

**BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAĞMURA BAĞLI OLARAK DOYGUN AKIM DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİMİN
İNCELENMESİ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİNE POLAT ALPAN

NİSAN 2018

BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAĞMURA BAĞLI OLARAK DOYGUN AKIM DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİMİN
İNCELENMESİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mine POLAT ALPAN

DANIŞMAN : Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TANIŞ

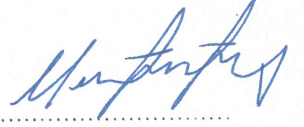
ZONGULDAK

Nisan 2018

KABUL:

Mine POLAT ALPAN tarafından hazırlanan “Yağmura Bağlı Olarak Doygun Akım Değerindeki Değişimin İncelenmesi” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 20/04/2018

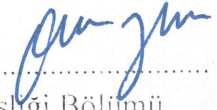
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TANIŞ
Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği
Bölümü



Üye: Prof. Dr. Kemal Selçuk ÖĞÜT
İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü



Üye: Doç. Dr. H. Onur TEZCAN
İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü



ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım./...../2018



Doç. Dr. Ahmet ÖZARSLAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”



Mine POLAT ALPAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YAĞMURA BAĞLI OLARAK DOYGUN AKIM DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİMİN İNCELENMESİ

Mine POLAT ALPAN

Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TANIŞ

Nisan 2018, 67 sayfa

Kent içi yollarda trafik akımının devamlılığı açısından en önemli kesimler, farklı akımların eş düzey olarak kesiştiği kavşaklardır. Kavşakların doğru tasarlanması, trafiğin tıkanmasını ve kuyruklanmasını en aza indirerek iyi bir trafik yönetimi sağlayacaktır. Işıklı kavşaklardaki tıkanıklığın azaltılması, kapasitesinin doğru belirlenmesiyle, dolayısıyla doygun akım değerinin gerçeğe yakın hesaplanmasıyla mümkündür. Diğer bütün değişkenlerin yanı sıra hava şartları da kavşak kapasitesi, dolayısıyla doygun akım değeri üzerinde etkilidir.

Bu çalışmada ışıklı kavşaklardaki doygun akım değerinin yağmura bağlı olarak değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amacın gerçekleşmesi için öncelikle doygun akım değerinin hesaplanması gerekmektedir. Doygun akım değeri 3 farklı yöntemle hesaplanabilmektedir. Bunlar; Transport and Road Research Laboratory (TRRL) yöntemi, regresyon analizi yöntemi ve zaman cinsinden aralık yöntemidir. Bu çalışmada zaman cinsinden aralık yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem saha gözlemlerine dayanmakta ve elde edilen veriler gerçeğe daha yakın olmaktadır.

ÖZET (devam ediyor)

Doygun akım değerini belirlemek amacıyla yapılan saha gözlemleri, D010 numaralı devlet karayolunun Zonguldak ili sahilinden geçen kesimi üzerindeki 100. Yıl Şehirlerarası Otobüs Terminali kavşağında; sabah ve akşam zirve saatlerinde gerçekleştirilmiştir. Kavşak kollarındaki zaman cinsinden aralık sahada gözlemlenmiş, zaman cinsinden doygun aralıklar hesaplanmış, başlangıç zaman kayıpları belirlenmiş ve doygun akım değeri hesaplanmıştır. Doygun akım değeri, yağmurlu havalarda (kaplama ıslakken) ve yağmursuz havalarda olmak üzere iki farklı durum için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar iki durum için karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

Bunlara ek olarak yağmurlu durumlarda gecikmelerin belirlenmesi amacıyla SIDRA INTERSECTION isimli paket programı kullanılmış ve kavşağın mevcut durumu yağmurlu hacimler kullanılarak modellenmiştir. Yağmurlu ve yağmursuz havada hesaplanmış olan doygun akım değerleri kullanılarak farklı devre süreleri için gecikmeler elde edilmiştir ve karşılaştırılmıştır.

Sonuç olarak; yağmurun zaman cinsinden doygun aralığı geciktirdiği, yağmurlu havada taşıtların doygunluğa daha geç ulaştığı, daha yüksek zaman kayıplarının yaşandığı, doygun akım değerinin azaldığı ve gecikmelerin arttığı yapılan çalışma ile tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Işıklı kavşaklar, Doygun akım değeri, Hava şartları, Zaman cinsinden doygun aralık, Başlangıç zaman kaybı.

Bilim Kodu: 624.04.00

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

DETERMINATION OF THE CHANGE OF SATURATION FLOW RATE UNDER RAINY WEATHER

Mine POLAT ALPAN

Bülent Ecevit University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. Mustafa TANIŞ

April 2018, 67 pages

The most important segments in terms of the continuity of the traffic flow in urban roads are the intersections where different flows intersect at the same level. Traffic jams, delays and queuing at intersections can be reduced by proper design. The analysis of delays could only be performed by estimating the capacity and consequently calculating the saturation flow correctly. Saturation flow and capacity are affected by various physical and traffic related attributes. Among them adverse weather conditions is one of the most important.

In this study, it is aimed to determine the change in the saturation flow rate under adverse weather conditions. In order to achieve this purpose, firstly the saturation flow rate is needed to be calculated. Saturation flow rate can be calculated by three different methods: Transport and Road Research Laboratory (TRRL) method, regression analysis method and headway method. The headway method is used in this study. This method is based on field observations and generally data obtained are accepted to be closer to reality.

ABSTRACT (continued)

Field observations were held at a congested intersection on D010 state route, at Zonguldak during morning and evening peak hours. Collect data and related analysis include measurement of headway, the determination of saturated headway and start-up time loss, the calculation of saturation flow rate and the assessment of results. Saturated headway values were carried out separately for two different situations to be in rainy (road surface is wet) and in sunny days. The results obtained are compared and interpreted for two cases.

In addition, to determine delays in rainy conditions, the package program SIDRA INTERSECTION was used and the current situation of intersection is modeled using by rainy volumes. Delays were obtained and compared using different cycle times and saturation flow rate in rainy and rainless air.

In conclusion, it has been found out; Raining retard the saturated headway, the vehicles reach to the saturation later when it rains, more start-up time loss is spent, the saturation flow rate decreases and delays increase.

Keywords: Signalized intersection, Saturation flow rate, Weather condition, Saturated headway, Start-up time loss.

Science Code: 624.04.00

TEŞEKKÜR

Gerek tez alıőmam, gerek akademik alıőmalarım, gerekse özel hayatımda bana daima yol gösteren, bilgi ve deneyimini benden esirgemeyen, büyük bir sabır ve özenle yardımcı olan, sevgili hocam, tez danıőmanım Dr. gr. Üyesi Mustafa TANIŞ'a, alanımla ilgili sahip olduğum altyapının oluőmasında en önemli insanlardan biri olan, kendisini tanıdığım ve ondan aldığım her değerli bilgi için kendimi çok őanslı hissettiğim, sevgili hocam Prof. Dr. Kemal Selçuk GT'e teőekkürlerimi sunuyorum.

Projenin gerçekleşmesi için maddi destek sağlayan Bülent Ecevit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatrlğine (Proje No: BAP: 2016-37891158-03) teőekkürlerimi sunuyorum.

Maddi manevi desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen ve sahip olduğum için őükrettiėim aileme, her zaman yanımda olan dostlarıma ve hayatımın en büyük rengi olan eőim Murathan ALPAN'a, hayatımı kolaylaőtırdıkları için teşekkür ediyorum. Hayatımdaki en büyük teşekkür ve sevgim de artık aramızda olmasa da varlığını her zaman hissettiğim canım abim Mustafa POLAT'a.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER.....	ixxi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1 KONU.....	2
1.2 AMAÇ	3
1.3 KAPSAM.....	3
1.4 YÖNTEM.....	4
BÖLÜM 2 DOYGUN AKIM DEĞERİ.....	7
2.1 DOYGUN AKIM DEĞERİNİN SAHA VERİLERİ İLE BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER	9
2.2 DOYGUN AKIM DEĞERİ İLE İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR.....	11
2.3 HAVA ŞARTLARINDAKİ DEĞİŞİMİN DOYGUN AKIM DEĞERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR	14
BÖLÜM 3 SAHA ÇALIŞMALARI	21
3.1 ZONGULDAK 100. YIL ŞEHİRLERARASI OTOBÜS TERMİNALİ KAVŞAĞI ...	21
3.2 SAHADA TOPLANAN TRAFİK VERİLERİ	25

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.2.1 Trafik Hacim Gözlemleri	26
3.2.2 Zaman Cinsinden Aralıkların Ölçülmesi	33
3.3 BAŞLANGIÇ ZAMAN KAYBI, ZAMAN CİNSİNDEN DOYGUN ARALIK VE DOYGUN AKIM DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ.....	40
3.4 HAVA ŞARTLARININ ETKİSİ	43
3.4.1 Başlangıç Zaman Kaybındaki Etki	43
3.4.2 Zaman Cinsinden Doygun Aralık ve Doygun Akım Değerindeki Etki	45
BÖLÜM 4 YAĞMURLU DURUMLARDA KAVŞAĞA AİT GECİKMELERİN BELİRLENMESİ	49
4.1 TERMİNAL KAVŞAĞININ SIDRA İLE ANALİZİ	49
BÖLÜM 5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	57
KAYNAKLAR.....	63
ÖZGEÇMİŞ	67

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Doymun akımın oluşumu.....	8
Şekil 2.2 Takip aralığının taşıtların kuyruktaki sırasına bağılı olarak değişimi.....	13
Şekil 3.1 Zonguldak 100. yıl şehirlerarası otobüs terminal kavşağının havadan görünüşü.	22
Şekil 3.2 İncelenen kavşağın yer seviyesinden görünüşü.	23
Şekil 3.3 İncelenen kavşağın geometrik özellikleri.	24
Şekil 3.4 (1-4) sağ şerit-(4-1) sol şerit sabah ve akşam yağmurlu ve yağmursuz zaman cinsinden aralık değerleri ortalamaları grafikleri.	39
Şekil 3.5 (1-4) sağ şerit (4-1) sol şerit sabah ve akşam yağmurlu ve yağmursuz başlangıç zaman kaybı grafiği.	45
Şekil 3.6 (1-4) sağ şerit-(4-1) sol şerit sabah ve akşam yağmurlu ve yağmursuz zaman cinsinden doymun aralık grafiği.	46
Şekil 3.7 (1-4) sağ şerit-(4-1) sol şerit sabah ve akşam yağmurlu ve yağmursuz doymun akım değeri grafiği.	48
Şekil 4.1 Terminal kavşağı mevcut faz diyagramı.	50
Şekil 4.2 Terminal Kavşağının SIDRA ile analiz şeması.	52



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 Farklı ülkelerde doygun akım değeri ile ilgili yapılan çalışmalar	12
Çizelge 2.2 Farklı hava durumlarının olumsuz etkileri	15
Çizelge 3.1 Terminal kavşağı yağmursuz sabah hacim değerleri.	27
Çizelge 3.2 Terminal kavşağı yağmurlu sabah hacim değerleri.	29
Çizelge 3.3 Terminal kavşağı yağmursuz akşam hacim değerleri.	30
Çizelge 3.4 Terminal kavşağı yağmurlu akşam hacim değerleri.	32
Çizelge 3.5 Zaman cinsinden aralık hesabı için gözlemlenen taşıt sayısı.....	34
Çizelge 3.6 Terminal kavşağında (1-4) sağ şerit ve (4-1) sol şerit için yağmursuz sabah zaman cinsinden aralık değerleri (saniye).	35
Çizelge 3.7 Terminal kavşağında (1-4) sağ şerit ve (4-1) sol şerit için yağmursuz akşam zaman cinsinden aralık değerleri (saniye).	36
Çizelge 3.8 Terminal kavşağında (1-4) sağ şerit ve (4-1) sol şerit için yağmurlu sabah zaman cinsinden aralık değeri (saniye).	37
Çizelge 3.9 Terminal kavşağında (1-4) sağ şerit ve (4-1) sol şerit için yağmurlu akşam zaman cinsinden aralık değerleri (saniye).	38
Çizelge 3.10 Terminal kavşağı zaman cinsinden doygun aralık ve doygun akım değerleri. ...	42
Çizelge 3.11 Terminal kavşağı başlangıç zaman kayıpları.	43
Çizelge 4.1 Terminal kavşağı mevcut devre diyagramı.	51
Çizelge 4.2 Terminal kavşağı analiz sonuçları.....	54



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

s	: Doygun Akım Değeri
hs	: Zaman Cinsinden Doygun Aralık
so	: Temel Doygun Akım Değeri
N	: Şerit Grubundaki Şerit Sayısı
fw	: Şerit Genişlik arpanı
fHV	: Ağır Taşıt arpanı
fg	: Yaklaşım Kolu Eğim arpanı
fp	: Parklanma arpanı
fb	: Otobüs Tıkanma arpanı
fa	: Bölge Tipi arpanı
fLU	: Şerit Kullanım arpanı
fLT	: Sola Dönüş arpanı
fRT	: Sağa Dönüş arpanı
fLpb	: Sola Dönüşler İçin Yaya ve Bisiklet Düzeltme arpanı
fRpb	: Sağa Dönüşler İçin Yaya ve Bisiklet Düzeltme arpanı
h _{ij}	: i'nci Devrede Kuyruktaki j'nci Taşıtın Zaman Cinsinden Aralığı
n _i	: i'nci Devrede Kuyruktaki Taşıt Sayısı
a	: Zaman Cinsinden Doygun Aralığın Başladığı Taşıtın Kuyruktaki Sırası
m	: Gözlem Yapılan Devre Sayısı
l ₁	: Toplam Başlangıç Zaman Kaybı
t _i	: Kuyrukta i. Sıradaki Taşıt İçin Kayıp Zaman
h _j	: J'inci Devrede Kuyruktaki Taşıtın Zaman Cinsinden Aralığı
h	: Zaman Cinsinden Aralık

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

KISALTMALAR

ANOVA	: Analysis Of Variance
AUS	: Akıllı Ulaşım Sistemi
bo	: Birim Otomobil
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
km	: Kilometre
n	: Örnek Sayısı
sa	: Saat
SIDRA	: Signalised & Unsignalised Intersection Design and Research Aid
sn	: Saniye
şrt	: Şerit
TRB	: Transportation Research Board
TRRL	: Transport and Road Research Laboratory
tş.	: Taşıt

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Ulaşım, en basit tanımıyla herhangi bir şeyin bir yerden başka bir yere taşınmasıdır. İnsanoğlu var olduğundan beri ulaşım, en önemli gereksinimlerin başında gelmektedir. İnsanlar tüm diğer gereksinimlerini karşılamak için, ulaşım hizmetini kullanmak zorundadırlar. İnsanoğlu gereksinim duydukça yeni şeyler üretme yetisine sahip olduğundan, ulaşım sektörü teknolojinin gelişmesiyle doğru orantılı olarak ilerlemektedir (Polat 2016).

Ulaşımın her insan için en önemli gereksinimlerin başında gelmesi, ulaşım ile ilgili talebin sürekli olarak artmasına sebep olmaktadır. Bu talep beraberinde birçok sorunu da getirmektedir. Mevcut olan ve her geçen gün artan bu sorunlara çözüm arayışı, tüm dünyada en önemli konuların başında gelmektedir. Artan taşıt sayıları, bilinçsiz kullanıcılar ve kurallara uyulmaması sonucu tıkanan yollar gecikmelere sebep olmakta, düzenli bir trafik akışı gerçekleşmemektedir.

Daha iyi bir trafik akışı sağlamak, gecikmeleri ve kuyruklanmaları en aza indirgeyip bekleme sürelerini azaltmak ve trafik kazalarını önlemek için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu gibi çalışmalar, özellikle kent içinde trafik akımının en sık kesintiye uğradığı noktalar olan kavşaklarda gerçekleştirilmektedir. Çünkü trafik davranışının ve akım özelliklerinin büyük değişikliğe uğradığı bu noktalar, önemli çalışma kesimlerindedir (Çalışkanelli 2010). Kavşakların doğru tasarlanması, trafiğin tıkanması ve kuyruklanmaları en aza indirerek iyi bir trafik yönetimi sağlayacaktır. Tıkanıklığın azalması, kapasitenin doğru belirlenmesiyle, yani doymuş akım değerinin gerçeğe yakın olarak tespitiyle mümkündür.

Bu çalışmanın özgün değeri; yağmurun, doymuş akım değeri üzerindeki etkisinin incelenmesi olmuştur. Bu etkinin belirlenmesinin, bu konuda araştırma yapacak diğer bilim insanlarına örnek sonuçlar sağlayacağı düşünülmektedir. Hava şartlarının doymuş akım değeri, dolayısıyla kavşak kapasitesi üzerinde etkisinin belirlenmesi, kavşakların daha etkili

kullanılmasını sağlayacak ve trafik tıkanıklıklarının en aza indirilmesinin önünü açacaktır. Böylece kavşak iyileştirmeleri ve trafik tıkanıklığından kaynaklanan gecikmelerin azaltılmasına katkıda bulunulabilir.

1.1 KONUSU

Kavşaklarda doygun akım değerinin belirlenmesi ve yağmurun bu değer üzerindeki etki derecesinin gerçeğe yakın olarak belirlenmesi tezin ana konusudur.

Bir ışıklı kavşakta yeşil ışık yanarken bir saatte bir şeritten geçebilen en büyük taşıt sayısına “doygun akım değeri” denir. Doygun akım değeri üzerinde etkili olan değişkenler; kavşak geometrisi, trafik akım özellikleri, sürücü davranışları, çevresel etkiler vb. olarak verilebilir. Çevresel etki değişkeni temelde hava şartlarının etkisi ile ölçülür. Fakat ülkemizde ışıklı kavşaklar üzerinde yapılan çalışmalar tarandığında, doygun akım değeri üzerinde hava şartlarının etkisinin çalışılmadığı görülmüştür.

Kavşaklardaki sorunların sebep olduğu gecikmeler, kent içi yolculuk sürelerinin uzamasına sebep olan en önemli nedenlerdendir. Bu gecikmeler; kavşaklarda farklı akım kollarına sırasıyla geçiş hakkının verilmesi, akım kolundaki başlangıç zaman kayıpları, kavşak kolundaki taşıtların geçişi için gerekenden daha fazla yeşil sürenin kavşağın ilgili kolu için tanınması, vb. sebeplerden kaynaklanabilir. Bu gecikmeleri tamamen ortadan kaldırmak mümkün değilse de azaltmak mümkündür. Bunun için ışıklı kavşaklarda devre süresinin doğru hesaplanması gerekmektedir.

Bir ışıklı kavşakta devre süresi, bütün trafik akımları için yeşil, sarı ve kırmızı ışık süreleri toplamı) kavşağa ulaşan kollar üzerinde seyreden taşıt sayılarına, taşıtları kullanan sürücülerin davranışları, taşıtların manevra yeteneklerine ve sürücü davranışlarını etkileyen yağmura bağlıdır. Uygulamada kavşakların ışık düzeni; kavşak geometrisi ve kaplamanın kuru olduğu durumdaki akım özellikleri dikkate alınarak belirlenir. Ancak hava şartlarının da ışık düzeninin belirlenmesinde bir değişken olarak hesaba katılması, yağışlı havalarda değişen sürücü davranışı ve akım özelliklerini ortaya koymak açısından önemlidir.

Işıklı kavşaklarda devre süresi hesaplanırken hava şartlarının akımlar üzerindeki etkisi dikkate alınmaz. Ancak yağışlı havalarda sürücü davranışı, güvenli takip aralıklarının sağlanabilmesi

için taşıt hızlarının düşürülmesi şeklinde değişir. Ayrıca taşıtların hızlanma ve yavaşlama yetenekleri de yol kaplaması ile taşıt tekerlekleri arasındaki sürtünme (aderans) katsayısının bir fonksiyonudur. Gerekli altyapı (yağmur algılayıcı ve farklı devre programı) sağlandığında, yağışlı havalarda akımlar için bekleme ve ilerleme sürelerinin yeniden tanımlandığı farklı yeşil süreler uygulanabilecektir. Böylece kaplamanın kuru havanın yağmursuz olduğu durumlarda farklı, kaplamanın ıslak havanın yağmurlu olduğu durumlarda farklı süreli ışık denetimi kavşaklara uygulanabilecektir.

1.2 AMAÇ

Doğun akım değerinin hava şartlarının etkisi olmadan belirlenmesi, trafik akımının gerçek davranışını ortaya koymada yetersiz kalmaktadır. Bu çalışmada ışıklı kavşaklarda doğun akım değerinin yağmura bağlı olarak değişimini belirlenmesi ve trafik akımının gerçek davranışına yakın sonuçların elde edilmesi amaçlanmaktadır.

Saha çalışmalarından elde edilen sonuçların SIDRA INTERSECTION isimli yazılım kullanılarak mevcut durumun yağmurlu ve yağmursuz hava şartlarında kıyaslaması da bir diğer amaç olacaktır.

Çalışmanın, hava şartlarının doğun akım oranı üzerindeki etkisini belirlemede ülkemizde literatürde bulunan eksikliği tamamlaması planlanmıştır. Ayrıca hava şartları değiştiğinde uygulanabilecek bir ışık düzeni için gerekli olan doğun akım değerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece hava şartları değiştiğinde, gelişen duruma uygun bir ışık düzenine geçilebilecek ve trafik tıkanıklığından kaynaklanan gecikmeler azaltılabilecektir. Yolculuk süresindeki azalmanın sağlayacağı zaman kazancı ve bunun maddi değeri ile fosil yakıtlarından kaynaklanan salınımın azaltılması bu çalışmanın amaçlarından diğerleridir.

1.3 KAPSAM

Trafik, kesintili ve kesintisiz akımlarda farklı özellikler gösterdiğinden, bu iki akım türü kendi içerisinde ayrı ayrı değerlendirilir. Çalışmada konu edilen trafik akımı, kesintili akım olup bu tür akımlar genellikle kent içi karayollarında ışıklı kavşakların, akımı kesintiye uğratması ile oluşur. Dolayısıyla çalışma kapsamı, kesintili akıma ait kent içi trafiğinin düzenlenmesinde kullanılan ışıklı kavşaklar olarak sınırlandırılmıştır.

