

**T.C.**  
**BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**TRAFİK SİNYAL SÜRELERİNİN  
OPTİMİZASYONU VE ÇEVRE KİRLİLİĞİ  
ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Cebrail CULUM**

**İSTANBUL, 2013**

**T.C.**

**BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ**

**TRAFİK SİNYAL SÜRELERİNİN OPTİMİZASYONU VE ÇEVRE  
KİRLİLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Cebrail CULUM**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. GÖKSEL DEMİR**

**İSTANBUL, 2013**

**T.C.**  
**BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ**  
**YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

Tezin Adı : Trafik Sinyal Sürelerinin Optimizasyonu Ve Çevre  
Kirliliği Üzerine Etkisinin İncelenmesi

Öğrencinin Adı Soyadı : CebraİL CULUM

Tez Savunma Tarihi : 17/01/2013

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Doç.Dr. F.Tunç BOZBURA  
Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğunu onaylarım.

Prof.Dr. Mustafa ILICALI  
Program Koordinatörü

Bu tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri \_\_\_\_\_

İmzalar

Tez Danışmanı :  
Doç. Dr. Göksel DEMİR

.....

Üye :  
Yrd.Doç.Dr. Nilgün CAMKESEN

.....

Üye :  
Yrd.Doç.Dr.Kurtuluş ÖZCAN

.....

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde önemli rol sahibi olan tez danışmanım Doç.Dr.Göksel DEMİR'e teşekkür ederim.

Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Yüksek Lisans Program koordinatörü Prof. Dr. Mustafa ILICALI, Koordinatör Yardımcısı Yrd.Doç.Dr. Nilgün CAMKESEN ve Yrd.Doç.Dr. Kurtuluş ÖZCAN' a teşekkür ederim.

Yüksek Lisans yaptığım süre içerisinde, ders aşamasında emeği geçen bütün hocalarıma teşekkür ederim.

Yaptığı araştırmalardan ve dökümanlarından faydalandığım Prof.Dr. Gökmen Ergün'e ve Bahçeşehir Üniversitesi öğrencilerinden Oktay Yılmaz'a ayrıca teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında bilgisine başvurduğum ve deneyimlerinden faydalandığım Meslektaşım Serdar Yücel, İnşaat Mühendisi Abdulkadir Öztürk'e teşekkür ederim.

Manevi desteğiyle ve yardımlarıyla sürekli yanımda olan, beni yalnız bırakmayan desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen ve her zaman yardımcı olmaya çalışan eşim Sevil Culum ve bu tez aşamasında birlikte geçirmemiz gereken zamandan oldukça fedakarlık eden kızlarım Meryem Culum, Havvanur Culum ve beni uyutmuyarak tezi hazırlamama katkı sağlayan oğlum Tarık Culum' a sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

## ÖZET

### TRAFİK SİNYAL SÜRELERİNİN OPTİMİZASYONU VE ÇEVRE KİRLİLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Cebrail CULUM

Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Göksel DEMİR

Ocak 2013, 96 sayfa

Ulaştırma kaynaklı trafiğin getirdiği çevre kirliliği, günümüzün en önemli sorunlarından biridir. Bu problemin çözüm yollarından biri olan trafik sinyal sürelerinin optimizasyonu ve bunun neticesinde çevreye etkisinin irdelenmesi, bu tez çalışmasının konusunu oluşturmaktadır.

Bu tez çalışmasında sırasıyla trafik kavramı, trafiğin yönetilmesinde trafik sinyallerinin etkisi ve trafik sinyal sürelerinin iyi bir şekilde hesaplanması bunun sonucu olarak da sinyal optimizasyonun insan hayatına ve çevreye etkisi araştırılmıştır.

Ayrıca İstanbul da bir örnek kavşak seçilerek (Eski Edirne Asfaltı Kayaşehir Toki Kavşağı) bu örnek kavşak da mevcut trafik durumu incelenmiştir. Çalışma içerisinde görsel çekimler yapılmış elde edilen veriler bilgisayar programlarında işlenerek simülasyonlar oluşturulmuştur. Örnek kavşak için trafik sinyal planlaması yapılmış ve laşım kaynaklı emisyonlara etkisi değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Trafik, Sinyal, Simulasyon, Emisyonlar

## **ABSTRACT**

### **OPTIMIZATION OF TRAFFIC SIGNAL DURATIONS AND INVESTIGATION OF THE EFFECT ON ENVIRONMENTAL POLLUTION**

**CEBRAİL CULUM**

Urban Systems and Transportation Management

Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Göksel DEMİR

January 2013, 96 pages

Caused by transportation traffic brought by environmental pollution, is one of the most important issues of today. One of the ways a solution of this problem the duration of the traffic signal optimization and as a result of effects on environment investigation, is the subject of this thesis.

In this thesis, respectively, the concept of the traffic, the impact of traffic signals of the traffic management and in a good way to calculating the duration of the traffic signal, as a result, to determine the effect of human life and the environment.

Furthermore, selected a sample crossroads in Istanbul (Toki Kayasehir Eski Edirne Road Intersection) intersection of in this sample were current traffic situation. In the thesis, visual shots made and the data obtained from this simulations established with processing computer programs. For the Sample intersection of, traffic signal has been scheduling and evaluated the effect of emissions from transport.

**Keywords:** Traffic, Signal, Simulation, Emissions

## İÇİNDEKİLER

TABLolar	ix
ŞEKİLLER	x
KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ	1
2. TRAFİK KAVRAMI	3
2.1. TRAFİK İŞARETLERİ NEDİR NE İŞE YARAR?	3
2.2. TRAFİK PROBLEMLERİ NASIL ORTAYA ÇIKMIŞTIR?	3
2.3. DÜNYADA TRAFİK PROBLEMİ YAŞAYAN BÜYÜK ŞEHİRLER	5
2.4. TRAFİK IŞIĞI (SİNYALİ) NEDİR?	12
2.5. TRAFİKDE KAVŞAK KAVRAMI?	13
2.6. OPTİMİZASYON NEDİR?	13
2.7. TRAFİK IŞIĞI(SİNYALİ) KULLANIM YERLERİ	13
2.7.1. İzole Sinyalizasyon Sistemleri	14
2.7.2. Koordine Sinyalizasyon Sistemleri	14
2.7.3. Trafik Etütleri	15
3. ULAŞIMIN VE ULAŞTIRMANIN TARİHÇESİ	16
3.1. DÜNYADA ULAŞIMIN ULAŞTIRMANIN TARİHÇESİ	16
3.2. OSMANLI'DA DENİZ YOLU TAŞIMACILIĞI	18
3.3. OSMANLI'DA DEMİRYOLU TAŞIMACILIĞI	18
3.4. CUMHURİYET DÖNEMİNDE ULAŞTIRMANIN TARİHÇESİ	20
4. ULAŞIMIN ÇEVRESEL ETKİLERİ	23
4.1. ULAŞIM KAYNAKLI HAVA KİRLİLİĞİ	23

4.2.	KARAYOLU ULAŞIMINDAN KAYNAKLANAN EMİSYONUN ETKİLERİ.....	24
4.3.	ULAŞTIRMA KAYNAKLI GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİ.....	24
5.	İSTANBUL’UN KONUMU, TARİHSEL SÜRECİ.....	26
5.1.	İSTANBUL’UN KONUMU .....	26
5.2.	İSTANBUL’UN KÜRESEL KONUMU .....	27
5.3.	İSTANBUL’UN SEKTÖREL DAĞILIMI .....	29
5.4.	İSTANBUL’DA İDARİ YAPI.....	30
5.5.	TARİHİ SÜREÇ .....	32
5.6.	İSTANBUL’DA DEMOGRAFİK YAPI .....	33
5.6.1.	Nüfus Değişimi.....	33
6.	İSTANBUL’UN ULAŞIM SİSTEMİNİN MEVCUT DURUMU .....	35
6.1.	ŞEHİRLERARASI, BÖLGESEL VE ULUSLARARASI ULAŞIM AĞI.....	35
6.1.1.	Havalimanları.....	37
6.1.2.	Limanlar .....	38
6.1.3.	Garlar .....	38
6.1.4.	Otogarlar.....	39
6.2.	İSTANBUL KENT İÇİ ULAŞIM SİSTEMİ .....	39
6.2.1.	Karayolu Ulaşım Sistemi .....	40
6.2.1.1.	Boğaz Geçişi .....	42
7.	TRAFİK SİNYAL KOORDİNASYON SİSTEMLERİ.....	45
7.1.	SABİT ZAMANLI SİNYALİZASYON SİSTEMLERİ .....	45
7.1.1.	Koordinasyonun Faydaları .....	45
7.1.2.	Koordinasyonun Faydasını Azaltan Faktörler.....	46
7.1.3.	Sinyal Koordinasyon Sistemleri Amaçları.....	47



7.1.4.	Trafik Simülasyonu.....	47
7.1.5.	Sinyalizasyon Ekipmanları.....	48
7.1.6.	Kavşak Sinyalizasyon Sistemleri .....	48
7.2.	KOMPUTER TRAFİK SİNYAL KONTROL SİSTEMLERİ .....	48
7.3.	ADAPTİF KONTROL SİSTEMLERİ.....	50
7.4.	“DEVRE-DIŞI” SİNYAL KONTROL SİSTEMLERİ.....	52
7.5.	SİNYAL KOORDİNASYONU GENEL PRENSİPLERİ .....	55
7.5.2.1.	Araçların Arterdeki İlerleme Hızının Tahmin Edilenden Farklı Olması.....	58
7.6.	ARTERLERDE SİNYAL KOORDİNASYONUNUN YAPILABİLMESİ İÇİN YÖNTEM.....	69
8.	ÖRNEK ARTER ÜZERİNDE SİNYAL OPTİMİZASYONU (FENERTEPE KAYAŞEHİR TOKİ KAVŞAĞI).....	75
8.1.	KAVŞAK HAKKINDA GENEL BİLGİLER .....	75
8.2.	KAVŞAĞIN ARAZİ İNCELEMESİ.....	76
8.3.	F.T. KAVŞAĞINDA MEVCUT DURUM .....	78
8.4.	F.T. KAVŞAĞINDA TEKNİK İNCELEME VE GÖZLEMLER.....	80
8.5.	F.T. KAVŞAĞI ÇÖZÜM ÇALIŞMALARI.....	82
8.6.	F.T. KAVŞAĞINDA YAPILAN ÇALIŞMANIN ÇEVREYE ETKİSİ ...	86
	KAYNAKÇA .....	91
	ÖZGEÇMİŞ.....	96

## TABLolar

Tablo 5.1: İstanbul İli'nin ÷lke içindeki yüzölçümü payı .....	27
Tablo 5.2: İstanbul'da istihdam edilenlerin sektörel dağılımı .....	30
Tablo 5.3: İstanbul-Türkiye nüfus ve oranı (1970–2011).....	33
Tablo 5.4: İstanbul nüfusu ve Türkiye oranı (1970–2011) .....	34
Tablo 6.1: İstanbul da Trafiğe kayıtlı araç sayısı.....	40
Tablo 6.2: İstanbul yol ağı dağılımı .....	41
Tablo 7.1. Değişik seyir hızı ve devir süreleri için değişen sisteme uygun düşen ardıl kavşaklar arası mesafe değerleri .....	67
Tablo 7.2. Değişik seyir hızı ve devir süreleri için çift değişen sisteme uygun düşen ardıl kavşaklar arası mesafe değerleri .....	68
Tablo 8.1. Fenertepe Toki Kavşağı Trafik Yoğunluğu Sayımları .....	80

## ŞEKİLLER

Şekil 2.1: Tokyo’da trafik yoğunluğunu gösteren bir cadde.....	5
Şekil 2.2: Los Angeles de trafik yoğunluğunu gösteren bir yol.....	6
Şekil 2.3:SãoPauloda trafik.....	7
Şekil 2.4:Bangkokda trafik yoğunluğu .....	7
Şekil 2.5:Moskovada trafik yoğunluğunu gösteren bir resim .....	8
Şekil 2.6:Bangkokda trafik yoğunluğunu gösteren bir resim.....	9
Şekil 2.7: Mumbai de trafik yoğunluğunu gösteren bir resim .....	9
Şekil 2.8: Meksiko’da yoğun trafiği gösteren bir resim.....	10
Şekil 4.1: Ulaşım kaynaklı tahmini gürültü seviyeleri.....	25
Şekil 5.1: İstanbul İli’nin ülke içindeki coğrafi konumu .....	26
Şekil 5.2: İstanbul’un etkileşim alanı.....	28
Şekil 5.3: Türkiye yerleşim merkezleri kademelenmesi .....	29
Şekil 5.4: İBB organizasyon şeması.....	30
Şekil 5.5: İstanbul İli idari sınır haritası.....	31
Şekil 5.6: İstanbul’un tarihi gelişim süreci .....	32
Şekil 6.1: Türkiye’nin içinde bulunduğu uluslararası karayolu bağlantıları.....	35
Şekil 6.2: Marmara Bölgesi ulaşım ilişkileri.....	37
Şekil 6.3: Atatürk ve Sabiha Gökçen Havalimanları .....	38
Şekil 6.4: Karayolu ağının durumu .....	41
Şekil 6.5: Boğaz geçişinde istikametine göre saatlik trafik hacmi.....	42
Şekil 6.6: Avrupa ve Asya Yakaları arasındaki yolculukların dağılımı.....	43
Şekil 7.1. Örnek bir yer-zaman grafiği.....	55
Şekil 7.2. Dört kavşaktan oluşan tek yönlü bir arter için yer-zaman grafiği .....	59
Şekil 7.3. Dört kavşaktan oluşan tek yönlü bir arterde, araç seyir hızının tahmin edilenden düşük oluşunun etkisi .....	60

Şekil 7.4. Dört kavşaktan oluşan tek yönlü bir arterde, araç seyir hızının tahmin edilenden fazla oluşunun etkisi .....	60
Şekil 7.5. Kuyrukta bekleyen araçların sinyal koordinasyonuna etkisi .....	61
Şekil 7.6. Kuyrukta bekleyen araçların göz önünde bulundurulmasıyla, yeniden hesaplanan kayma değeri .....	62
Şekil 7.7. Yer-zaman grafiğinde bant genişliğinin deneme-yanılma yöntemiyle bulunması .....	63
Şekil 7.8. Eş Zamanlı (Simultane) Sistem .....	65
Şekil 7.9. Değişen Sistem .....	66
Şekil 7.10. Çift Değişen Sistem .....	68
Şekil 7.11 Arter Optimizasyonu Ve Koordinasyonu İçin Yöntem .....	73
Şekil 7.12. Sinyal Koordinasyonunun Bilgisayar Programlarıyla (Signal 2000 ve Synchro) Sağlanmasında Uygulanan Yöntem .....	74
Şekil 8.1: Kayaşehir Toki Kavşağı.....	75
Şekil 8.2: Kayaşehir Toki Kavşağı Kolu Kuyruk Durumu .....	77
Şekil 8.3: Kayaşehir Toki Kavşağı Kayaşehir Kolu Kuyruk Durumu.....	77
Şekil 8.4. Kayaşehir Toki Kavşağı'nın Eski Edirne Asfaltı Trafik Yoğunluğu.....	79
Şekil 8.5. Fenertepe Toki Kavşağı akım yönlerini gösterir harita. ....	78
Şekil 8.6: Toki Kavşağı Sinyal Optimizasyonu öncesi kavşak hizmet seviyesi .....	82
Şekil 8.7: Toki Kavşağı Üstyapı Sinyal Projesi .....	83
Şekil 8.8: Toki Kavşağı Üstyapı Sinyal Projesi'nin arazide uygulama anı .....	84
Şekil 8.9: Toki Kavşağı Sinyal Projesi'nin arazide uygulama 1.akım.....	84
Şekil 8.10: Toki Kavşağı Sinyal Optimizasyonu sonrası kavşak hizmet seviyesi.....	85
Şekil 8.11. Toki Kavşağı sinyal optimizasyonu sonrası kapasite kullanım oranı.....	85

## KISALTMALAR

AB	:	Avrupa Birliği
ABD	:	Amerika Birleşik Devletleri
AGR	:	Güneydoğu Avrupa Uluslar arası Yol Ağı
DPT	:	Devlet Planlama Teşkilatı
FT	:	Fenertepe Toki
GSMH	:	Gayri Safi Milli Hasılat
İBB	:	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
İDO	:	İstanbul Deniz Otobüsleri
KGM	:	Karayolları Genel Müdürlüğü
UNEP	:	BM Çevre Programı
TCDD	:	Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
TEM	:	Avrupa Transit Otoyol
TMMOB	:	Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TÜİK	:	Türkiye İstatistik Kurumu

# 1. GİRİŞ

Dünya nüfusu, gün geçtikçe artmaktadır. Mevcut alt yapılar, artan nüfusla ortaya çıkan ihtiyaçları karşılamakta zorlanmaktadır. Karşılanamayan bu ihtiyaçların insan hayatı üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için birçok alanda iyileştirmeler yapılması gerekmektedir.

Nüfus artışına paralel olarak trafikteki taşıt sayısı da artmaktadır. Taşıt kullanımının artmasıyla birlikte, özellikle büyük şehirlerde, yoğun trafiğin ortaya çıkardığı birçok sorun, acilen önüne geçilmesi gereken bir hal almıştır. Trafik yoğunluğu ve sinyal sürelerinin düzensizliği, ulaşım süresinin artmasına, fazla yakıt tüketilmesiyle yüksek enerji maliyetlerine ve egzoz gazı salınımıyla çevre kirliliğine sebep olmaktadır.

Gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi, ülkemizde de en önemli problemlerin başında ulaşım kaynaklı trafik sorunu gelmektedir. Nüfus artışı, hayat kalitesinin iyileşmesi, sürücü ve motorlu araç sayısındaki hızlı artış, sanayileşme ile birlikte kolay ulaşım ihtiyacı doğmakta, ulaşımın hayatımızdaki önemi gün geçtikçe artmasının yanı sıra kaynak yetersizliği ve plansız uygulamalar sonucu, motorlu taşıtların faydadan çok zarar vermesine neden olmaktadır. Yük ve yolcu taşımacılığının %90'ı nı aşkın bir kısmının şehir içi ve şehirlerarası karayollarımız üzerinden yapılmasına rağmen, trafik alt yapısında ve kamuoyundaki trafik bilincinde yeterli gelişme sağlanamaması nedeniyle trafik, ülkemizin en öncelikli çözülmesi gereken sorunlarının başında yer almıştır. Bu sorun, toplumumuzun bir kısmını değil, bireyleri, toplumu ve kurumlarıyla birlikte tamamını ilgilendiren geniş yapılı çok boyutlu bir sorun haline gelmiştir. Her geçen gün kendisini daha fazla hissettiren ve hiç istisna tanımadan herkesin muhakkak karşılaştığı trafik sinyalleri günümüzde geçmiş yıllara nazaran daha iyi planlanmak da, ancak halen yapılan planlamaların yeterli olup olmadığı konusu tartışılmaktadır.

Türkiye'de "trafik ışığı" kavramı trafikde beklerken geçmek bilmez saniyeler, beklerken camdan içeri giren eksoz dumanı ve koku tabirlerini akla getirmektedir. Oysa çağdaş düşünce, trafik ve trafik ışığı kavramlarını çok daha geniş boyutlarda ele almakta ve genel olarak mühendislik hizmetleri, eğitim, ilk yardım, acil müdahale-kurtarma hizmetleri ve denetimi ön plana çıkartmaktadır. Akılcı ve doğru olan düşünce tarzı da budur.

Günümüzde trafik ışıklarının sürelerinin, bazı formüller, programlar neticesinde hesaplanabildiği gibi kendi süresini kendi kendine kontrol eden sinyal sistemleri de vardır. Kendi kendini kontrol eden sistemlerin temelini dedektörler ve sensörler oluşturmaktadır. Örneğin, trafiğin hemen hemen günün her saatinde sıkışık olduğu büyük kentlerde trafik lambaları zaman ayarlı devrelerle ayarlanmaktadır. Banliyölerde ve şehirlerarası yollarda ise detektör kullanımı, bazı ülkelerde yaygındır. Bir kavşağa gelip duran arabayı, kavşaklarda çok fazla arabanın birikmiş olduğunu, sağa ya da sola dönmeyi bekleyen arabaları bu detektörler vasıtasıyla saptamak ve trafik ışıklarını beklenen şekilde yönlendirmek mümkündür.

## **2. TRAFİK KAVRAMI**

Trafik; İnsanların, hayvanların ve araçların karayolları üzerindeki hal ve hareketleridir. Trafik sadece içerisinde akışın yönlendirildiği bir yollar sistemi değil, aynı zamanda toplumun bireylerinin bir başka biçimde etkileşim de de bulunmasıdır.

### **2.1. TRAFİK İŞARETLERİ NEDİR NE İŞE YARAR?**

Trafik işaretleri Trafiği düzenleme amacı ile kullanılan işaret levhaları, ışıklı ve sesli işaretler, yer işaretlemeleridir. Trafik işaret levhası sabit veya taşınabilir bir mesnet üzerine yerleştirilmiş ve üzerindeki sembol, renk ve yazı ile özel bir talimatın aktarılmasını sağlayan trafik tertibatıdır. Trafiğin karayolu üzerinde akabilmesi, alışlagelmiş yaşam faaliyetinin belli bir sistem, düzen, güvenlik içinde devam edebilmesi için ihtiyacın zorunlu kılması karşısında trafik işaretleri doğmuştur ve gün geçtikçe de gelişmektedir.

Trafik işaretleri, yolu kullananlara, yol ve çevresinin genel karakteristikleri hakkında yetkililerce gerekli görülen ikaz ve tavsiyelerin yazı ve semboller halinde mesajlarla aktarılmasını sağlar. Yolu kullananlar, trafik işaretlerine uyararak güzergâhlarını seçerler, yönlerini değiştirirler ve herhangi bir tehlikeye karşı önceden kendilerini hazırlarlar. Bu yönleri ile trafik işaretleri yolun bir parçası ve yolu kullananlar için hayati önemi haiz birer güvenlik elemanıdır.

### **2.2. TRAFİK PROBLEMLERİ NASIL ORTAYA ÇIKMIŞTIR?**

İnsanoğlunun ulaşım ihtiyacı ve serüveni, 4000 yıl öncesine kadar hayvanlar vasıtası ile karşılanıyordu. Milattan 2000 yıl önce tekerleğin keşfi bundan 2300 sene önce üç tekerlekli aracın bulunuşu, Romalıların tekerlekli vagon dediği araçları barış ve savaşta kullanmaya başlaması ile ulaşım araçlarının getirdiği ölüm ve yaralanmalar gündeme gelmeye başlamıştır.



Ulaşım kaynaklı trafik yoğunluğunun artması nedeni ile trafik kuralları ve trafiği denetleme gereksinimi eski Roma'da başlatıldı. Roma'da trafiğe çıkma süreleri ve ulaşım araçlarının izleyecekleri güzergahlarda düzenlemeler yapıldı.

Julius Sezar gündüzleri Roma'ya tekerlekli taşıtların girmesini yasaklamıştır. Bu, kayıtlara geçen ilk trafik düzenlenmesidir. Leonardo da Vinci, M.S. 1500 yılında, İtalyan kentlerinde insan ve araç trafiğinin ayrılmasını, yayalar için daha yüksek yol şeridi (kaldırım) yapılmasını önerdi.

