0,50000	0,23810	0,48810	0,70000		0,97619	0,52381	1								
0,18235	0,09118	0,67742	0,32258	0,66129	0,51667		0,75610	0,70968	0,73810	1							
0,17647	0,08824	0,70000	0,33333	0,68333	0,50000		0,73171	0,73333	0,71429	0,96774	1						
0,23588	0,11794	0,52369	0,24938	0,51122	0,66833		0,97805	0,54863	0,95476	0,77307	0,74813	1					
0,06471	0,03235	0,52381	0,90909	0,53659	0,18333		0,26829	0,50000	0,26190	0,35484	0,36667	0,27431	1				
0,29412	0,14706	0,42000	0,20000	0,41000	0,83333		0,82000	0,44000	0,84000	0,62000	0,60000	0,80200	0,22000	1			
0,06059	0,03029	0,49048	0,97087	0,50244	0,17167		0,25122	0,46818	0,24524	0,33226	0,34333	0,25686	0,93636	0,20600	1		
0,18824	0,09412	0,65625	0,31250	0,64063	0,53333		0,78049	0,68750	0,76190	0,96875	0,93750	0,79800	0,34375	0,64000	0,32188	1	
0,06176	0,03088	0,50000	0,95238	0,51220	0,17500		0,25610	0,47727	0,25000	0,33871	0,35000	0,26185	0,95455	0,21000	0,98095	0,32813	1

Tablo 3.1. Şehir içi kontrolsüz eşdüzey

YOGT1	YOGT2	Kol açısı	Yol kenarında araç	Yol	Engelin yola olan mesafesi	Hız	Boyuna eğim	Orta refüj genişliği	Ağır taşıt yüzdesi	Yol yüzey durumu	Hava durumu	Aydınlatma	Gün durumu	Platform genişliği	Bir önceki kavşağa mesafe	Sola dönüş şeridi	Eksen çıkışma (ofset)
1																	
0,50000	1																
0,23647	0,11824	1															
0,06471	0,03235	0,27363	1														
0,12353	0,06176	0,52239	0,52381	1													
0,47059	0,23529	0,50250	0,13750	0,26250	0,37500		0,37500	0,63333	0,74074	0,96774	1						
0,24118	0,12059	0,98049	0,26829	0,51220	0,51250	1											
0,11176	0,05588	0,47264	0,57895	0,90476	0,23750	0,46341	1										
0,23824	0,11912	0,99259	0,27160	0,51852	0,50625	0,98780	0,46914	1									
0,18235	0,09118	0,77114	0,35484	0,67742	0,38750	0,75610	0,61290	0,76543	1								
0,17647	0,08824	0,74627	0,36667	0,70000	0,37500	0,73171	0,63333	0,74074	0,96774	1							
0,23765	0,11882	0,99505	0,27228	0,51980	0,50500	0,98537	0,47030	0,99753	0,76733	0,74257	1						
0,05882	0,02941	0,24876	0,90909	0,47619	0,12500	0,24390	0,52632	0,24691	0,32258	0,33333	0,24752	1					
0,29412	0,14706	0,80400	0,22000	0,42000	0,62500	0,82000	0,38000	0,81000	0,62000	0,60000	0,60000	0,80800	0,20000	1			
0,07059	0,03529	0,29851	0,91667	0,57143	0,15000	0,29268	0,63158	0,29630	0,38710	0,40000	0,40000	0,29703	0,83333	0,24000	1		
0,24000	0,12000	0,98529	0,26961	0,51471	0,51000	0,99512	0,46569	0,99265	0,75980	0,73529	0,99020	0,24510	0,81600	0,29412	1		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	belirsiz