Bu tez beş bölümden oluşmaktadır. Tezin birinci bölümünde, tezin konusu, amacı, kapsamı ve çalışma yönteminden bahsedilmiştir. Tezin ikinci bölümünde, doygun akım değerinin tanımı yapılmış, doygun akım değeriyle ilgili yapılan çalışmalar belirtilmiş, hava şartlarındaki değişimin trafikteki etkisi incelenmiş ve hava şartlarındaki değişimin doygun akım değerine etkisini inceleyen çalışmalar özetlenmiştir. Tezin üçüncü bölümünde, yapılan saha çalışmalarına yer verilmiştir. Gözlemler ayrıntılarıyla anlatılmış, elde edilen veriler sunulmuş, doygun akım değerini yağmurlu ve yağmursuz havalarda yapılan gözlemlerden elde etmek için gerekli hesaplamalara yer verilmiştir. Tezin dördüncü bölümünde, SIDRA isimli yazılım tanıtılmış, program ile yapılan çalışmaların sonuçları ve değerlendirmeleri sunulmuştur. Tezin son bölümünde ise çalışmadan elde edilen sonuçlar sunulmuş ve çalışmayla ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

1.4 YÖNTEM

Işıklı kavşakların tasarımında etkin değişkenlerden biri olan doygun akım değerinin belirlenmesi için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, ayrıntıları Bölüm 3'te açıklanacak olan, zaman cinsinden aralık yöntemi kullanılmıştır. D010 numaralı devlet yolunun Zonguldak kent geçişi üzerinde altı adet ışıklı kavşak bulunmaktadır. Gözlemler sonucunda trafik yoğunluğunun en fazla olduğu kavşağın Terminal kavşağı olduğu belirlenmiş ve çalışmada bu kavşağın kullanılmasına karar verilmiştir. Öncelikle kavşağın geometrisinin ve işleyişinin belirlenmesi için çeşitli ölçümler yapılmıştır. Bu amaçla kamera kaydı yapılmış ve trafik hacimleri belirlenmiştir.

Hacim ölçümleri tamamlandıktan sonra sahada yapılan bir diğer çalışma, kavşak kolları üzerinde seyreden taşıtlar arasındaki zaman cinsinden aralığın (headway) belirlenmesi işidir. Gözlemci, kırmızı ışıkta bekleyen ve kuyruklanmış taşıt sayısının belirli bir değere (9-10 taşıt) ulaşmasını beklemiştir. Yeşil ışık yandığında taşıtlar harekete geçmiş ve gözlem yapılmak için belirlenmiş olan kesitten geçme süreleri, kronometre yardımıyla ölçülmüştür. Çalışmada her bir devrede kuyruklanacak taşıtların gözlemlenmesinin tekrarı için 50 sayısının anlamlı olacağı düşünülmüştür. Ölçümler sabah ve akşam zirve saatlerde, düz giden iki trafik şeridi için ayrı ayrı yapılmıştır. Doygun akım değeri üzerinde hava şartlarının etkisini tespit etmek amacıyla aynı işlemler bir de kaplamanın ıslak olduğu yağmurlu havalarda tekrarlanmıştır.

Zaman cinsinden aralık değerleri elde edildikten sonra, tüm devrelere ait hangi taşıttan sonra doğun aralığa ulaşıldığının tespiti için istatistik testlerinin kullanılması kararlaştırılmıştır. Taşıtların zaman cinsinden aralıkları, kuyruktaki sıralarına göre gruplandırılmış ve ANOVA testi uygulanmıştır. Doğun aralığa ulaşıldığında, akımın doğun olduğu durumda kuyrukta bulunan diğer taşıtların aralıklarının aritmetik ortalaması alınarak doğun aralık değeri bulunmuştur. Bu değer bir saatlik süreye (3600 saniye) bölünerek doğun akım değeri hesaplanmıştır. Aynı işlemler hem havanın güneşli (kaplamanın kuru) olduğu hem de havanın yağmurlu (kaplamanın ıslak) olduğu durumlar için yinelenmiştir. Çalışmada ayrıca ışıklı kavşaktaki her bir akım kolu için başlangıç zaman kayıpları bulunmuştur. Doğun zaman cinsinden aralığa ulaşıldığında, doğunluğa ulaşılmayan taşıtlar için zaman cinsinden aralık değerinden doğun zaman cinsinden aralık değerleri çıkarılarak bulunan farklar toplanmıştır. Böylece her bir gözlem için trafik akımındaki başlangıç kayıpları elde edilmiştir.

Tüm bunların yanı sıra, yağmurlu ve yağmursuz günlerde kamera kaydı ile elde edilen hacimler, kavşağın yatay ve düşey geometrisi ve diğer gerekli veriler kullanılarak kavşağın mevcut durumu SIDRA ile modellenmiştir. Mevcut durum modellemesinde, çalışmada hesaplanan doğun akım değerleri veri olarak kullanılmış ve yağmurlu ile yağmursuz havada sabah ve akşam elde edilen doğun akım değerleriyle, farklı devre sürelerine ait gecikmeler hesaplanmıştır.



BÖLÜM 2

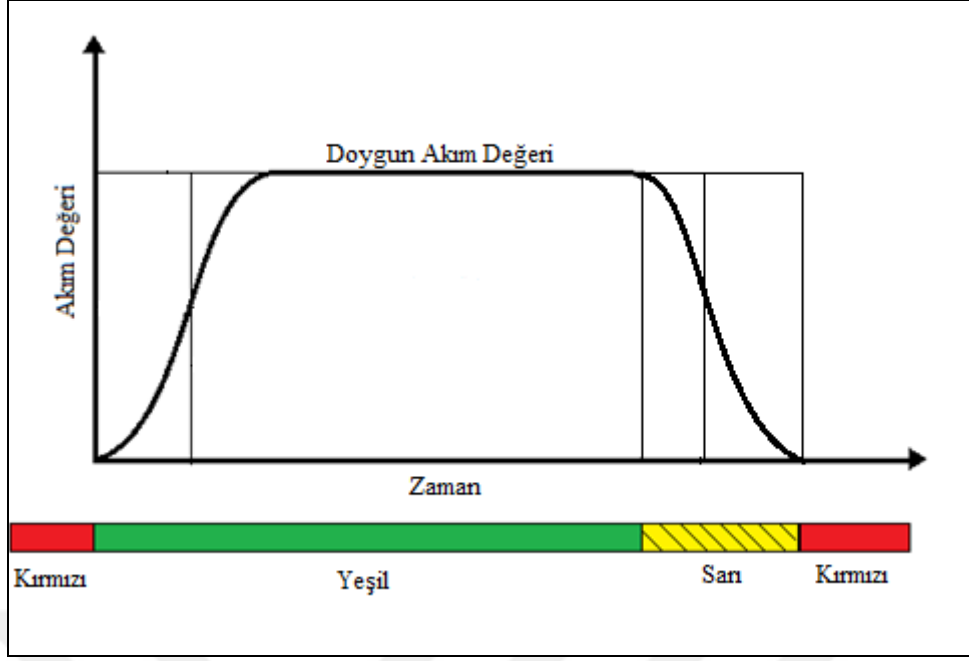
DOYGUN AKIM DEĞERİ

Kapasite, gecikme, kuyruk uzunluğu vb. kavşakların planlanmasındaki en önemli ölçütlerdendir. Kapasite; bir yol, kavşak ya da trafik şeridinin birim zamanda geçirebileceği en büyük taşıt sayısı iken gecikme; bir taşıtın bir kavşak ya da kontrol edilen bir kesimde geometrik etkenler, diğer taşıtlar ya da ışık denetim sistemleri sebebiyle kaybettiği zaman olarak tanımlanmaktadır (Ayfer 1977).

Kapasite, gecikme ve kuyruk uzunluğu gibi kavşak performansını belirleyen ölçütler, doygun akım oranının doğru şekilde belirlenmesinde de önemli bir yer tutar (Çetin 2015). Dolayısıyla kavşak performansını ve planlamasını etkileyen en önemli ölçütler doygun akım değerini de doğrudan etkilemektedir. Araştırmacılar özellikle bu konular ile ilgili incelemeler yapmakta ve yeni hesap yöntemleri geliştirmektedir. Yapılan her çalışma takip aralığıyla ilişkili olan doygun akım değerine bağlı olarak oluşturulmaktadır.

Doygun akım değeri, ışıklı bir kavşakta yeşil ışığın sürekli yanması durumunda bir saatte kavşaktan geçebilecek en fazla taşıt sayısı olarak tanımlanır (TRB 2000).

Kırmızı ışığın yanmasıyla kuyruklanmaya başlayan taşıtlar, yeşil ışığın yanmasıyla kuyruğu boşaltmaya başlarlar. İlk sıradaki taşıtların hareketiyle akımın boşalma değeri sürekli olarak yükselir ve bir süre sonra sabit değere ulaşır. Bu değere, doygun akım değeri denilmektedir. Işık yeşilden kırmızıya dönerken ise bu süreç tersten işler. Bu değişim, Şekil 2.1'de görülmektedir.



Şekil 2.1 Doygun akımın oluşumu (TRB 2000).

Doygun akım değeri tanımından, bu değer Denklem 2.1 kullanılarak hesaplanabilir.

$$s = \frac{3600}{h_s} \quad (2.1)$$

Denklemden;

s : Doygun akım değeri (tş/sa)

h_s : Zaman cinsinden doymuş aralık (sn)

Denklem 2.1’de görüldüğü gibi doymuş akım değeri, 3600’ün (1 saatlik süre) saniye cinsinden doymuş aralık değerine bölünmesiyle elde edilir.

Doygun akım değerinin trafik işletme koşulları, kavşak geometrisi ve çevresel ölçütler kullanılarak hesaplanması için Karayolu Kapasite El Kitabı (TRB 2000)’nda Denklem 2.2’de görülen eşitlik önerilmektedir.

$$s = s_o \times N \times f_w \times f_{HV} \times f_g \times f_p \times f_{bb} \times f_a \times f_{LU} \times f_{LT} \times f_{RT} \times f_{Lpb} \times f_{Rpb} \quad (2.2)$$

Denkleimde;

- s : Doygun akım değeri, (tş/sa)
 s_o : Temel doygun akım değeri, (bo/sa)
 N : Şerit grubundaki şerit sayısı,
 f_w : Şerit genişlik çarpanı,
 f_{HV} : Ağır taşıt çarpanı,
 f_g : Yaklaşım kolu eğim çarpanı,
 f_p : Parklanma çarpanı,
 f_{bb} : Otobüs tıkanma çarpanı,
 f_a : Bölge tipi çarpanı,
 f_{LU} : Şerit kullanım çarpanı,
 f_{LT} : Sola dönüş çarpanı,
 f_{RT} : Sağa dönüş çarpanı,
 f_{Lpb} : Sola dönüşler için yaya ve bisiklet düzeltme çarpanı,
 f_{Rpb} : Sağa dönüşler için yaya ve bisiklet düzeltme çarpanıdır.

Denklem 2.2'de doygun akım değerinin birçok değişkene bağlı olduğu görülmektedir. Bunlar kavşağın geometrik şekline, trafiğin işleyişine, çevresel etkenlere, taşıt türlerine vb. göre değişebilmektedir. Trafiğin ve yolun bazı özellikleri akım kolundaki trafik akışını doğrudan etkilemektedir. Kavşak kolu, şerit genişlikleri yetersiz ise, trafik akım hızı azalır ve doğal olarak taşıtlar arasında daha fazla boşluk oluşur. Dönüş hareketi yapan çok sayıda kamyon veya otobüs varsa doygun akım değeri düşer. Dolayısıyla, her bir şerit için farklı doygun akım değerlerinden söz etmek mümkündür. Doygun akım değeri, devre süresi ve yeşil sürelerin hesaplanmasında da önemli rol oynar.

2.1 DOYGUN AKIM DEĞERİNİN SAHA VERİLERİ İLE BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Doygun akım değerinin saha verileri kullanılarak belirlenmesinde kullanılan yöntemler aşağıda verilmiştir.

- Regresyon analizi yöntemi
- Transport and Road Research Laboratory (TRRL) yöntemi
- Zaman cinsinden aralık yöntemi

Bu yöntemlerde akımın; doymuş yeşil sürede, doymuş akım değerine sabit olduğu kabul edilir.

Regresyon analizi yönteminde; doymuş yeşil süre, farklı tipteki taşıtlar, taşıtların oranı ve çeşitli geometrik değişkenler kullanılarak doymuş akım değerinin belirlenebilmesi amacıyla bağlantılar üretilmeye çalışılır (Branston and Gipps 1981).

TRRL yönteminde doymuş yeşil süre üç kısma ayrılır. Her bir kısım için ışıktan ayrılan taşıt sayısı belirlenir. Orta kısımda geçiş yapan taşıt sayısının doymuş süre uzunluğuna bölünmesiyle doymuş akım değeri hesaplanmaktadır (TRRL 1963).

Zaman cinsinden aralık yönteminde ise yeşil ışığın yanmasıyla, kuyruktan boşalan taşıtların, ışık dur çizgesindeki ortalama takip aralığı değeri hesaplanır. Doymuş akım değeri hesaplanan ortalama takip aralığına bağlı olarak belirlenir (Greenshields et al. 1947). Bu yöntem doymuş aralığın belirlenmesinde en sık kullanılan yöntem olup, bu tez çalışmasında da doymuş akım değerinin belirlenmesi için bu yöntem kullanılacaktır. Zaman cinsinden doymuş aralığın yani takip aralığının hesabı Denklem 2.3’de sunulmaktadır.

$$h_s = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=a}^{n_i} h_{ij}}{\sum_{i=1}^m (n_i - (a - 1))} \quad (2.3)$$

Denklemden,

h_s : Zaman cinsinden doymuş aralık (sn)

h_{ij} : i’nci devrede kuyruktaki j’nci taşıtların zaman cinsinden aralığı (sn)

n_i : i’nci devrede kuyruktaki taşıtların sayısı

a : Zaman cinsinden doymuş aralığın başladığı taşıtların kuyruktaki sırası

m : Gözlem yapılan devre sayısıdır.

Takip aralığı elde edildikten sonra farklı yöntemlerle doymuş akım değerine ulaşmak mümkündür. Bu üç yöntem dışında doymuş akım değerini hesaplanmada kullanılan farklı yöntemler de mevcuttur.

2.2 DOYGUN AKIM DEĞERİ İLE İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Işıklı kavşaklara, devre süresi ve yeşil sürelerin hesaplanmasında kullanılan doygun akım kavramı, 1958 yılında Webster tarafından İngiltere’de tanımlanmıştır (Stokes 1988). Webster tarafından belirlenen doygun akım değerleri ile farklı ülkelerdeki yerel şartlarda elde edilen doygun akım değerleri arasında farklılıklar, bu konuda çok sayıda araştırma yapılmasına yol açmıştır. Doygun akım değerleri arasındaki bu farklılık, doygun akımın bağlı olduğu birçok değişkenin bir bölgeden diğerine göre büyük ölçüde değişebiliyor olmasından kaynaklanmaktadır.

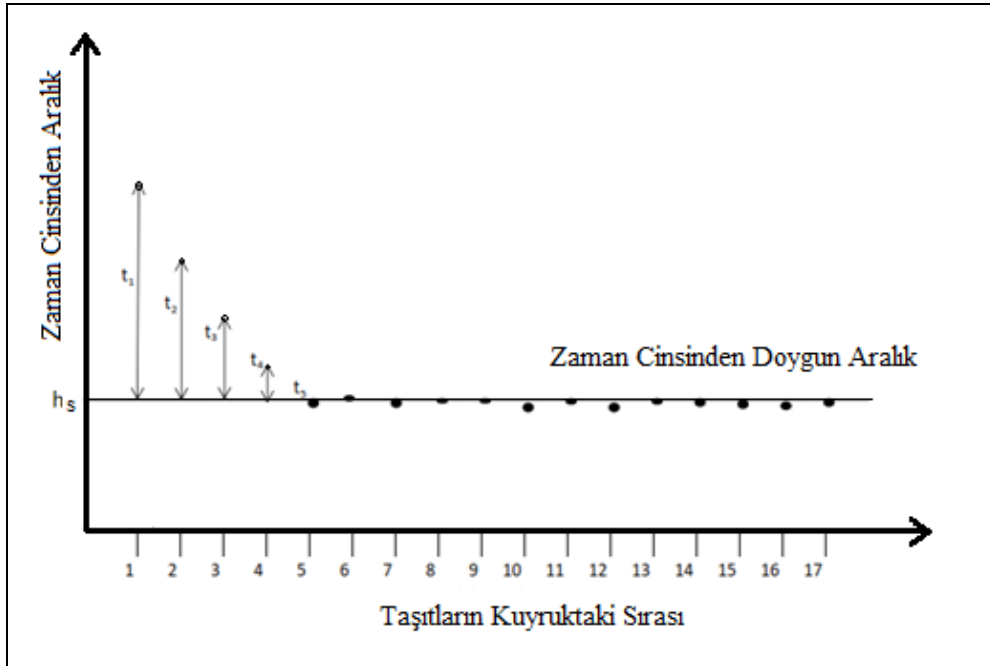
Doygun akım değerinde kullanıcı davranışı önemli etkenlerden biridir. Yapılan çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilmekte olup, doygun akım için kabul görmüş tek bir değer bulunmamaktadır. Dolayısıyla, doygun akım değeriyle ilgili çalışmalarda her bir araştırmacı yeni sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Fakat benzer şartlarda (yol geometrisi, hacimler, ışık süreleri, hava şartları vb.) benzer sonuçların elde edildiği de görülmüştür. Çizelge 2.1’de araştırmacıların, farklı yıllarda, farklı ülkelerde yaptıkları çalışmalar sonucunda elde ettikleri doygun akım değerleri sunulmuştur.

Çizelge 2.1 Farklı ülkelerde doymun akım değeri ile ilgili yapılan çalışmalar (Niittymaki and Pursula 1997, Turner and Harahap 1993, Stanic et al. 2011).

Araştırmacı	Araştırma Yılı	Ülke Adı	Doygun Akım Değeri (tş/sa/şrt)
Webster ve Cobbe	1963 - 1966	İngiltere	1675 - 1850
TRB	1965	ABD	1500 - 2000
Davies	1966	İngiltere	1325
Miller	1968	Avustralya	1710
Depolo	1971 - 1975	Sırbistan	1140 - 1698
Reilly vd.	1975	ABD	900 - 1750
Teply	1978	Kanada	1150 - 1750
Branston	1979	İngiltere	1757 - 1767
Akçelik	1980 - 1990	Avustralya	1270 - 1850
TRB	1980	ABD	1800
Bhattacharya	1982	Hindistan	1232
Vini and Pretty	1982	Kanada	1800
RIST	1982	Almanya	1800 - 2000
TRB	1985	ABD	1800
Kimber	1986	İngiltere	2080
Shoukry ve Huzayyin	1986	Mısır	1617
De Andrade	1988	Brazilya	1660
Hussain	1990	Malezya	1945
HEL	1990	Yunanistan	1972
Teply	1991	Kanada	1900
Tracz ve Tarko	1991	Polonya	1890
Stanić	1991	Sırbistan	1600 - 2120
Troutbeck	1994	Avustralya	2475
Hakkert	1994	İsrail	2176
Stanic	1994	Yugoslavya	2290
Stander	1994	Güney Afrika	1928
Bang	1994	Endonezya	600
Brillon	1994	Almanya	2000
Lam	1994	Hong Kong	1895
Noreika	1994	Litvanya	2045
Fujiwara	1994	Japonya	2000
TRB	1994	HCM 1994	1900
Troutbeck	1995	Avustralya	2000
Niittymaki ve Pursula	1995	Finlandiya	1940
Kehittämiskeskus	1996	Finlandiya	1750
TRB	2000	ABD	2000
HBS	2001	Almanya	2000
DANCAP	2002	Danimarka	2000
Čelar	2008	Sırbistan	1765 - 2150

Gelişmiş ülkelerdeki yapılan çalışmalarda şerit genişliğinin 3,5 m olduğu durumda düz giden akımlar için doymun akım değeri, 1700 ile 2080 tş/sa/şrt arasında değişmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde ise aynı şartlarda bu değer, 1200 ile 2000 tş/sa/şrt arasında değişmektedir (Turner and Harahap 1993).

Kırmızı ışığın yanmasıyla duran ve kuyruklanmaya başlayan taşıtlar, yeşil ışığın yanmasıyla beraber ilk taşıtın hareket etmesiyle kuyruğu boşaltmaya başlarlar. Kuyruktaki ilk taşıtın sürücüsü, yeşil ışığın başlangıcında ışık değişimini gözlemlemeli ve harekete geçmelidir. Işık değiştiğinde sürücü, kavşak boyunca hızlanarak göreceli olarak zaman cinsinden uzun bir aralıkta hareket eder. İkinci sürücü, ilk taşıt sürücüsünün tepki verip hızlanmaya başlamasına bağlı olarak aynı işlemi gerçekleştirir. İlk taşıtın sürücüsü hareket ettiğinde, ikinci taşıtın sürücüsü de bu hareketi gözlemlediğinden, harekete hazır halde bulunacaktır. İkinci taşıtın sürücüsü harekete geçeceği durumda ise, harekete hazır halde bulunduğu ve ilk taşıtın hareketine bağlı olarak ek bir süreye sahip olacağı için, ilk taşıtın sürücüsünden daha kısa bir zamanda hızlanabilir. Kuyrukta bekleyen her bir taşıt ve kendinden önceki taşıt için bu durum geçerlidir. Bu durum, belirli bir sayıda taşıt kavşağı geçene kadar sürer (Bester and Varndell 2002). Kuyruğun boşalmaya başlaması ve izleyen taşıtların zaman cinsinden aralıkları Şekil 2.2’de sunulmaktadır.



Şekil 2.2 Takip aralığının taşıtların kuyruktaki sırasına bağlı olarak değişimi (TRB 2000).