XVII. yüzyılda birçok Avrupa ülkesinde tek yönlü yollar yapılmaya başlandı, bazı caddelere park yasağı konuldu. O devirdeki tüm araçlar hep hayvan veya insan gücü ile hareket ettiriliyordu.

Uygurlık tarihinde tekerleğin bulunması önemli bir olaydır. Önceleri yüklerini kendileri taşıyan, hayvanlara taşıtan insanlar, tekerleğin bulunması ile taşıt araçları yaptılar. Uzun süren çalışmalar, araştırmalar sonucu buharla çalışan motoru icad eden, motor gücünden yararlanmayı öğrenen insanlar bu buluşlarını taşıtlara uyguladılar.

Önce kara taşıtlarının, sonra deniz ve hava taşıtlarının sayıları çoğaldı, hızları arttı. Bu taşıt araçlarına sahip olan insanlar kentlerde ve kentler arasında araçlarını kullanmaya başladılar. Yayaların rahat rahat yürümesi mümkün değildi. Taşıt araçları insanlara, hayvanlara ve birbirlerine çarparak kazalara neden oldular. Trafik sorunlarına çözüm getirmek, trafiği düzene koymak için bir takım kurallar belirlendi. Sürücülerin ve yayaların uymaları gereken bu kurallara trafik kuralları denir.

Trafik kuralları bu konuda çalışma yapanların deneyimleri, uzun araştırmalar ve deneyler sonucu belirlenmiş ve belirlenmeye devam etmektedir. Bizim en çok üzerinde duracağımız trafik şekli, her an karşılaştığımız ulaşım kaynaklı kara trafiğidir.

Deniz ve hava taşıtlarının gidiş gelişlerini düzenleyen deniz ve hava trafiği kuralları da vardır. Her gün gazetelerde okuduğumuz, radyoda dinlediğimiz, televizyonda izlediğimiz trafik kazaları; dikkatsizlikten, kendine fazla güvenmekten ve trafik kurallarına uymamaktan meydana gelir. İnsan yaşamı bakımından trafik, çağımızın en önemli sorunudur.

### 2.3. DÜNYADA TRAFİK PROBLEMİ YAŞAYAN BÜYÜK ŞEHİRLER

2012 yılında Dünyanın en yoğun trafiğine sahip ilk 20 büyük şehiri sırası ile Tokyo, Los Angeles, SãoPaulo, Bangkok, Moskova, Şanghay, Mumbai, Meksiko, New York, Seul, Chicago, Manila, Londra, Cakarta, Osaka, Venezuela, Atina, Auckland, Rio de Janerio, Katmandu şeklindedir. İstanbul, trafik yoğunluğu hesaplamalarında ilk 20 ye girmemiş olup, Nüfus sıralamasında ise 22. sıradadır.

#### 1) Tokyo

Bu büyük metropol şehirde, çok sayıda tek raylı demir yolu ve diğer ulaşım ağları olsa da aracı olanlar için trafik hala büyük bir sorun. Metropolde 24 saat çalışan Tokyo Kontrol Merkezi'nin bulunması bunun en açık göstergesi. Şehirde herhangi bir trafik sıkışıklığı oluştuğunda trafik ışıkları bu merkezden yönlendiriliyor. Ayrıca merkezin 17,000 ara detektörü bulunuyor.

Şekil 2.1: Tokyo'da trafik yoğunluğunu gösteren bir cadde



Tokyo'nun dünyadaki en büyük şehir olduğunu düşünürsek bugünlerde diğer büyük şehirlere göre daha az trafik olduğunu söyleyebiliriz. Çünkü Tokyo Dünyanın en

kalabalık şehri; 2012 nüfusu yaklaşık 34,75 milyondur. Otuz beş milyonluk bu şehrin metro alt yapısının oldukça geniş olması trafiğin yoğunluğunun önemli bir kısmının yükünü üstlenmiş durumda.

## 2) Los Angeles

Genellikle Los Angeles'ın dünyanın en kötü trafiğine sahip şehri olduğu söylenir. Ancak Los Angeles trafik yoğunluğu bakımından ABD'nin trafik yoğunluğu olarak 1. Şehri, Dünyada ise 2. Büyük şehri olarak görülmektedir. Şehirde her ne kadar pek çok otopan, çevre yolu ve diğer ulaşım ağları bulunsa da, bu şehir dünyanın en sıkışık trafiğine sahip 10 bölgesi arasında yer almaktadır. Resim'den de anlaşılacağı gibi trafik kültürleri İstanbul'dan farklıdır.

**Şekil 2.2: Los Angeles de trafik yoğunluğunu gösteren bir yol**



### 3) SãoPaulo

Şekil 2.3:SãoPauloda trafik



Time dergisinin haberine göre SãoPaulo dünyanın en kötü trafiğine sahip. 9 Mayıs 2008 tarihinde 522 milde (835km) 166 mil (266km) uzunluğundaki araç kuyruğu tarihi kayıtlara geçmiştir. Bu trafik tıkanıklığının 2003'ten bu yana trafikteki araç sayısının artmasından kaynaklandığı düşünülüyor. İnsanlar her gün yaklaşık 1000 araba satın alıyor.

### 4) Bangkok

Şekil 2.4:Bangkokda trafik yoğunluğu



Pek çok turist rehberi şehri ziyaret eden turistleri Bangkok'taki yoğun şehir trafiği konusunda uyardığıdır. Yeni yapılan demiryolları ve otobanlar bile bu trafik problemini çözmeye yetmemiş. Bisikletler bazı arabaların yaptığı gibi dar kalabalık caddelerden hiçbir uyarı olmadan karşıdan karşıya geçmektedir. Şehri ziyaret edenler bu durumu gerçek bir trafik keşmekeşi olarak görmektedir.

## 5) Moskova

**Şekil 2.5: Moskovada trafik yoğunluğunu gösteren bir resim**



Moskova'daki trafik probleminin farklı sebepleri bulunuyor. Bunlardan biri dondurucu geçen sert kış. Yollarda oluşan siyah buz nedeniyle trafiğin akması zorlaşmaktadır. Diğer bir problem ise yüksek hayat standartlarının bir sonucu olarak pek çok kişinin araç sahibi olması.

Moskovoda bazı yolların yeniden yapılması ve genişletilmesi trafiğin çözümünde önemli bir rol oynayacaktır.

## 6) Şanghai

Şanghai'da da yoğun nüfuslu diğer pek çok şehir gibi trafik sorunu var. 1998'den 2003'e kadar özel araçların sayısı 7000'den 170,000'e yükseldi. Şehirdeki pek çok kişi kendine araba alabilecek kadar zengin ve dolayısıyla yollar çok kalabalık.

**Şekil 2.6:Bangkokda trafik yoğunluğunu gösteren bir resim**



## **7) Mumbai**

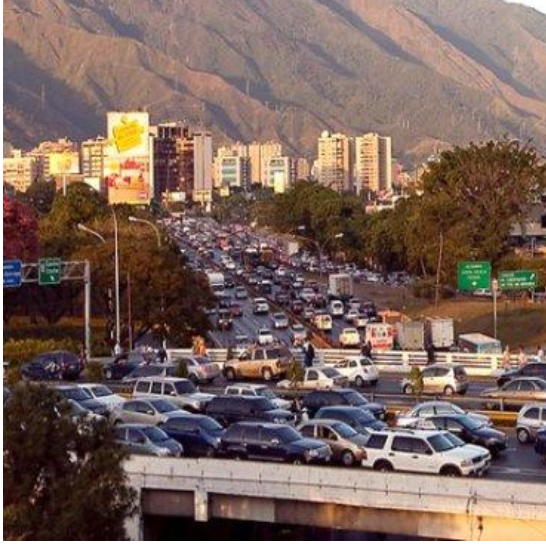
**Şekil 2.7: Mumbai de trafik yoğunluğunu gösteren bir resim**



Bu şehirdeki trafik sorununun pek çok sebebi var. Kötü hava koşulları(yoğun yağmur), dar yollar ve çok sayıdaki araç bu sebepler arasında yer almaktadır. Pek çok turistin de kötü havadan dert yanması hiç de şaşırtıcı değil.

## 8) Meksiko

**Şekil 2.8: Meksiko’da yoğun trafiği gösteren bir resim**



Meksiko’da trafik sıkışıklığını önlemek için bazı özel günlerde trafiğe çıkan araç sayısı azaltılmıştır. Ancak bu da trafik sorununu çözmeye yetmemiştir.

## 9) New York

New York Amerika’daki en yoğun trafiğin görüldüğü şehirlerden biri. Şehrin her zaman yeterince boş alana sahip olduğu düşünülmüştür. Ancak şehirde yaşayan pek çok kişinin araba alması şehirdeki boş alanların azalmasına sebep olmuştur.

## 10) Seul

Giderek zenginleşen şehirde Asya arabalarındaki krize rağmen insanlar sürekli yeni arabalar almaktadır. Bu yüzden de trafiğin yoğun olduğu saatlerde bazı araçlar için hiç boş yer kalmamaktadır.

## 11) Chicago

Eski yollar ve güzergâhlar yeni alınan çok sayıdaki arabayla birlikte Chicago’daki trafik problemini içinden çıkılmaz bir hale getirmektedir. Chicago’lular için işyerlerine zamanında varmak büyük bir sorun oluşturuyor.

## **12) Manila**

Aşırı kalabalık diğer şehirlerde olduğu gibi Manila'da da trafik büyük bir sorun. Trafik sorununa bir çözüm olarak düşünülen araba yerine bisiklet kullanma da bu sorunu çözemeye yetmeyecek gibi görünüyor.

## **13) Londra**

Londra'nın yolları ise her saat çok sayıda aracın trafiğe çıkamayacağı kadar eski.

## **14) Cakarta**

Cakarta'da trafik problemi olmayan bir yer yok. Cakarta yollarında her gün 100 yeni araç trafiğe çıkıyor. Bu durumun trafiği etkilememesi tabii ki de mümkün değil.

## **15) Osaka**

Diğer bir Japonya şehri olan Osaka da trafik sorununu çözmüş değil. Belki de Osaka'da Tokyo Kontrol Merkezi sistemine geçerek trafik problemini çözebilen 2. büyük şehir olacak.

## **16) Venezuela**

Venezuela benzin fiyatlarını 1998 yılından itibaren sabitlediği için buradaki araç sayısındaki artışı tahmin edebilirsiniz herhalde. Şehirdeki kirlilik yeterince büyük bir sorun oluştururken trafik problemi ise gerçekten korkunç bir boyutta.

## **17) Atina**

Atina yıllar boyu trafik kriziyle karşılaşan bir şehir. Meksiko sistemi ile karşılaştırıldığında şehirde trafik sıkışıklığını azaltan özel bir sistem bulunuyor. Ama eski yollar, giderek artan nüfus ve araç sayısı yetkililerin canını sıkmaya devam ediyor.



## 18) Auckland

Tokyo kadar büyük olmasa da Auckland Amerika'dan sonra kendi arabası olan kişi sayısının en yüksek olduğu şehir. Bu yüzden de büyük merkezlerdeki tıkanıklık şehir için büyük bir problem oluşturuyor.

## 19) Rio de Janerio

Rio de Janerio'nun şehir merkezindeki trafik problemi bir türlü çözülüyor. Sorunun sebepleri diğer büyük şehirler için saydığımız sebeplerden farklı değil: kötü hava koşulları(yağmur, sel), çok sayıdaki araç ve genişletilmeyi bekleyen dar yollar.

## 20) Katmandu

Katmandu kirlilik ve trafik şehri olarak bilinir. Şehir aşırı kalabalık ve yolları oldukça dar olmakla beraber bu şehrin tek problemi bu değil. Trafik polisleri kendilerinden üst kademedeki polislerin emrini beklemek zorunda olduğundan ciddi anlamda bir bürokrasi oluşmaktadır. Belki de polisler arasındaki bu bürokrasi yüzünden şehirdeki trafiğin ne zaman sıkışacağı ne zaman açılacağı hiç belli değil.<sup>1</sup>

## 2.4. TRAFİK IŞIĞI (SİNYALİ) NEDİR?

Trafik ışıkları, trafiğin yoğun olduğu kavşaklarda trafik akışını düzenleyen, hayatımızı kolaylaştıran ve zaman kazandıran son derece yararlı bir teknoloji ürünüdür. Işıklar yukarıdan aşağıya doğru sırasıyla kırmızı, sarı ve yeşil renklerde. Kırmızı ışık yolun geçişe kapalı olduğunu, kırmızı ışıktan sonraki sarı ışık yolun geçişe açılmak üzere olduğunu, yeşil ışık yolun geçişe açık olduğunu, yeşilden sonraki sarı ışık ise durmaya hazırlık aşamasını (durma çizgisini geçtiyseniz geçin, aksi halde durun) belirtir. Üzerinde oklar bulunan ışıklar, ok yönündeki hattın yeşil ise açık, kırmızı ise kapalı olduğunu belirtir. Yanıp sönen tek kırmızı ışık, kavşağa gelince durularak geçilmesi,

---

<sup>1</sup>([http://www.gezikolik.com/tr/Genel\\_Bilgiler/Japonya/Tokyo/Dunyanin\\_en\\_kotu\\_trafigine\\_sahip\\_20\\_buyuk\\_sehri/\\_e\\_11751.aspx](http://www.gezikolik.com/tr/Genel_Bilgiler/Japonya/Tokyo/Dunyanin_en_kotu_trafigine_sahip_20_buyuk_sehri/_e_11751.aspx))

yanıp sönen tek sarı ışık ise, kavşağa gelince yavaşlayarak dikkatlice geçilmesi gerektiğini belirtir. Sürücü sadece kendi hattını kontrol eden ışıklara bakması gerekir.<sup>2</sup>

## **2.5. TRAFİKDE KAVŞAK KAVRAMI?**

İki veya daha fazla karayolunun kesişmesi veya birleşmesi ile oluşan ortak alanlara “**kavşak**” denir.

## **2.6. OPTİMİZASYON NEDİR?**

Optimizasyon mevcut koşullar altında en iyiyi arama sürecidir. Eğer varsa belli kısıtlamalar altında bir fonksiyonun en büyük ya da en küçük değerlerinin bulunmasıyla ilgilenen bir matematiksel disiplindir.

## **2.7. TRAFİK IŞIĞI(SİNYALİ) KULLANIM YERLERİ**

Kent içi sinyalizasyon sistemleri kontrolsüz kavşaklarda kontrolü sağlamak ve kavşakta meydana gelebilecek kazaları önleyerek gecikmeleri azaltmak amacı ile kullanılmaktadır. Bununla birlikte, gelişigüzel ve gereklilik kriterlerine uyulmadan kurulan bir sinyalizasyon tesisi, hem gecikmelerin uzamasına, hem de trafik kazalarının artmasına yol açabilir. Bu yüzden her kavşağa sinyalizasyon sistemi yapmak hem ekonomik açıdan, hem de trafik güvenliği açısından beklenen yararları sağlamayabilir. Sinyalizasyon sistemlerinin uygulanmasının gerekli olduğu durumlar aşağıda sıralanmıştır;

- i. Tali yollardan hareket etmek isteyen araçlar, gerekli zaman boşluklarını
- ii. bulamamakta ve ana yoldan geçen araçlar buna izin vermemektedir,
- iii. Kavşaklardaki işaretlemelere rağmen, trafik güvenliği sağlanamamakta ve sürekli birbirine benzer şekilde kazalar oluşmaktadır,
- iv. Kavşaklardaki düzensiz trafik beklemelere, sıkışıklıklara, tıkanıklıklara ve gecikmelere yol açmakta; dolayısı ile kavşağın ekonomik kullanımını azalmakta, enerji ve zaman kaybına neden olmaktadır,
- v. Kavşak kapasitesinden yeterince yararlanılamamaktadır,

---

<sup>2</sup> (I. Konya Kent Sempozyumu Konya İl Koordinasyon Kurulu 26-27 Kasım 2011)

- vi. Yayalar emniyetli hareket olanağı bulamamaktadır,
- vii. Kavşağın fiziki ve geometrik yapısı işaretlemeyi gerektirmektedir.

Sinyalize olarak düzenlenen bir kavşağın kapasitesi genellikle yalnız trafik işaretleri ile kontrol edilen aynı geometrideki kavşağın kapasitesinden daha yüksektir. Ancak, kavşaktaki toplam trafik yükleri belirli bir mertebeye ulaşmadığı sürece sinyalizasyon tesisi gecikmeler üzerinde olumsuz etki yapar. Sinyalizasyon sistemleri genel olarak izole ve koordine sistemler olmak üzere ikiye ayrılır.

### **2.7.1. İzole Sinyalizasyon Sistemleri**

Yakınındaki diğer kavşaklarda kurulmuş bulunan başka sinyalizasyon sistemleri ile herhangi bir bağıntısı olmayan ve diğer sinyalize tesislerin etkilemediği sistemdir. İzole sinyalizasyon sistemleri dört değişik biçimde gerçekleştirilebilir.

- i. Sabit Zamanlı Sinyalizasyon Sistemi
- ii. Trafik Uyarımalı Sinyalizasyon Sistemi
- iii. Yaya Uyarımalı Sinyalizasyon Sistemi
- iv. El ile Kumandalı Sinyalizasyon Sistemi

### **2.7.2. Koordine Sinyalizasyon Sistemleri**

Ana yolların birbirine çok yakın iki veya daha fazla sayıdaki kavşaklarında, gecikmeleri azaltmak ve sık sık duruş-kalkışları engellemek amacıyla, kavşaklardaki sinyalizasyon tesislerinin birbirine bağlanması gerekmektedir. Koordine sistemler genellikle anayol üzerindeki kavşaklardan, tali yol trafiğine de yeterli geçiş hakkı tanıyarak, birim zaman içinde mümkün olan en yüksek sayıda taşıtın durmadan geçirilmesi için düzenlenmektedir. Koordine sistemler öncelikle anayol trafiği için uygulanmakla birlikte, bazı durumlarda bütün yönlerdeki toplam gecikmenin minimuma indirilmesi olanakları da araştırılır. Koordine sistemler çalışma düzenlerine göre aşağıdaki biçimde sıralanabilir:

- i. Senkronize Sistem
- ii. Alternatif Sistem,
- iii. Progresif Sistem
- iv. Arazi Trafik Kontrolü Sistemi

### 2.7.3. Trafik Etütleri

Kentlerde oluşan trafiğin karakteristiklerinin belirlenmesi, trafiği taşıyan ulaşım arzının miktarının, değişiminin ve özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan etüde trafik etüdü denilmektedir. Örnek olarak herhangi bir kavşağa sinyalizasyon sistemi kurmak için ilk olarak o kavşağın fiziki ve geometrik özelliklerinin yanında kavşağa gelen trafik hacimlerinin miktarının ve karakteristiklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Trafik etüdüleri genel olarak 8 ana başlıkta incelenebilir.

- i. Trafik sayımları (araç ve yaya)
- ii. Başlangıç-Variş (B-V) etütleri
- iii. Hız ve seyahat süresi ölçümleri
- iv. Gecikme etütleri
- v. Toplu taşıma etütleri
- vi. Otopark etütleri
- vii. Önce ve sonra etütleri
- viii. Kaza etütleri
- ix. Yük etütleri
- x. Trafik sorunları etütleri

### **3. ULAŞIMIN VE ULAŞTIRMANIN TARİHÇESİ**

#### **3.1. DÜNYADA ULAŞIMIN ULAŞTIRMANIN TARİHÇESİ**

Tekerleğin bulunması ve yaygınlaşmasıyla karada çekmeye dayalı taşıtlar yaygınlaşmıştır. Denizde yüzdürülen ilk aracın M.Ö. 3000’li yıllarda Mısırlılar tarafından kullanıldığı sanılmaktadır. Ulaştırmanın tarih sürecine katkı sağlayan en önemli adımlardan biri de M.Ö. 2000’li yıllarında atın evcilleştirilmesi olmuştur.

Bireysel olarak yer değiştiren insanoğlu, hayvan gücüyle çekilen araçlarla yer değiştirme eylemini daha hızlı ve kolay yapmakla beraber günümüz vasıtaların ilk temeli de atılmış oluyordu (Kayserilioğlu 2011, ss.14-17).

Ulaştırma, tarihi gelişim sırasına göre, tekerleğin icadından sonra başlayan karayolu ulaşımı, deniz yolu ve hava yolu ile devam etmiştir. Süreç içerisinde gelişim gösteren vasıtalar 18.yy buharın gücünden faydalanılmasıyla, denizyolu ve karayoluna paralel olarak demiryolu da kullanılmaya başlanarak yeni bir ulaşım türünün de ortaya çıkması sağlanmıştır. İlerleyen zamanlarda içten yanmalı (benzinli) motorların bulunması otomobilin ve diğer taşıtların yaygınlaşmasını sağlamıştır. Nihayet havayolu taşıtlarının 20. yüzyılın başında kullanılmaya başlamasıyla, günümüz taşıtlarının temelleri atılmıştır.

İnsan veya hayvan gücü ile sağlanan ulaştırmanın yerini, İngiltere de 1804 yılında keşfedilen ilk buharlı lokomotif sayesinde mekanik çekmeli ulaştırma sistemleri almıştır. 1812’de İngiltere’de hızı saatte 13 kilometreye varan bir lokomotif üretilmiştir. 1813’te bacadan su buharının salıverilmesiyle yaklaşık hızın 40 kilometreye çıktığı lokomotifler üretilmiştir.

Karayolu ulaştırma sektöründe en önemli adım, 18. yüzyılın sonlarına doğru buharla çalışan ilk motorlu aracın icat edilmesidir. 1787 yılında, İngiltere de ilk buharla işleyen otomobil yapılmıştır. Araçlarda bu gelişme yollarının iyileşmesini doğurmuş süreç içinde toprak yollarının asfalt yolların meydana gelmesine neden olmuştur (Murat ve Şahin 2010, s.47).

1825 yılında İngiltere de Stockton ve Darlington arasında ilk demiryolu deneme seferi, 600 yolcusuyla, 17 kilometre hızla, 57 kilometre mesafeyi kat ederek başarıyla sonuçlanmıştır (Kayserilioğlu 2011). Raylı sistemde ve lokomotifteki bu gelişmeler insan ölçeğinde kurulmuş şehirlerde kendisine yer bulmakta zorluk çekecektir. Kent dokusunun şekillenmiş olması ve zarar görmemesinin sonucu olarak arazi olanaklarının imkansızlığının etkisiyle metro sistemi ortaya çıkmıştır. 1843 yılı Londra’da Thames Nehrinin altında insanların yaya olarak geçmelerine olanak sağlayacak bir tünel açılmış, aynı yıllarda tünele rayların döşenmesiyle metro ile taşımacılığın ilk adımları atılmıştır. 1853 yılında bu amacı gerçekleştirmek için 6 kilometrelik bölümde metro yapılmasına karar verildi. Şehir içi yer altı demir yolu yapımı için çalışmalar ilk olarak 1860 yılında başlamıştır. Kaz ve ört adı verilen yöntemle, vagonların geçeceği genişlikte hendek açılıyordu, duvar ve kapatma yapıldıktan sonra üstü kapatılıyordu. 10 Ocak 1863 tarihinde işletmeye açılan bu sistem dünyada şehir içi yer altı demiryolu (metro) sisteminde ilk olma özelliğine sahiptir. 1863 yılında işletmeye açılan bu sistem buharla çalışırken bu durum elektriğin devreye gireceği 1890 yılına kadar devam etmiştir. Londra, metronun ilk temel taşı olan bu adımla beraber günümüzde metro taşımacılığında yaygın bir ağa sahip kent olma özelliğine sahiptir (Ana Britannica 1989; içinde Kayserilioğlu 2011).Ulaştırma sistemleri içerisinde en yeni olanı olan havayolu ulaştırmasıdır. 20. Yüzyılın başında gelişim göstermiş, 1903 yılında motorlu uçakla uçuş denemeleri başlamıştır. Nihayet 1910’lu yıllarda şehirlerarası uçuşlar gerçekleştirilmiştir. Birinci Dünya Savaşıyla beraber son derece önem kazanan havayolu sektörü hızla gelişmiş ve günümüze gelmiştir.