kavşaklarda olması gereken sınır değerleri

Şehir İçi Sinyalizasyonsuz Eşdüzey Kavşaklarda Kazaları Etkileyen Unsurlar	Üç Kollu Kavşaklar	Dört Kollu Kavşaklar
Kol Sayısı	Üç kollu şehir içi sinyalizasyonsuz eşdüzey kavşaklar dört kollu kavşaklardan 1,3 kat daha emniyetlidir.	
Kavşak Kolları Arası Açısı (derece)	<p>$x=90$ ideal $70 < x < 110$ ideale yakın $110 < x < 120$ maksimum izin verilen $60 < x < 70$ minimum izin verilen $x < 60$ istenmeyen durum $x > 120$ istenmeyen durum</p>  <p>$x < 60$ olduğunda kaza ihtimali % 50 artıyor</p>	
Engelin Yola Mesafesi (Görüş Uzunluğu İle İlgili)	<p>kritik $a \geq 3$ metre ideal kritik $a < 3$ metre istenmeyen durum</p> 	
Kanallama	ilave sol dönüş şerit var kaza ihtimali %8 azalır	ilave sol dönüş şerit var kaza ihtimali %10 azalır
	ilave sol dönüş şerit yok kaza ihtimali %8 artar	ilave sol dönüş şerit yok kaza ihtimali %10 artar
Diğer kavşağa Mesafe (metre)	<p>$x \geq 50$ metre ideal $x < 50$ metre kaza ihtimali %15 artar</p>	
Şerit Genişliği (metre)	<p>$3,5 < x < 3,75$ ideal; $x < 3,5$ kaza ihtimali %20 artar</p>	

Tablo 3.1. Şehir içi kontrolsüz eşdüzey kavşaklarda olması gereken sınır değerleri (devamı)

Boyuna	
---------------	--

Eğim	$x \leq 2\%$ ideal; $x > 6\%$ istenmeyen durum (İniş eğimi çıkış eğiminden 1.5-3.0 kat daha tehlikelidir.)
Orta Refüj Genişliği	$x = 0,6\text{m}$ minimum $x = 1-1.5\text{m}$ ideal $x = 4\text{m}$ kabul edilebilir $x > 4\text{m}$ tehlikeli durum
Anayol Trafik Hacmi	Şehiriçi sinyalizasyonsuz kavşaklarda ortalama olarak YOGT değerleri 100-1700 araç/gün arasında değişmektedir. Anayol trafik hacminin kaza oranlarında ağırlığı 0.4 iken tali yol trafik hacminin kaza oranlarında ağırlığı 0.8'dir.
Tali Yol Trafik Hacmi	Şehiriçi sinyalizasyonsuz kavşaklarda ortalama olarak YOGT değerleri 30-300 araç/gün arasında değişmektedir. Anayol trafik hacminin kaza oranlarında ağırlığı 0.4 iken tali yol trafik hacminin kaza oranlarında ağırlığı 0.8'dir.
Hız	$0 < x < 30$ ideal; $x > 50$ tehlikeli durum
Aydınlatma Durumu	Aydınlatma var=istenenen durum;Aydınlatma yok= istenmeyen durum;Aydınlatma var 1,8 kat daha güvenli
Gün Durumu	Gece kaza oranlarının gündüz kaza oranlarına göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Alacakaranlıkta ise diğer saatlerle karşılaştırıldığında en sık kaza meydana gelmektedir.
Hava Durumu	Yağışlı havalar yağışsız havalardan çok daha tehlikeli durumlar oluşturmaktadır. Yağış, yol yüzey durumu, hız, aydınlatma ve gün durumu beraber düşünüldüğünde kazalara etkisinin % 16 gibi bir değer aldığı tespit edilmiştir.
Yol Yüzeyi	Islak yüzeyden meydana gelen şehiriçi kazalar, toplam kazaların ortalama %20'sini oluşturmaktadır
Ağır Taşıt %si	Zirve saat trafiğinin %5 ve üzerindeki değerlerde ağır taşıt bulundurması tehlikeli durumlar oluşturur.

4. Sonuç

Ülkemizde ve dünyada şehir içi sinyalizasyonsuz kavşak geometrisi ve güvenliği ile ilgili çok az miktarda çalışma mevcuttur. Bunun ülkemizdeki en önemli sebebi, kavşak geometrilerinin ayrıntılı olarak kaza tutanaklarında yer almaması bu nedenle kazalar üzerindeki etkisinin tespitinin zorlaşmasıdır.

İyi bir kavşak geometrisi trafik güvenliğinin ve işletim sisteminin en iyi şekilde olmasını sağlayan önemli bir unsurdur. Bu çalışmada şimdiye kadar yapılmış çalışmalar ile şehir içi sinyalizasyonsuz eşdüzey kavşaklar mühendislik özellikleri açısından incelenmiştir. Geometrik eksiklikler, yol kullanıcılarının daha büyük tehlikelerle karşılaşmasına ve risklerin oluşmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle çalışmada özellikle kavşak geometrisinin güvenliğe etkisi incelenmeye çalışılmıştır. Gelecekte yapılacak şehir içi eşdüzey sinyalizasyonsuz kavşak güvenlik çalışmalarında kullanılacak sonuçlar elde edilmiştir.