Şekil 2.2’den de görülebileceği gibi dur çizgisini geçen ardışık taşıtlar arasında geçen süre olarak tanımlanan zaman cinsinden aralık, bir süre sonra doygunluğa ulaşarak sabit kalmaktadır. Belli bir süreden sonra sabit kalan h_s değeri, taşıtlar arasındaki sabit ortalama aralık olarak öngörülen doygun aralık değerini temsil eder ve yeşilin başlangıcından, kuyrukta olan son taşıt kavşaktan ayrılıncaya kadar sürer. Çalışmalarda genellikle ilk beş-altı taşıttan sonra zaman cinsinden aralıkların sabit olduğu düşünülmekte ve taşıtların doygun aralığa ulaştığı kabul edilmektedir (TRB 2000).

Toplam başlangıç zaman kaybı Denklem 2.4’te sunulmuştur (TRB 2000).

$$l_l = \sum_{i=1}^{(a-1)} t_i \quad (2.4)$$

l_l : Toplam başlangıç zaman kaybı (sn)

t_i : Kuyrukta i. sıradaki taşıt için kayıp zaman (sn)

a : Zaman cinsinden doygun aralığın başladığı taşıttın kuyruktaki sırası

Kuyruktaki i. sıradaki taşıt için kayıp zaman ise Denklem 2.5’te sunulmuştur.

$$t_i = h_j - h_s \quad (2.5)$$

t_i : Kuyrukta i. sıradaki taşıt için kayıp zaman (sn)

h_j : j’inci devrede kuyruktaki taşıttın zaman cinsinden aralığı (sn)

h_s : Zaman cinsinden doygun aralık (sn)

Doygun akım değerinin gerçeğe en yakın şekilde hesaplanabilmesi için, başlangıç zaman kaybının iyi anlaşılması ve dikkatle hesaplanması gerekmektedir.

2.3 HAVA ŞARTLARINDAKİ DEĞİŞİMİN DOYGUN AKIM DEĞERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR

Hava şartlarındaki değişimler ve etkilerinin tespiti için araştırmacılar farklı sınıflandırmalar kullanmaktadırlar. Bunun nedeni, bu şartların tip ve büyüklük bakımından önemli derecede farklılık göstermesidir (Rakha 2008). Bazı hava şartları (kasırga, sel, tayfun vs.) doğal yollarla oluşur ve şiddetlidirler. Bu nedenle sürücülerin, bu hava şartları karşısında hareketlerini

kontrol edilebilmeleri söz konusu değildir. Bu aşırı şartlar, yapılan çalışmaların dışında tutulmaktadır. Diğer hava şartları (hafif ve şiddetli yağmur, hafif ve yoğun kar, sis vb.) sürücülerin taşıtlarında kabul edilebilir düzeyde kontrol sağlmasına olanak tanır. Bu kontrol tabii ki normal hava şartları altındakiyle aynı anlamda bir kontrol değildir (Mahmassani et al. 2009). Kar ve sis gibi hava olayları, trafiği durma noktasına getirebilir. Daha yaygın olan yağmurun da trafiği olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir.

Literatürde yer alan çeşitli çalışmalarda, hava şartlarının trafik üzerinde önemli etkilerinin olduğu belirtilmektedir. Bu konu, trafik mühendisleri ve planlayıcıların da uzun vadeli çözümler bulmakta zorlandıkları konulardandır. Olumsuz havanın trafikteki olumsuz etkileri, sürücüler ve yolcular tarafından iyi bilinmektedir. Çünkü hava olayları, sürücü davranışlarını ve yolcuların trafikteki hareketlerini doğrudan etkilemektedir. Olumsuz hava şartları altında, özellikle karlı ve buzlu havalarda sürücülerin hızlanma ve yavaşlama kabiliyetlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca bu şartlarda sürücülerin kazaya karışma riskleri de artmakta, kazalar ve ölüm oranları da doğrudan etkilenmektedir (Goodwin 2002).

Çizelge 2.2’de farklı hava durumlarının, yollarda ve trafiğin işleyişiyle ilgili oluşturduğu olumsuzluklar sunulmuştur.

Çizelge 2.2 Farklı hava durumlarının olumsuz etkileri (Pisano and Goodwin 2002).

Hava Durumu	Olumsuz Etkileri
Yağmur, kar, karla karışık yağmur, dolu, sel	<ul style="list-style-type: none">• Yol kapasitesinde azalma• Sürücüler tarafından hızların azaltılmasına bağlı olarak gecikmelerin artması• Hız değişkenliği artışı• Kaza riskinin artışı• Yol/köprü kapatılması ve kısıtlamaları• Görüş uzunluğunun azalması• Sürtünmelerin azalması• Şerit tıkanıklığının artması• Düşük taşıt performansı• Altyapı hasarları

Çizelge 2.2 (devam ediyor)

Kuvvetli rüzgâr	<ul style="list-style-type: none">• Sürücüler tarafından hızların azaltılmasına bağlı olarak gecikmelerin artması• Yol/köprü kapatılma ve kısıtlamaları• Tozların rüzgâr etkisiyle hareketine bağlı görüş uzunluğunun azalması• Sürüklenen kar yüzünden yolların kapanması• Düşük taşıt performansı
Sis, duman	<ul style="list-style-type: none">• Sürücüler tarafından hızların azaltılmasına bağlı olarak gecikmelerin artması• Hız değişkenliği artışı• Kaza riskinin artışı• Görüş uzunluklarının azalması• Yol/köprü kapatılması ve kısıtlamaları
Yıldırım, aşırı sıcaklar	<ul style="list-style-type: none">• Trafik denetim aygıtları arızaları• Güç/iletişim hizmetleri kayıpları• Altyapı hasarları

Çizelge 2.2’de de görüldüğü gibi hava şartlarındaki değişim, trafikte önemli etkilere neden olmaktadır. Yağmur, kar, karla karışık yağmur, sis vb. olumsuz hava şartları her zaman trafik tıkanıklığına sebep olmakta ve yol güvenliğine yönelik ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Çarpışma sıklığı ve çarpışma şiddeti de yine hava şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Trafik sıkışıklıkları ile taşıtların trafikte daha düşük hızlarla hareket etmesi gecikmelere sebep olmakta, dolayısıyla daha düşük trafik hacimleri ile hız farkları oluşmakta ve buna bağlı olarak da yol kapasitesinde değişiklikler oluşmaktadır.

Sinyalizasyon, modern ulaşım sisteminde özellikle şehir içinde önemli bir rol oynamaktadır. Sinyal süreleri, normal hava şartlarındaki trafiğe yanıt verecek şekilde tasarlanmaktadır. Ancak, normal hava şartları için tasarlanan ışık denetim sistemleri, olumsuz hava şartları için uygun olmayabilmektedir. Özellikle ana arterlerde, olumsuz hava şartları trafik ışıklarını da zamanlama planları açısından ciddi anlamda etkilemektedir. Normal şartlar için belirlenen

zamanlama değişkenlerinin sayısal değerleri, hava Şartları deęiŐtikçe aynı kalmayabilmektedir (Goodwin 2002).

IŞık denetim zamanlamasını olumsuz hava Şartlarına uyarlamak, olumsuz havalarda ışıklı kavşaklarda trafik verimliliğini ve yol g¼venlięini artırma potansiyelini taŐır. Bu nedenle, hava durumuna duyarlı ışık planlarının uygulanması trafik iÇin çok ¼nemli bir uygulama olabilme ¼zellięi taŐımaktadır. Trafik m¼hendisleri ve planlamacıları, hava durumu bilgisini toplayan, öz¼mleyebilen ve ¼ng¼rebilen, mevcut sistemlerini tamamlayan yeni sistemler geliştirmeye y¼nelik çalışmalar yapmaktadır (Smith et al. 2004).

Literat¼rde, trafik akımı ve hareketliliğin hava Şartlarına bağlı olarak değişimi ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmaların birçoğu hız, yolculuk s¼resindeki değişiklikler, baŐlangıŐ gecikmesi ve doğgun akım değeri gibi değerlerin belirlenerek, hava Şartlarına bağlı deęiŐimlerin etki boyutlarının tespitiyle, bunun trafikteki b¼y¼k ¼lekli etkilerinin belirlenmesi çerçevesinde gerçekleşmektedir.

Doğgun akım ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde; bu değerin belirlenmesi, değişimi ve deęiŐimine sebep olan değişkenler gibi pek çok konu ¼zerinde araŐtırmalar yapıldığı g¼r¼lmektedir. Ancak tez konusu olarak seçilmiŐ olan, doğgun akım değerinin hava Şartlarına bağlı değişimi ile ilgili uluslararası d¼zeyde araŐtırmalar olmasına karŐın, ¼lkemizde yapılmış herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Alaska Fairbanks kentinde yapılan bir çalışmada, ışıklı kavşaklarda hava Şartlarının doğgun akım değeri ¼zerindeki etkisi incelenmiştir (Botha and Kruse 1992). Çalışmada buz, kar ve don Şartlarında elde edilen doğgun akım değerlerinde, kaplamanın kuru olduğu yaz aylarına oranla %20 oranında bir azalma olduğu g¼r¼lm¼Őt¼r. Ayrıca çalışmada buz ve karın ışıklı kavşaklarda baŐlangıŐ zaman kayıplarını nasıl etkilediği incelenmiş ve baŐlangıŐ zaman kayıplarında da artış olduğu belirtilmiştir.

Yapılan bir çalışmada İngiltere’de hava deęiŐimlerinin trafik ¼zerindeki etkileri araştırılmıştır (Gillam and Withill 1992). Mart ile Kasım 1991 arasında d¼rt b¼lgede, kuru ve ıŐlak yol y¼zeyi Şartlarında trafik akımı g¼zlemlenmiŐtir. Kaplamanın kuru olduğu duruma kıyasla, ıŐlak olduğu durumda yolculuk s¼resinin ortalama %11 arttığı belirlenmiştir. Çalışmada, ıŐlak kaplamada doğgun akım değerinin %6 oranında azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca, s¼r¼c¼ ve taşıt

performanslarındaki düşüşlerin de olumsuz hava şartlarındaki tıkanıklığın artmasında önemli bir etken olduğu sonucuna varılmıştır.

Seul şehrinde 1997 yılının Eylül ayı yağmur miktarları ile trafik verileri kullanılarak yapılan çalışmada, yağmurun doymuş akım ve kapasite üzerindeki etkileri belirlenmeye çalışılmıştır (Shin and Choi 1998). Yağmurun kavşaktaki doymuş akım değerini, kuru havaya ait doymuş akım değerinin % 87 ile 96'sına düşürdüğü tespit edilmiştir.

Minnesota Ulaştırma Birimi, olumsuz havanın ışıklı kavşaklar üzerindeki etkisini değerlendirmiştir (Maki 1999). 1998-1999 kışında, Minneapolis'te belirlenmiş beş ışıklı kavşakta zirve saatler boyunca normal ve olumsuz hava şartlarında, yolculuk süresi, hız, hacim, başlangıç zaman kaybı ve doymuş akım değeri ölçümleri yapılmıştır. Olumsuz hava olayı olarak kar yağışı dikkate alınmıştır. Normal şartlarda 80 km/sa olan ortalama yolculuk hızının, olumsuz şartlarda 50 km/saate düştüğü belirlenmiş, başlangıç kayıp süresi 2 saniyeden 3 saniyeye çıkmış, doymuş akım değeri ise 1800 tş/sa değerinden 1600 tş/sa değerine düşmüştür. Olumsuz havanın trafik akışını etkileyen değişkenler üzerindeki etkisinin yanı sıra, ışık denetimi üzerindeki etkisi de araştırılmıştır. Taşıt başına düşen ışık gecikmesinin azaldığını, beklenmeyen bu küçük etkinin, olumsuz hava şartlarındaki azalmış talebin bir sonucu olabileceğini savunmuştur.

1999-2000 kışında, Utah eyaleti Salt Lake kentindeki iki ışıklı kavşak üzerinde zirve saatlerde, dört yaklaşım kolu için doymuş akım oranı, başlangıç zaman kayıpları ve taşıt hızlarına ait veriler toplanmıştır (Martin et al. 2000). Olumsuz hava şartları arttıkça hem doymuş akım değerinde, hem de hızda net bir azalma olduğu sonucu elde edilmiştir.

Karayolu Kapasite El Kitabı'nda hafif yağmurun doymuş akım değerinde ciddi bir değişime sebep olmadığı belirtilmiştir (TRB 2000). 2400 tş/sa'lik bir doymuş akım değerinde açık hava ve kuru şartlar altında 89 ila 95 km/sa arasındaki hızların, hafif yağmurun etkisiyle yaklaşık 82 km/sa'e düştüğü, şiddetli yağışın etkisiyle ise 76 ve 79 km/sa'e düştüğü belirtilmiştir. Yani hafif yağış ve şiddetli yağış altında yaklaşık %14-15 gibi bir hız azalması belirlenmiştir.

Yapılan bir diğer çalışmada kış döneminde Utah eyaletinde iki kavşakta trafik akımı incelenmiştir (Perrin and Martin 2002). Doymuş akım değerinin olumsuz hava şartlarında azaldığı gözlemlenmiştir. Kar ve sulu karın, taşıtların hızlanma ve yavaşlama hareketini

kısıtladığı belirtilmiştir. Islak yol yüzeyinin ve karla kaplı yol yüzeyinin başlangıç gecikmesini kaplamanın kuru olduğu duruma göre sırasıyla %5 ve %23 oranında arttırdığı saptanmıştır.

Olumsuz havanın doymun akım değerine ve başlangıç zaman kayıplarına etkisini nicelleştirmek için Vermont eyaletinde bulunan bir kavşakta saha verileri toplanmıştır (Sadek and Amison-Agboloso 2004). Çalışma, 2002-2003 ve 2003-2004 kış mevsiminde 956 saatlik video kayıtlarından elde edilen verilerle yapılmıştır. Altı farklı hava şartında her iki değişkendeki farklılıkları belirlemek için tanımlayıcı istatistiksel çözümler gerçekleştirilmiştir. Sonuçlardan, doymun akım değerinde %2 ile %24 arasında bir azalma ve başlangıç zaman kaybında ise genel bir artış eğilimi belirlenmiştir.

Virginia eyaletinin Blacksburg şehrindeki ışıklı kavşaklarda yapılan çalışmada, olumsuz hava şartları ve şerit sayısının doymun akım değeri üzerindeki etkisi incelenmiştir (Rakha et al. 2010). 2009-2010 kış aylarında toplanan trafik ve hava verilerini kullanarak öncelikle hava şartlarının sürücü davranışları, doymun akım değeri ve kavşak kapasitesi üzerindeki etkisi değerlendirilmiş ve bir model üretilmiştir. Araştırma sonucunda bulunan modelin, akıllı ulaşım sistemi (AUS) ve IntelliDrive uygulamalarını geliştirmeye katkıda bulunduğu bildirilmiştir.

Viyana'da 3 farklı kavşak noktasında video kayıtlarından elde edilen verilerle bir taşıt davranış modeli oluşturulmuş ve hava şartlarının doymun akım değeri üzerindeki etkileri incelenmiştir (Asamer and Van Zuylen 2011). Farklı kaplama şartlarında (kuru, ıslak ve karlı) ve farklı yağış şartlarında (yağışsız, hafif ve ağır) doymun akım değerleri elde edilmiştir. Doymun akım değerinin önemli ölçüde yol yüzeyindeki kardan etkilendiği ve bu değer sürücü davranışına göre değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Normal şartlar ile karşılaştırıldığında, tam karla kaplı bir yol için doymun akım değerinde %30 oranında bir azalma ölçülmüştür. Yol yüzeyinin sulu karla kaplı olması durumunda azalmanın daha düşük olduğu gözlenmiştir.

Yapılan çalışmaların çoğunda, olumsuz havanın trafik akım özellikleri (doymun akım değeri, serbest akım hızı ve başlangıç zaman kayıpları) üzerindeki etkilerinin sayısallaştırılması üzerinde durulmuştur. Bu çalışmalarda genel olarak, olumsuz hava şartlarında doymun akım değerinin azaldığı konusunda bir fikir birliği vardır. Yapılan çalışmalar ışığında buz, kar, don

ve yağmurda elde edilen doygun akım değerlerinin, kaplamanın kuru olduğu yağışsız yaz aylarına oranla azaldığını söylemek mümkündür. Ayrıca, ıslak ve karla kaplı yol yüzeyinin başlangıç gecikmesinin, kaplamanın kuru olduğu duruma göre daha fazla olduğu da yine elde edilen sonuçlardandır. Ancak tekrarlamak gerekir ki, yapılan her çalışmada sürücü davranışları, altyapı özellikleri, geometrik şartlar, coğrafi şartlar vb. faktörler her zaman göz önünde bulundurulmalı, hava etkileri tanımlanmalı ve diğerkülkelerde elde edilen sonuçlarla bu şartlarda karşılaştırılmalıdır.



BÖLÜM 3

SAHA ÇALIŞMALARI

3.1 ZONGULDAK 100. YIL ŞEHİRLERARASI OTOBÜS TERMİNALİ KAVŞAĞI

Zonguldak kent merkezinde bulunan 100. yıl şehirlerarası otobüs terminali kavşağı, D010 numaralı Devlet Karayolu Milli Egemenlik Caddesi üzerindedir. Zonguldak kent geçişi üzerinde bulunan altı ışıklı kavşaktan çalışmaya uygun olarak bu kavşak belirlenmiştir. Trafik yükü fazla olan kavşakta özellikle zirve saatlerde kuyruklanmalar ve buna bağlı olarak da gecikmeler artmaktadır. Ana akım kolu üzerindeki kuyruklanmalar diğer kavşakları da etkilediğinden, hem şehrin merkezine yakın olması, hem terminal kavşağı olması hem de mevcut taşıt hacmi fazlalığından dolayı, çalışma bu kavşak üzerinde yapılmıştır. Kavşak, terminaldeki otobüslerin hareket sürekliliği, şehir içi ve şehirlerarası tır, kamyon gibi ağır taşıtların kullandığı tek yol üzerinde olması ve zirve saatlerde hafif taşıt trafiğine eklenen ağır taşıtlarla beraber oldukça yoğun bir trafiğe sahiptir.

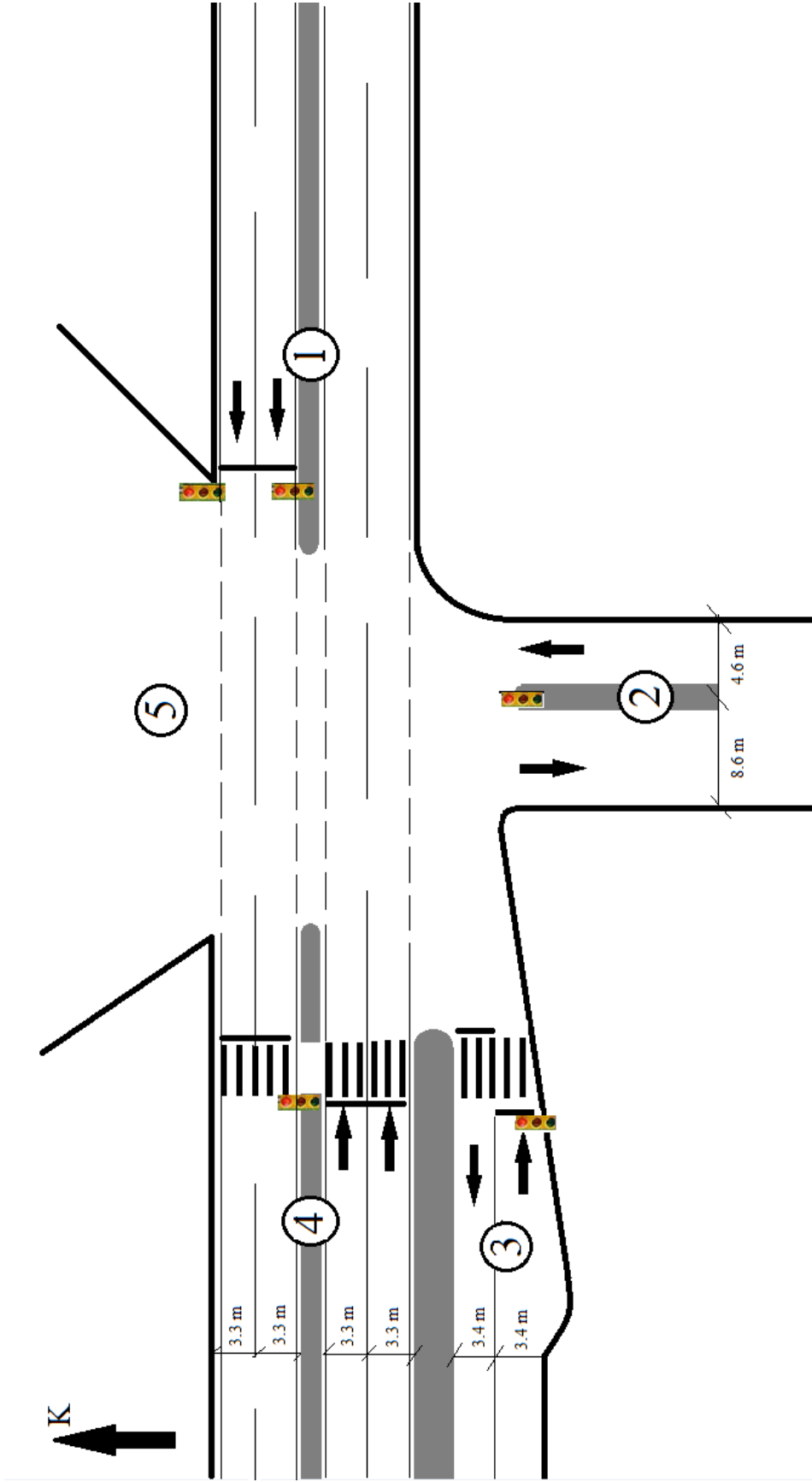
Çalışmanın yapıldığı kavşağın havadan görünüşü Şekil 3.1’de, yer seviyesinden görünüşü ise Şekil 3.2’de sunulmuştur. Şekillerden de görüldüğü gibi, incelenen kavşak beş kollu ışıklı bir kavşaktır. Kavşak yaklaşımlarından dördü ışıklı, kuzey yönündeki yaklaşım ise ışiksiz olarak işletilmektedir. Kavşağa ait geometrik veriler Şekil 3.3’te sunulmuştur.



Şekil 3.1 Zonguldak 100. yıl şehirlerarası otobüs terminal kavşağının havadan görünüşü.