### **3.2. OSMANLI'DA DENİZ YOLU TAŞIMACILIĞI**

1800'li yıllar, İstanbul'da kayıklarla, yelkenlilerle karşı kıyılara gelip gidilen yıllardır. Dünyadaki gelişmelerin yansımaları ilk buharlı geminin işletilmeye başlamasından yaklaşık 20 yıl sonra, 1826 yılında II. Mahmut Han tarafından İngiltere'den satın alınan "Sürat" isimli gemi İstanbul'un ilk buharlı gemisi olmuştur (Kayserilioğlu 2011, s.63).

Şehir içinde toplu taşımada kullanılmak üzere 1829 yılında iki gemi daha halkın hizmetine sunulmuştur. İlerleyen yıllarda yapılacak tersaneyle tekneler kendi tersanemizde üretilirken, makine ve kazanlar İngiltere'den getirilmekteydi. Kapitülasyonlarla birlikte boğazda deniz taşımacılığında yurt dışından gelen girişimlere karşı, ilk olarak 1851 yılında kurulan Şirket-i Hayriye'nin getirdiği vapurlar sayesinde Boğazda düzenli olarak vapur çalışmaya başlamıştır. Şirketi Hayriye, Türkiye'de kurulan ilk anonim ortaklıktır. Sirkeci-Kabataş ve Üsküdar iskeleleri hizmete girmiş, 1858 yılında Kabataş-Üsküdar arasında arabalı vapur seferleri başlamıştır. Aynı zamanda Osmanlı devletin de faaliyete geçen ilk kent içi toplu taşıma işletmesidir. Bu seferlerin yerleşim yerlerinin merkezden uzağa doğru yayılması gibi etkileri olmuştur. Bir anlamda ulaşım sistemlerindeki gelişmeler yaya erişim mesafesinin çok ötesinde mesafelere şehrin büyümesine neden olmuştur (Kayserilioğlu 2011).

### **3.3. OSMANLI'DA DEMİRYOLU TAŞIMACILIĞI**

Osmanlı topraklarında 1856'da işletmeye açılan ilk demiryolu İskenderiye-Kahire demiryolu olmuştur. Anadolu topraklarında ise ilk açılan demiryolu hattı, 1856 Eylül'ünde inşaatına başlanan İzmir-Aydın arası 130 kilometrelik demir yolu hattıdır. 10 yıl süren çalışma sonucu 1866 yılında hizmete girmiştir.<sup>3</sup>

İstanbul'daki ilk banliyö hattı ise 1872 yılında başlamış, 1873 yılında Sirkeci-Edirne demiryolu işletmeye girmiştir. İstanbul'un Anadolu yakasında 1871-1873 yılları

---

<sup>3</sup> (<http://tr.wikipedia.org> 2012).

arasında Haydarpaşa – İzmit hattı yapılmıştır. 1873 yılı itibari ile de Haydarpaşa – Gebze arasında hizmet vermeye başlanmıştır. Tek hat olarak başlayan güzergâh 1905 yılında çift hat olmuştur.

Osmanlı sultanlarından 2. Abdülhamit Han'ın (1876-1909) demiryollarının ekonomik ve siyasî önemini çok iyi kavraması Osmanlı topraklarında demiryollarının yaygınlaşması için yabancı devletlere çeşitli imtiyazlar vererek, demiryolu yapımı için teşvikler sağlamıştır. Daha önce de bahsedildiği gibi dünyada ilk demiryolu 1825 yılında yapılmaya başlanmışken, 30 yıl gibi bir zaman sonra (1856) Osmanlı topraklarında da Demiryolu çalışmaları başlamış oldu. Günümüz demiryolu uzunluğunun yaklaşık yarısı kadar kısmının 1889-1898 döneminde yapılmış olduğu düşünüldüğünde, günümüzde demiryoluna verilen önem ve ehemmiyet anlaşılmaktadır (Kayserilioğlu2011, s.208).

Demiryolu yapımı Osmanlı topraklarında hızlı devam ederken İstanbul'da bir ilk olarak İngiltere'de 1863 yılında hizmete giren dünyanın ilk şehir içi yer altı metrosundan sonra 2. şehir içi yer altı metrosu İstanbul'da gerçekleşmiştir. 30 Haziran 1871 yılında yapımına başlanılan ilk metro ile Galata ile Beyoğlu arasında yer altından erişim sağlanması amaçlanmıştır. Bir Fransız mühendisin azimli gayreti ile tamamlanan Tünel 17 Ocak 1875 yılında işletmeye açılmıştır.

Tünelin hizmete girmesindeki başarıdan sonra İstanbul için diğer metro teklifleri de gelmeye başladı. Batılı yatırımcılar tarafından 1873-1912 yılları arasında sunulan tekliflerden bazıları şunlardır. 1876 Kumkapı- Ortaköy Metrosu, Sarayburnu-Üsküdar Metro Teklifi, 1887 Bahçekapı- Beyazıt Metro Teklifi, 1890 Eminönü-Kapalıçarşı Metro Teklifi, 1895 Üsküdar-Bağlarbaşı Metro Teklifi, 1898 Bahçekapı- Beyazıt Metro Teklifi, 1900 Taksim-Kabataş Teklifi gibi onlarca teklif yapılmış ancak maddi imkansızlık, güvensizlik gibi çeşitli nedenlerle projeler gerçekleştirilememiştir.



Gerçekleşmeme nedenlerinden en ilginç olanı 1912 Yılında Beyazıt-Taksim arasındaki metro teklifine ilişkin bir yetkili tarafından proje sahibi şirketten rüşvet istenmesine bağlanıyordu (Kayserilioğlu 2007, ss.38-60).

### **3.4. CUMHURİYET DÖNEMİNDE ULAŞTIRMANIN TARİHÇESİ**

Cumhuriyet öncesi dönemde, yabancı şirketlere imtiyazlar verilmiştir. Yabancıların denetiminde ve ülke dışı ekonomilere, siyasi çıkarlara hizmet eder türde gerçekleştirilen demiryolları, Cumhuriyet sonrası dönemde milli çıkarlar doğrultusunda yapılandırılmış, kendine yeterli milli ekonominin yaratılması amaçlanarak, demiryollarının ülke kaynaklarını harekete geçirmesi hedeflenmiştir.

1926 – 1927 yıllarında Kadıköy – Moda arasında özel otobüs taşımacılığı başlamış ve yaygınlaşmıştır. 1928 yılında Tophane’de Ford şirketine ait otomobil montaj fabrikası kurulmuştur. Bu gelişme kent içinde otomobil sayısını arttırdığı gibi kent içi ve kent dışı yolların gelişmesinin beraberinde de şehrin büyümesini sağlamıştır (Murat ve Şahin2010, s.214).

Dolmuşların piyasaya çıkması 1930 yılında olmuştur. Çoğu yabancıların elinde olan toplu taşımanın ekonomik sıkıntılar nedeniyle kamu ya da yerel yönetimin eline geçme süreci hızlanmıştır.

*(TCDD 2012. Milli Ekonomi, <http://www.tcdd.gov.tr/home/detail/?id=267>)*

Ülkenin ekonomik kalkınmasında etkin rolü olan ulaştırmanın gelişme göstermesi ya da duraksama bir anlamda ulaştırmaya ilişkin politikayı göstermektedir. Ülkemiz ulaştırma politikasına bakıldığında Cumhuriyet döneminde 1950’li yıllara kadar demiryolu, 1950’li yıllardan günümüz son dönemlere kadar karayolu ağırlıklı ulaşım politikaları uygulanmıştır (Murat ve Şahin 2010, s.75)

Osmanlı döneminde yapılan demiryolu uzunluğu yaklaşık 4.559 kilometre iken 1950 yılında toplam uzunluk 9.204 kilometre olmuştur. 1950’li yılların sonlarında yavaşlama gösteren demiryolu yapımı yerini karayolu ağırlıklı ulaşıma bırakmıştır. Bunun nedeni olarak, 2. Dünya savaşı ve dünya otomotiv sanayinin yaklaşık yüzde 80’ini elinde bulunduran ABD’nin etkisi büyüktür. 1950’li yılların başında, Marshall Planı ve ABD’nin büyük desteğiyle zihniyet değişimi yaşanmaya başlanmıştır. ABD’nin baskısı ve etkisiyle ulaşım politikalarının belirlenmesinde, Türkiye artık yalnız değildir. Bunu en iyi anlamanın yolu 1950 sonrasına bakmaktan geçer. Ulaştırma karayolu ve demiryolunun ağırlığındaki değişim, durumu ortaya koymaktadır.

Cumhuriyet dönemiyle beraber, yenilik hareketleri şehir dokusunda da etkisini göstermiştir.

1957-1965 yılları arası İstanbul için ulaşımında değişim yıllarıdır. 1957 yılında önceden döşenen raylar sökülmeğe başlanmış, raylarla yapılan taşımacılık yerini Avrupa yakasında trolleybüse, Anadolu yakasında otobüse bırakmıştır (Murat ve Şahin 2010,s.216)

Ulaştırma politikasıyla, 1940 yılına kadar yaklaşık ortalama yılda 200 kilometre demiryolu yapılırken, 1940-1950 arasında 10 yılda yapılan demiryolu uzunluğu 300 kilometre olmuştur. Osmanlı Devletinden devralınan demiryolu uzunluğu 4,559 kilometre iken, 1931 yılı sonunda 6,011 kilometre, 1950 yılında bu değer 8,637 kilometre olmuştur. Daha sonra yavaşlama gösteren demiryolu yapımı 2009 yılı sonunda 11.005 kilometreye kadar yavaş bir ilerleme göstermiştir. 1965’li yıllarda yük taşımacılığı demiryolunun ağırlığı yüzde 78, karayolunun yüzde 19 iken 1960’lı yıllarda demiryolu yüzde 24’e gerilerken karayolu yüzde 73 olmuştur. 2008 yılına gelindiğinde kara yolu yüzde 91,7 demiryolunun ağırlığı yüzde 5,3’e inmiştir. Yük taşımacılığının yanı sıra yolcu taşımacılığında da durum farksızdır. 1950’li yıllarda demiryolunda yolcu

taşımacılığı yŭzde 42, karayolu yŭzde 49'dur. 1960'lı yıllarda demiryolu yolcu taşımacılığı yŭzde 48, karayolu yolcu taşımacılığı yŭzde 38'dir. 2008 yılında demiryolunda yolcu taşımacılığı yŭzde 1,7 iken karayolunda yŭzde 98,3 Şeklinde bir değere ulaşmıştır (TMMOB içinde Murat ve Şahin 2011, s.88 ).

## 4. ULAŞIMIN ÇEVRESEL ETKİLERİ

Hava kirliliği; canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyen ve maddi zararlar meydana getiren havadaki yabancı madde miktarının, normalin üzerine çıkması durumudur. Hava kirliliğini kaynaklarına göre 3'e ayırabiliriz.

- i. Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliği,
- ii. Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Hava Kirliliği,
- iii. Sanayiden Kaynaklanan Hava Kirliliği.

Hava kirliliğine neden olan başlıca kaynaklardan biri de motorlu taşıtlardır. Her geçen gün gelir düzeyinin yükselmekte ve nüfus artışına paralel olarak, motorlu taşıtların sayısı hızla artmaktadır. Sayısı hızla artan motorlu taşıtlardan çıkan egzoz gazları hava kirliliğine neden olmaktadır. Hidrokarbonlar (HC) ve Azot Oksit (NOx) gibi kirleticiler daha çok ulaşım kaynaklı olup, araç sayısına paralel artış göstermektedir. Bu kirleticiler insan sağlığı için tehlike oluşturmaktadır (Sandal 2007, s.145) .

### 4.1. ULAŞIM KAYNAKLI HAVA KİRLİLİĞİ

Motorlu taşıtlarda egzoz emisyonları içerisinde bulunan kirleticiler, motorlu taşıt kullanımının artması ile her geçen gün çevreye ve insan sağlığına zarar vermektedir.

*(Küresel Isınma 2012. Hava Kirliliği, <http://www.kuresel-isinma.org/kuresel-isinma/hava-kirliligi-etkileri-ve-alinacak-tedbirler.html>)*

Benzin ve dizel taşıtların çıkardığı egzoz gazlarında bulunan zararlı maddelerin özellikle trafiğin yoğun olarak yaşandığı kent merkezlerinde çevreye ve insan sağlığına verdiği zararlar oldukça fazladır. Genellikle kent merkezlerindeki karbon monoksit(CO) emisyonlarının yüzde 70-90'ına, azot oksit (NO) emisyonlarının yüzde 40-70'ine, hidrokarbon (HC) emisyonlarının yaklaşık yüzde 50'sine ve şehir bazında kurşun emisyonlarının yüzde 100'üne çoğunlukla motorlu taşıtlar neden olmaktadır (İUAP2011).

Karayolu ulaştırmasında emisyonlar yakıt türüne göre değişmektedir. Araçlarda benzinin kullanılması karbondioksitin ana kaynağını oluşturmaktadır. Dizel yakıtlar partiküllere neden olurlar fakat kurşun içermezler. Dizel yakıtları, benzin yakıtlarına göre daha az CO ve HC emisyonuna neden olmaktadırlar (Yalınız 2006).

#### **4.2. KARAYOLU ULAşIMINDAN KAYNAKLANAN EMİSYONUN ETKİLERİ**

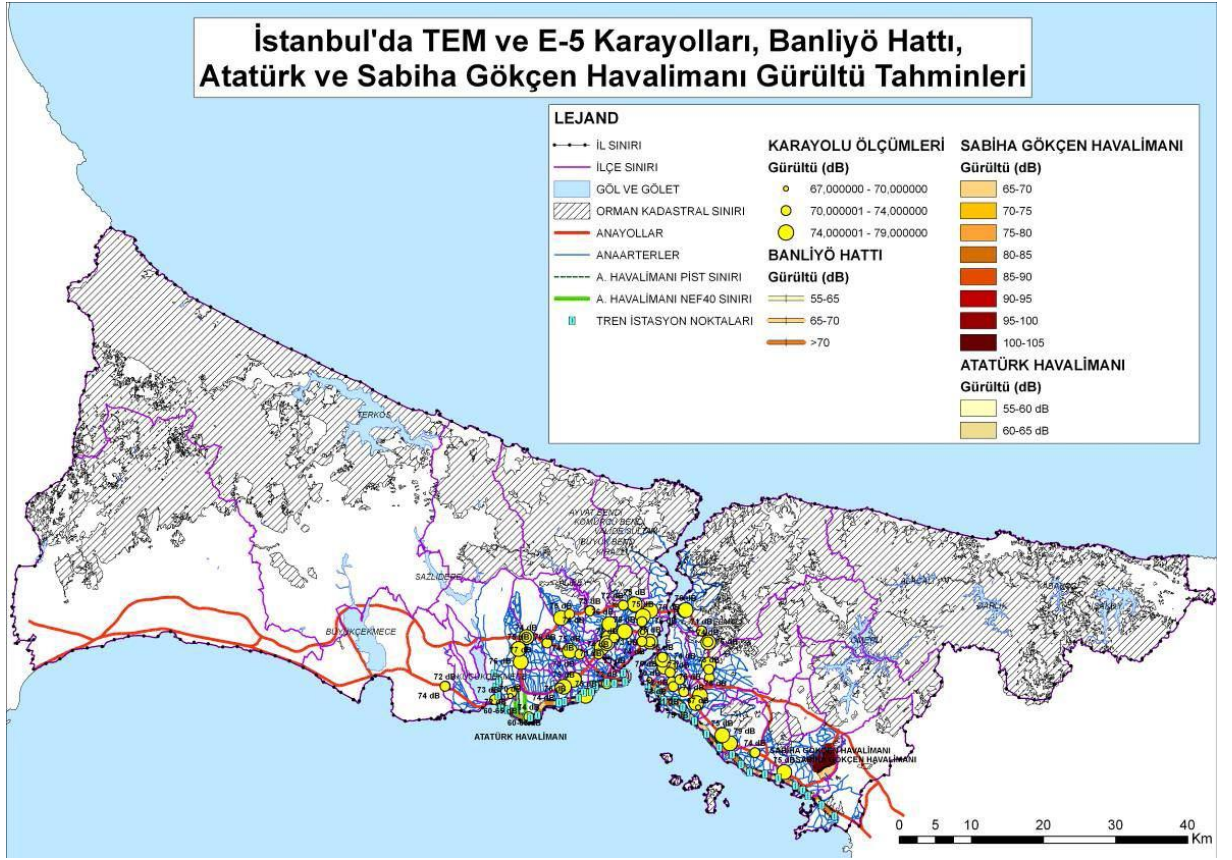
Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonlar, atmosferde gaz, aerosol ve partikül madde şeklinde bulunurlar. Motorlu taşıtlar ile ilişkili başlıca hava kirleticileri, karbon monoksit, karbondioksit, partikül madde, azot oksitler ve uçucu organik bileşiklerdir. Bu maddelerin özellikle, insanların solunum yollarına zarar verdiği bilinmektedir. Ayrıca buldukları noktadan rüzgar yolu ile taşınarak başka yerlerde asit yağmurları halinde yağarak bitki örtüsünün ve ormanların tahribine neden olurlar. Çevre sağlığı açısından çok zararlıdırlar. (Munzuroğlu 2010).

#### **4.3. ULAşTIRMA KAYNAKLI GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİ**

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan bir kirlilik türü de gürültü kirliliğidir. Gürültü düzeyi 85 desibeli geçince insanları psikolojik ve sinirsel, 140 desibeli geçince de fiziksel ve fizyolojik olarak olumsuz etkilemektedir. Çevre gürültüsünün kaynakları, genellikle, kara, hava, deniz ve raylı ulaştırma sistemleri, endüstriyel kuruluşlar, açık hava pazarları, açık hava eğlence yerleridir.

şekil 4.1. 'te ulaşım kaynaklı gürültünün değerlendirilmesi yapılmış ve D100 ve TEM karayollarından, banliyö trenlerinden ve Atatürk , Sabiha Gökçen havaalanlarından kaynaklanan tahmini gürültü seviyeleri belirlenmiştir. Değerlendirmeler neticesinde D100 ve TEM yolları yakınındaki birçok noktada gürültü sınır değerlerini aştığı tesbit edilmiştir. Atatürk Havaalanı, çevresi için çok önemli bir gürültü kaynağı olmasına rağmen, yakınında birçok yerleşim alanı mevcuttur. Benzer olarak artan hava trafiği göz önüne alındığında, Sabiha Gökçen Havaalanı yakınındaki Pendik ilçesine bağlı Kurtköy gibi yerleşim yerleri gürültüden etkilenmektedir (İstanbul İl Çevre Düzeni Planı 2009, s.178).

Şekil 4.1: Ulaşım kaynaklı tahmini gürültü seviyeleri



Kaynak: 1/100.000 Ölçekli İstanbul Çevre Düzeni Planı Raporu 2009

## 5. İSTANBUL'UN KONUMU, TARİHSEL SÜRECİ

### 5.1. İSTANBUL'UN KONUMU

İstanbul Coğrafi konum olarak, 28° 01' ve 29° 55' doğu boylamları ile 41° 33' ve 40° 28' kuzey enlemleri arasındadır. İstanbul'un çevresi incelendiğinde, kuzeyde Karadeniz, güneyde Marmara Denizi, doğuda Kocaeli ve batıda Tekirdağ illeri ile çevrilidir. İstanbul Boğazı, Karadeniz'i Marmara Denizi ile birleştirirken; Asya Kıtası ile Avrupa Kıtası'nı da birbirinden ayırmakta ve aynı zamanda İstanbul kentini de ikiye bölmektedir. Bir anlamda ortadan geçen boğaz nedeniyle iki yarım adadan oluşmaktadır.

İstanbul sahip olduğu iki adet köprüsüyle şehrin her iki yakasını birbirine bağlamakla kalmayıp, kıtaları da birbirine bağlamaktadır (İstanbul İl Çevre Düzeni Planı 2009).

#### Şekil 5.1: İstanbul İli'nin ülke içindeki coğrafi konumu



Kaynak: <http://harita.yandex.com.tr/>

İstanbul İl toprakları toplam 5.400 km<sup>2</sup> bir alanı kaplamaktadır. Yüzölçümü ile 72.114 km<sup>2</sup> alanla Marmara Bölgesi içinde yüzde 7,6'lık paya sahipken, 769.604 km<sup>2</sup> alana sahip Türkiye yüzölçümü içerisinde yüzde 0,7'lik bir pay almaktadır.

Nüfus bakımından 2011 yılı verilerine göre 13.624.240 kişilik nüfusuyla neredeyse Türkiye'nin yüzde yirmisine yaklaşmışken alan olarak yüzde 1 bile değildir. Bu da İstanbul için ülke ortalamasının çok üstünde bir yoğunluk tablosu ortaya çıkarmaktadır. İstanbulun ülkemizin GSMH'ında da etkisi önemli ölçüdedir.

**Tablo 5.1: İstanbul İli'nin ülke içindeki yüzölçümü payı**

	İstanbul	Marmara Bölgesi	Türkiye	Marmara Bölgesi İçindeki Oran	Türkiye İçindeki Oran
Alan	5400 Km <sup>2</sup>	72114 Km <sup>2</sup>	769604 Km <sup>2</sup>	Yüzde 7,6	Yüzde 0,7

*Kaynak: İstanbul Çevre Düzeni Planı Raporu 2009*

## **5.2. İSTANBUL'UN KÜRESEL KONUMU**

İstanbul Balkanlar, Karadeniz, Kafkaslar, Orta Doğu ve Doğu Akdeniz geçişlerine sahip önemli bir konumunda olmakla beraber Avrupa, Asya ve Afrika kıtalarının kavşağı konumundadır(Şekil 5.2).