Literatür incelemeleri sonucunda, çalışmalarda karşılaşılan asıl problemin, verilerin içindeki korelasyonun tespit edileme ihtiyacı olduğu ortaya çıkmıştır. Bu etki değerlerinin doğru tespit edilmesi gerekliliği önem kazanmıştır. Literatürden kavşak kollarına giren trafik akımının diğer değişkenlerle güçlü bir korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle trafik hacimleri başta olmak üzere, eşdüzey kavşak kazalarını etkileyebilecek tüm faktörler ayrıntılı olarak incelenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuç değerleri kullanılarak şehir içi sinyalizasyonsuz kavşaklarda olması gereken ideal sınır değerleri elde edilmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda elde edilen ideal bir kavşakta olması gereken özelliklerin sınır değerleri, kavşak kazalarını etkileyen unsurların kendi içindeki etkileşimi ve korelasyon matrislerinin gelecekte yapılacak şehiriçi kontrolsüz eşdüzey kavşak kaza tahmin modelleri ve güvenlik çalışmalarına ışık tutacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

AASHTO, 2001. A Policy On Geometric Design of Highways and Streets, Fourth Edition, American Association of State Highway and Transportation Officials.

Andrey, J., Mills, B., Vandermolen, J., 2001. Weather Information and Road Safety, Institute of Catastrophic Loss Reduction, University of Waterloo, paper no 15, p31.

Andrey, J., Olley, R., 1990. The Relationship Between Weather and Road Safety: Past and Future Research Directions. Climatological Bulletin 24:123-127.

Andrey, J., Yagar, S., 1993. A Temporal Analysis of Rain-Related Crash Risk. Accident Analysis and Prevention 25:465-472.

Archer , J., Fotheringham, N., Symmons, M., Corben, B., 2008. The Impact of Lowered Speed Limits in Urban and Metropolitan Areas, Monash University Accident Research Centre, Transport Accident Commission Report No:276, 71p.

Austrroads, 2005. The new Australian Guide to Traffic Engineering Practice: Intersection at Grade. Part 5, Sydney.

Bauer, K.M., and Harwood, D.W., 1999. Statistical Models of At-Grade Intersection Accidents, FHWA-RD-99-094

BLR-SM, 2005. Bureau of Local Roads & Streets Manual - 2005 Edition. <http://www.dot.il.gov/blr/manuals/blrmanual.html>. Erişim tarihi: 14.02.2008

Bonneson, J.A., Fontaine, M.D., 2001, Engineering Study Guide for Evaluating Intersection Improvements. NCHRP Report 457, ISBN 0-309-06705-7, 65p.

Bostancı B., (1995) Şehir içi Yol Projelerinin Hazırlanması ve Kavşaklar, Yüksek Lisans Tezi, YÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Braccett, R.Q., 1977. Evaluation Long-term Of Speed Control Strategies, Collage Sation Teksas.

Brude, U., 1991. Traffic Safety at Junctions, 3th European Workshop on Recent Developments in Road Safety Research, VTI Rapport 366A, Statens Vaeg- Och Trafikinstitut, pp.55-61. Sweden.

BTS, Bureau of Transportation Statistics, 2008. Research and Innovative Technology Administration, http://www.bts.gov/publications/national_transportation_statistics. Erişim tarihi: 06.08.2007

Campbell, L.R., 1986. Assessment of Traffic Collision Occurrence Related to Winter Conditions in the City of Winnipeg: 1974 to 1984. City of Winnipeg

Christensen, P., Ragnoy, A., 2006. The Condition Of The Road Surface and Safety, Institute of Transport Economics, Summary of T0I Report 840, 56p.

Codling, P., 1974. Weather and Road Accidents, In Climatic Resources and Economic Activity, J. Taylor (ed.), pp. 205-

Çavdar, A., Uçar, M., Kılıçaslan, İ., 2008. Trafik Kazalarına Sebep Olan Yüksek Hız Kusurlarının Denetimi ve Aktif Güvenlik Sistemleri İle Kontrolü, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 23, No:1, 187-198.

David, N.A., Norman, J.R., 1976. Motor Vehicle Accidents in Relation to Geometric and Traffic Features of Highway Intersections. Vol II - Research Report, Report No. FHWA-RD-76-129, Federal Highway Administration.