Şekil 3.2 İncelenen kavşağın yer seviyesinden görüntüsü.



Şekil 3.3 İncelenen kavşağın geometrik özellikleri.

Kavşakta;

1 yaklaşımında, kent merkezinden gelen akım diğer bir ilçe olan Kozlu yönüne gitmektedir ve bu kol iki gidiş şeridinden oluşmaktadır. Sağ şerit düz giden taşıtlar tarafından, sol şerit ise genellikle 2 ya da 3 numaralı kolda devam edecek taşıtlar tarafından kullanılmaktadır. Bu akım kolunda özellikle düz giden taşıtlarda, mevcut devre süresinde kuyruklanmalar oldukça fazladır.

2 yaklaşımı terminale ait olup, bir gidiş bir geliş olmak üzere toplam iki şeritten oluşmaktadır. Bu kol taşıtların terminale giriş ve çıkışları için kullanılmakta olup diğer üç koldan da bu akım koluna giriş ve çıkış vardır.

3 yaklaşımı bir şerit gidiş ve bir şerit geliş olmak üzere toplam iki şeritten oluşmaktadır. Balkaya Sokak'tan gelen akım sağ şeritten devam etmekte ve 4 numaralı koldan gelen akıma katılarak şehir merkezi yönünde ilerlemekte ya da 2 numaralı akım yönünde sağa dönmektedir. 3 numaralı akım koluna giden akımlar ise 1 ve 2 numaralı kollardan gelen akımlardır ve Balkaya Sokak yönünde ilerlemektedir.

4 yaklaşımında, Kozlu ilçesinden gelen akım şehir merkezine doğru gitmektedir. Bu akım kolu da iki gidiş şeridinden oluşmaktadır. Sürücüler genellikle sol şeridi düz gitmek, sağ şeridi ise terminale dönmek için kullanmaktadır. Bu akım kolunda da mevcut devre süresinde, sol şeritte kuyruklanmalar mevcuttur. Mevcut kollarin hiçbir şeridinde parklanma bulunmamaktadır.

5 yaklaşımı ışıksız işletilmektedir. Taşıtlar genelde parklanma ya da kısa süreli bekleme yapmak amacıyla bu yaklaşımı kullanmaktadırlar. Dolayısıyla çok fazla trafik yoğunluğu bulunmamaktadır ve ışıkla kontrol gereği duyulmamıştır. Taşıtlar kontrollü bir şekilde giriş çıkışlarını sağlamaktadırlar.

3.2 SAHADA TOPLANAN TRAFİK VERİLERİ

Çalışma kapsamında sahada, trafik hacimleri ve zaman cinsinden aralık değerlerinin belirlenmesi amacıyla iki farklı veri toplanmıştır.

İlk olarak trafik hacimlerinin belirlenmesi için, terminal kavşağında yağmursuz ve yağmurlu havalarda sabah ve akşam zirve saatlerinde video kamera kullanılarak çekimler yapılmış, her bir yaklaşım ve akım koluna ait hacim verileri toplanmıştır. Verilerin toplanma zamanları aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- İlk kayıt, yağmursuz olan 13.03.2017 Pazartesi günü sabah 07.30-08.30 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir.
- İkinci kayıt, yağmursuz olan 13.03.2017 Pazartesi günü akşam 18.00-19.00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir.
- Üçüncü kayıt, yağmurlu olan 26.02.2018 Pazartesi günü sabah 07.30-08.30 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir.
- Dördüncü ve son kayıt ise, yağmurlu olan 28.02.2018 Çarşamba günü akşam 18.00-19.00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir.

İkinci olarak zaman cinsinden aralıkların belirlenmesi için, terminal kavşağında yağmurlu ve yağmursuz havalarda sabah ve akşam zirve saatlerde (1-4) sağ şerit ile (4-1) sol şerit akım kollarında zaman cinsinden aralık verileri toplanmıştır. Verilerin toplanma zamanları aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- İlk ölçüm olan yağmursuz havada sabah ölçümü 14 Mart 2017 Salı günü 08.30-10.30 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir.
- İkinci ölçüm olan yağmursuz havada akşam ölçümü 16 Mart 2017 Perşembe günü 17.00-20.00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir.
- Üçüncü ölçüm olan yağmurlu havada sabah ölçümü 17 Mart 2017 Cuma günü 08.00-10.00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir.
- Dördüncü ve son ölçüm olan yağmurlu havada akşam ölçümü ise 17 Mart 2017 Cuma günü 17.00-20.00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir.

3.2.1 Trafik Hacim Gözlemleri

Bir yol kesitinden belli bir sürede geçen toplam taşıt sayısına hacim denir. Hacmin belirlenmesindeki süre herhangi bir değere sahip olup genellikle yıllık, günlük, saatlik veya 15 dakikalık dilimler kullanılır (KGM 2005).

Saha çalışmasında, trafik hacimleri kamera yardımıyla akımın kaydedilip sonradan sayılması şeklinde ölçülmüştür. Kamera çekimleri için valilikten gerekli izinler alınmış olup kamera Balkaya Sokak ile Terminalin kesişiminin güney batısındaki tepeye yerleştirilmiştir. Kavşağa ait kamera kaydı 60 dakika olacak şekilde planlanmıştır. Kameranın tüm kolları görebilecek şekilde yerleştirilmesine özen gösterilmiştir. Trafik hacimleri, hafif ve ağır taşıt olarak gruplandırılmıştır. Otomobil, taksi, dolmuş, minibüs, kamyonet, servis minibüsleri, vb. hafif taşıt olarak, otobüs, kamyon, tır, vb. taşıtlar ise ağır taşıt olarak belirlenmiştir.

Terminal kavşağı 1, 2, 3, 4 ve 5 yaklaşım koluna ait her bir akım kolu için yağmursuz havada sabah (13.03.2017 Pazartesi, 07.30-08.30) gözlemlenen hacim değerleri Çizelge 3.1’de sunulmuştur.

Çizelge 3.1 Terminal kavşağı yağmursuz sabah hacim değerleri.

Yaklaşım	Akım Kolu	07.30-07.45		07.45-08.00		08.00-08.15		08.15-08.30		TOPLAM	
		H.T.	A.T.	H.T.	A.T.	H.T.	A.T.	H.T.	A.T.	H.T.	A.T.
1 Yaklaşımı	1-2	12	1	12	0	10	0	14	1	48	2
	1-3	56	0	48	0	45	1	36	0	185	1
	1-4	173	5	189	11	170	7	179	3	711	26
	1-5	1	0	2	0	2	0	1	0	6	0
	Toplam	242	6	251	11	227	8	230	4	950	29
2 Yaklaşımı	2-1	0	1	1	0	1	0	0	1	2	2
	2-3	2	0	1	0	1	0	2	0	6	0
	2-4	1	1	1	0	1	5	3	0	6	6
	2-5	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Toplam	4	2	3	0	3	5	5	1	15	8
3 Yaklaşımı	3-1	78	0	85	0	64	0	61	0	288	0
	3-2	3	2	7	0	2	0	3	0	15	2
	3-4	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0
	3-5	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0
	Toplam	82	2	93	0	66	0	66	0	307	2
4 Yaklaşımı	4-1	267	5	243	4	197	7	158	7	865	23
	4-2	5	2	3	1	3	0	4	2	15	5
	4-3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	4-5	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0
	Toplam	272	7	247	5	202	7	162	9	883	28
5 Yaklaşımı	5-1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	5-2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5-3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5-4	0	0	0	0	1	2	0	0	1	2
	Toplam	0	0	2	0	2	2	0	0	4	2

Çizelge 3.1’de görüldüğü gibi 1 yaklaşımında en yüksek hacme sahip akım kolu 1-4 iken, en düşük hacme sahip akım kolu 1-5 olarak belirlenmiştir. 1 yaklaşımına ait her akım kolunda toplam saatlik hacimler, 950 hafif taşıt ve 29 ağır taşıt olarak tespit edilmiştir.

2 yaklaşımında en yüksek hacme sahip akım kolu 2-4 iken, en düşük hacme sahip akım kolu 2-5 olarak belirlenmiştir. 2 yaklaşımına ait her yöne toplam saatlik hacimler, 15 hafif taşıt ve 8 ağır taşıt olarak tespit edilmiştir.

3 yaklaşımında en yüksek hacme sahip akım kolu 3-1 iken, en düşük hacme sahip akım kolu 3-4 ile 3-5 olarak belirlenmiştir. 3 yaklaşımına ait her akım kolunda toplam saatlik hacimler, 307 hafif taşıt ve 2 ağır taşıt olarak tespit edilmiştir.

4 yaklaşımında en yüksek hacme sahip akım kolu 4-1 iken, en düşük hacme sahip akım kolu 4-3 olarak belirlenmiştir. 4 yaklaşımına ait her akım kolunda toplam saatlik hacimler, 883 hafif taşıt ve 28 ağır taşıt olarak tespit edilmiştir.

5 yaklaşımına ait her akım kolunda toplam saatlik hacimler, 4 hafif taşıt ve 2 ağır taşıt olarak tespit edilmiştir. Trafik hacmi en düşük olan yaklaşım budur.

Yağmursuz sabah hacim değerleri için tüm yaklaşımlar içerisinde özellikle 1 ve 4 yaklaşımlarına ait hafif ve ağır taşıt hacimleri oldukça fazladır. 3 yaklaşımına ait hacimlerde de yoğunluk gözükmemektedir. 2 yaklaşımı ile 5 yaklaşımı saatlik hacimleri ise tahmin edildiği üzere oldukça azdır.

Terminal kavşağı 1, 2, 3, 4 ve 5 yaklaşım koluna ait her bir akım kolu için yağmurlu havada sabah (26.02.2018 Pazartesi, 07.30-08.30) gözlemlenen hacim değerleri Çizelge 3.2’de sunulmuştur.

Çizelge 3.2 Terminal kavşağı yağmurlu sabah hacim değerleri.

Yaklaşım	Akım Kolu	07.30-07.45		07.45-08.00		08.00-08.15		08.15-08.30		TOPLAM	
		H.T.	A.T.	H.T.	A.T.	H.T.	A.T.	H.T.	A.T.	H.T.	A.T.
1 Yaklaşımı	1-2	10	1	14	1	13	1	11	0	48	3
	1-3	32	0	49	0	63	0	45	0	189	0
	1-4	171	4	204	8	198	4	205	11	778	27
	1-5	4	0	2	0	0	1	0	0	6	1
	Toplam	217	5	269	9	274	6	261	11	1021	31
2 Yaklaşımı	2-1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
	2-3	1	0	0	0	2	0	2	0	5	0
	2-4	1	1	0	0	1	2	1	1	3	4
	2-5	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
	Toplam	2	2	0	0	4	2	4	1	10	5
3 Yaklaşımı	3-1	85	1	97	1	93	0	77	0	352	2
	3-2	1	0	3	0	4	0	5	0	13	0
	3-4	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	3-5	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0
	Toplam	86	1	102	1	97	0	83	0	368	2
4 Yaklaşımı	4-1	199	3	272	5	216	10	214	8	901	26
	4-2	3	1	2	4	3	3	3	0	11	8
	4-3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	4-5	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Toplam	202	4	274	9	220	13	217	8	913	34
5 Yaklaşımı	5-1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5-3	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0
	5-4	1	0	2	0	1	0	0	0	4	0
	Toplam	2	0	2	0	1	0	2	0	7	0

Çizelge 3.2’de görüldüğü gibi, 1 yaklaşımında en yüksek hacme sahip akım kolu 1-4 iken, en düşük hacme sahip akım kolu 1-5 olarak belirlenmiştir. 1 yaklaşımına ait her akım kolunda toplam saatlik hacimler, 1021 hafif taşıt ve 31 ağır taşıt olarak tespit edilmiştir.

2 yaklaşımında en yüksek hacme sahip akım kolu 2-3 iken, en düşük hacme sahip akım kolu 2-5 olarak belirlenmiştir. 2 yaklaşımına ait her yöne toplam saatlik hacimler, 10 hafif taşıt ve 5 ağır taşıt olarak tespit edilmiştir.

3 yaklaşımında en yüksek hacme sahip akım kolu 3-1 iken, en düşük hacme sahip akım kolu 3-4 olarak belirlenmiştir. 3 yaklaşımına ait her akım kolunda toplam saatlik hacimler, 368 hafif taşıt ve 2 ağır taşıt olarak tespit edilmiştir.

4 yaklaşımında en yüksek hacme sahip akım kolu 4-1 iken, en düşük hacme sahip akım kolu 4-3 ve 4-5 olarak belirlenmiştir. 4 yaklaşımına ait her akım kolunda toplam saatlik hacimler, 913 hafif taşıt ve 34 ağır taşıt olarak tespit edilmiştir.

5 yaklaşımına ait her akım kolunda toplam saatlik hacimler, 7 hafif taşıt ve 0 ağır taşıt olarak tespit edilmiştir. Trafik hacmi en düşük olan yaklaşım budur.

Yağmurlu sabah hacim değerleri için özellikle 1 ve 4 yaklaşımlarına ait hafif ve ağır taşıt hacimleri oldukça fazladır. 3 yaklaşımına ait hacimlerde de yoğunluk gözükmemektedir. 2 yaklaşımı ile 5 yaklaşımı saatlik hacimleri ise tahmin edildiği üzere oldukça azdır.

Terminal kavşağı 1, 2, 3, 4 ve 5 yaklaşım koluna ait her bir akım kolu için yağmursuz havada akşam (13.03.2017 Pazartesi 18.00-19.00) gözlemlenen hacim değerleri Çizelge 3.3'te sunulmuştur.

Çizelge 3.3 Terminal kavşağı yağmursuz akşam hacim değerleri.

Yaklaşım	Akım Kolu	18.00-18.15		18.15-18.30		18.30-18.45		18.45-19.00		TOPLAM	
		H.T.	A.T.	H.T.	A.T.	H.T.	A.T.	H.T.	A.T.	H.T.	A.T.
1 Yaklaşımı	1-2	8	2	12	0	10	1	9	0	39	3
	1-3	53	0	50	0	61	0	57	0	221	0
	1-4	196	9	182	8	213	5	191	3	782	25
	1-5	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0
	Toplam	258	11	244	8	284	6	258	3	1044	28
2 Yaklaşımı	2-1	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0
	2-3	3	0	5	0	4	0	6	0	18	0
	2-4	1	4	0	0	2	0	1	0	4	4
	2-5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	Toplam	5	4	6	0	7	0	7	0	25	4
3 Yaklaşımı	3-1	44	2	38	0	46	0	47	0	175	2
	3-2	5	0	5	0	7	0	8	0	25	0
	3-4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3-5	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Toplam	51	2	43	0	53	0	55	0	202	2
4 Yaklaşımı	4-1	180	7	169	3	177	5	192	8	718	23
	4-2	4	1	3	0	0	2	1	0	8	3
	4-3	2	0	0	0	0	0	1	0	3	0
	4-5	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
	Toplam	186	8	172	3	177	7	194	8	729	26
5 Yaklaşımı	5-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5-2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5-3	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0
	5-4	4	0	3	0	3	0	1	0	11	0
	Toplam	5	0	4	0	4	0	1	0	14	0

Çizelge 3.3'te görüldüğü gibi, 1 yaklaşımında en yüksek hacme sahip akım kolu 1-4 iken, en düşük hacme sahip akım kolu 1-5 olarak belirlenmiştir. 1 yaklaşımına ait her akım kolunda toplam saatlik hacimler, 1044 hafif taşıt ve 28 ağır taşıt olarak tespit edilmiştir.

2 yaklaşımında en yüksek hacme sahip akım kolu 2-3 iken, en düşük hacme sahip akım kolu 2-5 olarak belirlenmiştir. 2 yaklaşımına ait her yöne toplam saatlik hacimler, 25 hafif taşıt ve 4 ağır taşıt olarak tespit edilmiştir.

3 yaklaşımında en yüksek hacme sahip akım kolu 3-1 iken, en düşük hacme sahip akım kolu 3-4 ve 3-5 olarak belirlenmiştir. 3 yaklaşımına ait her akım kolunda toplam saatlik hacimler, 202 hafif taşıt ve 2 ağır taşıt olarak tespit edilmiştir.

4 yaklaşımında en yüksek hacme sahip akım kolu 4-1 iken, en düşük hacme sahip akım kolu 4-5 olarak belirlenmiştir. 4 yaklaşımına ait her akım kolunda toplam saatlik hacimler, 729 hafif taşıt ve 26 ağır taşıt olarak tespit edilmiştir.

5 yaklaşımına ait her akım kolunda toplam saatlik hacimler, 14 hafif taşıt ve 0 ağır taşıt olarak tespit edilmiştir. Trafik hacmi en düşük olan yaklaşım budur.

Yağmursuz akşam hacim değerleri için özellikle 1 ve 4 yaklaşımlarına ait hafif ve ağır taşıt hacimleri oldukça fazladır. 3 yaklaşımına ait hacimlerde de yoğunluk gözükmemektedir. 2 yaklaşımı ile 5 yaklaşımı saatlik hacimleri ise tahmin edildiği üzere oldukça azdır.

Terminal kavşağı 1, 2, 3, 4 ve 5 yaklaşım koluna ait her bir akım kolu için yağmurlu havada akşam (28.02.2018 Çarşamba, 18.00-19.00) gözlemlenen hacim değerleri Çizelge 3.4'te sunulmuştur.

Çizelge 3.4 Terminal kavşağı yağmurlu akşam hacim değerleri.

Yaklaşım	Akım Kolu	18.00-18.15		18.15-18.30		18.30-18.45		18.45-19.00		TOPLAM	
		H.T.	A.T.	H.T.	A.T.	H.T.	A.T.	H.T.	A.T.	H.T.	A.T.
1 Yaklaşımı	1-2	14	0	15	1	13	1	17	0	59	2
	1-3	62	0	68	1	53	0	60	0	243	1
	1-4	195	7	258	5	203	4	217	3	873	19
	1-5	8	0	3	0	2	0	4	0	17	0
	Toplam	279	7	344	7	271	5	298	3	1192	22
2 Yaklaşımı	2-1	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0
	2-3	10	0	7	0	5	0	4	0	26	0
	2-4	1	0	0	1	1	1	0	0	2	2
	2-5	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	Toplam	12	0	7	1	8	1	4	0	31	2
3 Yaklaşımı	3-1	41	0	42	0	50	0	47	0	180	0
	3-2	9	0	7	0	11	0	4	0	31	0
	3-4	2	0	0	0	1	0	0	0	3	0
	3-5	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0
	Toplam	53	0	49	0	62	0	52	0	216	0
4 Yaklaşımı	4-1	67	7	156	6	179	3	170	9	572	25
	4-2	1	1	0	1	1	0	2	0	4	2
	4-3	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
	4-5	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0
	Toplam	69	8	159	7	180	3	172	9	580	27
5 Yaklaşımı	5-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5-2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	5-3	2	0	0	0	1	0	0	0	3	0
	5-4	6	0	1	0	2	0	3	0	12	0
	Toplam	8	0	2	0	3	0	3	0	16	0

Çizelge 3.4’te görüldüğü gibi, 1 yaklaşımında en yüksek hacme sahip akım kolu 1-4 iken, en düşük hacme sahip akım kolu 1-5 olarak belirlenmiştir. 1 yaklaşımına ait her akım kolunda toplam saatlik hacimler, 1192 hafif taşıt ve 22 ağır taşıt olarak tespit edilmiştir.

2 yaklaşımında en yüksek hacme sahip akım kolu 2-3 iken, en düşük hacme sahip akım kolu 2-5 olarak belirlenmiştir. 2 yaklaşımına ait her yöne toplam saatlik hacimler, 31 hafif taşıt ve 2 ağır taşıt olarak tespit edilmiştir.

3 yaklaşımında en yüksek hacme sahip akım kolu 3-1 iken, en düşük hacme sahip akım kolu 3-4 ve 3-5 olarak belirlenmiştir. 3 yaklaşımına ait her akım kolunda toplam saatlik hacimler, 216 hafif taşıt ve 0 ağır taşıt olarak tespit edilmiştir.

4 yaklaşımında en yüksek hacme sahip akım kolu 4-1 iken, en düşük hacme sahip akım kolu 4-3 ve 4-5 olarak belirlenmiştir. 4 yaklaşımına ait her akım kolunda toplam saatlik hacimler, 580 hafif taşıt ve 27 ağır taşıt olarak tespit edilmiştir.

5 yaklaşımına ait her akım kolunda toplam saatlik hacimler, 16 hafif taşıt ve 0 ağır taşıt olarak tespit edilmiştir. Trafik hacmi en düşük olan yaklaşım budur.

Yağmurlu akşam hacim değerleri için özellikle 1 ve 4 yaklaşımlarına ait hafif ve ağır taşıt hacimleri oldukça fazladır. 3 yaklaşımına ait hacimlerde de yoğunluk gözükmemektedir. 2 yaklaşımı ile 5 yaklaşımı saatlik hacimleri ise tahmin edildiği üzere oldukça azdır.

3.2.2 Zaman Cinsinden Aralıkların Ölçülmesi

Kesintili akımlarda, kesintinin en önemli kaynağı trafik ışıklarıdır. Trafik ışıkları ile her bir harekette veya hareketler dizisindeki akım, düzenli olarak durdurulur. Işık, bir şerit grubunda devre süresi içinde belirli bir süre hareket etmeye izin verdiğinden, ışığın yeşil olduğu süre etkili bir şekilde kullanılmalıdır. Kırmızı ışık yanınca kuyruklanmaya başlayan taşıtların, yeşil ışığın yanmasıyla beraber gözlemcinin belirlediği trafik ışık çizgisinden geçtiği andaki değerler, zaman cinsinden aralık değerleridir (Polat vd. 2015).

Bu çalışmada doymuş akım değerini bulabilmek için, zaman cinsinden aralık yöntemi kullanılmıştır. Öncelikli olarak zaman cinsinden aralıkların ölçülmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmadaki gözlemler, kırmızı ışık yandığında her bir akım kolunda kuyrukta en az 10 taşıt olduğunda gerçekleştirilmiştir. Kuyrukta 10'dan az taşıt biriken devreler, veri kümesine alınmamıştır.