Şekil 5.2: İstanbul'un etkileşim alanı



Kaynak: 1/100.000 Ölçekli İstanbul Çevre Düzeni Planı Raporu, 2009. \* TÜİK 2012  
[http://www.tuik.gov.tr/AltKategori.do?ust\\_id=11](http://www.tuik.gov.tr/AltKategori.do?ust_id=11)

İstanbul İli, Türkiye'nin coğrafi bölgelerinden biri olan Marmara Bölgesi'nde yer almaktadır. Marmara Bölgesi içinde Edirne, Tekirdağ, Kırklareli, Çanakkale, Balıkesir, Bursa, Bilecik, Yalova, Sakarya ve Kocaeli İlleri bulunmaktadır. DPT tarafından Türkiye'deki yerleşme merkezleri kademeli olarak 7 gruba ayrılmıştır. Kademelenmenin en altında 35.117 adet köyün bulunduğu 1. kademe merkezler yer almaktadır. En üstte ise 7. kademe merkez olarak İstanbul yer almaktadır. Ülke düzeyinde hizmet veren donatı alanları, ulusal ve uluslar arası kuruluşların genel merkezleri ile Türkiye' deki diğer 81 ile de hizmet vermektedir (Şekil 5.3).

Şekil 5.3: Türkiye yerleşim merkezleri kademelenmesi



Kaynak: İstanbul Çevre Düzeni Planı Raporu, 2009

Bugün 37 ilin toplamı büyüklüğünde bir nüfusa sahip olan İstanbul, ülkenin sosyo ekonomik anlamdaki merkezi ve Dünya'ya açılan kapısı konumundadır.

### 5.3. İSTANBUL'UN SEKTÖREL DAĞILIMI

İstanbul'da istihdam edilenlerin sektörel dağılımına bakıldığında tarımın hızla azaldığı sanayinin ağırlığı olmakla beraber azalma eğiliminde olduğu hizmet sektörününse yüzde 62 oranıyla istihdam içerisinde ağırlığı görülmektedir (Tablo 5.2).

**Tablo 5.2: İstanbul'da istihdam edilenlerin sektörel dağılımı**

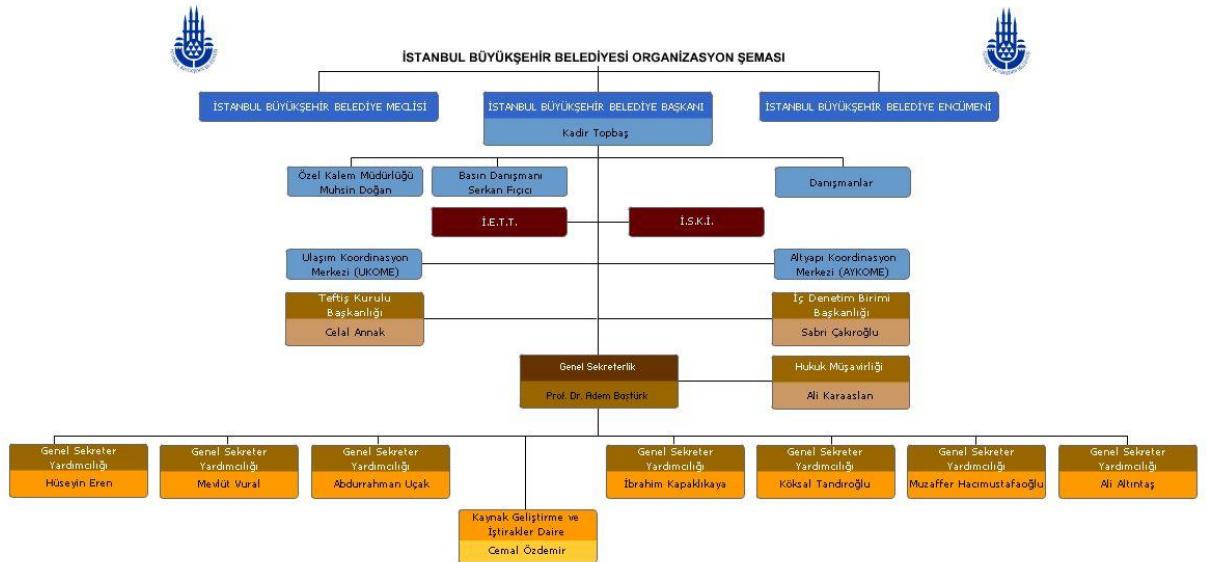
Sektörler	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Tarım	0,8	0,6	0,5	0,3	0,4	0,3
Sanayi	42,6	43	41,9	40,3	40,1	37,9
Hizmetler	56,7	56,4	57,6	59,4	59,5	61,8

Kaynak: TÜİK içinde İBB Ulaşım Planlama Müdürlüğü İUAP 2011

#### 5.4. İSTANBUL'DA İDARİ YAPI

Seçimlerle 5 yılda bir halk tarafından seçilen İstanbul Büyükşehir Belediyesi Başkanı şekil 5.4'de görüldüğü gibi 2013 yılında İstanbul yönetiminde belediye meclisi ve encümeniyle İstanbul'a ait kararları almaktadır. İBB başkanına bağlı genel sekretere bağlı 7 adet genel sekreter yardımcısı bulunmaktadır.

#### Şekil 5.4: İBB organizasyon şeması



Kaynak: İBB, Yönetim, <http://www.ibb.gov.tr/tr-TR/kurumsal/Documents/YonetimSemasi.htm> 2013

10.07.2004 tarih ve 5216 sayılı Büyükşehir Belediyeleri Kanunu gereğince belediye sınırı, il sınırı olmuş ve böylece İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin yetki ve sorumluluk sahası üç kat artmıştır. 32 olan ilçe sayısı Eminönü ve Fatih ilçelerinin birleşmesi sonucu Eminönü ilçesinin kaldırılması ve 8 yeni ilçe ile birlikte 39 olmuştur(İstanbul İl Çevre Düzeni Planı 2009).

Avrupa Yakası'ndaki ilçeler; Arnavutköy, Avcılar, Bağcılar, Bahçelievler, Bakırköy, Başakşehir, Bayrampaşa, Beylikdüzü, Beyoğlu, Beşiktaş, Büyükçekmece, Çatalca, Esenler, Esenyurt, Eyüp, Fatih, Gaziosmanpaşa, Güngören, Kağıthane, Küçükçekmece, Sarıyer, Silivri, Sultangazi, Şişli ve Zeytinburnu'dur. Avrupa yakasında toplam 25 adet ilçe bulunmaktadır.

Anadolu Yakası'ndaki ilçe sayısı 14 adettir. Anadolu yakasında; Adalar, Ataşehir, Beykoz, Çekmeköy, Kadıköy, Kartal, Maltepe, Pendik, Sancaktepe, Sultanbeyli, Şile, Tuzla, Ümraniye ve Üsküdar ilçeleri yer almaktadır (Şekil 5.5).

#### **Şekil 5.5: İstanbul İli idari sınır haritası**



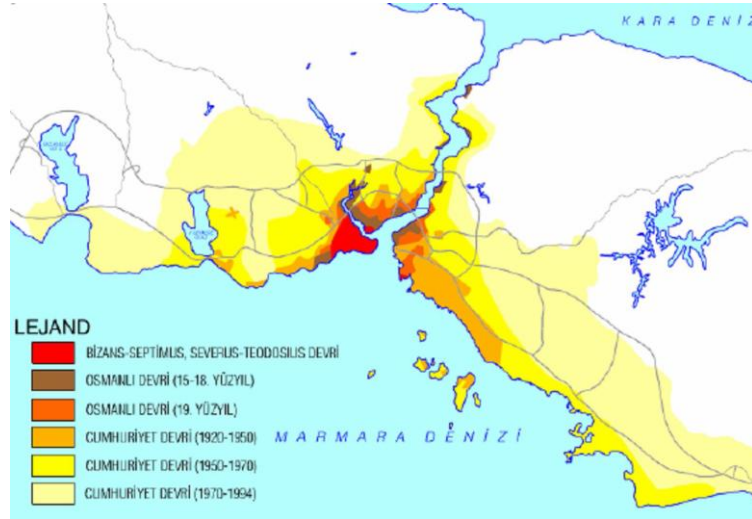
Kaynak: İBB İdari <http://www.ibb.gov.tr/tr-TR/SiteImages/Haber/nisan2009/04052009idarisisinirharitasi.jpg>

## 5.5. TARİHİ SÜRECİ

İstanbul'un tarihi, 300 bin yıl öncesine kadar uzanmaktadır. M.Ö. 5000 yıllarından itibaren başta Kadıköy Fikirtepe olmak üzere Çatalca, Dudullu, Ümraniye, Pendik, Davutpaşa, Kilyos ve Ambarlı'da yoğun bir yerleşimin olduğu sanılmaktadır. Ama bugünkü İstanbul'un temelleri M.Ö. 7. yüzyılda atılmıştır. 16 asır boyunca Roma, Bizans ve Osmanlı dönemlerinde başkentlik yapmıştır (Şekil 5.6).

Kent, 1391 yılından başlayarak Osmanlılar tarafından kuşatılmaya başlanmıştır.1396'da I. Bayezid (1389-1403), Karadeniz'den gelecek yardımları önlemek için kentin Anadolu Yakası'na bir hisar yaptırmış, kenti almaya kararlı olan II. Mehmet de (1451-1481), Avrupa Yakası'na Rumeli Hisarı'nı inşa ettirmiştir. 29 Mayıs 1453 günü kentin ele geçirilmesiyle İstanbul bir Osmanlı kenti olmuştur (*İstanbul İl Çevre Düzeni Planı2009*).

### Şekil 5.6: İstanbul'un tarihi gelişim süreci



*Kaynak: İstanbul İl Çevre Düzeni Planı Raporu 2009.*

İstanbul, özellikle Cumhuriyet Dönemi ve sonrasında hızlı bir mekânsal gelişim kaydetmiştir. Kentin Cumhuriyet sonrası dönemlerde, sanayi ağırlıklı gelişiminin hızlanması, ülkedeki az gelişmiş bölge ve kentlerden İstanbul'a yönelik yoğun bir göç hareketini başlatmıştır (İUAP 2011).

## 5.6. İSTANBUL'DA DEMOGRAFİK YAPI

### 5.6.1. Nüfus Değişimi

2011 Yılı Genel Nüfus Sayımı verilerine göre İstanbul, Türkiye nüfusunun yüzde 18.23'ünü barındırmaktadır. 1970 yılına kıyasla İstanbul nüfusunun, Türkiye nüfusu içindeki payının iki katından fazla çıktığı görülmektedir. Türkiye nüfusu 1970 ile 2011 yılları karşılaştırıldığında artış miktarı sürekli olmakla beraber 1985 yılından sonra, önceki yıllara oranla nüfus artışı daha hızlı gerçekleşmiştir (Tablo 5.3).

**Tablo 5.3: İstanbul-Türkiye nüfus ve oranı (1970–2011)**

Yıllar	Türkiye	İstanbul	İstanbul/Türkiye Oranı
1970	35.605.176	3.019.032	8,48
1975	40.347.719	3.904.588	9,68
1980	44.736.957	4.741.890	10,6
1985	50.664.458	5.842.985	11,53
1990	56.473.035	7.309.190	12,94
2000	67.803.927	10.018.735	14,78
2007	70.586.256	12.573.836	17,81
2011	74 724 269	13.624.240	18,23

Kaynak: [http://www.tuik.gov.tr/AltKategori.do?ust\\_id=11](http://www.tuik.gov.tr/AltKategori.do?ust_id=11)

### 5.6.2. Nüfus Dağılımı

İstanbul nüfusunun Marmara Bölgesi içindeki payı 1970–2000 yılları arasındaki otuz yılda sürekli artış göstermiştir. Otuz yıl önce Marmara Bölgesi'nde yüzde 40 civarında olan İstanbul İli nüfus payı 1980–1985 arasında yüzde 50'ye ve günümüzde ise yüzde 75'lere ulaşmıştır. İstanbul'un Marmara Bölgesi içinde nüfus paylarına bakıldığında, 1975 sonrası, artış dikkat çekicidir. Bu durum, nüfusu etkileyen faktörlerin İstanbul İli ve Marmara Bölgesi için, göreceli olarak değişmediğini ve istikrarlı bir şekilde devam ettiğini göstermektedir (Tablo 5.4), ( İstanbul İl Çevre Düzeni Planı Raporu 2009).

**Tablo 5.4: İstanbul nüfusu ve Türkiye oranı (1970–2011)**

	1970	1980	1990	2000	2005	2009	2011
Nüfus	3.019.032	4.741.890	7.309.190	10.018.735	11.608.349	12.915.158	13.624.240
Türkiye İçindeki Oranı	8,5	10,6	13	14,8	15,9	17,7	18,2

*Kaynak: [http://www.tuik.gov.tr/AltKategori.do?ust\\_id=11](http://www.tuik.gov.tr/AltKategori.do?ust_id=11)*

İstanbul'da nüfusun dağılım yüzdesi Anadolu ve Avrupa Yakalarına göre büyük farklılık göstermektedir. Nüfusun üçte ikilik bölümü Avrupa Yakası'nda, geri kalan üçte birlik bölümü Anadolu Yakası'nda ikamet etmektedir. İstihdamın yüzde 73'ü Avrupa Yakasındadır. Bu durum insanların işe gitmek için, iş merkezlerinin Avrupa yakasında olması nedeniyle, günlük ulaşım hareketliliğinde, yakalar arasında trafiğe neden olmaktadır. Sabah saatlerinde Anadolu'dan Avrupa'ya, akşam saatlerinde Avrupa'dan Anadolu'ya doğru trafik akışı olmaktadır. İstanbul Boğaziçi ile ortadan bölünmüş olması geçişleri sınırlandırmıştır.

## 6. İSTANBUL'UN ULAŞIM SİSTEMİNİN MEVCUT DURUMU

### 6.1. ŞEHİRLERARASI, BÖLGESEL VE ULUSLARARASI ULAŞIM AĞI

İstanbul konumu nedeniyle Doğu Avrupa, Batı Asya, Orta Doğu ve Kuzey Afrika arasında bir geçiş bölgesi konumundadır. İstanbul'un durumu anlamak için uluslararası transit trafiği göz önüne almak gerekir. Uluslararası transit trafiğin neden olduğu yoğunluk, kent içi trafiğide olumsuz etkilemektedir. Şekil 6.1 ve 6.2'de Türkiye'nin içinde bulunduğu uluslar arası karayolu ağlarından bazıları görülmektedir.

Asya ve Avrupa kıtalarını birbirine bağlayan önemli koridorların birçoğu İstanbul'dan geçmektedir (İstanbul İl Çevre Düzeni Planı 2009, s.269 ve İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı 2011, s.39).

Şekil 6.1: Türkiye'nin içinde bulunduğu uluslararası karayolu bağlantıları



Kaynak: <http://www.kgm.gov.tr/> içinde İstanbul İl Çevre Düzeni Planı 2011, s.39.

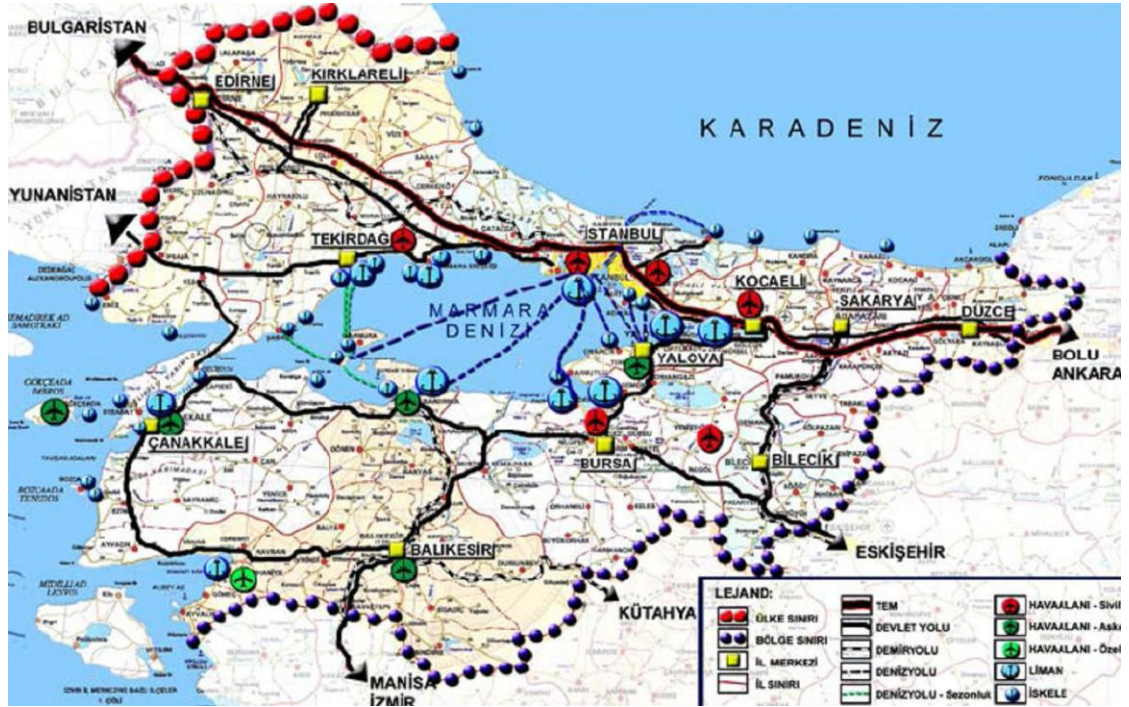
Güneydoğu Avrupa Uluslararası Yol Ağı'nın (AGR'nin) Türkiye'ye E-Yol olarak iki arteri ulaşmaktadır. Bunlar Bulgaristan (Kapıkule) sınırından giren E-80 ve



Yunanistan(İpsala) sınırından giren E-90'dır. Bu iki ana güzergah, Avrupa Uluslararası Yol Ağı ile Anadolu'dan geçerek Türkiye'nin güney ve doğu sınırlarındaki Ortadoğu ve Asya'yı birbirine bağlamaktadır. E- yollara ilaveten Avrupa Transit Otoyol (TEM) tüm ülkeyi ekspres yol ağı olarak kaplamaktadır. TEM otoyolu Türkiye'de Bulgaristan sınırında Edirne'den başlamakta, Fatih Sultan Mehmet köprüsüyle İstanbul'u geçmekte Ankara'da doğuya ve güneye giden iki kola ayrılmaktadır. Doğu kolu Aşkale'de yine ikiye ayrılmaktadır. Bu kollardan biri Karadeniz Bölgesi'nde Trabzon'a gitmekte, diğeri ise İran sınırındaki Gürbulak'ta son bulmaktadır. Güney kolu ise Suriye ve Irak sınırlarında son bulmaktadır. Ayrıca TEM Güney Otoyolu İstanbul'u İzmir'e ve Antalya'ya bağlamaktadır (İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı 2011,s.39).

Ülke ve bölge içinde önemli bir konumda olan İstanbul'da var olan nüfus nedeniyle , ulaşımında bazı sıkıntılar yaşanmaktadır. Bölgesel yük, bu sıkıntıyı daha da artırmaktadır. Boğazın varlığı ve geçişlerinin sınırlı olması, ayrıca sıkıntı oluşturmaktadır. Marmara Bölgesi'ni diğer bölgelerden ayıran en önemli özelliklerden bir tanesi Ulaşım yolları bakımından elverişli konuma sahip olmasıdır (Şekil 6.2). Ülkenin çeşitli kesimleri ile Türkiye'yi diğer ülkelere bağlayan başlıca kara, deniz ve hava yolları bu bölgede birleşmektedir. Avrupa ve Asya kıtalarını birbirine bağlayan en kısa kara ve denizyolları Marmara Bölgesi üzerinden geçmektedir (1/100.000 Ölçekli İstanbul Çevre Düzeni Planı Raporu 2009, s.270).

Şekil 6.2: Marmara Bölgesi ulaşım ilişkileri



Kaynak: İstanbul İl Çevre Düzeni Planı 2009

### 6.1.1. Havalimanları

Uluslararası ve şehirlerarası ulaşım sisteminin en önemli türü olan havayolu ulaşımında yalnızca bölge ölçeğinde değil, ülke ölçeğinde stratejik bir konumda bulunan ve önemli bir yük üstlenen İstanbul'da kullanımda olan iki adet havaalanı bulunmaktadır. Bunlar; Yeşilköy'deki Atatürk Havalimanı ve Kurtköy'deki Sabiha Gökçen Havalimanı'dır (Şekil 6.3), (1/100.000 Ölçekli İstanbul Çevre Düzeni Planı Raporu 2009, s.302).

### Şekil 6.3: Atatürk ve Sabiha Gökçen Havalimanları



Kaynak: <http://harita.yandex.com.tr/>

#### 6.1.2. Limanlar

Trakya Bölgesi'nin kargo gereksiniminin, büyük bölümü, Ambarlı ve Haydarpaşa Limanları'ndan karşılanmaktadır. Ancak Haydarpaşa Limanı, normal kapasitesinin üstünde çalışmakta olup, limanda sıkışıklıklar yaşanmaktadır. İstanbul limanları ve sorumlu olduğu kurumlar; Salıpazarı, Karaköy, Sarayburnu, Sirkeci Limanları (T.D.İ.)Haydarpaşa Limanı, Ambarlı Limanı (T.C.D.D.) ve Pendik limanıdır. Süreç içerisinde Ambarlı ve Pendik Limanları mevcut haliyle korunurken, Haydarpaşa Limanı'nın dönüşümü öngörülmüştür. Şehrin gelecekteki liman ihtiyacı da göz önünde bulundurularak Gümüşyaka -Çanta sınırında Tekirdağ- Marmara Ereğlisi sınırındaki limanlara uyumlu olacak ilave bir liman düşünülmektedir.

#### 6.1.3. Garlar

a) Haydarpaşa Garı hem İstanbul Metropolen Alanında hem de ülke ölçeğinde hizmet vermektedir. Haydarpaşa Garı'ndan İzmit, Adapazarı, Bilecik, Eskişehir, Ankara, Kütahya, Balıkesir, Manisa, İzmir, Afyon, Konya, Adana, Gaziantep, Denizli, Kayseri, Sivas, Malatya, Tatvan, Diyarbakır, Batman, Siirt, Erzurum, Kars gibi il merkezlerine

düzenli seferler yapılmaktadır. İstanbul Büyükşehir Belediye Meclisi tarafından onaylanan 2010-2014 Stratejik Planı'na göre Haydarpaşa Limanı'nın dönüşümü öngörülmüştür.

b) Sirkeci Garı Sirkeci-Halkalı Banliyö Hattının uzunluğu 27 km. dir. Sirkeci garından Avrupa ile bağlantılı olarak; Balkan Ekspresi (İstanbul-Budapeşte-İstanbul), Bükreş-İstanbul Ekspresi ve “Optima Tours” olarak adlandırılan Avusturya Parndorf -İstanbul-Parndorf tarifeli seferleri mevcuttur. Ayrıca Trakya kesiminde İstanbul ile Edirne (Uzunköprü) arasında (günde yaklaşık 8–10 civarında) karşılıklı düzenli seferler yapılmaktadır (İstanbul Çevre Düzeni Planı Raporu 2009).

Marmaray projesi kapsamında Anadolu ve Avrupa yakasındaki tren yolları birbirine bağlanacak olup özellikle Haydarpaşa garının turizm ve ticaret amaçlı kullanılması düşünülmektedir.