Del Mistro, R.F., 1981. Accidents at Urban Intersections A Second Study, Technical Report Number RF/5/81, National Institute for Transport and Road Research, Pretoria, p.59. South Africa.

Dierstain, P.G., LaCroix, J.E., 1984. A Summary of the Illinois Skid-Accident Reduction Program, Report No.99, Illinois Department of Transportation Division of Highways.

Edwards, J., 1996. Weather-Related Road Accidents in England and Wales: A Spacial Analysis. Journal of Transport Geography 4:201-212.

EGM, Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Hizmetleri Başkanlığı, 1998. Trafik Kontrollerine İlişkin Yönerge, Ankara.

Evlik, R., Rydningen, U., 2002. Road Safety Measures: a Catalogue of Estimates of Effect, Institute of Transport Economics, TQI Report 572, Oslo.

Fambro, D.B., 1989. Geometric Design Consideration for Rural Roads, Report 1125-1F, Texas Transportation Institute.

Ferguson, E.L., 1974. Epidomiology of Traffic Accidents, 599-602pp. Mediese Tydskrif.

Foody, T. J., Richardson, W.C., 1973. Evaluation of Left Turn Lanes as a Traffic Control Device, Ohio Department of Transportation.

Gedizlioğlu, E., 1980. Denetimsiz Esdüzey Kavsaklarda Giriş Aralıklarının Önemi, Tübitak, VII. Bilim Kongresi.

Gluck, J., Levinson, H.S., Stover, V., 1999. Impacts of Access Management Techniques, NCHRP Report 420, Transportation Research Board.

Hanna, J. T., T. E. Flynn, and L. T. Webb. "Characteristics of Intersection Accidents in Rural Municipalities," Transportation Research Record 601, Transportation Research Board, 1976.

Harwood, D., W., Council, F., M., Hauer, E., Hughes, W., E., Vogt, A., 2000. Prediction of the Expected Safety Performance of Rural Two-Lane Highways. Federal Highway Administration, Report No. FHWA RD-99-207

Harwood, D.W., Bauer, K.M., Potts, D.J., Torbic, D.J., Richard, K.R., Kohlman Rabbani, E.R., Hauer, E., Elefteriadou, L., 2002. Safety Effectiveness of Intersection Left and Right Turn Lanes, FHWA-RD-02-089.

Harwood, D.W., Pietrucha, M.T., Wooldridge, M.D., Brydia, R.E., Fitzpatrick, K., 1995. Median Intersection Design, NCHRP Report 375, Transportation Research Board.

Highway Capacity Manual , 2000. Transportation Research Board, National Research Council, Appendix A, Chapter 16. http://goliath.ecnext.com/coms2/gi_0199-1569163/A-report-of-the-National.html

Huang, Y., 1991. Accident Prediction Models and Applications for Unsignalized and Signalized Intersections, Intersections Without Traffic Signals 2, Springer Verlag, Berlin, Deutschland, , pp.282-296. Bochum, Germany.

Kalkan, E., 1999. Ulaşımda Altyapının Trafik Kazalarına Etkisi, II.Ulaşım ve Trafik Kongresi, 8s.

Knapp, K.K., 2001. Investigation of volume, safety, and vehicle speeds during winter storm events. Maintenance Management Conference Proceedings 23; Transportation Research Board

Kuciamba, S.R., J. A. Cirillo, Safety effectiveness of highway design features Intersections, Report No. FHWA/RD-91/048, Federal Highway Administration, Volume 5., 1992.

Kulmala, R., 1997. Safety at Highway Junctions Based on Predictive Accident Models. Third International Symposium on Intersections Without Traffic Signals, pp.151-157, Portland, USA.

Lacy, J.D., 1972. Traffic Operations Program to Increase Capacity and Safety, Traffic Quarterly, Vol. 26, No. 3, July pp. 327-340.

Leong, H.J.W., 1973. Relationship Between Accidents and Traffic Volumes at Urban Intersections, Australian Road Research, Volume 5, Number 3., pp.72-90.

McFarland, W.F., 1979. Assessment of Techniques for Cost-Effectiveness of Highway Accident Countermeasures, Report No. FHWA-RD-79-53, Federal Highway Administration.

Mitchell, R., 1972. Identifying and Improving Highway Accident Locations, Public Works.

Mohammedshah, Y.M., Paniati, J.F., Hobeika, A.G., 1993. Truck Accident Models for Interstate and Two Lane Rural Roads, Transportation Research Record 1407, 35-41.