Gözlemlerin kaç kere tekrarlanacağı yani kaç devre yapılacağına karar verilme aşamasında, istatistiki yeterlilik göz önünde bulundurulmuştur. Örnekteki eleman sayısının (n) yeter derecede büyük olması, toplumun özellikleri hakkında daha güvenilir sonuç elde edilebileceği anlamına gelir. İstatistikte 30'dan daha az elemanı olan örneklere ($n < 30$) "küçük örnek" denir (Bayazıt ve Oğuz 2005). Merkezi limit teoremine göre örnek boyutu 30'un üzerinde çıkan ($n > 30$) örneklerin ortalamasının dağılımının normal dağılıma yaklaşacağı ifade edilmektedir. Bu noktadan hareketle araştırmacılar örnek boyutu olarak 30'u kritik değer olarak

değerlendirmekte ve analizlerde önemli bir varsayım olarak kullanılmaktadırlar (Altunışık vd. 2005). Çalışmada 50 devre ölçüm yapılmasına karar verilmiştir.

Terminal kavşağında yapılan gözlemlerde, zaman cinsinden aralıkların bulunabilmesi amacıyla yalnızca düz giden akımlar incelenmiştir. Buna göre, 1 yaklaşımına ait sağ şerit (1-4) sağ şerit ve 4 yaklaşımına ait sol şeritte (4-1) sol şerit yeşil ışığın yanmasıyla beraber kronometre yardımıyla zaman cinsinden aralıkların ölçülmesi işlemi yapılmıştır. Ölçümler her bir şerit için, yağmursuz ve yağmurlu havada sabah ve akşam olmak üzere tekrarlanmıştır. Sağ ve sol şeritte, iki farklı gözlemci ilgili ölçümleri gerçekleştirmiştir.

Kavşakta yapılan gözlemlerde düz giden sağ ve düz giden sol şerit için, sabah ve akşam zirve saatlerinde, yağmursuz ve yağmurlu havalarda zaman cinsinden aralığı ölçülen yani çalışmada değerlendirilecek toplam taşıt sayıları Çizelge 3.5'te sunulmuştur.

Çizelge 3.5 Zaman cinsinden aralık hesabı için gözlemlenen taşıt sayısı.

Gözlem Yapılan Yaklaşım Kolu	Gözlem Yapılan Zaman	Gözlem Yapılan Hava Durumu	1 Devrede Kuyrukta Gözlenen Taşıt Sayısı (en az-en çok)	Gözlem Sayısı
(1-4) sağ şerit	Sabah	Yağmursuz	10-15	615
		Yağmurlu	10-15	644
(1-4) sağ şerit	Akşam	Yağmursuz	10-15	639
		Yağmurlu	10-15	679
(4-1) sol şerit	Sabah	Yağmursuz	10-15	632
		Yağmurlu	10-15	579
(4-1) sol şerit	Akşam	Yağmursuz	10-15	588
		Yağmurlu	10-15	605

Her iki şerit için sabah ve akşam, yağmursuz ve yağmurlu havalarda yapılan 50'şer devre gözlemlerde her bir devrede sayım boyunca en az 10, en fazla 15 taşıtın kuyruklandığı belirlenmiştir. Çizelge 3.5'te de görüldüğü gibi tüm devrelerde zaman cinsinden aralığı ölçülen toplam taşıt sayısı ise 4981 olarak kaydedilmiştir.

İlk ölçüm olan, yağmursuz havada sabah ölçümü için 14 Mart 2017 Salı günü sahaya gidilmiştir. Meteorolojiden alınan verilere göre gökyüzü açık ve hava sıcaklığı 8° olarak

kaydedilmiştir. Sabah saat 08.30-10.30 saatleri arasında sahada hazır bulunulmuş ve 50 devreyi tamamlayacak şekilde zaman cinsinden aralıklar bulunmuştur.

(1-4) sağ şerit ve (4-1) sol şerit için yağmursuz havada sabah ölçümlerindeki zaman cinsinden aralık, ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 3.6’da sunulmuştur.

Çizelge 3.6 Terminal kavşağında (1-4) sağ şerit ve (4-1) sol şerit için yağmursuz sabah zaman cinsinden aralık değerleri (saniye).

	En Büyük		En Küçük		Ortalama		Standart Sapma	
	(1-4) sağ şerit	(4-1) sol şerit	(1-4) sağ şerit	(4-1) sol şerit	(1-4) sağ şerit	(4-1) sol şerit	(1-4) sağ şerit	(4-1) sol şerit
1. Taşıt	4,98	4,44	1,19	1,03	2,99	2,37	0,96	0,89
2. Taşıt	4,31	3,55	1,24	1,47	2,32	2,31	0,69	0,55
3. Taşıt	4,77	3,10	1,13	1,02	2,33	2,06	0,71	0,44
4. Taşıt	4,63	3,93	1,00	1,13	2,36	2,18	0,85	0,60
5. Taşıt	3,99	4,76	1,27	1,08	2,22	2,03	0,64	0,78
6. Taşıt	4,70	3,87	0,87	1,06	2,13	2,08	0,73	0,70
7. Taşıt	3,21	4,81	0,83	0,98	2,08	2,01	0,57	0,77
8. Taşıt	3,59	5,35	1,09	0,92	2,09	1,91	0,60	0,73
9. Taşıt	3,82	5,03	1,19	0,88	2,16	1,99	0,64	0,94
10. Taşıt	3,96	3,42	1,16	0,74	2,06	1,63	0,68	0,63

Yağmursuz havada sabah zirve saatlerinde yapılan sayımlarda (1-4) sağ şerit için zaman cinsinden aralık değerlerinin 0,83-4,98 sn. arasında değiştiği görülmektedir. (4-1) sol şerit için zaman cinsinden aralık değerlerinin ise 0,74-5,35 sn. arasında değiştiği görülmektedir. (1-4) sağ şeride ait ortalamalar 2,06-2,99 sn. arasında değişmekte iken, (4-1) sol şeride ait ortalamalar 1,63-2,37 sn. arasında değişmektedir.

İkinci ölçüm olan, yağmursuz havada akşam ölçümü için 16 Mart 2017 Perşembe günü sahaya gidilmiştir. Meteorolojiden alınan verilere göre gökyüzü açık ve hava sıcaklığı 8° olarak kaydedilmiştir. Akşam saat 17.00-20.00 saatleri arasında sahada hazır bulunulmuş ve 50 devreyi tamamlayacak şekilde zaman cinsinden aralıklar bulunmuştur.

(1-4) sağ şerit ve (4-1) sol şerit için yağmursuz havada akşam ölçümlerindeki zaman cinsinden aralık, ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 3.7’de sunulmuştur.

Çizelge 3.7 Terminal kavşağında (1-4) sağ şerit ve (4-1) sol şerit için yağmursuz akşam zaman cinsinden aralık değerleri (saniye).

	En Büyük		En Küçük		Ortalama		Standart Sapma	
	(1-4) sağ şerit	(4-1) sol şerit	(1-4) sağ şerit	(4-1) sol şerit	(1-4) sağ şerit	(4-1) sol şerit	(1-4) sağ şerit	(4-1) sol şerit
1. Taşıt	5,54	4,84	1,13	1,01	3,08	2,62	1,08	0,74
2. Taşıt	5,30	4,34	1,29	1,37	2,63	2,36	0,84	0,75
3. Taşıt	4,72	3,61	1,34	1,09	2,41	2,14	0,78	0,54
4. Taşıt	4,70	4,42	1,16	1,16	2,34	2,08	0,89	0,77
5. Taşıt	4,38	3,35	1,22	1,08	2,44	1,95	0,73	0,49
6. Taşıt	4,84	3,82	1,04	0,95	2,30	2,01	0,77	0,69
7. Taşıt	4,05	4,20	0,98	0,83	2,20	1,99	0,75	0,69
8. Taşıt	4,49	3,66	1,14	0,97	2,30	1,93	0,72	0,62
9. Taşıt	3,84	3,72	1,04	1,05	2,13	1,93	0,68	0,64
10. Taşıt	2,98	2,75	0,97	0,53	1,97	1,59	0,51	0,60

Yağmursuz havada akşam zirve saatlerinde yapılan sayımlarda (1-4) sağ şerit için zaman cinsinden aralık değerlerinin 0,97-5,54 sn. arasında değiştiği görülmektedir. (4-1) sol şerit için zaman cinsinden aralık değerlerinin ise 0,53-4,84 sn. arasında değiştiği görülmektedir. Ayrıca (1-4) sağ şeride ait ortalamalar 1,97-3,08 sn. arasında değişmekte iken, (4-1) sol şeride ait ortalamalar 1,59-2,62 sn. arasında değişmektedir.

Yağmursuz havalarda yapılan ölçümler tamamlandıktan sonra, üçüncü ölçüm olan yağmurlu havada sabah ölçümü için 17 Mart 2017 Cuma günü sahaya gidilmiştir. Meteorolojiden alınan verilere göre gökyüzü yağmurlu ve hava sıcaklığı 5° olarak kaydedilmiştir. Sabah saat 08.00-10.00 saatleri arasında sahada hazır bulunulmuş ve 50 devreyi tamamlayacak şekilde zaman cinsinden aralıklar bulunmuştur.

(1-4) sağ şerit ve (4-1) sol şeritleri için yağmurlu havada sabah ölçümlerindeki zaman cinsinden aralık, ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 3.8’de sunulmuştur.

Çizelge 3.8 Terminal kavşağında (1-4) sağ şerit ve (4-1) sol şerit için yağmurlu sabah zaman cinsinden aralık değeri (saniye).

	En Büyük		En Küçük		Ortalama		Standart Sapma	
	(1-4) sağ şerit	(4-1) sol şerit	(1-4) sağ şerit	(4-1) sol şerit	(1-4) sağ şerit	(4-1) sol şerit	(1-4) sağ şerit	(4-1) sol şerit
1. Taşıt	5,39	4,72	2,12	1,16	3,34	2,92	0,77	0,75
2. Taşıt	4,69	5,73	1,49	1,19	2,70	2,75	0,65	1,01
3. Taşıt	4,70	5,35	1,00	1,19	2,52	2,42	0,78	0,93
4. Taşıt	4,67	6,06	1,11	1,17	2,53	2,52	0,74	1,09
5. Taşıt	5,26	4,15	1,25	1,09	2,40	2,15	0,93	0,70
6. Taşıt	4,25	5,78	1,02	1,02	2,16	2,24	0,77	0,96
7. Taşıt	4,02	5,06	1,25	1,20	2,28	2,22	0,74	0,91
8. Taşıt	4,94	5,42	1,22	1,08	2,22	2,05	0,79	0,82
9. Taşıt	4,87	3,75	1,02	1,16	2,32	1,83	0,92	0,57
10. Taşıt	3,95	3,29	1,11	0,74	2,08	1,73	0,63	0,50

Yağmurlu havada sabah zirve saatlerinde yapılan sayımlarda (1-4) sağ şerit için zaman cinsinden aralık değerlerinin 1,00-5,39 sn. arasında değiştiği görülmektedir. (4-1) sol şerit için zaman cinsinden aralık değerlerinin ise 0,74-6,06 sn. arasında değiştiği görülmektedir. Ayrıca (1-4) sağ şeride ait ortalamalar 2,08-3,34 sn. arasında değişmekte iken, (4-1) sol şeride ait ortalamalar 1,73-2,92 sn. arasında değişmektedir.

Dördüncü ve son ölçüm olan, yağmurlu havada akşam ölçümü için 17 Mart 2017 Cuma günü sahaya gidilmiştir. Meteorolojiden alınan verilere göre gökyüzü sağanak yağmurlu ve hava sıcaklığı 6° olarak kaydedilmiştir. Akşam saat 17.00-20.00 saatleri arasında sahada hazır bulunulmuş ve 50 devreyi tamamlayacak şekilde zaman cinsinden aralıklar bulunmuştur.

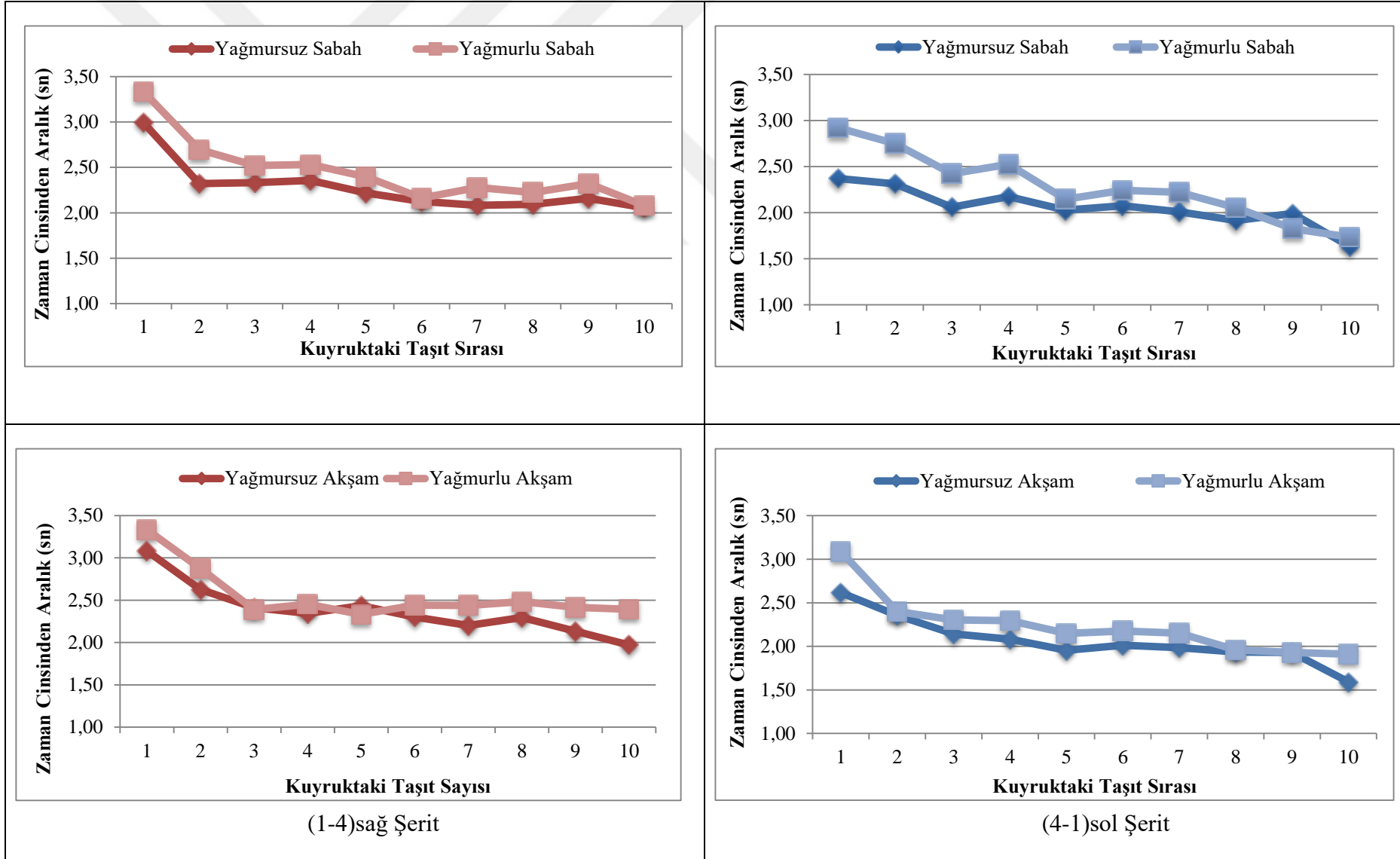
(1-4) sağ şerit ve (4-1) sol şeritleri için yağmurlu havada akşam ölçümlerindeki zaman cinsinden aralık, ortalamalar ve standart sapma değerleri Çizelge 3.9'da sunulmuştur.

Çizelge 3.9 Terminal kavşağında (1-4) sağ şerit ve (4-1) sol şerit için yağmurlu akşam zaman cinsinden aralık değerleri (saniye).

	En Büyük		En Küçük		Ortalama		Standart Sapma	
	(1-4) sağ şerit	(4-1) sol şerit	(1-4) sağ şerit	(4-1) sol şerit	(1-4) sağ şerit	(4-1) sol şerit	(1-4) sağ şerit	(4-1) sol şerit
1. Taşıt	5,68	5,26	1,71	2,08	3,33	3,09	0,97	0,81
2. Taşıt	5,52	4,58	1,39	1,04	2,87	2,40	0,87	0,65
3. Taşıt	3,87	4,54	1,47	1,21	2,39	2,30	0,55	0,70
4. Taşıt	4,62	3,84	1,31	1,01	2,45	2,30	0,74	0,71
5. Taşıt	4,26	3,83	1,18	1,12	2,33	2,15	0,69	0,63
6. Taşıt	4,97	4,74	1,27	1,25	2,44	2,18	0,83	0,69
7. Taşıt	4,39	3,79	1,26	1,07	2,44	2,15	0,81	0,61
8. Taşıt	5,69	4,02	1,43	0,98	2,48	1,96	0,84	0,66
9. Taşıt	4,86	3,80	1,27	1,04	2,42	1,93	0,64	0,68
10. Taşıt	4,84	3,69	1,33	1,00	2,39	1,91	0,70	0,66

Yağmurlu havada akşam zirve saatlerinde yapılan sayımlarda (1-4) sağ şerit için zaman cinsinden aralık değerlerinin 1,18-5,69 sn. arasında değiştiği görülmektedir. (4-1) sol şerit için zaman cinsinden aralık değerlerinin ise 0,98-5,26 sn. arasında değiştiği görülmektedir. Ayrıca (1-4) sağ şeride ait ortalamalar 2,33-3,33 sn. arasında değişmekte iken, (4-1) sol şeride ait ortalamalar 1,91-3,09 sn. arasında değişmektedir.

Zaman cinsinden aralık değerlerinin aynı şerit için yağmursuz ve yağmurlu olarak karşılaştırılması durumunda ise yağmurun etkisi açıkça görülebilir. Şekil 3.4'te (1-4) sağ şerit ve (4-1) sol şerit yağmursuz ve yağmurlu sabah ile yağmursuz ve yağmurlu akşam zaman cinsinden aralık değerlerinin ortalamalarının grafikleri sunulmuştur.



Şekil 3.4 (1-4) sağ şerit-(4-1) sol şerit sabah ve akşam yağmurlu ve yağmursuz zaman cinsinden aralık değerleri ortalamaları grafikleri.

Grafiklerde görüldüğü üzere yağmurlu sabah ve akşam her iki şerit için de zaman cinsinden aralık değerleri yağmursuz havaya göre daha yüksektir. Ayrıca grafiklerde azalış eğiminde bir eğri gözlenmektedir. Diğer bir deyişle, zaman cinsinden aralıkların kuyrukta bekleyen 1. taşıttan 10. taşıta kadar düşüş göstermektedir. Kuyrukta bekleyen 1. taşıtlara ait ortalama değerler diğer taşıtlara oranla yüksektir. Bu, beklenen ile örtüşen bir sonuçtur, yani ilk sıradaki taşıtlar daha büyük zaman cinsinden aralık değerleri ile harekete başlamaktadır. Bu süre, sürücünün ışığın yeşile döndüğünü görme ve harekete geçme süresiyle ve taşıtın hızlanma süresiyle doğru orantılı olduğu için, 1. sıradaki taşıtlar için yüksek, sonraki taşıtlar içinse giderek azalmaktadır.

Her gözlemede elde edilen verilerde tüm şeritler için zaman cinsinden aralık değerleri birinci sıradaki taşıtlar için yağmursuz havalarda, yağmurlu havalara göre daha düşüktür. Kuyruktaki son taşıtlara ait değerlerde de aynı durum söz konusudur. Yağmursuz havalardaki ölçümlerde son taşıtlara ait ortalamalar, yağmurlu havalardaki ortalamalara göre hep daha düşük olarak belirlenmiştir. Genel olarak ise, yağmurlu havaya ait ortalamaların yağmursuz havaya ait ortalamalara göre daha yüksek değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Yani yağmurun zaman cinsinden aralığı arttırıcı bir etkisi olduğu söylenebilir.

3.3 BAŞLANGIÇ ZAMAN KAYBI, ZAMAN CİNSİNDEN DOYGUN ARALIK VE DOYGUN AKIM DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

Zaman cinsinden doygun aralık değerine ulaşılabilmesi için, sahada toplanan zaman cinsinden aralık verilerinin hangi taşıttan sonra doygun aralığa ulaştığının belirlenmesi gerekmektedir. Tüm devrelere ait hangi taşıttan sonra doygun aralığa ulaşıldığının tespiti için istatistiksel testlerin kullanılması kararlaştırılmıştır.

Taşıtların zaman cinsinden aralıkları, kuyruktaki sıralarına göre gruplandırılmış ANOVA testi yapılmıştır. ANOVA iki ya da daha fazla gruba ait ortalamalar arasındaki farkın anlamlı olup olmadığı ile ilgili hipotezleri test etmek için kullanılmaktadır. İki'den fazla grubun ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığının test edilmesi için %5 anlamlılıkta hipotez oluşturulmuştur. Testin hipotezi aşağıdaki gibidir;

H_0 : %5 anlamlılıkta, zaman cinsinden aralık değerlerinin ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

H_1 : %5 anlamlılıkta, zaman cinsinden aralık değerlerinin ortalamalarından en az ikisi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

Kurulan hipotezler (1-4) sağ şerit ve (4-1) sol şerit şeritleri için test edilmiştir. Testler sonucunda;

$F_{\text{kritik}} < F$ ise H_0 ret.

$F_{\text{kritik}} > F$ ise H_0 kabul edilmiştir.