#### **6.1.4. Otogarlar**

İstanbul Avrupa Yakası'nda Bayrampaşa-Esenler, Anadolu Yakası'nda Üsküdar-Harem Otogarları yurtiçi ve yurtdışı ulaşım bağlantılarının sağlandığı otogarlardır. İstanbul Büyükşehir Belediye Meclisi tarafından onaylanan 2010-2014 Stratejik Planına göre atıl duruma gelen Harem Otogarı kaldırılarak, şehrin otogar ihtiyacı Silivri, Selimpaşa, Bahçeşehir, Arıcılar, Kavacık, Ataşehir ve Kurtköy'de yapılacak cep otogarı ile karşılanacaktır.

## **6.2. İSTANBUL KENT İÇİ ULAŞIM SİSTEMİ**

İstanbul, değişken nüfus ve istihdam değerlerinin oluşturduğu, arazi kullanım yapısı ve şehirselleşmelerinin değişimi ile her geçen gün ulaşım ihtiyaçlarının çeşitlenerek arttığı bir şehirdir. İstanbul kentinde, Günlük yolculukların çok yüksek olup bu yolculukların büyük bir kısmı toplu taşımayla yapılmakta; bununla birlikte trafiği oluşturan araçların çok büyük bir bölümünü özel araçlar oluşturmaktadır. Kara yoluna

dayalı bu sistem, her geçen gün artan büyüme eğilimiyle, gelecekte sorunların daha da kalıcı ve çözülemez hale geleceğini göstermektedir. 2011 yılı itibarıyla trafiğe kayıtlı araç sayısı 2.882.393 adettir. 2004 yılına göre artış oranı yüzde 41'dir (Tablo 6.1).

**Tablo 6.1: İstanbul da Trafiğe kayıtlı araç sayısı**

2004	2010	2011	Artış	
			Miktarı (Adet)	Oranı (Yüzde)
2.050.859	2.828.359	2.882.393	831.534	41

*Kaynak: İBB Toplu Ulaşım Hizmetleri Müdürlüğü -2012*

Her gün trafiğe yeni çıkan araçlar, hızlı kentleşmenin getirdiği günlük yolculuk taleplerinin daha da artması, karayolunun çevre ve insan sağlığına vermiş olduğu olumsuzluklar, trafik güvenliği konusundaki eksiklikler İstanbul ulaşımındaki önemli sorunların başında gelmektedir. (İstanbul Çevre Düzeni Planı Raporu 2009, s.276)

### **6.2.1. Karayolu Ulaşım Sistemi**

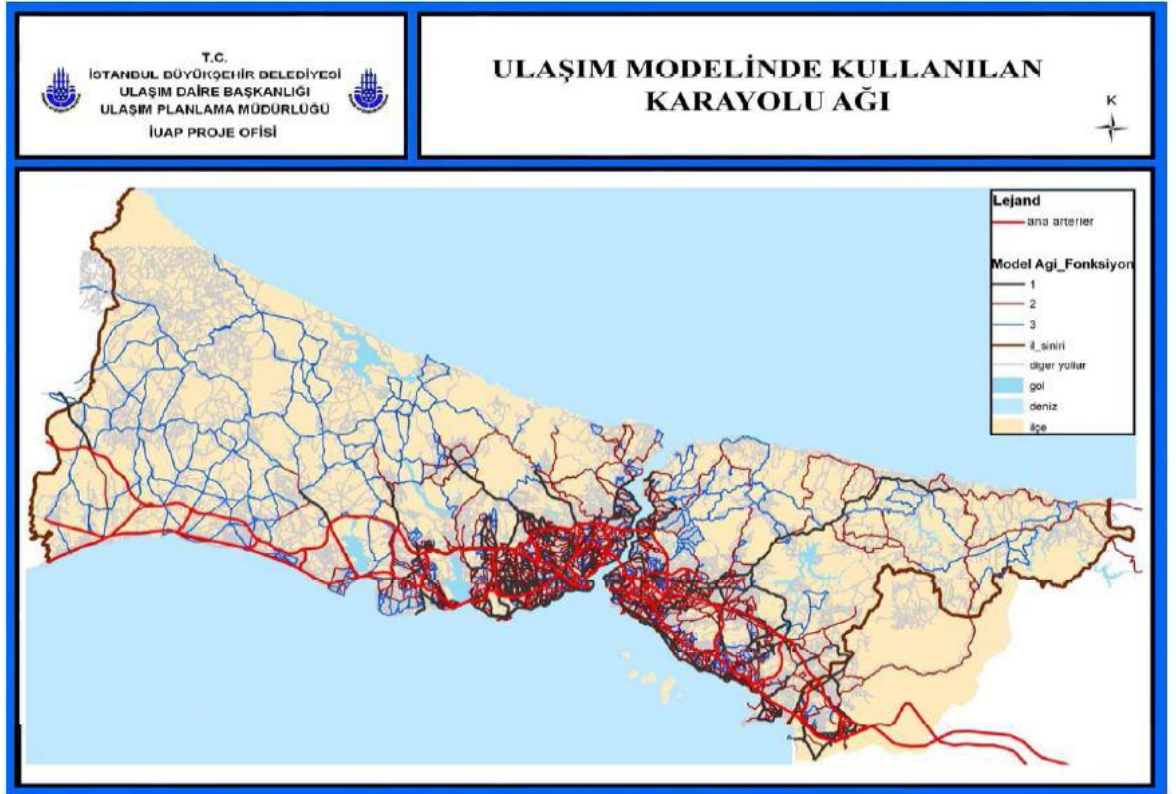
İstanbul İli'nde KGM sorumluluğundaki karayolları toplam ağının uzunluğu ise 754 km. civarındadır. Bu değer Marmara Bölgesi illeri içinde yaklaşık yüzde 12'lik bir paya karşılık gelmektedir. İstanbul İl sınırları içinde toplam karayolu ağı 30.291 kilometredir. İBB sorumluluğunda olan karayolu toplam ağının uzunluğu 3.420 kilometredir. Tüm ilçelerdeki yol uzunluğu toplamı 26.117 kilometredir. Karayollarının sorumluluk paylaşımında ilçe belediyeler, Büyükşehir belediyesi ve Karayolları Genel Müdürlüğü sorumluluğundadır (Tablo 6.2). Toplam uzunluğu 30.291 kilometre olan karayolu ağı dağılımı Şekil 6.4 içerisinde gösterilmektedir.

**Tablo 6.2: İstanbul yol ağı dağılımı**

İBB'nin Hizmet Verdiği Yollar	Açıklama	Uzunluk (Km)
	Ana Arter Toplam	3.420
	İBB TOPLAM	3.420
Diğer Yollar	Tüm İlçe Yol Uzunlukları Toplamı	26.117
KGM'ye Ait Yollar	Karayolları Sorumluluğundaki Yollar	754
GENEL TOPLAM		30.291

*Kaynak: İBB Toplu Ulaşım Hizmetleri Müdürlüğü -2012*

**Şekil 6.4: Karayolu ağının durumu**



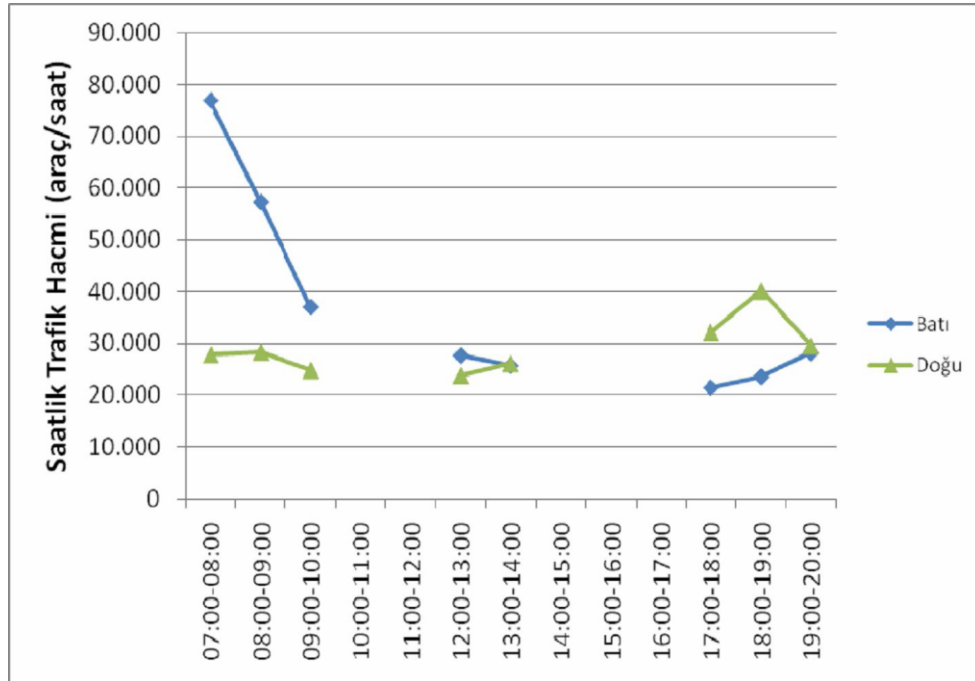
*Kaynak: İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı 2011*

### 6.2.1.1. Boğaz Geçişi

İstanbul fiziki olarak İstanbul Boğazı, Haliç, K.Çekmece ve B.Çekmece gölleri tarafından bölünmüştür. Trafik sıkışıklığının en çok yaşandığı noktalar iki Boğaz köprüsü geçişinde ve bağlantı yollarındadır. Boğaz köprülerinde her sabah ve akşam zirve saatlerde yoğun trafik sıkışıklığı gözlemlenmektedir.

Boğaz geçişinde trafik hacmi incelendiğinde Şekil 6.5'te 2006 yılı itibari ile her iki köprü'nün toplam trafik hacmini saatlik olarak, yönlere göre göstermektedir. Sabah zirve saatlerinde Batı'ya doğru trafik hacmi daha yoğundur, akşamları ise bunun tersi yönde yoğunluk gözlenir. Bu durum Asya yakasında oturanların iş ve okul amaçlı olarak sabah köprüden karşıya geçmeleri ve akşam zirve saatlerinde eve dönmelerinden kaynaklanmaktadır (İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı 2011).

**Şekil 6.5: Boğaz geçişinde istikametine göre saatlik trafik hacmi**

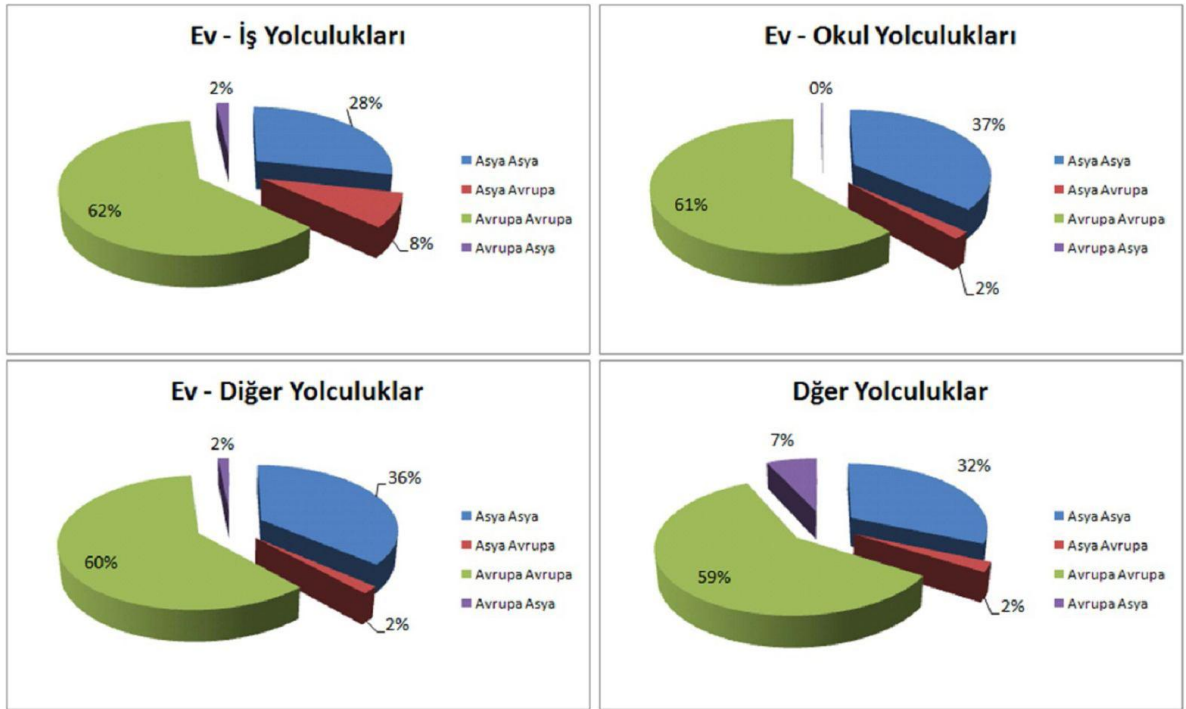


*Kaynak: İUAP Proje Ekibi, 2006 içinde İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı 2011*

Şekil 6.6'da Avrupa ve Asya yakaları arası seyahatlerin amacına göre paylarını görmektedir. Yolculuklar Avrupa-Avrupa, Asya-Asya, Avrupa-Asya ve Asya-Avrupa arasındaki yolculuklar olarak ayrılmıştır. Ev-İş yolculuklarının Avrupa ve Asya içi oranı sırasıyla yüzde 62 ve yüzde 28'dir. Yakalar arası yolculuklar ise Avrupa'dan Asya'ya yüzde 8 ve Asya'dan Avrupa'ya doğru yüzde 2 oranındadır.

Özellikle, yakalar arası ev-okul ve ev-diğer yolculuk oranı azdır ve iki yakanın birbirinden bağımsız olduğu gözlenmektedir. Dört amaç arasında; ev-iş ve diğer (ev uçlu olmayan) yolculukların birbirine benzerliği daha fazladır.

**Şekil 6.6: Avrupa ve Asya Yakaları arasındaki yolculukların dağılımı**



*Kaynak: İUAP Proje Ekibi. 2006 içinde İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı 2011.*

Ev-iş yolculuklarında Asya'dan Avrupa'ya hareket daha yoğunken, diğer yolculuklarda ise Avrupa'dan Asya'ya olanlar daha yoğundur. Bunun sebebi iş ve ticari alanların



çoğunlukla Avrupa yakasında, ikamet bölgelerinin ise Asya yakasında olmasıdır(İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı 2011).

2009 yılında Boğaziçi ve FSM köprülerinden günlük ortalama geçen araç sayılarına göre FSM köprüsünden günlük geçen araç sayısı daha fazla iken, şerit başına geçen araç sayısı Boğaziçi köprüsünde daha fazladır.

## 7. TRAFİK SİNYAL KOORDİNASYON SİSTEMLERİ

Sinyalize kavşakların birbirlerine yakın olduğu hallerde yeşil zamanlar koordine edilerek araçların kavşak sisteminden daha etkin bir şekilde geçmesi sağlanabilir. Bazı hallerde sinyalli kavşaklar birbirlerine çok yakın olur ve bu hallerde çözüm oluşturulurken iki kavşak tek bir kavşak olarak düşünülebilir. Bazı hallerde ise kavşaklar birbirlerinden çok uzaktır ve bu hallerde de kavşaklar “izle” yani kendi başlarına diğer kavşaklardan bağımsız olarak sinyalize edilip çalışabilir. Bir kavşaktan bırakılan taşıtların kümelerinin 300 m. nin çok ötesine kadar bozulmadan gideceği bilinmektedir. Uygulana gelen pratik, ana yollar ve karayolları üzerinde 800 m. ye kadar uzaklıkta olan kavşakların koordine edilmesi yolundadır.

### 7.1. SABİT ZAMANLI SİNYALİZASYON SİSTEMLERİ

Sabit zamanlı sinyalizasyon sistemleri özellikle trafik hacimlerinin gün içinde değişken olmadığı durumlarda doğru bir şekilde düzenlendiğinde, ideal bir denetim sağlayabilmektedir. Bu sistemlerin başarısının değerlendirilmesinde taşıtların ortalama gecikme süresi, duruş oranı ve ortalama kuyruk uzunluğu gibi ölçütler dikkate alınmaktadır. Bu ölçütler çeşitli yöntemler ile (Webster, Akçelik, HCM) hesaplanmaktadır.

#### 7.1.1. Koordinasyonun Faydaları

Sinyal koordinasyonunun ana faydası sağlanan servisin, (ki bu da gecikme ve durma sayısı gibi kriterlerle ölçülebilir) iyileştirilmesidir. Koordinasyonun faydası, genelde bir “maliyet” veya “ceza” fonksiyonu ile değerlendirilir. Bu fonksiyon da, aşağıda verildiği gibi durma sayısı ve gecikmenin ağırlıklı bir bileşimidir.

$$Maliyet = Ax \text{ (Toplam durmalar)} + Bx \text{ (Toplam gecikme)} + \text{Diğer Terimler}$$

Buradaki A ve B katsayıları bu iki faktörün kullanıcılar açısından ne ölçüde önemli olduğuna bağlı olarak belirlenebilir. Örneğin, eğer bir duruş, 5 saniyelik bir gecikme kadar rahatsız edici ise  $A=5B$  kullanılabilir. A ve B değerleri, duruşların ve gecikmenin

ekonomik maliyetini aksettirecek şekilde seçilebilir. Bu halde maliyet fonksiyonu ile bulunan toplam maliyetteki azalmalar direk olarak Fayda/Maliyet analizlerinde kullanılabilir. Durmalar ve gecikmelerdeki azalmalar, ancak sinyal optimizasyon bilgisayar programları ile, örneğin SYNCHRO, TRANSYT gibi Programlarla (Wallace,1983), hesaplanabilir.

Enerji tasarrufu ve çevrenin korunması son senelerde önem kazanmıştır. Taşıtların seyahat edeceği veya etmesi gerektiği varsayıldığında, yakıt tasarrufu ve en az hava kirliliği, araçların durdurulmadan ve uygun hızlarda hareketi ile sağlanabilir.

Koordine edilmiş bir sinyal sisteminde araçların kümeler halinde hareketi de bir faydadır. İyi teşekkül etmiş bir kümede araçlar arasındaki zaman açıklığı dururken harekete geçen araçlar arasındaki açıklıktan daha azdır. Doğal olarak bu da kavşağın daha verimli bir şekilde kullanılmasını sağlar.

#### **7.1.2. Koordinasyonun Faydasını Azaltan Faktörler**

- i. Yetersiz yol kapasitesi,
- ii. Yol boyunca oto park, yükleme-boşaltma, iki şerit park ve yola kenar yollardan girişlerden kaynaklanan, yol kenarında direnci önemli miktarda arttıran durumlar,
- iii. Çok fazlı sinyal fazı kullanılmasını gerektirecek karışık kavşaklar,
- iv. Hızlardaki aşırı değişkenlik,
- v. Sinyaller arasındaki çok kısa veya çok uzun mesafeler,
- vi. Caddeye veya caddeden olan çok fazla dönüş hareketleri,

Yukarıdaki bütün faktörler araçların kümelerini bozacağı için, koordinasyonun faydaları azalacaktır. Dolayısıyla, koordinasyon işine kalkışılmadan önce, sistemin geometrik ve trafik karakterlerinin koordinasyonuna uygun olup olmadığı araştırılmalı ve eğer mümkünse bu bozukluklar sisteme tatbik edilmeden giderilmeye çalışılmalıdır. Bazı hallerde, bu düzeltmeler yapılmadığı takdirde, koordinasyondan hiçbir fayda sağlanamaz.

### **7.1.3. Sinyal Koordinasyon Sistemleri Amaçları**

Genelde, yolların genel konumları ve trafik akımlarının özellikleri, sinyal sisteminin amacını belirler. Önce sistem tipi düşünülmelidir. Sistem tek-yönlü ana arter, iki-yönlü arter, tek-yönlü, çift- yönlü veya karışık yol ağı olabilir. Mevcut sistem iyi bir başlangıç noktası ise de, bazen en iyi çözüm bile yeterli olmayabilir. Bu hallerde mühendisin bazı yolları değiştirmesi, önemli geometrik düzenlemeler yapması gerekebilir.

Daha sonra, koordine edilecek akımlar düşünülmelidir. İki yönlü bir arterde sadece bir veya her iki yön birden koordine edilebilir. Eğer her iki yön birden koordine edilecekse iki çözüm arasında bazı tavizler vermek gerekecektir. Bir sinyal ağında, bazı tercihli yollar tespit edilebilir ve ilerleme için öncelik bu yollara verilebilir.

Sinyal koordinasyon amaçları arasında “bant genişliğinin” (giden araç kümeleri için yeşil açıklıkları) maksimize edilmesi, gecikme ve/veya durma sayısının minimize edilmesi sayılabilir. Sinyal koordinasyonu prensipleri çeşitli trafik mühendisliği kaynaklarından bulunabilir(örneğin, Roess, Prassas ve McShane, 2004; Parsonson, 1992).

Özetle Sinyal koordinasyon sistemlerinin temel amaçları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- i. Minimum gecikme veya durma
- ii. Gecikme ve durma kombinasyonunun minimumu
- iii. Band genişliğinin maksimumu
- iv. Doymuş arterlerde maksimum akım.

### **7.1.4. Trafik Simülasyonu**

Kentlerde mevcut ulaşım sistemlerinin işleyişinin ve olası problemlere getirilen çözümlerin simule edilerek görsel olarak incelenmesi işlemine trafik simülasyonu denilmektedir.

### **7.1.5. Sinyalizasyon Ekipmanları**

- i. Sinyal vericiler
- ii. Geri sayıcılar
- iii. Flaşörler
- iv. Direkler
- v. Kavşak Kontrol Cihazları
- vi. Trafik detektörleri
- vii. Engelliler için akustik ve diğer sinyal sistemleri ve benzeri diğer ürünler...

### **7.1.6. Kavşak Sinyalizasyon Sistemleri**

- i. Sabit zamanlı sinyalizasyon sistemleri
- ii. Tam / yarı trafik uyarmalı sinyalizasyon sistemleri
- iii. Yeşil dalga koordinasyon sistemleri
- iv. Engellilere yönelik sinyalizasyon düzenlemeleri
- v. Toplu taşıma öncelikli sinyalizasyon sistemleri
- vi. Arter, bölge ya da şehir bazlı trafik sinyalizasyon yönetimi
- vii. Önceden belirlenmiş koşullara bağlı olarak değişen sinyalizasyon sistemleri
- viii. Tam adaptif trafik sinyalizasyon sistemleri
- ix. Trafik izleme ve kontrol merkezleri

## **7.2. KOMPÜTER TRAFİK SİNYAL KONTROL SİSTEMLERİ**

Bu gün dünyanın bir çok yerinde komputeler arterlerde veya ulaşım ağlarında trafik sinyallerinin kontrolünde kullanılmaktadır. Bu sistemlerin işleyişi aşağıda anlatılmıştır.

En basit sistemlerde, bir veya birkaç arterde sinyalleri kontrol eden zamanlamalar bir merkezi bilgisayardan gönderilir. Arazideki algılayıcılardan (detektörlerden) bir "yeni - besleme" olmaz ve sinyal planları trafik şartlarına göre değişmez. Bu planlar, daha önce toplanan bilgilere dayanarak başka bir bilgisayarda bir programla saptanır.