National Highway R&T Partnership, 2002, A report of the National Highway R&T Partnership Initiative.

Neufert, E., 1983. Yapı Tasarım Temel Bilgileri El Kitabı, 534s, ISBN3-528186518.

Neuman, T.R., 1985. Intersection Channelization Design Guide, NCHRP Report 279, Transportation Research Board.

Neuman, T.R., 1985. Intersection Channelization Design Guide, NCHRP Report 279, Transportation Research Board.

NHTSA, 2005. Traffic Safety Facts 2005 A Compilation of Motor Vehicle Crash Data from the Fatality Analysis Reporting System and the General Estimates System, National Highway Traffic Safety Administration National Center for Statistics and Analysis U.S. Department of Transportation Washington, DC 20590, www.nhtsa.gov. Erişim tarihi: 17.03.2007

Oregon Department of Transportation, 2002. Chanellization and Intersection Details, Oregon Standart Drawings. www.oregon.gov/ODOT/HWY/ENGSERVICES/roadway_drawings.shtml.

Patte, L., 2005. Accident Due To Loss of Skid Resistance: The Skid Resistance-Road Safety Relationship and Preliminary Intervention Analysis, Bulletin Des Laboratoires Des Ponts Et Chussees, p169-178

Pickering, D., Hall, R.D., Grimmer, M., 1986. Accidents at Rural T-Junctions, Research Report 65, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, UK, p.39.

Rooney, J.T. Jr., 1967. The Urban Snow Hazard in the United States, Geographical Review, 57, 538-559.

SHRP, 1993. Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Project, Strategic Highway Research Program, National Research Council, SHRP-P-338, Washington DC, USA.

Steff, F.M., Schultz, R.H., 1990. The 65 mph Speed Limit in Michigan: a Second Year Analysis of Effects on Crashes and Crash Casualties, University of Michigan Transportation Research Institute, UMTRI-90-37, Michigan.

SUDAS, 2006. Geometric Design Criteria, Roadway Design, State Urban Design and Specifications, Iowa State Urban Design Standarts Manual, Chapter 5, 5C-2, p22

Summersgill, I., Kennedy, J.V., 1996. Accidents at Three Arm Priority Functions on Urban Single Carriageway Roads, TRL Report 184, Transport research laboratory, Crowthorne, UK, p.74.

SWEROAD Raporu, 2001. Trafik güvenliği projesi, SWEROAD Ulusal Karayolu Trafik Güvenlik Projesi. Taslak Nihai Rapor, Ankara.

Terzi, S., 2004. Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Karayolu Üstyapı Bakım Yönetim Modeli Geliştirilmesi, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, SDÜ Fenbilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

TS 11784

TSE 1995

Tunç, A., 2004. Yol Tasarımının Esasları ve Uygulamaları, Asil Yayın Dağıtım, 253s.

Van Maren, P., A., 1980. Correlation of Design and Control Characteristics with Accidents at Rural Multi-Lane Highway Intersections, Purdue University and Indiana State Highway Commission.

Vogt, A. (1999). Crash Models for Rural Intersections: Four-Lane by Two-Lane Stop-Controlled and Two-Lane by Two-Lane Signalized (FHWA-RD-99-128). Washington, DC: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration.

Vogt, A., Bared, J.G., 1998. Accident Models for Two Lane Rural Roads: Segments and Intersections, Report Number FHWA-RD-98-133, No. 3A5A, Final Report, Federal Highway Administration, McLean, p.179. USA.

Washington, S.P., et al., 1991. Evaluation of High-Speed Isolated Intersections in California, Report No. FHWA/CA/TO/91-2, Federal Highway Administration.

Yayla, N., Karayolu Mühendisliği, Y0029, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2004.

Yetgin, Z., 1985. Türkiye’de Şehir İçi Kavşak Tasarım ve Uygulamalarının Trafik Kazalarına Olan Etkileri, Doktora Tezi, Gazi Üniv.

Zegeer, C.V., Deacon, J.A., 1987. Effect of Lane Width, Shoulder Width and Shoulder Type on Highway Safety, In State of the Art Report 6, TRB, National Research Council, D.C., pp1-21. Washington.

Zhong, X., Wang, Y., Zhong, L., Zhu, X., Jia, J., Zhao, M., Ma,J., Liu, X., 2007. Study on the Relationship of Intersection Design and Safety of Urban Unsignalized Intersection in China.