%95 güven düzeyinde yapılan ANOVA testi sonuçlarının yorumlanmasında da F değerinin F_{kritik} değerinden büyük veya küçük olması durumu göz önünde bulundurulur. H_0 'ın reddedildiği durumlarda, zaman cinsinden aralık değerlerinin ortalamaları arasında anlamlı bir fark olmadığı reddedilmiş, yani ortalamaların birbirinden farklı olduğu belirtilmiş demektir. Fakat yapılan çalışmada ulaşılmak istenilen, ortalamaların aynı olması ve aynı toplumdan gelmeleridir. Testte H_0 hipotezinin reddedilmesi durumunda kuyrukta birinci sırada olan taşıtlar çıkartılarak test yinelenmiştir. H_0 hipotezinin yeniden reddedilmesi durumunda kuyruktaki ikinci taşıtlar çıkarılarak test yinelenmiştir. Bu işleme, H_0 hipotezi kabul edilene kadar sırasıyla kuyruğun ön sırasındaki taşıtlar çıkartılarak sürdürülmüştür. Böylece kuyrukta hangi taşıttan sonra doyumluğa ulaşıldığı tespit edilmiştir.

Örneğin, yağmursuz sabah sağ şerit zaman cinsinden aralık değerleriyle yapılan ANOVA testi sonucunda F değeri 7,3803 olarak hesaplanmış, F_{kritik} değeri ise 1,8989 olarak hesaplanmıştır. $F_{\text{kritik}} < F$ olduğu için H_0 hipotezi reddedilmiştir. Yani 1. sıradaki taşıtların, sıradaki diğer taşıtlarla aynı toplumdan gelmediği anlaşılmış ve 1. sıradaki taşıtlar gruptan çıkarılarak teste devam edilmiştir. Daha sonra F değeri 1,4617 olarak hesaplanmış, F_{kritik} değeri ise 1,9593 olarak hesaplanmıştır ve $F_{\text{kritik}} > F$ olduğu için H_0 hipotezi kabul edilmiştir. Böylece yağmursuz sabah sağ şeritte 1.taşıttan sonra doyumluğa ulaşıldığı tespit edilmiştir. Bu şekilde tüm şeritlere yapılan ANOVA testi sonuçları elde edilen F değerleri ile F_{kritik} değerleri karşılaştırılarak taşıtların kaçınıcı sıradan sonra doyumluğa ulaştıkları tespit edilmiştir. Kaçınıcı sıradaki taşıttan sonra doyumluğa ulaşıldı ise, sonraki sıradaki taşıtların zaman cinsinden aralık değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak, zaman cinsinden doyum aralıkları elde edilmiştir.

Örneğin, yağmursuz sabah sağ şerit için yapılan testler sonucunda 1. sıradaki taşıttan sonra yani 2. taşıttan itibaren doyumluğa ulaşıldığı tespit edilmiştir. 2. sıradan 10. sıraya kadar taşıtların zaman cinsinden aralık değerlerinin ortalamaları alınmış ve zaman cinsinden doyum aralık değeri 2,19 sn. olarak hesaplanmıştır.

Hesaplamalarla elde edilen zaman cinsinden doyum aralık değerlerinin 3600'e bölünmesi sonucunda da doyum akım değerleri elde edilmiştir. Bu hesap için Denklem 2.1 kullanılmıştır. Yağmursuz ve yağmurlu havada (1-4) sağ şerit ve (4-1) sol şeritlere ait doyumluğa ulaşılan taşıt sayısı, zaman cinsinden doyum aralık değerleri ve doyum akım değerleri Çizelge 3.10'da sunulmuştur.

Çizelge 3.10 Terminal kavşağı zaman cinsinden doyum aralık ve doyum akım değerleri.

Zaman	Akım Kolu	Hava Etkisi	Doyumluğa Ulaşılan Taşıt Sayısı	Zaman Cinsinden Doyum Aralık (sn)	Doyum Akım Değeri (tş/sa)
Sabah	(1-4) sağ şerit	Yağmursuz	2	2,19	1641
		Yağmurlu	4	2,28	1576
	(4-1) sol şerit	Yağmursuz	5	1,94	1854
		Yağmurlu	6	2,02	1786
Akşam	(1-4) sağ şerit	Yağmursuz	3	2,26	1592
		Yağmurlu	4	2,42	1486
	(4-1) sol şerit	Yağmursuz	4	1,93	1868
		Yağmurlu	5	2,05	1759

Zaman cinsinden doyum aralığına ulaşılan taşıt sayısı Çizelge 3.10'dan da görüldüğü gibi 2., 3., 4., 5. ve 6. taşıtlar arasında değişmektedir. Sağ şeritte taşıtların doyumluğa sol şeride göre daha erken ulaştığı söylenebilir.

Hesaplanan zaman cinsinden doyum aralıkları ise 1,93 sn ve 2,42 sn arasında değişmektedir. Sol şeride ait zaman cinsinden doyum aralık değerleri, sağ şeride ait zaman cinsinden doyum aralık değerlerinden daha düşüktür. Sağ şeride ait zaman cinsinden aralık değerleri 2 saniyenin üzerindedir.

Çizelge 3.10'da görüldüğü gibi, doyum akım değerleri yaklaşık 1400 ile 1900 teş/sa koridorunda hesaplanmıştır. En düşük doyum akım değeri 1486 teş/sa iken, en yüksek doyum

akım değeri 1868 tş/saattir. Genelde sabah saatlerindeki ölçümlerde doymun akım değeri oranları daha fazla çıkmıştır. Ayrıca sol şerit doymun akım değerleri sağ şeride göre sabah ve akşam daha yüksek olarak hesaplanmıştır.

Zaman cinsinden doymun aralığa ulaşılan taşıttan önceki sıradaki taşıtlara ait zaman cinsinden aralık değerlerinin ortalamalarından, zaman cinsinden doymun aralık değerleri çıkartılarak, bulunan değerlerin toplanmasıyla başlangıç zaman kayıpları elde edilmiştir. Taşıtların başlangıçta kaybettikleri zamanlar, yağmursuz ve yağmurlu havalarda sabah ve akşam (1-4) sağ şerit ve (4-1) sol şeritler için Çizelge 3.11’de sunulmuştur.

Çizelge 3.11 Terminal kavşağı başlangıç zaman kayıpları.

Zaman	Akım Kolu	Hava Etkisi	Başlangıç Zaman Kaybı (sn)
Sabah	(1-4) sağ şerit	Yağmursuz	0,80
		Yağmurlu	1,70
	(4-1) sol şerit	Yağmursuz	1,15
		Yağmurlu	2,68
Akşam	(1-4) sağ şerit	Yağmursuz	1,18
		Yağmurlu	1,33
	(4-1) sol şerit	Yağmursuz	1,33
		Yağmurlu	1,90

Çizelge 3.11’de görüldüğü gibi başlangıç zaman kayıpları 0,80 sn ile 2,68 sn arasında değişmektedir. Bu değerler genelde 1 saniyenin üzerinde olarak hesaplanmıştır. Başlangıç zaman kaybı az olan akım kollarında genelde sürücülerin yeşil ışığın yanma anını kontrol ettikleri, aynı zamanda karşı akım koluna yanan kırmızı ve yeşili de görerek kendi akım kolları için yanacak yeşilin zamanını öngördükleri düşünülmektedir.

3.4 HAVA ŞARTLARININ ETKİSİ

3.4.1 Başlangıç Zaman Kaybındaki Etki

Elde edilen başlangıç zaman kaybı değerlerinde, (1-4) sağ şerit sabah yağmursuz ölçümde 2. sıradaki taşıtta doymunluğa ulaşıldığı için sadece 1. taşıta ait bir zaman kaybı oluşmuştur ve bu değer 0,80 sn olarak hesaplanmıştır. Yağmurlu havada yapılan ölçümde ise 4. taşıtta doymunluğa ulaşıldığı için ilk 3 sıradaki taşıtlar zaman kaybı yaşamış ve bu değer 1,70 sn

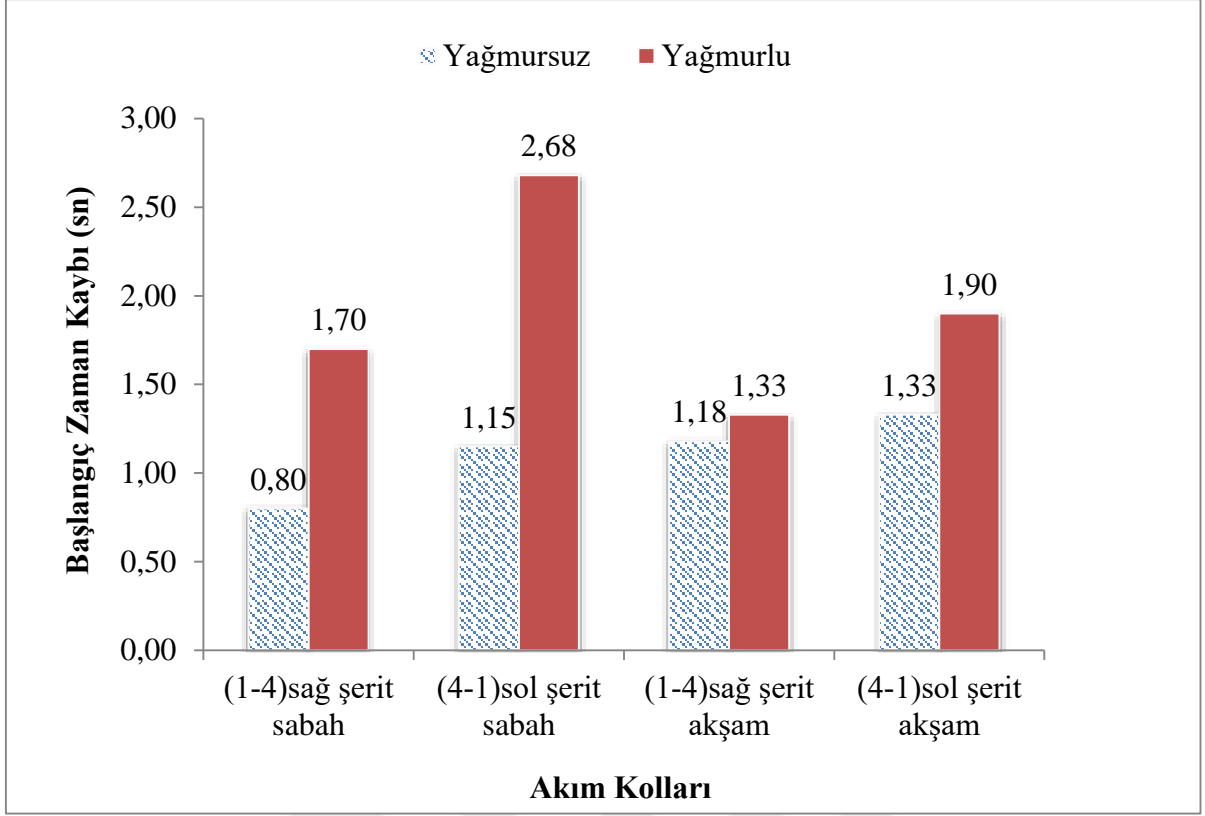
olarak hesaplanmıştır. Yani (1-4) sağ şerit için sabah yapılan ölçümlerde yağmurlu havada yağmursuz havaya göre 0,90 sn artan bir zaman kaybı olmuştur. Başlangıç zaman kaybında yağmurlu havada yağmursuz havaya göre %113'lük bir artış söz konusudur.

(4-1) sol şerit sabah yağmursuz ölçümde 5. sıradaki taşıtta doyunluğa ulaşıldığı için ilk 4 sıradaki taşıtlara ait bir zaman kaybı oluşmuştur ve bu değer 1,15 sn olarak hesaplanmıştır. Yağmurlu havada yapılan ölçümde ise 6. taşıtta doyunluğa ulaşıldığı için ilk 5 sıradaki taşıtlar zaman kaybı yaşamış ve bu değer 2,68 sn olarak hesaplanmıştır. Yani (4-1) sol şerit için sabah yapılan ölçümlerde yağmurlu havada yağmursuz havaya göre 1,53 sn artan bir zaman kaybı olmuştur. Başlangıç zaman kaybında yağmurlu havada yağmursuz havaya göre %133'lük bir artış söz konusudur.

(1-4) sağ şerit akşam yağmursuz ölçümde 3. sıradaki taşıtta doyunluğa ulaşıldığı için ilk 2 sıradaki taşıtlara ait bir zaman kaybı oluşmuştur ve bu değer 1,18 sn olarak hesaplanmıştır. Yağmurlu havada yapılan ölçümde ise 4. taşıtta doyunluğa ulaşıldığı için ilk 3 sıradaki taşıtlar zaman kaybı yaşamış ve bu değer 1,33 sn olarak hesaplanmıştır. Yani (1-4) sağ şerit için akşam yapılan ölçümlerde yağmurlu havada yağmursuz havaya göre 0,15 sn artan bir zaman kaybı olmuştur. Başlangıç zaman kaybında yağmurlu havada yağmursuz havaya göre %13'lük bir artış söz konusudur.

(4-1) sol şerit akşam yağmursuz ölçümde 4. sıradaki taşıtta doyunluğa ulaşıldığı için ilk 3 sıradaki taşıtlara ait bir zaman kaybı oluşmuştur ve bu değer 1,33 sn olarak hesaplanmıştır. Yağmurlu havada yapılan ölçümde ise 5. taşıtta doyunluğa ulaşıldığı için ilk 4 sıradaki taşıtlar zaman kaybı yaşamış ve bu değer 1,90 sn olarak hesaplanmıştır. Yani (4-1) sol şerit için akşam yapılan ölçümlerde yağmurlu havada yağmursuz havaya göre 0,57 sn artan bir zaman kaybı olmuştur. Başlangıç zaman kaybında yağmurlu havada yağmursuz havaya göre %43'lük bir artış söz konusudur.

Şekil 3.5'te başlangıç zaman kayıplarının akım kollarına göre yağmurlu ve yağmursuz havadaki değerleri sunulmuştur.



Şekil 3.5 (1-4) sağ şerit (4-1) sol şerit sabah ve akşam yağmurlu ve yağmursuz başlangıç zaman kaybı grafiği.

Zaman kaybı yaşayan taşıt sayısı ve buna bağlı olarak başlangıç zaman kayıpları değerleri, genel olarak yağmurdan etkilenmektedir. Şekil 3.5'te de açıkça görüldüğü gibi, yapılan çalışmada elde edilen sonuçlarda yağmurlu havada yağmursuz havaya göre %13, %43, %113 ve %133 gibi oranlarda ciddi artışlar olduğu belirlenmiştir. Özellikle sabah yapılan ölçüm sonuçlarında önemli farklar oluşmuştur. Akşam sol şeritte de yağmurun etki yüzdesi sabahkine göre daha düşüktür.

3.4.2 Zaman Cinsinden Doygun Aralık ve Doygun Akım Değerindeki Etki

Elde edilen zaman cinsinden doygun aralık değerleri, (1-4) sağ şerit sabah yağmursuz ölçüm için 2,19 sn olarak hesaplanmıştır. Yağmurlu havada yapılan ölçümde ise 2,28 sn olarak hesaplanmıştır. Yani (1-4) sağ şerit için sabah yapılan ölçümlerde yağmurlu havada yağmursuz havaya göre zaman cinsinden doygun aralık değeri 0,09 sn artmıştır.

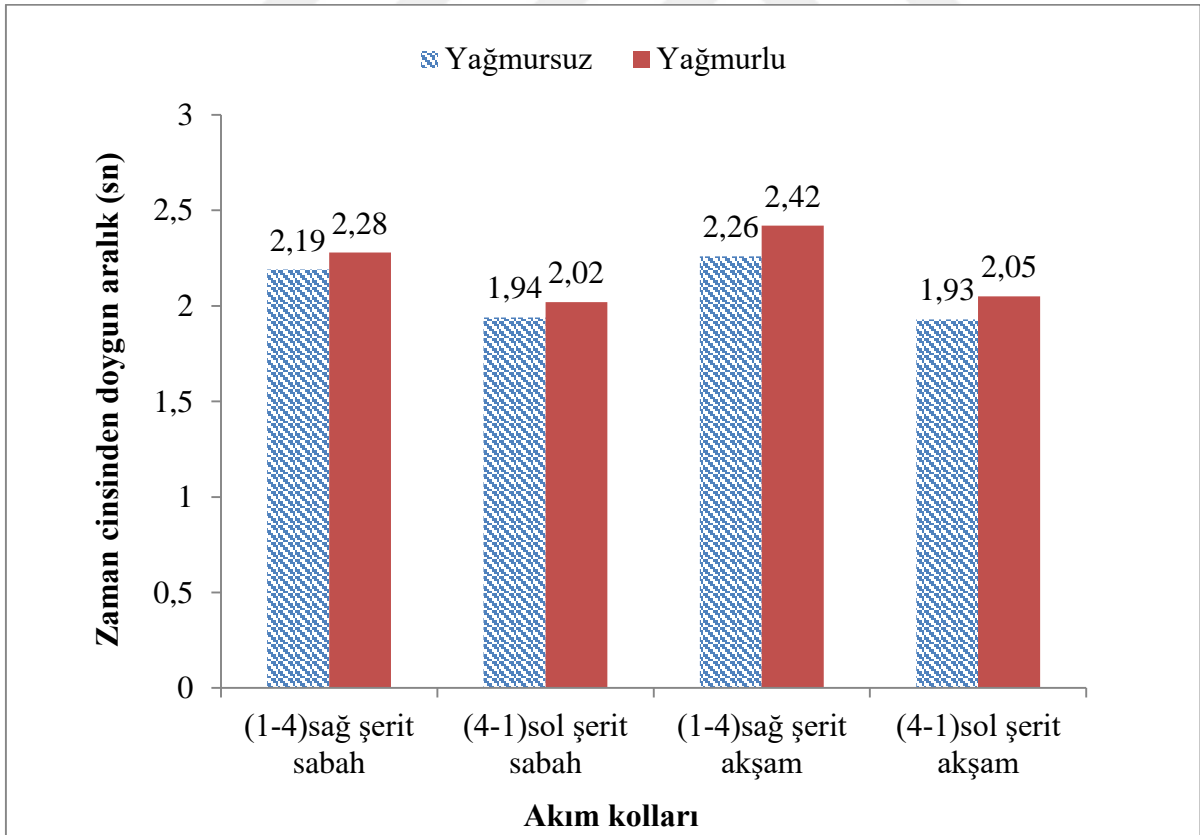
(4-1) sol şerit sabah yağmursuz ölçümde 1,94 sn olarak hesaplanmıştır. Yağmurlu havada yapılan ölçümde ise 2,02 sn olarak hesaplanmıştır. Yani (4-1) sol şerit için sabah yapılan

ölçümlerde yağmurlu havada yağmursuz havaya göre zaman cinsinden doygun aralık değeri 0,08 sn artmıştır.

(1-4) sağ şerit akşam yağmursuz ölçümde 2,26 sn olarak hesaplanmıştır. Yağmurlu havada yapılan ölçümde ise 2,42 sn olarak hesaplanmıştır. Yani (1-4) sağ şerit için akşam yapılan ölçümlerde yağmurlu havada yağmursuz havaya göre zaman cinsinden doygun aralık değeri 0,16 sn artmıştır.

(4-1) sol şerit akşam yağmursuz ölçümde 1,93 sn olarak hesaplanmıştır. Yağmurlu havada yapılan ölçümde ise 2,05 sn olarak hesaplanmıştır. Yani (4-1) sol şerit için sabah yapılan ölçümlerde yağmurlu havada yağmursuz havaya göre zaman cinsinden doygun aralık değeri 0,12 sn artmıştır.

Şekil 3.6'da başlangıç zaman kayıplarının akım kollarına göre yağmurlu ve yağmursuz havadaki değerleri sunulmuştur.



Şekil 3.6 (1-4) sağ şerit-(4-1) sol şerit sabah ve akşam yağmurlu ve yağmursuz zaman cinsinden doygun aralık grafiği.

Şekil 3.6'da da görüldüğü gibi, yapılan çalışmada elde edilen zaman cinsinden doygun aralık değerleri tüm ölçümler için yağmurlu havalarda yağmursuz havalara göre daha yüksektir. Özellikle akşam sağ şerit yağmurlu ve yağmursuz değerleri diğer şeritlere göre daha fazladır.

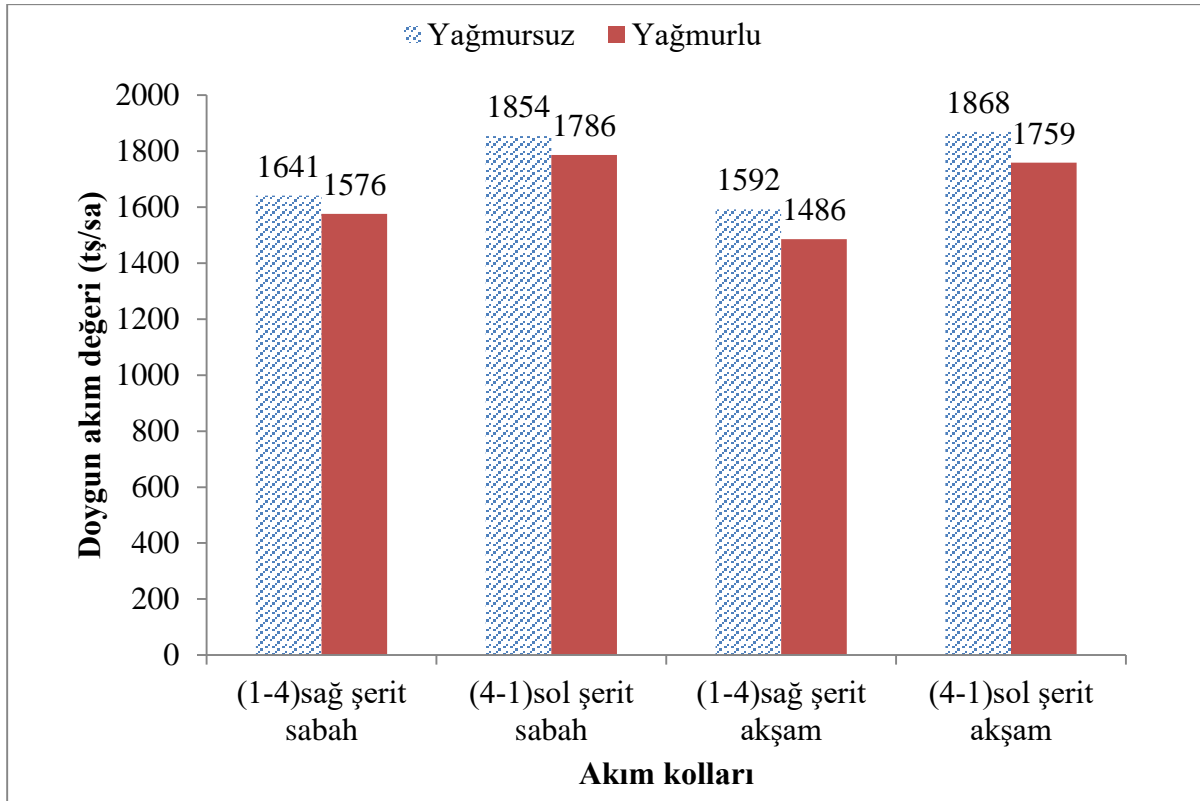
Doygun akım değerleri ise, (1-4) sağ şerit için sabah yağmursuz havada 1641 tş/sa olarak hesaplanmış iken, yağmurlu havada 1576 tş/sa değerine düşmüştür. Doygun akım değerinde yağmurlu havada yağmursuz havaya göre yaklaşık %4,0'lük bir azalma söz konusudur.