Buradaki ana özellik, kontrol planlarının daha önce toplanan bilgilere dayanarak "devre dışı" hesaplanmasıdır. Bu planlar "gerçek zamanda" bilgisayarlarla son bilgilere dayanılarak yapılmaz. Bu sistem her ne kadar çok kısıtlı bir sistem olarak gözüke de bu sistemlerin hala kullanılmasını haklı kılabacak pek çok avantajı vardır. Bu avantajlar aşağıda verilmiştir.

- i. Merkezi bir noktadan sinyal planlarının yenilenmesi: Her seferinde bütün sinyalli kavşaklara teknisyen göndererek ayarlama yapılması çok güç bir iştir. Bu sistemle bu iş çok kısa bir sürede tamamlanabilir.
- ii. Çoklu ve özel sinyal planlarının yapılması olanağı: Pek çok yerde üç-zamanlı (sabah zirve, Akşam zirve ve zirve dışı) bir kontrol yeterli olur. Bilgisayarlarla bu N zamanlı bir hale getirilebilir. Böylece, Cumartesi, Pazar, aşırı yağmur, futbol maçları gibi özel zamanlar için de planlar saklanıp uygulanabilir.
- iii. Cihazların bozulması hakkında bilgi toplanabilir ve bilgisayarla bozulan cihazlar hemen fark edilip tamir yapılabilir.
- iv. Müteahhitlerin veya servis personelinin çalışması hakkında bilgi toplanabilir.
- v. Bozulma zamanı ve tamir zamanı arasında geçen zaman merkezden saptanabilir.

Yukarıda anlatılan basit sistem trafik algılayıcıları kullanılarak değişik şekiller de geliştirilebilir.

- i. Kontrol planları için bir bilgi bankası kurulup araziden gelen bilgilere en uygun ve daha önce yapılmış kontrol planı bu bankadan seçilebilir.
- ii. Kontrol planı sistemden gelen bilgilere göre ya başka bir komputer de "geri planda" ya da ana komputer de yapılır.

"Gerçek-zamanlı" sistemlerde koordinasyon planları araziden bilgisayara trafik algılayıcılarından gelen bilgiler kullanılarak merkezi bir bilgisayarda otomatik olarak hazırlanır ve bu planlar gene otomatik olarak bilgisayardan gönderilen komutlarla arazide uygulanır. Bu sistemler Uyumlu Kontrol Stratejileri (Adaptive Control Strategies) olarak ta bilinmektedir. İlk "gerçek zaman" sistemlerin yapılması sırasında

ortaya çıkan sorunların pek çoğu bu günkü sistemlerde bile halen tam olarak çözümlenmiş değildir. Bu sorunların bazıları aşağıda sıralanmıştır.

- i. Trafik bilgilerinin tam ve eksiksiz olarak toplanması makulün çok üstünde detektörü gerektirir. Pratikte ise bunun çok altında detektör kullanılabilir. Bu nedenle detektörlerin yerlerinin seçimi çok dikkatli yapılmalıdır.
- ii. Yeşilin başlaması sırasında kuyrukların saptanması için değişik yerlerde ayrıca detektörlere ihtiyaç vardır.
- iii. Nokta detektörler bir bölge üstündeki araçların saptanması konusunda yetersizdirler.
- iv. Bütün detektörlerin çalışmasını beklemek gerçek dışı olacaktır. Mevcut detektörler sık sık arıza yapıp devre dışı kalabilirler.

Bunlara ilaveten, detektör sayımları gelecek bir zamana (örneğin 15 dakika sonrasında) tahmin yapılmasında kullanılır. Bu tahminlerdeki yanılgılar sistemin iyi işlememesine neden olabilir.

### **7.3. ADAPTİF KONTROL SİSTEMLERİ**

Trafik Sinyal Sistemi için nihai çözüm kendi kendini ayarlayan (adaptif) bir kontrol sistemi (ACS= Adaptive Control Strategies) kurulmasıdır. ACS trafik sinyalleri; trafik şartlarına, trafik hacimlerine, ve sistem kapasitesine dayanan gerçek zamanlı optimizasyonunu yapan algoritmalar kullanan sistemlerdir. ACS sinyal fazlarını, faz sıralarını ve zamanlarını, ofset zamanlarını ayarlayan yazılımları içerir. Böyle bir sistem çok kapsamlı bir detektör sistemine (lup veya diğer sistemlerle) ve merkezle veya lokal kontrol cihazlarıyla iletişimi sağlayan bir telekomünikasyon ağına ihtiyaç duyar. Bu sistemlerin klasik örnekleri olarak Avustralya'luların SCATS (Sydney Coordinated Adaptive Traffic System) ve İngiliz'lerin SCOOT (Split, Cycle, Offset Optimization Technique) sistemleri gösterilebilir. Los Angeles ABD'de ATSC (Automated Traffic Surveillance and Control) programı kullanılmaktadır. ABD'de ACS şemsiyesi altında yeni algoritmalar geliştirilip denenmektedir. Örneğin OPAC (Optimized Policies for Adaptive Control) ve RHODES (Real-time Hierarchical Optimized Distributed Effective System) algoritmalarının arazi denemeleri Amerikan Federal Yol İdaresi (FHWA) tarafından desteklenerek yapılmaktadır. Her iki algoritma da arterlerde kullanılmak için tasarlanmıştır. OPAC doymuş arterler için, RHODES ise doymamış arterler için

hazırlanmıştır. Diğer bir adaptif kontrol sistemi RTACL (Real-Time Traffic Adaptive Control Logic) Şikago'da bir yol şebekesinde 2000 lerde denenmiştir. RTACL yol şebekeleri için geliştirilmiştir. SCOOT ve SCAT gibi geleneksel adaptif sistemlerin faydaları bazı bölgelerde gösterilmişse de bu sistemler hakkında ulaşım mühendisleri hala bir karara varmış değillerdir. Bazı uzmanlar bu sistemlerin günün saatine göre sabit zamanlı olarak çalışan sistemlerden daha iyi olduğu kanısında değillerdir. Bu gözlem özellikle trafiğin çok fazla değişmediği ve tahmin edilebildiği yerlerde doğru olabilir.

Adaptif kontrol sistemleri ile ilgili diğer problemler detektörlerin bakımı ve iletişim ile ilgili sorunlardır. Halihazırda OPAC, RHODES ve RTACL gibi daha yeni adaptif sistemlerin faydaları hakkında çok az bilgi vardır.

Aşağıda bilgisayar kontrollü sistemlere ait bazı örnekler verilmiştir.

- 1- **Toronto Sistemi:** İlk sistemlerden biri 1963 te Toronto (Kanada) da çalışmaya başlayan sistemdir. Bu sistemde 864 kavşak vardır ve zamanının dünyadaki ilk kapsamlı projesidir. Bu sistem maliyetini, "kullanıcı karı" açısından, ilk altı ay içinde tolere etmiştir.
- 2- **İngiltere:** ilk olarak Glasgow ve Coventry'de uygulanan ve SCOOT (Split, Cycleand Offset Optimizing Technique) diye bilinen bu sistem (Hunt, 1981) trafik sıkışıklığının giderilmesine yönelik bir programdır. Bu metodun ana felsefesi sinyal zamanlamasının küçük ve sık aralıklarla ayarlanmasına dayanır. SCOOT daha önce TRANSYT sinyal-zamanlama programında geliştirilen sinyal-optimizasyon mantığına dayanır. Detektör sayımları bilgisayarda "dönüşümlü akım profilleri", yani trafik akımı histogramlarının bir sinyal dönümü (cycle) içindeki değişimi, olarak saklanır. Bu "profiller" optimum derecede bir koordinasyon sağlayan bir sinyal programı elde etmek için kullanılır. Bu sistemde detektörler yolun bir önceki kavşaktan sonraki baş tarafına konulur; böylece yolda teşekkül edecek kuyruklar bulunur ve bu bilgi daha sonra kuyrukların yukarı kavşakların tıkanmasını önleyecek şekilde sinyal zamanlarının ayarlanmasında kullanılır.



TRANSYT-7F programı; bu programın ABD de kullanılan, ve devre-dışı sinyal optimizasyonu ve koordinasyonu yapımında kullanılan versiyonudur ve son değişikliği 2004'te yapılmıştır. Bu ve diğer programlar için son bilgiler aşağıda verilmiştir.

- 3- **Japonya:** Dünyadaki en büyük komputer kontrollü sistem Tokyo'da kurulmuştur. (Inose, Okamoto, Yumoto, 1974). Sonunda 8.000 kavşağı idare etmesi düşünülen bir sistemdir. Buna benzer büyük sistemler Osaka ve Nagoyo şehirlerinde de kurulmuştur. Bu sistemler hafif trafik şartlarında durmaların minimize edilmesinden, ağır trafik şartlarında ise kapasitenin maksimizasyonuna kadar değişen bir sürü değişik kontrol kriteri kullanırlar.
- 4- **Almanya:** Almanya'daki bilgisayarlı ulaşım ağı sinyal kontrolü konusundaki en önemli proje Aachen şehrinde kurulan PBIL sistemidir (Roess, Prassas ve McShane, 2004). PBIL sistemi gecikmeleri minimize eden bir sistemdir. Burada gecikme, gerçek seyahat süresi ile serbest akım şartlarında olabilecek seyahat süresi arasındaki fark olarak tariflenir.

#### **7.4. "DEVRE-DIŞI" SİNYAL KONTROL SİSTEMLERİ**

Şu anda "Devre-dışı" sinyal optimizasyonu için kullanılan iki program aşağıda verilmiştir.

##### **1- TRANSYT-7F:**

Bu program bir trafik simülasyon ve optimizasyon programıdır. Programın esas fonksiyonu sinyal zamanlaması ve optimizasyonudur. Program genetic algoritmalar kullanarak dönüm (cycle) zamanı, faz sırası, faz ayırımı ve kavşaklar arası kayma (offset) zamanlarını optimize eder. TRANSYT-7F şu anda en modern optimizasyon yöntemlerini (genetic algoritmalar, tepe-tırmanma ve çok periyodlu optimizasyon) gene en modern simülasyon modeliyle (kuyruk geri taşmaları "queuespillback", küme dağılımları "platoondispersion", ve trafik uyarımlı control simülasyonunu da kapsayan)

birleştiren tek pakettir. Bu program, trafik şebekeleri, arterler ve tek kavşaklara uygulanabilir.

## 2- **SYNCHRO:**

Traffic sinyal zaman optimizasyonu ve kapasite analizi yapabilen bir programdır. Şu anda piyasada bulunan kullanıcı-dostu yazılımlardan biridir. Bu yazılım izole kavşakların, bir arterin veya bir yol şebekesinin sinyal fazlarını, kayma zamanlarını ve dönüm zamanlarını optimize eder. Kullanılması son derecede kolay olup, dünyanın hemen her tarafında pek çok şirket ve belediye tarafından kullanılmaktadır.

Bu programlara ilaveten trafik benzetimi (simülasyonu) yapabilen aşağıdaki programlar da çeşitli senaryoların denenmesinde kullanılmaktadır.

### 1- **TSIS (Traffic Software Integrated System)**

Bu sistem ABD Federal Yol idaresinin (FHWA) Turner - Fairbank ITS (Intelligent Systems & Technology) bölümü tarafından geliştirilmiş ve dağıtımı ve bakımı "McTrans Merkezi" tarafından gerçekleştirilen en yeni programdır. Bu sistemin 1997 Haziran ayında bitirilen 4. Versionu Windows bazlı bir program olup aşağıdaki paketleri içerir.

- a- **CORSIM:** FHWA'nin yeni micro - simulasyon modeli. TSrS'in kalbi olan bu program çok sofistike bir mikro-simulasyon modeli olup eski FRESIM ve NETSIM modellerine dayanır. CORSIM, araç ve sürücü davranış modellerine dayanarak, araçları teker teker hareket ettirmek suretiyle yol ve otoyol ağlarındaki akımı simüle eder.
- b- **TRAFVU:** CORSIM'in çıktıları kullanarak animasyon oluşturulmasını sağlar.
- c- **ITRAF:** Graffic bir CORSr Mprocessorü, TSrS paketinden ayrı temin edilmektedir.
- d- **PASSER IV.** "Teksas Ulaşım Enstitüsü"nün (TTI, Texas A ve M Üniversitesine bağlı bir kuruluş) geliştirdiği ulaşım ağı sinyal optimizasyonu hazırlamaya olanak sağlayan bir programdır. TTI şu anda paketi yenilemektedir ve bu program TSIS 4'ten ayrı olarak temin edilmektedir.

### 2- **VISSIM Mikroskopik Trafik Simülasyonu**

VISSIM otomobil, kamyon, demiryolu, hafif raylı tren, bisiklet ve yayaları kapsayan çok modlu trafik akımları için mikroskopik trafik simülasyonu sağlayan çok yetenekli bir programdır. Esnek şebeke sistemi sayesinde her çeşit geometride sinyalli kavşak, döner kavşak, otoyol koridorları, otobüs durakları ve hatta hava alanları simülasyonu hazırlanmasını sağlayacak yeterliliktedir. VISSIM hava fotoğrafları ve CAD çizimleri kullanarak arka plan harita uygulamaları sunar. Program 4 boyutlu olup. (X,Y, Z ve zaman) 4D animasyonu sağlar. Bu program çok işlevli bir program olmakla beraber oldukça pahalıdır.

### **3- SimTraffic Simülasyon Programı**

SYNCHRO® optimizasyon programını geliştiren firma (Traffic ware) tarafından geliştirilmiş bir program olup, trafik sinyalli ve sinyalsiz, kavşaklı yol şebekeleri için hazırlanan bir makro simülasyon modelidir. Sim Traffic, programının ana amacı trafik sinyal operasyonlarının kontrol edip ince ayarlarının yapılmasını sağlamaktır. SYNCHRO® programı ile beraber çalışır ve şu anda mevcut en kullanıcı dostu programlardan biridir. Sim Traffic özellikle makroskopik olarak kolayca modellenemeyecek aşağıdaki gibi kompleks hallerin incelenmesi için çok faydalı olur.

- i. Birbirini tıkayabilecek ve şerit değiştirme sorunu yaratabilecek kadar birbirine yakın kavşakları olan olan şebekeler,
- ii. Kavşakların trafik sıkışıklığı altında incelenmesini gerektiren haller,
- iii. Sinyallerin yakındaki sinyalsiz kavşaklara olan etkilerinin incelenmesi için kullanılır.

Aşağıdaki liste Sim Traffic tarafından modellenen halleri özetler.

- i. Önceden zamanlanmış sinyaller
- ii. İki yönlü dur işaretli kavşaklar
- iii. Trafik uyarımlı kavşaklar
- iv. Her yönden dur işaretli kavşaklar.

## 7.5. SİNYAL KOORDİNASYONU GENEL PRENSİPLERİ

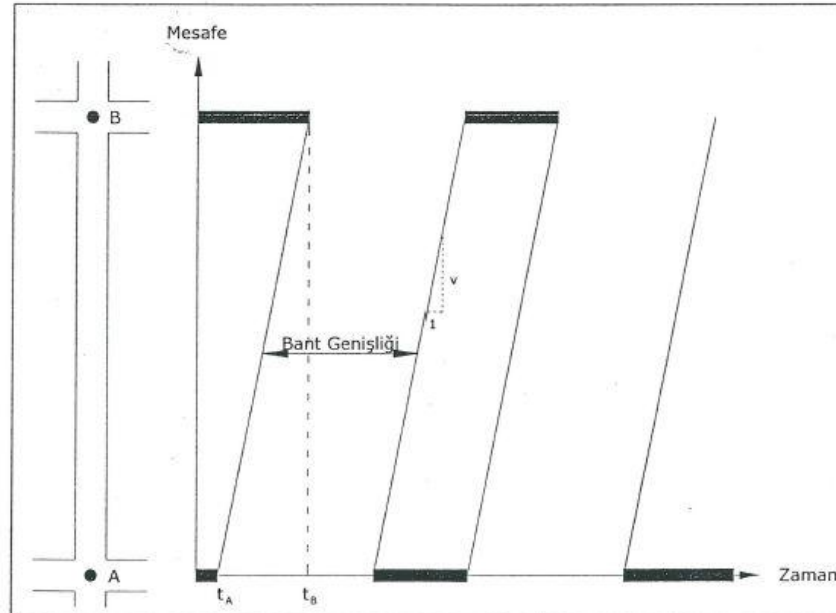
Sinyal koordinasyonu uygulanan sistemlerde en temel gereksinim, tüm sinyallerin aynı devir süresiyle çalışıyor olmasıdır. Böylece sistemdeki herhangi bir sinyalin diğer sinyallere göre kayma zamanının sabit olması sağlanmaktadır. Bu gereksinime dair tek istisna, koordine edilecek sistemde trafik hacmi diğerlerine göre çok yüksek bir kavşağın yer alması durumudur. Bu koşullarda trafik hacmi yüksek kavşağın kapasitesini yeterli kılmak için, bu kavşakta sisteminkinin iki katı değerinde bir devir süresi uygulanabilir. (Roess, Prassas ve McShane, 2004).

### 7.5.1. Sinyal Koordinasyonuna ilişkin Temel Tanımlar

#### 7.5.1.1. Yer-Zaman Grafiği ve Kayma

Şekil 7.1. de verilen örnekte olduğu gibi, sinyal koordinasyonunda kullanılan *yer-zaman* grafiği, ard arda gelen kavşaklar için sinyal sürelerini gösterir. Dikey ölçek, kavşaklar arası mesafeyi, yatay ölçek de zamanı belirttiği için kavşaklardan geçen bir aracın izlediği yolu zamana bağlı olarak göstermektedir.

#### Şekil 7.1. Örnek bir yer-zaman grafiği



Şekil7.1.'de A ve B kavşakları için yer-zaman grafiği gösterilmiştir. Her iki kavşakta da siyah taralı bölümler kırmızı ışığı simgelemektedir. A kavşağında  $t_a$  anında yeşil ışık başlamakta, B kavşağında ise  $t_b$  anında yeşil ışık başlamaktadır. Her iki kavşak için yeşil ışığın başlama anı arasındaki fark, bu iki kavşak için *kayma (offset)* değerini vermektedir. Bu örnekte A ve B kavşakları için kayma değeri  $t_b - t_a$ 'dır.

Bu örnekte görüldüğü gibi kayma sıfır ile sinyal periyodu arasında herhangi bir değer olabilir. Ard arda birçok kavşaktan meydana gelen bir arter söz konusu olduğunda, her kavşak için kayma değeri genelde arterde belirlenen tek bir kavşak baz alınarak hesaplanır ve referans alınan kavşak için kayma değeri sıfır kabul edilir. Kayma değerini belli bir fazdaki yeşil ışık başlangıcı yerine herhangi bir fazdaki yeşil ışığın bitişine veya kırmızı ışığın başlangıcına göre belirlemek de mümkündür. Ayrıca kayma değeri saniye yerine arterdeki ortak devir süresinin yüzdesi olarak da ifade edilebilir.

Şekil 3.1.1' deki durum ele alındığında ard arda gelen iki kavşakta en iyi ilerlemenin sağlanması için *ideal kayma* değeri uygulanmalıdır. İdeal kayma değeri uygulandığı takdirde A kavşağından durmadan geçtiği varsayılan araç konvoyundaki ilk araç B'ye vardığı anda B'de yeşil ışık başlar ve böylece bu kümedeki ilk araç, B'den de durmadan geçebilir. Bu durumu sağlayan ideal kayma değeri aşağıdaki denklemlerle hesaplanır.

$$t_{ideal} = L/v$$

Burada,

$t_{ideal}$  = İdealkayma değeri (san)

L = İki kavşak arası mesafe (m)

V = Araçların arterde ilerleme hızı (m/san)

Şayet bir önceki kavşakta taşıt konvoyu durmuşsa, bu durumda ideal kayma formülüne ilk kalkış gecikmesi (2-4 saniye) eklenmelidir (Roess, Prassas ve McShane, 2004).

### 7.5.1.2. Bant Genişliği

Şekil 7.1.'de g r ld ğu gibi uygun kayma değeri belirlendiği takdirde  $t_A$  anında A kavőađına gelen bir araç,  $v$  hızıyla gittiği takdirde  $t_B$  anında B kavőađına varacaktır. Böylece bu araç, A kavşağında yeşil iŐıđın baŐlamasının hemen ardından her iki kavşaktan da durmadan geçebilen ilk araç olacaktır. Yine A kavşağında yeşil iŐık bitmek üzereyken A'dan geçen bir araç,  $v$  hızıyla gittiği takdirde yine yeşil iŐık bitmek üzereyken B kavőađına varacak ve bu yeşil iŐık süresince her iki kavşaktan da durmadan geçebilen son araç olacaktır. Bir arterde ilerleyen bir araç konvoyu için tüm kavşaklardan hiç durmadan geçebilen ilk araç ve son araç arasındaki zaman farkına **bant genişliği** denir.

Şekil 7.1.'de bant genişliği, yeşil iŐık süresine eŐittir; çünkü,

- i. Her iki kavşaktaki yeşil iŐık süresi eŐittir,
- ii. İdeal kayma değeri uygulanmıştır.

Öte yandan birçok durumda sağlanabilen bant genişliği, yeşil iŐık süresine eşit olmayıp, yeşil iŐık s resinden bir hayli düşük de çıkabilir. İdeal kayma değeri uygulanmadığı takdirde bant genişliği azalacak ve arterde ilerleyen araçlar için gecikme süresi ve durma sayısı artacaktır. Bant genişliği etkinliği aşağıdaki gibi bant genişliğini sinyal periyoduna oranlayarak bulunur.

$$EB = (B/C) * 100$$

Burada,

EB = Bant genişliği etkinliği (% olarak)

B = Bant genişliği (saniye)

C = Sinyal periyodu (saniye)

Genelde bant genişliği etkinliği için %40 - %55 arası değerler iyi kabul edilir. (Roess, Prassas ve McShane, 2004). Ayrıca ideal kayma değerinden aynı miktarda pozitif veya

negatif sapma, bant genişliği etkinliği üzerinde farklı etkiler oluşturur. (Roess, Prassas ve McShane, 2004).