(4-1) sol şerit için sabah yağmursuz havada doygun akım değeri 1854 tş/sa iken yağmurlu havada 1786 tş/sa değerine düşmüştür. Doygun akım değerinde yağmurlu havada yağmursuz havaya göre yaklaşık %3,7'lik bir azalma söz konusudur.

(1-4) sağ şerit için akşam yağmursuz havada doygun akım değeri 1592 tş/sa iken yağmurlu havada 1486 tş/sa değerine düşmüştür. Doygun akım değerinde yağmurlu havada yağmursuz havaya göre yaklaşık %6,7'lik bir azalma söz konusudur.

(4-1) sol şerit için akşam yağmursuz havada doygun akım değeri 1868 tş/sa iken yağmurlu havada 1759 tş/sa değerine düşmüştür. Doygun akım değerinde yağmurlu havada yağmursuz havaya göre yaklaşık %5,8'lik bir azalma söz konusudur.

Şekil 3.7'de doygun akım değerlerinin akım kollarına göre yağmurlu ve yağmursuz havadaki değerleri sunulmuştur.



Şekil 3.7 (1-4) sağ şerit-(4-1) sol şerit sabah ve akşam yağmurlu ve yağmursuz doygun akım değeri grafiği.

Çalışma sonucunda elde edilen doygun akım değerlerinin yağmurlu ve yağmursuz havada farklılıklar gösterdiği, Şekil 3.7’de görülmektedir. Yağmursuz havalarda doygun akım değerleri 1600-1800 koridorunda değişirken, yağmurlu havalarda değerler 1400-1700 koridorunda değişmektedir. Yağmurlu havalarda doygun akım değerlerinde %3,7, %4, %5,8 ve %6,7’lik azalmalar tespit edilmiştir. Özellikle akşam ölçümlerinde elde edilen sonuçlarla yağmurun etkisinin daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen bu değerler doğrultusunda yapılan yağmursuz ve yağmurlu durum karşılaştırmaların şerit bazında anlamlı olup olmadığının tespiti için, her bir şeride ait t-testi yapılmıştır. %95 güven düzeyinde gerçekleştirilen testlerin sonucunda, şeritlerin aynı özellikte olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla elde edilen sonuçlar üzerinden yağmurlu ve yağmursuz durum için yapılan karşılaştırmaların anlamlı olduğu söylenebilir. Böylece, çalışmanın ana konusu olan yağmura bağlı olarak doygun akım değerindeki değişim tespit edilmiş ve literatürdeki gibi, yağmurlu havanın yağmursuz havaya göre doygun akım değerini azalttığı belirlenmiştir.

BÖLÜM 4

YAĞMURLU DURUMLARDA KAVŞAĞA AİT GECİKMELERİN BELİRLENMESİ

Kavşağa ait doygun akım değerleri hesaplandıktan sonra, yağmurlu ve yağmursuz havada mevcut gecikmelerin belirlenebilmesi için SIDRA benzetim programı kullanılmıştır.

SIDRA, kavşakların kapasite ve hizmet seviyesi açısından değerlendirilmesi, alternatif kavşak tasarımlarının yapılması, taşıtlar ve yayalar için kuyruk uzunluğu ve gecikme de dâhil olmak üzere geniş bir yelpazede performans ölçümlerinin yapılmasını sağlayan bir benzetim programıdır. Bunların yanı sıra yakıt tüketimi, çevre kirliliği ve işletme maliyeti için de kullanılan bir mikro analitik programdır.

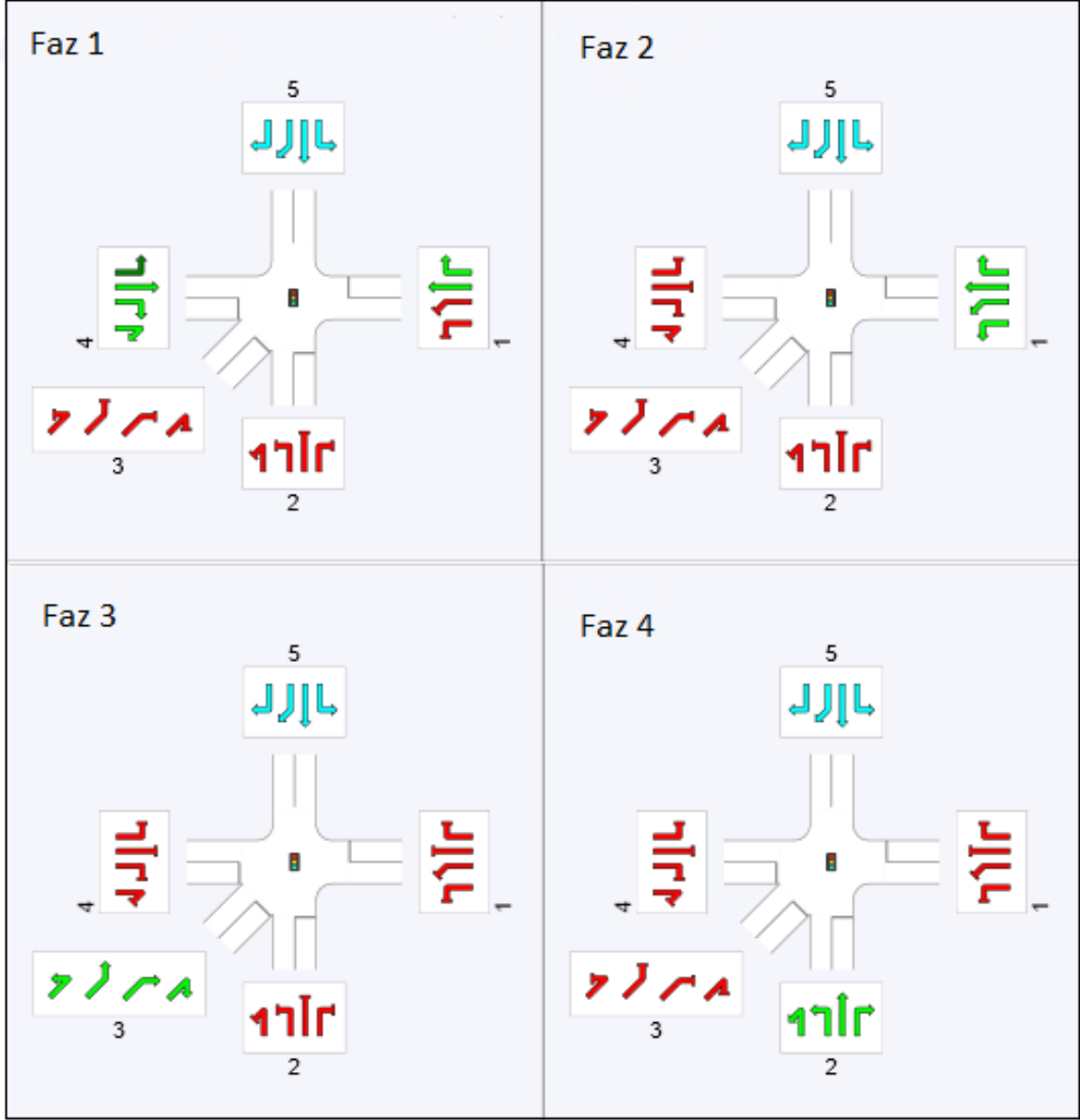
Programın orijinal versiyonu olan SIDRA 1, 1975-1979 yılları arasında Dr. Rahmi Akçelik tarafından geliştirilmiştir. SIDRA kelimesi, sinyalli ve sinyalsiz kavşak tasarımı ve araştırma yardımı için kullanılan bir kısaltmadır (SIDRA: Signalised and unsignalised Intersection Design and Research Aid) (Akçelik 2011).

1984 yılında ilk kez piyasaya çıktığından beri SIDRA, en çok satan yazılım olmuş ve yıllar içinde istikrarlı bir şekilde büyümüştür. Program, trafik mühendisleri ve planlamacıların uygulamalarındaki geri bildirimler doğrultusunda sürekli olarak geliştirilmektedir.

4.1 TERMİNAL KAVŞAĞININ SIDRA İLE ANALİZİ

Terminal kavşağının mevcut durumunun modellenmesi için, hacim ölçümleri ve hesaplanmış olan doygun akım değerlerinin dışında gerekli olan ve programa veri olarak girilecek diğer parametreler ve değerlerin ölçümleri sahada yapılmıştır. Bu veriler; kavşak geometrisi, sayım verileri, devre süresi vb olmak üzere gruplandırılabilir.

Öncelikle kavşağın geometrik şeklinin oluşturulabilmesi için kavşaktaki akım kolları, her kola ait şerit genişlikleri, yaklaşımlar ve dönüş yönleri sahada yapılan ölçümlerle belirlenmiştir. SIDRA’da kavşağın geometrisi oluşturulduktan sonra, kavşağa ait diğer veriler, mevcut faz planı ve devre süresi ilgili alanlara girilmiştir. Şekil 4.1’de kavşağa ait mevcut faz diyagramı sunulmuştur.



Şekil 4.1 Terminal kavşağı mevcut faz diyagramı.

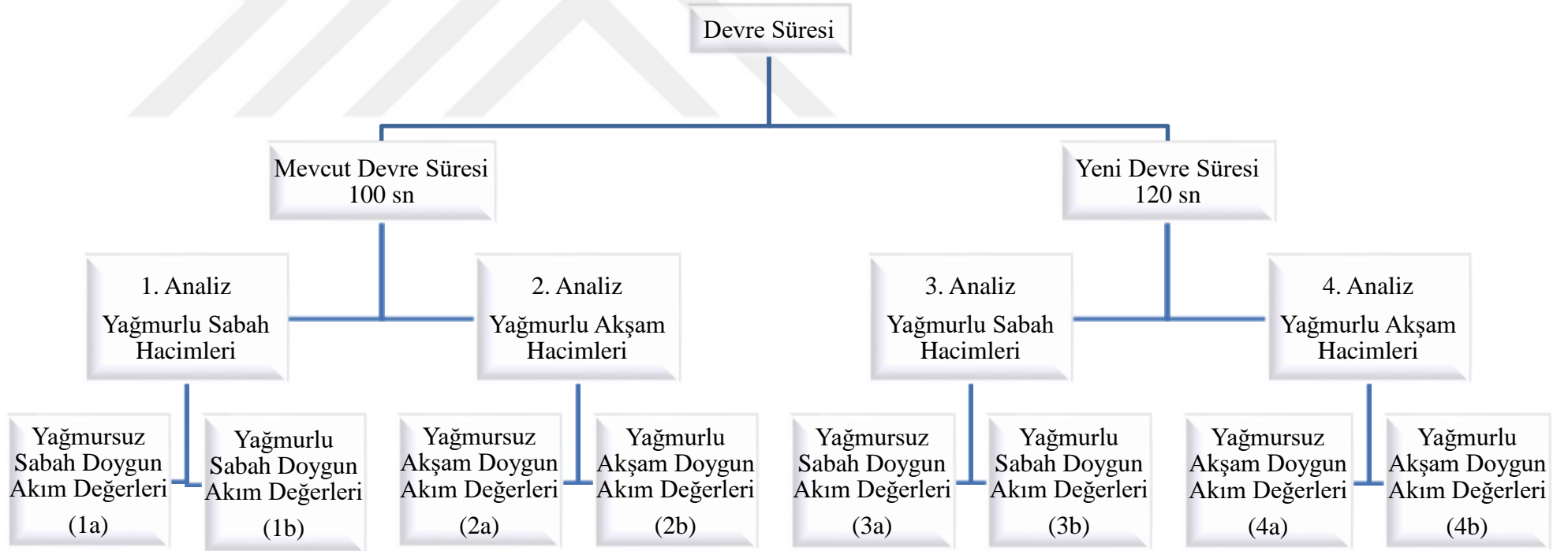
Şekil 4.1’de görüldüğü gibi kavşak 4 fazda işletilmektedir. Çizelge 4.1’de kavşağa ait yeşil süre, sarı süre, ortak kırmızı süreler, faz süresi ve mevcut devre süresi sunulmuştur.

Çizelge 4.1 Terminal kavşağı mevcut devre diyagramı.

Faz	1	2	3	4
Yeşil Süre (sn)	30	25	15	10
Sarı Süre (sn)	3	3	3	3
Ortak Kırmızı (sn)	2	2	2	2
Faz Süresi (sn)	35	30	20	15
Devre Süresi (sn)	100			

Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi mevcut devre süresi 100 saniyedir. SIDRA’da yapılacak analizler için mevcut devre süresi olan 100 saniyenin kullanılmasının yanı sıra, yeni bir devre süresi de belirlenmesi düşünülmüştür. Bu devre süresi, kavşağın yağmursuz havaya ait hacim değerleri ve yağmursuz havada hesaplanmış olan doygun akım değerlerinin SIDRA’ya veri olarak girilmesi sonucunda 120 saniye olarak belirlenmiştir.

SIDRA ile kavşağın mevcut durumu oluşturulduktan sonra, hacimler ve doygun akım değerleri değiştirilerek farklı analizler yapılmıştır. Yapılan tüm analizler Şekil 4.2’de sunulan şekilde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.2 Terminal Kavşağının SIDRA ile analiz şeması.

Kavşaktaki yağmurlu durumlarda gecikmelerin belirlenmesi için 4 farklı analiz yapılmıştır. Her bir analiz için yağmurlu ve yağmursuz doygun akım değerleri kullanılarak, durum karşılaştırması yapılması düşünülmüştür. 1. ve 2. analiz mevcut devre süresi olan 100 sn için gerçekleştirilirken, 3. ve 4. analiz de yeni devre süresi olarak belirlenen 120 sn için gerçekleştirilmiştir.

Analizler için, hacim ve doygun akım değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Hacimler, çalışmanın önceki bölümlerinde dört farklı durum için sahada toplanmış ve her yaklaşımda, her bir akım koluna göre, hafif taşıt ve ağır taşıt olmak üzere belirlenmiştir. Analizlerde yağmurlu havaya ait sabah ve akşam hacimleri kullanılmıştır. Çalışmada yalnızca düz giden akımlar için doygun akım değeri hesaplandığından, sola ve sağa dönen akımlar için kullanılacak doygun akım değerlerinin hesaplanmasına ihtiyaç duyulmuştur. Denklem 2.2'de bahsedilen sağa dönüş çarpanı f_{LT} ve sola dönüş çarpanı f_{RT} değerleri hesaplanmış ve ilgili akım kollarında düz giden akımlar için hesaplanmış olan doygun akım değerleri ile çarpılarak, sağa ve sola dönen akımlara ait doygun akım değerleri de hesaplanmıştır.

1. analiz için yağmurlu sabah hacimleri kullanılmıştır. 1a analizi için yağmursuz sabah, 1b analizi için yağmurlu sabah doygun akım değerleri kullanılmıştır.

2. analiz için yağmurlu akşam hacimleri kullanılmıştır. 2a analizi için yağmursuz akşam, 2b analizi için yağmurlu akşam doygun akım değerleri kullanılmıştır.

3. analiz için yağmurlu sabah hacimleri kullanılmıştır. 3a analizi için yağmursuz sabah, 3b analizi için yağmurlu sabah doygun akım değerleri kullanılmıştır.

4. analiz için yağmurlu akşam hacimleri kullanılmıştır. 4a analizi için yağmursuz akşam, 4b analizi için yağmurlu akşam doygun akım değerleri kullanılmıştır.

1. ve 3. analiz ile 2. ve 4. analiz aynı durumların farklı devre süreleri için gerçekleştirilmiş halleridir.

Terminal kavşağının mevcut durumunun modellenmesi ve farklı durumlar için analizleri yapılması sonucunda kavşağa ait gecikmeler, kapasite, doyumluk derecesi ve hizmet düzeyi gibi değerler elde edilmiştir. Gecikme ve kapasite değerleri iyi bir trafik yönetimi için oldukça önemlidir. Doyumluk derecesi bütün kavşakta, tüm yaklaşım kolları ve her bir şerit grubu için hacim bölü kapasite (h/k) oranıdır. Hizmet düzeyi ise bir bütün olarak kavşaklar, yaklaşım kolları ve her bir şerit grubu için ortalama kontrol gecikmesidir. Kavşağın veya yaklaşım kollarının hizmet düzeyinin belirlenmesinde kontrol gecikmesi kullanılır. Belirli bir şerit grubunun hizmet düzeyinin belirlenmesinde ise, kontrol gecikmesi ve doyumluk derecesi (h/k) oranı kullanılır. Hizmet düzeyleri A, B, C, D, E ve F olmak üzere altı farklı grupta toplanmıştır (TRB 2000). SIDRA ile yapılan analizler sonucunda elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2’de sunulmuştur.

Çizelge 4.2 Terminal kavşağı analiz sonuçları.

Analiz	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b
Ortalama Gecikme (sn)	289	334	292	381	46	58	59	105
Kapasite (tş/sa)	1564	1506	1628	1533	2227	2140	2306	2171
Doyumluk Derecesi (h/k)	1,337	1,388	1,380	1,465	0,939	0,977	0,974	1,034
Hizmet Düzeyi	F	F	F	F	D	E	E	F

Yapılan analizler ile yağmurlu havadaki hacimler kullanılarak, yağmurlu ve yağmursuz doyum akım değerlerinin gecikmeler üzerindeki etkisi belirlenmiştir.

1. ve 2. analizde mevcut devre süreleri kullanılarak sabah ve akşam gecikme değerleri tespit edilmiştir. Gecikmelerin 289 sn ile 381 sn arasında değiştii ve akşam gecikmelerinin daha fazla olduğu görölmektedir. Sabah için; yağmursuz doyum akım değeri kullanılan 1a analizinde ortalama gecikme süresi 289 sn ve yağmurlu doyum akım değeri kullanılan 1b analizinde ortalama gecikme süresi 334 sn olarak hesaplanmıştır. Akşam için ise bu değerler 2a için 292 sn ve 2b için 381 sn olarak hesaplanmıştır. Kavşak analizinde yağmursuz havaya ait doyum akım değerleri kullanılarak elde edilen gecikmelerin daha az olduğu açıkça görölmeye rağmen, yağmurlu havaya ait elde edilen gecikme değerinin daha gerçek olduğu söylenebilir.

3. ve 4. analizde yeni devre süresi ile elde edilen gecikmelerde de aynı durum söz konusudur. Yağmursuz havaya ait doygun akım değerleri kullanılarak elde edilen gecikmeler daha iyidir fakat diğerleri daha gerçektir. Bu analizler yeni devre süresi olan 120 sn için gerçekleştirilmiş ve kavşağa ait gecikme değerlerinde önemli bir iyileşme görülmüştür. Yeni devre süresi ile gecikmelerin 46 sn ile 105 sn arasında değiştiği ve mevcut devre süresi gecikmelerine göre oldukça azaldığı görülmektedir. Bu da yeni devre süresi ile beraber önemli bir iyileşme olduğunu göstermektedir.

Kapasite daha önce de belirtildiği gibi, kavşak tasarımındaki en önemli parametrelerden biridir. Kavşağa ait 4 analizde de yağmursuz havaya ait doygun akım değeri kullanılarak elde edilen kapasitelerin daha fazla olduğu görülmesine rağmen, yağmurlu havaya ait elde edilen kapasitelerin daha gerçek olduğu söylenebilir. Mevcut devre süresinde kavşak kapasitelerinin 1500 ile 1600 tş/sa aralığında iken yeni devre süresi ile kapasitelerin 2100 ile 2300 tş/sa aralığına yükseldiği görülmektedir. Kapasitenin devre süresi değişiminden sonra önemli ölçüde arttığı elde edilen bir diğer sonuçtur.

Kavşakların SIDRA ile analizi sonucu elde edilen diğer önemli çıktılar ise doygunluk derecesi ve hizmet düzeyidir. Doygunluk derecesi değerlerinin (h/k) yeni devre süresi ile önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. Kavşağa ait hizmet düzeyleri mevcut devre süresinde F olarak belirlenmiştir. Devre süresinin değiştirilmesiyle elde edilen hizmet düzeylerinde, mevcut devre süresine göre iyileşmeler söz konusudur. 3 ve 4 analizlerinde yağmursuz havaya ait doygun akım değerlerinde hizmet düzeyleri daha iyi gözükse de, yağmurlu havaya ait doygun akım değerlerindeki hizmet düzeyleri daha doğrudur.



BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, yağmura bağlı olarak doygun akım değerindeki değişim Zonguldak Terminal Kavşağı örneği üzerinden incelenmiştir.

Yağmursuz ve yağmurlu havada sabah ve akşam zirve saatlerde yapılan gözlemlerde elde edilen hacim değerlerinde, her zaman dilimi ve hava koşulu için en yüksek hacme sahip yaklaşımlar 1 ve 4 numaralı yaklaşımlar olarak belirlenmiştir. 1 ve 4 numaralı yaklaşımlar insanların iş, okul, ev vb. ulaşımları için kullanmak zorunda oldukları ana arter olduğu için hacimler, beklenen yüksekliktedir. İncelenen yaklaşımlardan 3 yaklaşımı da hacimce yüksek değerlerdedir. Bu yaklaşım da bağlantı yolu gibi kullanıldığı ve ara sokaklara ulaşım sağladığı için özellikle sabah saatlerinde sıkça kullanıldığı tespit edilmiştir. 2 ve 5 yaklaşımları ise saatlik hacimler olarak oldukça düşük değerlere sahiptir. 2 yaklaşımı terminale giriş çıkış için kullanılmakta olup, yalnızca otobüsler, terminal taksi durağına ait taşıtlar ve terminale giriş çıkış yapan misafir taşıtlar tarafından kullanılmaktadır. 5 yaklaşımı ise ışısız işletilen, daha çok kısa süreli parklanma yapan taşıtlar tarafından kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra sabah ve akşam yağmurlu havaya ait hacim değerleri, yağmursuz havaya ait hacim değerlerinden daima daha yüksek olarak tespit edilmiştir.