Bir arter boyunca yer alan ard arda kavşaklardan hiç durmadan geçebilen araç sayısı *bant genişliği kapasitesi* ile ifade edilir. Bant genişliği kapasitesi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$C_B = \frac{3600 * B * N}{C * h}$$

$C_B$  = Bant genişliği kapasitesi (araç/saat)

$N$  = Doğru istikametteki şerit sayısı

$C$  = Sinyal periyodu

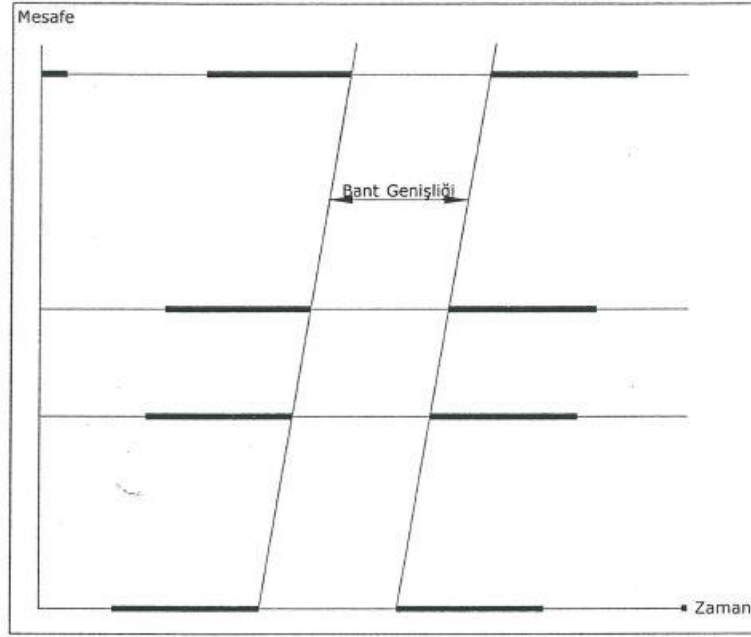
$h$  = Bir noktadan ard arda geçen seyir halindeki iki araç arasındaki zaman farkı

## **7.5.2. Sinyal Koordinasyonunda Karşılaşılan Sorunlar**

### **7.5.2.1. Araçların Arterdeki İlerleme Hızının Tahmin Edilenden Farklı Olması**

Şekil 7.2 'de dört kavşaktan oluşan tek yönlü bir arter için yer-zaman grafiği verilmiştir. Bu arterde kayma değerleri, arterdeki araç seyir hızının 50 km/saat olduğu düşünülerek hesaplanmıştır. Mevcut kayma değerleri ile bant genişliği yeşil ışık süresine eşit olmaktadır.

**Şekil 7.2. Dört kavşaktan oluşan tek yönlü bir arter için yer-zaman grafiği**

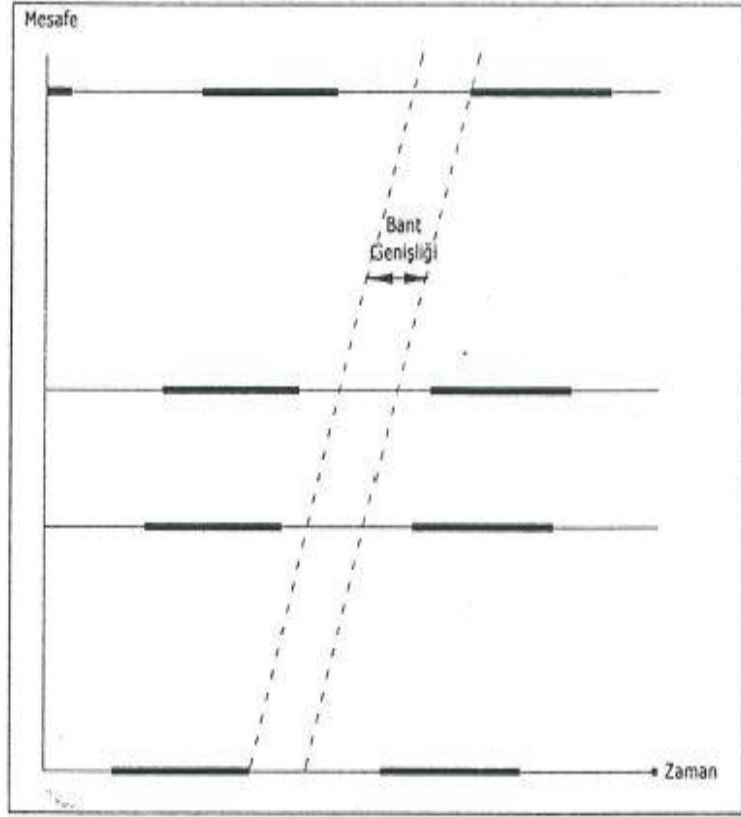


Öte yandan arterde ilerleyen araçların hızının 50 km/saat'ten farklı olması, bant genişliğini düşürecektir. Şekil 7.2'de arterde 40 km/saat hızla ilerleyen araçların ve zaman grafiğindeki konumu gösterilmiştir. Görüldüğü gibi gerçek seyir hızının tahmin edilen seyir hızından düşük olması, bant genişliğini ciddi derecede düşürmektedir ve dört kavşaktan da durmadan geçebilen araç sayısı önemli ölçüde azalmaktadır.

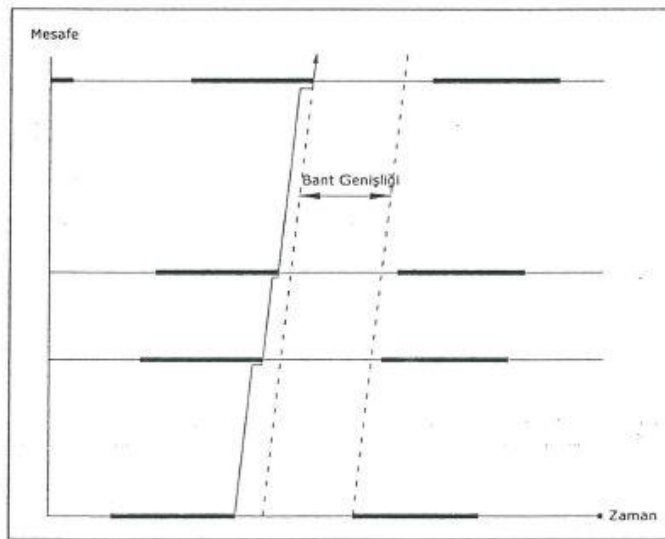
Şekil 7.3'te ise aynı arterde 60km/saat hızla ilerleyen araçların yer-zaman grafiğindeki konumu gösterilmiştir. Bu durumda yeşil ışığın başlamasıyla bir sonraki kavşağa doğru yol alan araçlar, bir sonraki kavşağa yeşil ışık başlamadan önce varmakta ve bir müddet beklemek zorunda kalmaktadır. Bant genişliği ve dolayısıyla dört kavşaktan da durmadan geçebilen araç sayısı azalmıştır; ancak bu azalma, araç seyir hızını düşük olduğundan daha da düşük tahmin etme durumdaki kadar ciddi bir azalma değildir.



Şekil 7.3. Dört kavşaktan oluşan tek yönlü bir arterde, araç seyir hızının tahmin edilenden düşük oluşunun etkisi



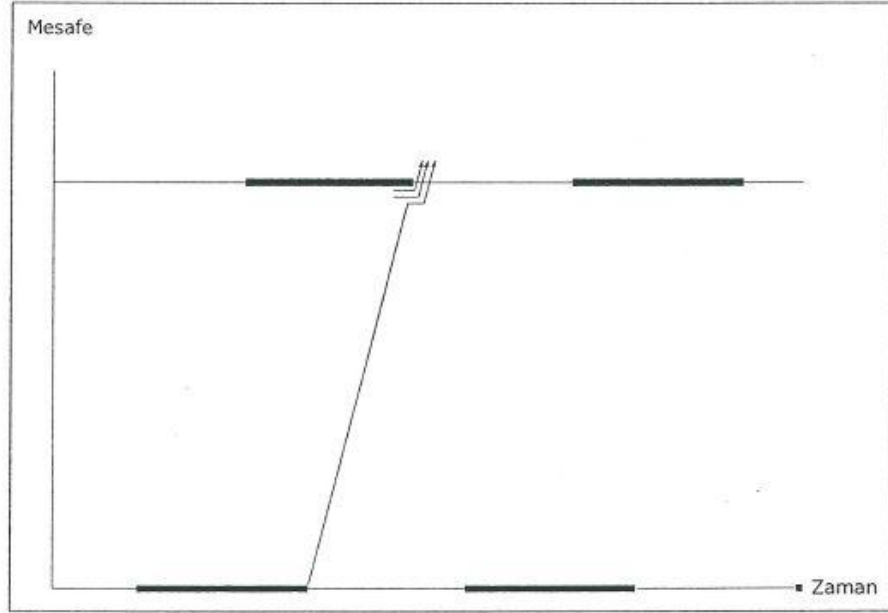
Şekil 7.4. Dört kavşaktan oluşan tek yönlü bir arterde, araç seyir hızının tahmin edilenden fazla oluşunun etkisi



### 7.5.3. Kuyrukta Bekleyen Araçların Sinyal Koordinasyonuna Etkisi

İdeal kayma değeri hesabında, bir kavşaktan geçip sonraki kavşağa doğru ilerleyen araç konvoyunun herhangi bir araç kuyruğu ile karşılaşmadığı varsayılır. Ancak çoğu zaman araç konvoyunu bir sonraki kavşağa ulaştığı zaman, bir araç kuyruğu ile karşılaşır. Bir sonraki kavşaktaki kuyruk iki kavşak arasındaki yan yollardan, park yerlerinden veya başka kavşaklardan gelip artere katılan araçlardan ve bir önceki konvoyda kırmızıya yakalanan araçlardan oluşur. Bu durumda bir önceki kavşaktan gelmekte olan araç konvoyu, kuyruk tamamen hareket edene kadar beklemek zorunda kalır.

Şekil 7.5. Kuyrukta bekleyen araçların sinyal koordinasyonuna etkisi



Araç konvoylarının bir sonraki kavşakta araç kuyruğuyla karşılaşmalarını önlemek için kayma değeri hesabında araç kuyrukları da göz önünde bulundurulmalıdır. İdeal kayma değeri, aşağıdaki gibi yeniden hesaplanmalıdır.

$$t_{ideal} = L/v - (K \cdot h + L_1)$$

Burada,

$t_{ideal}$  = Araç kuyruğu göz önünde bulundurularak yeniden hesaplanan ideal kayma değeri (saniye)

$L$  = İki kavşak arası mesafe (m)

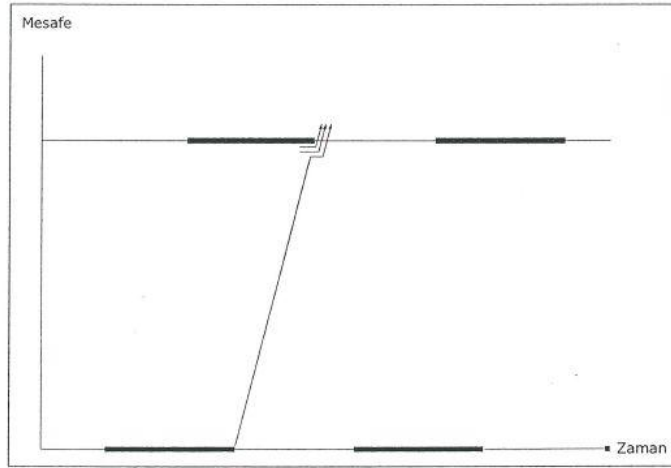
$V$  = Araçların arterdeki ilerleme hızı (mlsan.)

$K$  = Kuyrukta bekleyen şerit başına düşen araç sayısı

$h$  = Kuyrukta bekleyen araçların boşalması için taşıtlar arası zaman aralığı (tipik değer 2 saniye)

$L_1$  = Kalkış zaman kaybı (saniye)

**Şekil 7.6. Kuyrukta bekleyen araçların göz önünde bulundurulmasıyla, yeniden hesaplanan kayma değeri**



Söz konusu kavşaktaki kuyruk uzunluğu her devir için farklı olabilir. Bu durumda ortalama bir kuyruk uzunluğunun hesaplanması gerekmektedir. Ayrıca kayma değerlerindeki değişim de yan yollardan artere katılan araçların gelişinin zamana göre dağılımını değiştireceği için, kuyruk uzunluğunu doğru hesaplamak oldukça önemlidir.

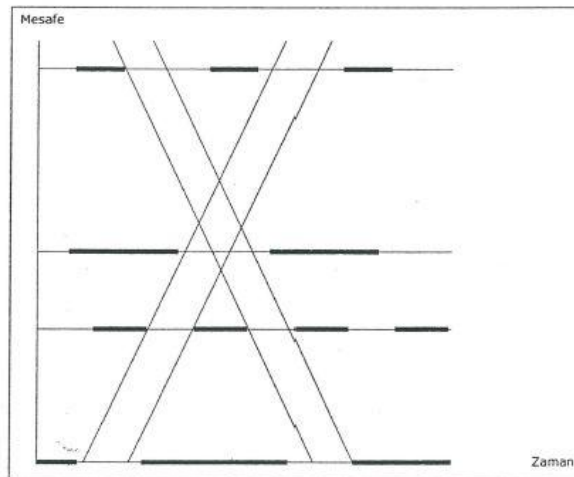
Ayrıca yeniden hesaplanan kayma değerinin bant genişliğini azalttığı, Şekil 7.5. 'te görülmektedir. Zira yeşil ışığın ilk anları, kuyrukta beklemekte olan araçların hareket etmesi için ayrılmıştır ve kalan yeşil ışıktaki da bir önceki kavşaktan gelen araç konvoyunun geçişi gerçekleşir.

#### 7.5.4. İki Yönlü Arterlerde Koordinasyon

Tek yönlü arterde sinyal koordinasyonunun sağlanması, nispeten kolay olmasına rağmen, çift yönlü arterde sinyal koordinasyonunun sağlanması oldukça güçtür. Çünkü her iki yöndeki bant genişlikleri birbirinden bağımsız olarak ayarlanamamaktadır. Bir yöndeki bant genişliği belirlendiğinde, diğer yöndeki de belirlenmiş olur. Bu nedenle her iki yönde de bant genişliğini olabildiğince yüksek değerde tutmak zordur.

İki yönlü bir arterde devir süresi, arter geometrisi ve araç konvoyu hızı göz önünde bulundurularak belirlenirse ve her üçünün de uygun bir kombinasyonu sağlanırsa, verimli bir koordinasyon sağlanabilir. Sinyalli kavşaklar arası mesafe özellikle koordinasyonun etkinliği üzerinde önemli rol oynar. Yeni sinyaller'in eklenmesi durumunda da devir süresi, geometri ve araç konvoyu hızı arasındaki kombinasyon göz önünde bulundurulmalıdır. Elle yapılan sinyal koordinasyonunda elde edilebilecek en büyük bant genişliği, yer-zaman grafiği üzerinde deneme-yanılma yöntemi uygulanarak bulunabilir. Şekil 7.7'deki yer-zaman grafiğinde deneme yanılma yöntemiyle iki yönde de elde edilmiş bant genişlikleri görülmektedir.

**Şekil 7.7. Yer-zaman grafiğinde bant genişliğinin deneme-yanılma yöntemiyle bulunması**



Sinyal koordinasyonunda farklı amaçlar baz alınabilir. Sinyal koordinasyonunun hedefi trafik gecikmesini, duruş sayısını veya yakıt tüketimini en düşük düzeye indirmek yahut belli bir rota boyunca en iyi ilerlemeyi sağlamak olabilir (Leonard II ve Rodegerdts, 1998). Örneğin bu projede kullanılan SYNCHRO bilgisayar programında sinyal koordinasyonu, performans indeksi olarak tanımlanan değeri en düşük düzeye indirmek suretiyle gerçekleştirilir. SYNCHRO kullanıcı kılavuzunda performans indeksi aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$PI = [(D * 1) + (St * 10)] / 3600$$

Burada,

PI = Performans indeksi

D = 1 saatte meydana gelen toplam gecikme (s)

St = 1 saatte araçların toplam duruş sayısı

Bazı özel geometrik durumlar için aşağıdaki koordinasyon sistemleri kullanılabilir

#### **7.5.5. Eş Zamanlı (Simultane) Sistem**

Birbirine çok yakın kavşakların veya yüksek hızla ilerleyen araç konvoylarının olduğu arterlerde eş zamanlı sistemler kullanılabilir. Şekil 7.8. 'de görüldüğü gibi arterdeki tüm kavşaklarda aynı anda yeşil ve kırmızı yandığı için eş zamanlı sistem olarak adlandırılmaktadırlar.

Eş zamanlı bir sistemin etkinliği, arterdeki kavşak sayısına bağlıdır ve aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$E = \left[ \frac{1}{2} - \frac{(N-1)*L}{v*C} \right]$$

Burada,

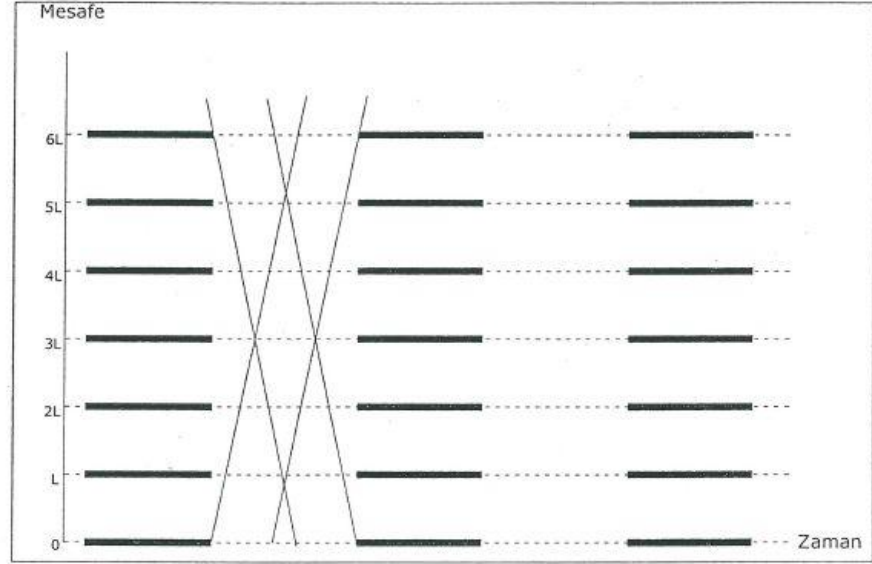
E = Eş zamanlı sistemin etkinliği (% olarak)

N = Sistemdeki kavşak sayısı

V = Araç konvoyunun arterde ilerleme hızı

L = İki kavşak arası mesafe

### Şekil 7.8. Eş Zamanlı (Simultane) Sistem



Eş zamanlı sistemler birbirine çok yakın kavşakların olduğu arterlerde ve yüksek trafik hacimlerinde iyi çalışırlar. Çünkü yüksek trafik hacmi olan bir arterde kuyruk oluşumu kaçınılmazdır ve tüm kavşaklarda aynı anda yeşil ışık yanması, bir önceki kavşaktan gelen araçlar gelene kadar bir sonraki kavşaktaki kuyruğun sona ermesini sağlar. Böylece kavşak tıkanmaları önlenmiş veya mümkün olduğunca azaltılmış olur.

#### 7.5.6. Değişen Sistem

Kavşaklar arası mesafenin eşit olduğu bir arterde tüm kavşaklar 50:50 sinyal fazı ile çalışıyorsa, devir uzunluğunu aşağıdaki formül ile tespit ederek değişen sistem oluşturmak mümkündür.

$$C/2 = L/v$$

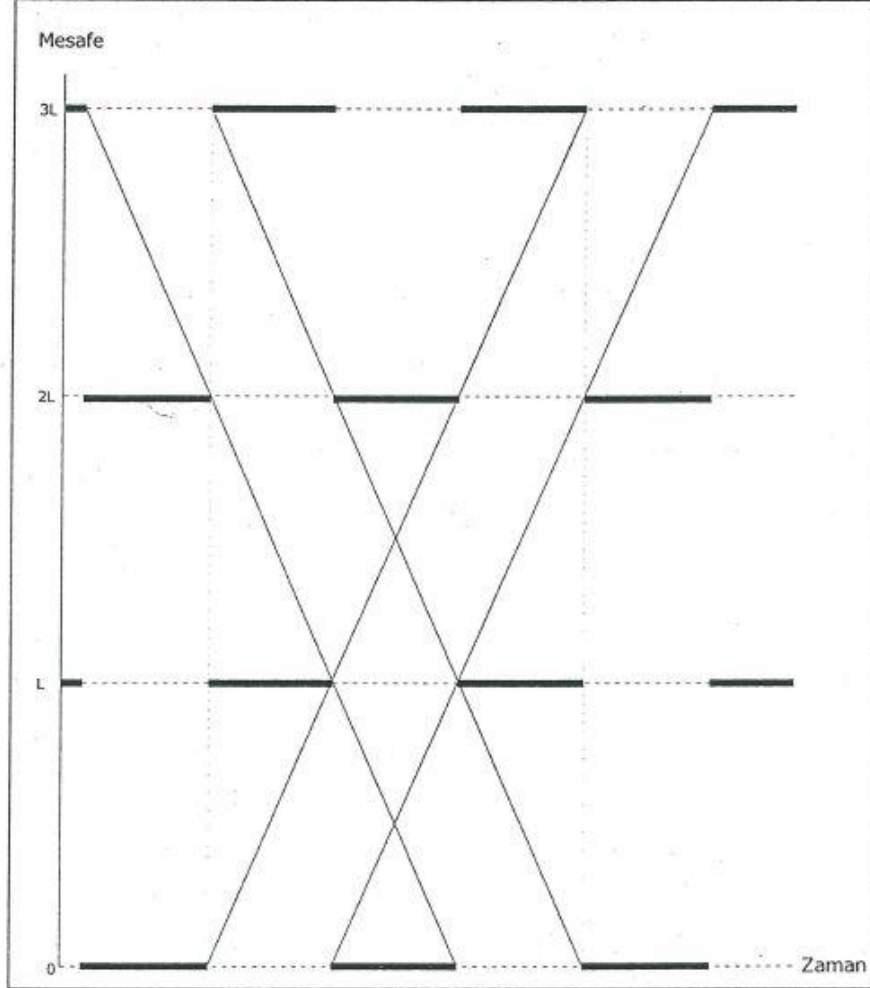
Burada,

C = Sinyal devir süresi(saniye)

$L$  = İki kavşak arası mesafe (m)

$v$  = Araçların arterdeki ilerleme hızı (m/san.)

**Şekil 7.9. Değişen Sistem**



Şekil 7.9'da da görüldüğü gibi değişen sistemde kayma değeri, kuyruklanma olmadığı varsayılırsa  $L/v$  olarak alınır. Böylece sistemdeki kavşak sayısı ne olursa olsun, bant genişliği yeşil ışık süresine eşit olmaktadır ve bant genişliği etkinliği %50'dir. %40 %55 arası bant genişliği etkinliği iyi olarak değerlendirildiği için, değişen sistem sinyal koordinasyonu açısından oldukça başarılı sonuç vermektedir. Değişen sistem için  $h$  (bir noktadan ard arda geçen seyir halindeki iki araç arasındaki zaman farkı) değeri 2.0 saniye alınır, bant genişliği kapasitesi aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$c = (3600 * B * N) / (C * h) = (3600 * 0.5C * L) / (2.0 * C) = 900L$$

Tablo 7.1'de 50 km/saat ve 80 km/saat araç seyir hızı için, değişen sistemde C=60 san. ve C=90 san. Değerlerine denk gelen ardıl kavşaklar arası mesafeler verilmiştir:

**Tablo 7.1. Değişik seyir hızı ve devir süreleri için değişen sisteme uygun düşen ardıl kavşaklar arası mesafe değerleri**

Devir Süresi (san.)	Araç Konvoyu Seyir Hızı (km/saat)	Ardıl Kavşaklar Arası Mesafe (m)
60	50	420
60	80	670
90	50	625
90	80	1000

Tablo 7.1' deki mesafeler ancak şehirin dış bölgelerinde bulunabilecek yüksek kalite bir artere karşıt gelir.