Zaman cinsinden aralık değerlerinin belirlenmesi için yapılan çalışma sonucunda, düz giden iki akım kolu (1-4) sağ şerit ve (4-1) sol şerit için sabah ve akşam zirve saatlerinde, yağmurlu ve yağmursuz havada, 1 devrede en az 10 taşıt gözlemlenecek şekilde toplam 4981 taşıt gözlemlenmiştir. Yağmursuz havada sabah zirve saatlerinde yapılan ölçümlerde (1-4) sağ şerit için zaman cinsinden aralık değerleri 0,83-4,98 sn. arasında değişirken, yağmurlu havada 1,00-5,39 sn. arasında değiştiği görülmektedir. (4-1) sol şerit için zaman cinsinden aralık değerlerinin ise yağmursuz havada 0,74-5,35 sn. arasında değişirken, yağmurlu havada 0,74-6,06 sn. arasında değiştiği görülmektedir. Yağmursuz havada akşam zirve saatlerinde yapılan ölçümlerde (1-4) sağ şerit için zaman cinsinden aralık değerleri 0,97-5,54 sn. arasında

değişirken, yağmurlu havada 1,18-5,69 sn. arasında değiştiği görülmektedir. (4-1) sol şerit için zaman cinsinden aralık değerlerinin ise yağmursuz havada 0,53-4,84 sn. arasında değişirken, yağmurlu havada 0,98-5,26 sn. arasında değiştiği görülmektedir. Her bir ölçüm için elde edilen zaman cinsinden aralık değerlerinin yağmurlu havalarda, yağmursuz havalara oranla daha yüksek oldukları belirlenmiştir. Sabah ve akşam fark etmeksizin, yağmurun taşıtlar için zaman cinsinden aralık sürelerini arttırdığı söylenebilir. Elde edilen bir diğer sonuç, zaman cinsinden aralık değerlerinin kuyrukta bekleyen 1. taşıttan 10. taşıta kadar genellikle düşüş göstermiş olduğudur, bu da literatür bilgisiyle örtüşmektedir. İlk sıradaki taşıtlar daha büyük aralık değerleri ile harekete başlamaktadır. Bu süre, sürücünün ışığın yeşile döndüğünü görme ve harekete geçme süresiyle ve taşıtın hızlanma süresiyle doğru orantılı olduğu için, 1. sıradaki taşıtlar için yüksek, sonraki taşıtlar içinse giderek azalmaktadır. Kuyrukta bekleyen 1. taşıtlara ait ortalama değerler diğer taşıtlara oranla yüksektir.

Zaman cinsinden doygun aralığa ulaşılan taşıt sayısı, 2. ile 6. taşıtlar arasında değişmektedir. (1-4) sağ şerit için sabah yağmursuz ölçümde 2. taşıtta doygunluğa ulaşılmışken, yağmurlu ölçümde 4. taşıtta doygunluğa ulaşılmıştır. Akşam yağmursuz ölçümde 3. taşıtta doygunluğa ulaşılmışken, yağmurlu ölçümde 4. taşıtta doygunluğa ulaşılmıştır. (4-1) sol şerit için sabah yağmursuz ölçümde 5. taşıtta doygunluğa ulaşılmışken, yağmurlu ölçümde 6. taşıtta doygunluğa ulaşılmıştır. Akşam yağmursuz ölçümde 4. taşıtta doygunluğa ulaşılmışken, yağmurlu ölçümde 5. taşıtta doygunluğa ulaşılmıştır. Sonuç olarak, yağmur yağışı taşıtların doygunluğa ulaşma sürelerini arttırmaktadır.

Zaman cinsinden doygun aralıklar, 1,93 sn ve 2,42 sn arasında değişmektedir. (1-4) sağ şerit için sabah yağmursuz ölçümde aralık değeri 2,19 sn iken, yağmurlu ölçümde 2,28 sn olarak hesaplanmıştır. Aralık değeri %4 oranında artmıştır. Akşam yağmursuz ölçümde aralık değeri 2,26 sn iken, yağmurlu ölçümde 2,42 sn olarak hesaplanmıştır. Aralık değeri %7 oranında artmıştır. (4-1) sol şerit için sabah yağmursuz ölçümde aralık değeri 1,94 sn iken, yağmurlu ölçümde 2,02 sn olarak hesaplanmıştır. Aralık değeri %4 oranında artmıştır. Akşam yağmursuz ölçümde aralık değeri 1,93 sn iken, yağmurlu ölçümde 2,05 sn olarak hesaplanmıştır. Aralık değeri %6 oranında artmıştır. Zaman cinsinden doygun aralık değerleri her zaman diliminde, yağmurlu havalarda daha yüksek hesaplanmıştır. Yağmurun zaman cinsinden doygun aralığı geciktirdiği tespit edilmiştir. Ayrıca sol şeride ait değerler sağ şeride ait değerlerden daha düşüktür.

Başlangıç zaman kayıpları 0,80 sn ve 2,68 sn arasında değişmektedir. (1-4) sağ şerit için sabah yağmursuz ölçümde 0,80 sn iken, yağmurlu ölçümde 1,70 sn olarak hesaplanmıştır. Zaman kaybında %113'lük bir artış söz konusudur. Akşam yağmursuz ölçümde 1,18 sn iken, yağmurlu ölçümde 1,33 sn olarak hesaplanmıştır. Zaman kaybında %13'lük bir artış söz konusudur. (4-1) sol şerit için sabah yağmursuz ölçümde 1,15 sn iken, yağmurlu ölçümde 2,68 sn olarak hesaplanmıştır. Zaman kaybında %133'lük bir artış söz konusudur. Akşam yağmursuz ölçümde 1,33 sn iken, yağmurlu ölçümde 1,90 sn olarak hesaplanmıştır. Zaman kaybında %43'lük bir artış söz konusudur. Sonuç olarak, taşıtların başlangıç zaman kayıplarının doymunluğa ulaşma zamanları ile doğrudan ilişkili olduğu ve yağmurlu havada yağmursuz havaya göre daha yüksek zaman kayıpları yaşandığı tespit edilmiştir. Özellikle zaman kaybı farkları %13, %43, %113 ve %133 gibi ciddi oranlara ulaşmaktadır.

Doymun akım değerleri yaklaşık 1400 ile 1900 tş/sa arasında değişmektedir. En düşük doymun akım değeri 1486 tş/sa iken, en yüksek akım değeri ise 1868 tş/sa'tir. Genelde sabah saatlerindeki ölçümlerde doymun akım değerleri akşam ölçümlerine göre daha fazla hesaplanmıştır. Ayrıca sol şerit doymun akım değerleri sağ şeride göre sabah ve akşam daha yüksek olarak hesaplanmıştır. (1-4) sağ şerit için sabah yağmursuz ölçümde 1641 tş/sa iken, yağmurlu ölçümde 1576 tş/sa olarak hesaplanmıştır. Doymun akım değerinde yağmurlu havada yağmursuz havaya göre yaklaşık %4,0'lük bir azalma söz konusudur. Akşam yağmursuz ölçümde 1592 tş/sa iken, yağmurlu ölçümde 1486 tş/sa olarak hesaplanmıştır. Doymun akım değerinde yağmurlu havada yağmursuz havaya göre yaklaşık %11,8'lik bir azalma söz konusudur. (4-1) sol şerit için sabah yağmursuz ölçümde 1854 tş/sa iken, yağmurlu ölçümde 1786 tş/sa olarak hesaplanmıştır. Doymun akım değerinde yağmurlu havada yağmursuz havaya göre yaklaşık %3,7'lik bir azalma söz konusudur. Akşam yağmursuz ölçümde 1868 tş/sa iken, yağmurlu ölçümde 1759 tş/sa olarak hesaplanmıştır. Doymun akım değerinde yağmurlu havada yağmursuz havaya göre yaklaşık %5,8'lik bir azalma söz konusudur.

Yağmursuz havalarda doymun akım değerleri 1600-1800 koridorunda değişirken, yağmurlu havalarda değerler 1400-1700 koridorunda değişmektedir. Yağmurlu havalarda doymun akım değerlerinde %3,7, %4, %5,8 ve %6,7'lik azalmalar tespit edilmiştir. Özellikle akşam ölçümlerinde elde edilen sonuçlarla yağmurun etkisinin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Literatürde verilen yağmur yağışının kavşaktaki doymun akım değerini azalttığı yönündeki bildirim, yapılan çalışma ile de doğrulanmıştır.

Kavşağa ait doygun akım değerleri hesaplandıktan sonra, yağmurlu havada mevcut gecikmelerin belirlenebilmesi için SIDRA benzetim programı kullanılmıştır. Yapılan her analiz için gecikme değerleri ve kapasiteler, yağmursuz havaya ait doygun akım değerleri ile yapılan analiz sonuçlarında (1a, 2a, 3a, 4a) daha iyi sonuçlar vermiştir fakat yağmurlu havaya ait doygun akım değerleri ile yapılan analiz sonuçlarında (2a, 2b, 2c, 2d) elde edilen değerler daha gerçektir. Yağmurlu havaya ait doygun akım değerleri kullanılarak yapılan analiz sonuçları, yağmursuz havaya ait doygun akım değerleri kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına göre daha gerçekçi değerler ortaya koymuştur. Analizlerden elde edilen sonuçlar, yağmura bağlı olarak doygun akım değerindeki değişimin, kavşaktaki diğer önemli parametreler olan gecikme, kapasite gibi değerleri de doğrudan etkilendiğini kanıtlar niteliktedir.

Mevcut devre süresi ve doygun akım değerleriyle terminal kavşağının analiz sonuçlarında hacim bölü kapasite (h/k) oranlarının 1,0 değerini aştığını ve kapasite açısından kavşağın başarısız olduğundan bahsedilebilir. Ayrıca hizmet düzeyinin kavşak için her durumda F olduğu, bu sonuçlar doğrultusunda kavşakta taşıtların ilerlemesinin güçlüğünden de bahsetmek mümkündür. Sonrasında yeni devre süresi ile yapılan analizler sonucunda kavşağın hizmet düzeyinde olumlu değişimler gözlemlenmiştir. D, E ve F hizmet düzeyine yükselen kavşağın hacim bölü kapasite (h/k) oranları da azalmıştır. Kavşak için mevcut devre süresinin yetersiz olduğu anlaşılmaktadır. Mevcut devre süresi (100 sn) belirlenen yeni devre süresine (120 sn) göre daha az olmasına rağmen, analizlerde daha olumsuz sonuçlar vermiştir. Değişen devre süresi ile kavşağa ait gecikme, kapasite, doygunluk derecesi ve hizmet düzeyinde olumlu değişiklikler gerçekleşmiştir. Fakat yine de aynı şartlar altında yağmurlu analizlerin yağmursuz analizlere göre daha düşük hizmet seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. Yağmurun hizmet seviyesini de doğrudan etkilediğinden bahsedilebilir.

Çalışmada hesaplanan yağmurlu ve yağmursuz doygun akım değerleri kullanılarak SIDRA ile yapılan analizler sonucunda açıkça görülmektedir ki; doygun akım değerinin yağmurlu havalarda azalmasıyla, gecikmeler artmakta, kapasite azalmakta, doygunluk derecesi artmakta ve hizmet düzeyi düşmektedir.

Doygun akım değerinin doğru tespiti ile kavşak tıkanmalarının ve gecikmelerin azaltılması mümkün olabilir. Görüldüğü üzere, zeminin ıslak ya da kuru olması yani yağmurlu ve yağmursuz hava, doygun akım değerini ciddi oranlarda etkilemektedir. Bu etkide sürücülerin

davranışları da önemli bir yer tutmaktadır. Yağmurlu havada ve yağmursuz havada sürücülerin farklı davranışlar sergilediği, buna bağlı olarak da taşıt hareketlerinin değiştiği göz önünde bulundurulmalıdır. Yapılan çalışma için seçilen şehir olan Zonguldak, kış mevsiminin büyük bir kısmını yağmurlu geçirmektedir. Dolayısıyla sürücüler yağmura alışkıdır ve buna bağlı olarak da taşıt hareketlerinde yağmursuz havaya oranla çok büyük farklılıklar oluşmamaktadır. Aynı çalışmanın, hem benzer şekilde yağış alan şehirler, hem de daha az yağış alan şehirlerde gerçekleştirilmesiyle elde edilecek sonuçların, bu çalışmanın sonuçlarıyla karşılaştırılması ile daha farklı değerlendirmeler yapılabilir.

Devre sürelerinin yağmursuz ve yağmurlu havalarda göz önünde bulundurularak hesaplanmasının daha iyi bir trafik yönetimi sağlayabileceği düşünülmektedir. Sonuçlardan da görüldüğü gibi, yağmurlu havalarda kavşağa ait birçok parametrede önemli değişiklikler gerçekleşmektedir. Devre süresinin değişimi ile kavşakta gerçekleşen iyileşmeler de göz önüne alınırsa, hava durumuna duyarlı ve sinyal süreleri otomatik olarak değişebilen bir sinyal kontrol sistemi ile trafik akışı düzenlenebilir, hava ile ilgili etkilerin en aza indirilmesi sağlanabilir ve kavşaklar daha iyi işletilebilir. Bu anlamda sadece çalışma kapsamında gerçekleştirilen analiz sonuçları değerlendirilmiş olup, yapılacak olan başka çalışmalarla ilgili konunun çalışılması düşünülebilir.

Yapılan çalışmada, yağmura bağlı olarak doymuş akım değerindeki değişim incelenmiş, gerek saha çalışmalarında elde edilen sonuçlar gerekse SIDRA ile yapılan analiz sonuçları ile desteklenerek, yağmurun doymuş akım değerini azaltıcı etkisi olduğu ve bu etkinin sonuçları tespit edilmiştir. Bu çalışmada yalnızca yağmurun etkisi belirlenmiş olup, diğer hava şartlarının (kar, buz, don vb.) doymuş akım değeri üzerindeki etkilerinin de belirlenmesi için yeni çalışmaların yapılması düşünülmüştür.



KAYNAKLAR

- Akçelik R** (2011) *Sidra Intersection User Guide*. Akçelik & Associates Pty. Ltd., Avustralya.
- Akmaz M M** (2012) Konya'nın Önemli Sinyalize Kavşaklarının Bilgisayar Programı İle İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 92 s.
- Altunışık R, Coşkun R, Bayraktaroğlu S ve Yıldırım E** (2005) *Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri SPSS Uygulamalı*. 4. Baskı, ISBN: 975-8644-28-9, Sakarya Kitapevi, Sakarya, 360 s.
- Asamer J and Van Zuylen H J** (2011) Saturation Flow Under Adverse Weather Conditions. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2258: 103-109.
- Ayfer M Ö** (1977) *Trafik Sinyalizasyonu*. T.C. Bayındırlık Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara, 182 s.
- Bayazıt M ve Oğuz Y B E** (2005) *Mühendisler İçin İstatistik*. 3. baskı, ISBN: 975-511-102-6, Birsen Yayınevi, İstanbul, 197 s.
- Bester C J and Varndell P J** (2002) The Effect of a Leading Green Phase on the Start-up Lost Time of Opposing Vehicles. *South African Transport Conference*, 15-19 July 2002, Pretoria, 104-111.
- Botha J L and Kruse T L** (1992) Flow Rates at Signalized Intersections Under Cold Winter Conditions. *Journal of Transportation Engineering*, 2333: 439-450.
- Branston D and Gipps P** (1981) Some Experiences with a Multiple Regression Method of Estimating Parameters at the Traffic Departure Process. *Transportation Research Part A*, 15/6: 445-458.
- Çalışkanelli P S** (2010) Sinyalizasyon Sistemlerinden Ayrılan Taşıtların Takip Aralığı Dağılımının İncelenmesi. *Doktora Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ulaştırma Anabilim Dalı, İzmir, 139 s.
- Çetin M** (2015) Sinyalize Kavşaklarda Doygun Akım Oranının Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım. *Doktora Tezi*, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, 101 s.
- Gillam W and Withill R** (1992) UTC and Inclement Weather Conditions. *Leicestershire County Council & Institute of Electrical and Electronics Engineers Conference*, 13-15 August 1992, Nottingham, United Kingdom, 85-88.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Goodwin L C** (2002) Weather Impacts on Arterial Traffic Flow. *MTS Mitretek Systems*, Aralık, 1-5.
- Greenshields B D, Schapiro D and Ericksen E L** (1947) Traffic Performance at Urban Intersections. *Technical Report No 1, New Haven Bureau of Highway Traffic*, Amerika, pp. 458.
- KGM** (2005) *Karayolu Tasarım El Kitabı*, Karayolları Genel Müdürlüğü, 297 s.
- Mahmassani H S, Dong J, Kim J, Chen R B and Park B B** (2009) Incorporating Weather Impacts in Traffic Estimation and Prediction Systems. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration Final Report, FHWA-JPO-09-065-14497, Washington, DC.
- Pamela J, Maki P E** (1999) Adverse Weather Traffic Signal Timing. *69th Annual Meeting of the Institute of Transportation Engineers*, August 1-4, Las Vegas, Nevada, 301-309.
- Martin P T, Perrin J, Hansen B and Quintina I** (2000) Inclement Weather for Signal Timings. *MPC Report*, Utah, No: 01-120.
- Minh C C and Sano K** (2003) Analysis of Motorcycle Effects to Saturation Flow Rate at Signalized Intersection in Developing Countries. *Journal of Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 5: 1211-1222.
- Niittymaki J and Pursula M** (1997) Saturation Flows at Signal-Group-Controlled Traffic Signals. *Transportation Research Record 1572 TRB*, National Research Council, Washington D. C., 24-32.
- Perrin J and Martin P T** (2002) Modifying Signal Timing During Inclement Weather. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, TRB, National Research Council, Washington, D.C, 1748: 66-71.
- Pisano P and Goodwin L C** (2002) Surface Transportation Weather Applications. Federal Highway Administration (FHWA) in Concert, 1-11.
- Polat A, Sarısoy G ve Öğüt K S** (2015) Küçük Ölçekli Kentlerde Işıklı Kavşaklarda Başlangıç Zaman Kaybı ve Doygun Akım Değerinin Belirlenmesi. *11. Ulaştırma Kongresi 27-29 Mayıs 2015 Bildiriler Kitabı*, İstanbul. 129-138
- Polat M** (2016) Erken Cumhuriyet Dönemi Ulaştırma Pratiklerinin Nafia Mecmuası Üzerinden İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Trabzon, 150 s.
- Rakha H** (2008) Inclement Weather Impacts on Freeway Traffic Stream Behavior. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2071: 8-18.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Rakha H, Sadek S and Zohdy I** (2009) Microscopic Analyses of Traffic Flow in Inclement Weather, United States Federal Highway Administration, FHWA JPO-09-066, November 2009, pp. 119.
- Sadek A W and Amison-Agbolosu S J** (2004) Validating Traffic Simulation Models To Inclement Weather Travel Conditions With Applications To Arterial Coordinated Signal Systems, NETCR47 Final Report, November 2004, pp. 59.
- Shin C H and Choi K** (1998) Saturation Flow Rate Estimation Under Rainy Weather Conditions For On-line Traffic Control Purpose. *KSCE Journal of Civil Engineering* 2 (3): 211-222.
- Smith B L, Beckman R, Anson D, Nagel K and Williams M E** (1995) TRANSIMS: Transportation Analysis and Simulation System. *Fifth National Conference on Transportation Planning Methods Applications*, 1-3 August 1995, Volume II, Seattle, Washington, 1-9.
- Smith B L, Byrne K G, Copperman R B, Hennessy S M, and Goodall N J** (2004) Investigation Into the Impact of Rainfall on Freeway Traffic Flow. *83rd Annual Meeting of the Transportation Research Board*. 11 January 2004, Washington D.C. 214-224.
- Stanic B, Tubic V and Celar N** (2011) Straight Lane Saturation Flow and Rate in Serbian Cities. *Transport*, 1648-4142: 329-334.
- Stokes R W** (1988) Comparison of Saturation Flow Rates at Signalized Intersections. *ITE Journal*, 11-88: 15-20.
- Transportation Research Board TRB** (2000) Highway Capacity Manual HCM, National Research Council, Washington D. C., pp. 1189.
- Transportation and Road Research Laboratory** (1963) A Method Of Measuring Saturation Flow At Traffic Signals. *Road Note* No. 34, London, pp 233.
- Turner J and Harahap G** (1993) Simplified Saturation Flow Data Collection Methods. *CODATU V Conference on the Development and Planning of Urban Transport*, PA 1292/93. Transport Research Laboratory, Crowthorne, 113-120.



ÖZGEÇMİŞ

1990 yılında Ankara’da doğan Mine POLAT ALPAN, ilk ve orta öğrenimini Öğretmen Kubilay İlköğretim Okulu’nda, lise öğrenimini Ankara Gazi Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi’nde tamamladı. 2007 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü’nde lisans eğitimine başladı. 2011 yılında lisans eğitimini tamamlayarak, aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2013-2014 yılları arasında Università Studi di Cagliari üniversitesinde yüksek lisans eğitimine devam etti. Karadeniz Teknik Üniversitesi’ndeki yüksek lisans eğitimini 2016 yılında tamamladı. 2014 yılında Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü’ne Araştırma Görevlisi olarak başladı. Aynı yıl Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine de başladı. Hala aynı bölümde çalışmalarına ve eğitimine devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ:

Adres :Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Teknolab B Blok 67100
Merkez/ZONGULDAK

Tel : 0372 291 16 72

E-posta : mine_pol@hotmail.com

: minepolat@beun.edu.tr