#### 7.5.7. Çift Değişen Sistem

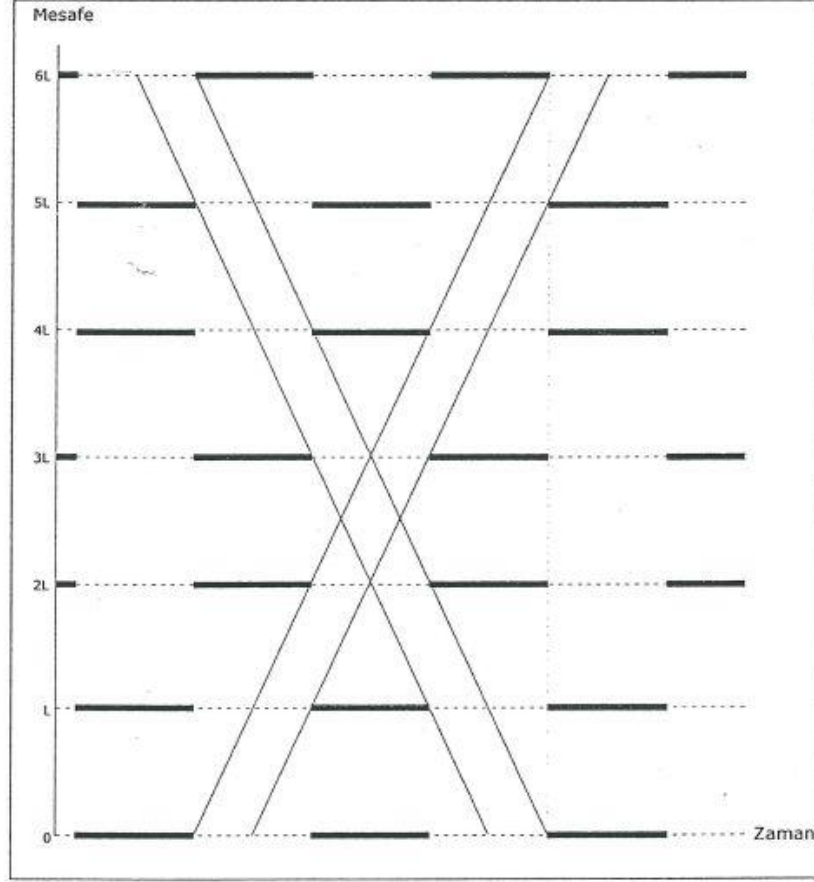
Bazı durumlarda sinyal fazı 50:50 şeklinde olmasına rağmen ardıl kavşaklar arası mesafe değişen sistem için uygun olmayabilir. Bu koşullarda  $C/4 = L/v$  olacak şekilde bir sinyal devir süresi seçmek mümkündür.

Çift değişen sistemde kayma değeri, kuyruklanma olmadığı varsayılırsa  $L/2v$  olarak alınır. Böylece sistemdeki kavşak sayısı ne olursa olsun, bant genişliği yeşil ışık süresinin yarısına eşit olmaktadır ve bant genişliği etkinliği %25'tir. Çift değişen sistem için  $h$  (bir noktadan ard arda geçen seyir halindeki iki araç arasındaki zaman farkı) değeri 2.0 saniye alınır, bant genişliği kapasitesi ise aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$c = (3600 * B * N) / (C * h) = (3600 * 0.25C * L) / (2.0 * C) = 450L$$



**Şekil 7.10. Çift Değişen Sistem**



Tablo 7.2'de 50 km/saat ve 80 km/saat araç seyir hızı için, çift değişen sistemde  $C=60$  san. ve  $C=90$  san. Değerlerine denk gelen ardıl kavşaklar arası mesafeler verilmiştir.

**Tablo 7.2. Değişik seyir hızı ve devir süreleri için çift değişen sisteme uygun düşen ardıl kavşaklar arası mesafe değerleri**

Devir Süresi (san.)	Araç Konvoyu Seyir Hızı(km/saat)	Ardıl Kavşaklar Arası mesafe(m)
60	50	210
60	80	335
90	50	313
90	80	500

Tablo 7.2.'deki mesafeler ancak şehrin dış bölgelerinde bulunabilecek yüksek kalite bir artere karşı gelir. Ancak kısa devir uzunlukları ile şehir içinde uygulanabilir.

## **7.6. ARTERLERDE SİNYAL KOORDİNASYONUNUN YAPILABİLMESİ İÇİN YÖNTEM**

Arterlerde trafik sinyal koordinasyonu yapılırken takip edilecek yöntem Şekil 7.11.'de verilen akım diagramında verilmiştir. Bu işler aşağıda açıklanmıştır.

- i. Seçilen arter(ler) ve/veya şebeke parçaları için envanter çalışması: Bu çalışmayla seçilen sistemin geometrik özellikleri (1/500 veya 1/1000 ölçekli haritalarda) ve diğer ilgili bilgiler elde edilecektir.
- ii. Arter ve kavşaklardaki bariz geometrik ve trafik işletmesi ile ilgili hatalar ve eksiklikler (örneğin küçük kurplu sağa dönüş, kavşak içine kadar serbest bırakılan yol kenarı otoparkı, yol kenarındaki küçük işletmelerden veya apartmanlardan ana caddeye ve caddeden dönüşler, erişim kontrol problemleri, vs.) arazide ve projeler üzerinde yapılan bir çalışmayla ve aşağıda yapılacak kapasite çalışmaları sonunda ortaya çıkartılacak düzeltmeler (örneğin kavşağın trafik kanallamasının değiştirilmesi, ilave sola dönüş şeritlerinin eklenmesi, kavşağa yakın yerlerde park etme yasaklarının konması, otobüs, minibus durak yerlerinin sağlanması, değiştirilmesi, erişim kontrolünün sağlanması gibi) yapılacaktır.
- iii. Trafik ve yaya hacim bilgileri: Trafik çalışmaları aşağıdaki işleri kapsar:
  - a. Arterdeki zirve saatlerin saptanması için en az 16 saatlik (örneğin, Sabah 6 ile gece 10 arasında) bir kontrol sayımı. Bu sayımla zirve saatlerin ne zaman başlayıp ne zaman bittiği, ne kadar sürdüğü ve 24 saatte kaç adet sinyal programı gerektiği ortaya çıkarılır.
  - b. Zirve ve zirve dışı saatlerde en az birer saatlik (15'er dakikalık sürelerle) kavşaklarda dönüş hareketlerini, taşıt cinslerini, durup kalkan otobüs

sayılarını, kuyruk uzunluklarını ve her yaya yolunu kullanan yaya ayrımlarını, koordinasyon programlarının kalibrasyonu için gerekli olan doyma akımı, kalkış gecikmeleri gibi konuları kapsar.

- c. Arterin bir ucundan diğer ucuna seyahat süresi etüdüleri ortalama seyahat hızları, hareket hızları ve gecikmelerin bulunması için yapılacaktır. Bu bilgiler hızların saptanmasında ve önce/sonra çalışmalarında kullanılacaktır.
- d. Kavşaklarda Gecikme Analizleri. Gecikme analizleri koordinasyondan önce ve sonra yapılarak seçilen bazı kavşaklarda gecikmelerin çok detaylı analizleri yapılacaktır. Gecikmeler ve durmalar her ne kadar sinyal ve simülasyon programları ile bulunuyorsa da bu çalışma ile hem program çıktılarının güvenilirliği saptanacak hem de gecikmelere neden olan çeşitli sebepler yerinde görülebilecektir.
- e. Sistemde olan kaza sayıları ve çarpışma diyagramları, mümkünse, son üç sene için toplanacaktır. Çarpışma şekilleri, kavşakta kullanılan fazlar ve kavşak konfigürasyonu hakkında yapılacak düzeltmeler hakkında bilgi verebilir. Örneğin 90 derece açılı kazaların çokluğu sinyalsiz kavşaklarda sinyal ihtiyacını sinyali kavşaklarda ise sinyallerin görünme problemlerini ve/veya yaklaşım hızlarının yüksekliğini gösterebilir.
- iv. Toplanan bilgiler değerlendirilerek ve profesyonel yazılımlar kullanılarak (örneğin SIGNAL2000, SYNCHRO, TRANSYT-7F gibi) önce her kavşak için sinyal zaman optimizasyonu yapılacaktır. SIGNAL 2000 programı kuzey Güney ve Doğu-Batı istikametleri için 8'er faz dizisi denemektedir. Böylece bu programla  $8 \times 8 = 64$  faz dizi kombinasyonu otomatik olarak denemektedir.
- v. SYNCHRO ve TRANSYT-7F programları da bu işlemi yerine getirmekle birlikte izole kavşaklar için bu kadar detaylı analiz yapma olanakları yoktur. Bu programlar daha ziyade koordinasyon işi için kullanılmalıdır. Ayrıca, gerekiyorsa, toplanan bilgiler kullanılarak, optimizasyon programlarının İstanbul

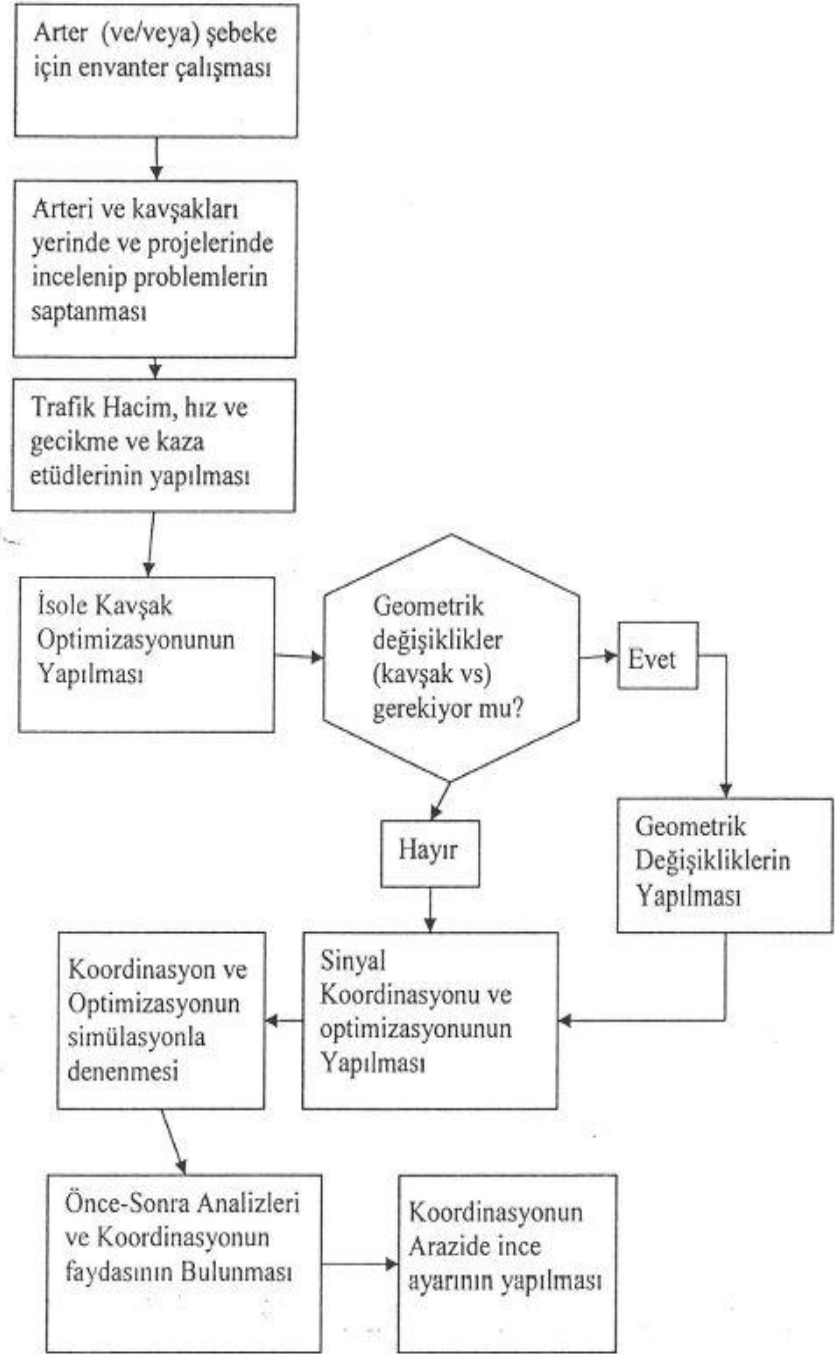
şartlarına kalibrasyonu yapılabilir. Örneğin SIGNAL2000 programında normalde kullanılan (default) doyma akımı 1900 otomobil/saat olarak kabul edilmektedir. Bu arazide yapılan çalışmalarla irdelenebilir ve değiştirilebilir.

Ayrıca SIGNAL 2000 program çıktıları, örneğin gecikmeler ve arazi çalışmaları irdelenebilir.

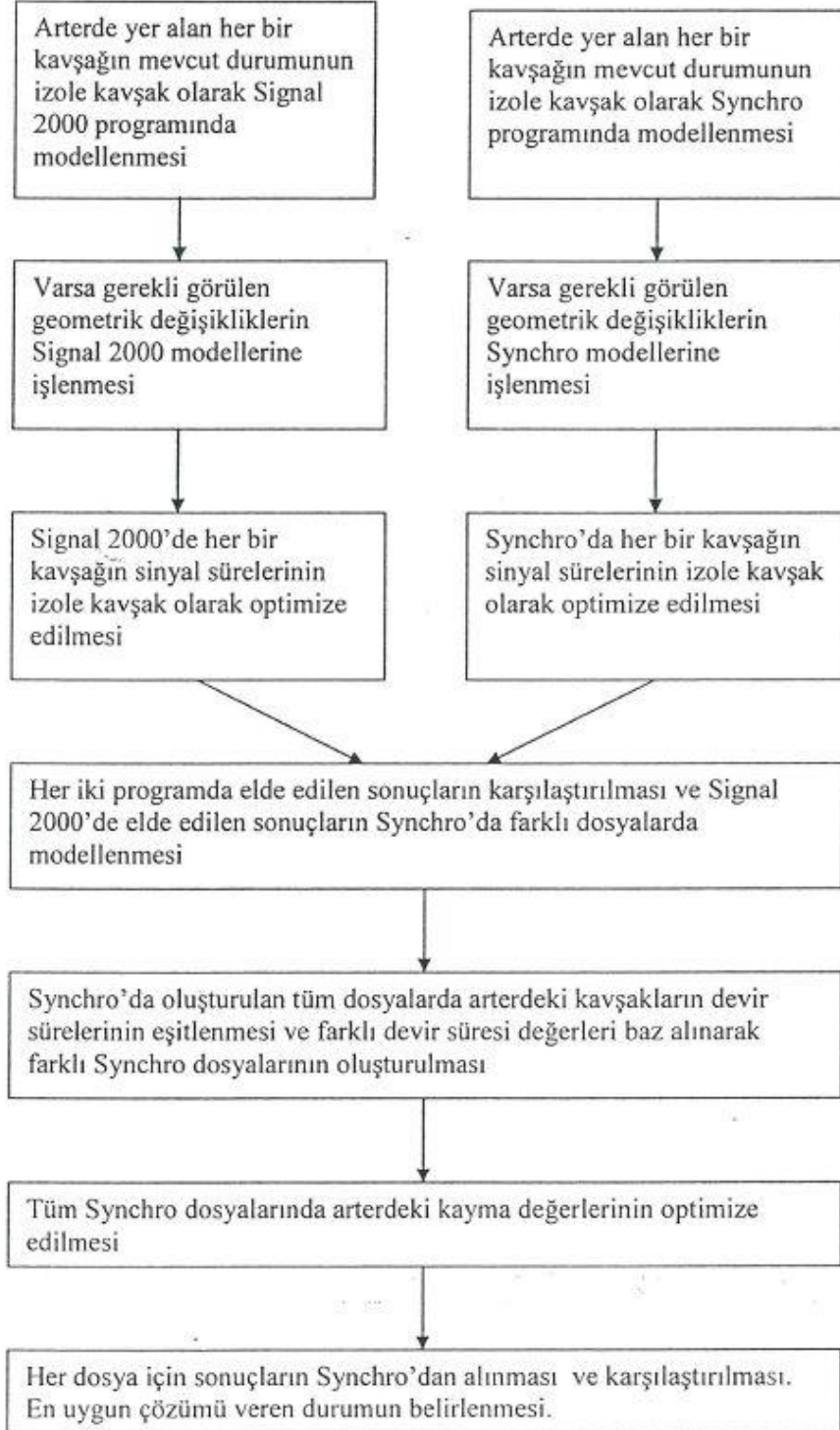
- vi. Madde 4'te yapılan optimizasyonlarda kavşaklardaki ilave sorunlar ortaya çıkartılabilir. Örneğin sola dönüşler genelde 200 araç/saat'ten fazlaysa bu dönüşler için bir sola dönüş şeridi gerekir. Dolayısıyla bu sağlanmamışsa bu düzeltmelere bu etapta karar verilebilir. Ayrıca ortaya çıkacak kapasitesi oranlarının halledilmesi için kavşaklarda ilave şerit ekleyerek veya şerit genişliklerini daraltıp şerit sayılarını çoğaltarak yeni düzenlemeler yapılabilir. Sola dönüşler şerit genişlikleri için 2.5 m kadar şerit genişliği düşünülebilir.
- vii. Daha sonra sinyal koordinasyon yazılımları (örneğin SYNCHRO, TRANSYT7F,veya PASSER II gibi) kullanılarak koordinasyon için periyotlar, sinyal ofsetleri, vs. hesaplanıp arter veya şebekede optimizasyon ve koordinasyon sağlanacaktır. Bu zamanlar ayrıca simulasyon programları (örneğin üç boyutlu simülasyon yapan VISSIM, veya iki boyutlu simülasyon yapan SimTraffic, CORSIM, TSIS gibi) kullanılarak denenecektir.
- viii. Yeni zamanlar ve kayma zamanları (ofset' ler) arazide kavşaklara uygulanıp, kritik zamanlarda denenecek ve gerekiyorsa son ayarlamalar yapılacaktır. Bunu takiben seyahat süresi ve gecikme çalışmaları yapılacak ve önce-sonra çalışmaları tamamlanacaktır.
- ix. Sinyal koordinasyon işinin her üç-beş sene içinde veya gerekiyorsa daha sık tekrarlanması gerekir. İlk koordinasyon kavşak ve arterler için kullanılan program için dosyaların hazırlanmasını gerektir ve bu nedenle uzun sürebilirse de bu dosyalar bir kere hazırlandıktan sonra yeni koordinasyon çalışmaları sadece kavşak sayımları yenilenerek çok kısa bir sürede bitirilebilir.

Sinyal optimizasyon programları (SIGNAL2000 ve SYNCHRO) ile hazırlanacak arter optimizasyonu için kullanılacak yöntem Şekil 7.10.'da verilmiştir. İzole kavşak analizleri hem SIGNAL 2000 hem de SYNCHRO ile yapılabilmektedir. SIGNAL 2000 programı izole kavşak optimizasyonunu çok daha detaylı yapabilmekte ve her yön için 8 faz dizisi olmak üzere kavşak için  $8*8 = 64$  faz dizisi deneyebilmektedir. SYNCHRO ise bu optimizasyonu yapmamakta ve faz dizilerini veri olarak kullanmaktadır. Basit kavşaklarda bu sorun olmayabilir ve faz dizilerini tayin etmekte zorluk çekilmeyebilir. Bu takdirde SIGNAL2000 programı kullanmadan SYNCHRO ile bütün optimizasyon işlerini yapmak mümkün olacaktır. Bu optimizasyon işleri ise periyot uzunluğu optimizasyonu, kavşak zamanlamaları optimizasyonu ve kayma zamanları (offset) optimizasyonundan ibarettir.

Şekil 7.11 Arter Optimizasyonu Ve Koordinasyonu İçin Yöntem



**Şekil 7.12. Sinyal Koordinasyonunun Bilgisayar Programlarıyla (Signal 2000 ve Synchro) Sağlanmasında Uygulanan Yöntem**



## 8. ÖRNEK ARTER ÜZERİNDE SİNYAL OPTİMİZASYONU (FENERTEPE KAYAŞEHİR TOKİ KAVŞAĞI)

### 8.1. KAVŞAK HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Eski Edirne Asfaltı ile Kayabaşı Yolu kesişiminde bulunan kavşakta 3 adet akım bulunmaktadır. Akımların ikisi, Eski Edirne Asfaltının gidiş dönüşü şeklinde gerçekleşmekte, bir akım ise Kayaşehir Toki konutlarına gitmektedir.

Burada;

- 1.Akım:Arnavutköy kolu
- 2.Akım:Habibler kolu
- 3.Akım Kayaşehir Toki kolu

şeklindedir.

#### Şekil 8.1: Kayaşehir Toki Kavşağı





Fenertepe Kayaşehir kavşağı; TOKİ'nin Başakşehir ilçesi, Kayaşehir konutları kapsamında yapılan 21 Bölgeden oluşmakta ve bu alan 60.000 konut inşaatı olarak planlanmış olup ilk etapta 20.000 adedi sahiplerine teslim edilmiştir. Ortalama 250.000 nüfusu barındıracağı tahmin edilen konutların Sultançiftliği, Arnavutköy vb. bağlantılarının gerçekleşmesini sağlayan 2012 yılında yapımı tamamlanmış olan Kayaşehir Toki kavşağı, aynı zamanda TEM ile şehrin kuzeyini birbirine bağlanmasını da sağlamıştır. Başakşehir ilçesinin de Arnavutköy, Eyüp, GaziOsmanPaşa ilçeleri ile etkileşimini arttırmıştır. Kavşak bir yıl içerisinde araç ve yaya trafiğinin hızla arttığı bir kavşak haline gelmiştir. Bu nedenle günümüz şartlarına uyarlanması kaçınılmaz olmuştur. Yapılan arazi incelemesinde; Kayaşehir istikametinden gelen araçların Eski Edirne asfaltına bağlandığı noktada trafik ışıklarının süresinin optimize edilmemiş olması nedeniyle Kayaşehir istikametinden pik saatlerde zaman zaman yaklaşık 1 - 1,5 km lik bir kuyruk olmasına sebep olmakta, buna rağmen Eski Edirne asfaltında bulunan akımlarda hiç araç kuyruğu gözlenmemiştir. Bir akımda ciddi bir araç kuyruğu varken diğer akımlarda araç kuyruğu bulunmaması hatta yolun boş kalması kavşağın etkili kullanılmadığını ve trafik ışık sürelerinin iyi ayarlanmadığını göstermektedir.

(<http://www.toki.gov.tr/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFFAAF6AA849816B2EF09B7BF3A53757A00>)

## **8.2. KAVŞAĞIN ARAZİ İNCELEMESİ**

Şekil 8.2. ve Şekil 8.3. de Kavşağın Kayaşehir kolunun 22.11.2012 tarih ve 07:22 saatlerindeki ön ve arka tarafından kuyruk durumu resmedilmiştir.

**Şekil 8.2: Kayaşehir Toki Kavşağı Kolu Kuyruk Durumu**



**Şekil 8.3: Kayaşehir Toki Kavşağı Kayaşehir Kolu Kuyruk Durumu**



Aynı saatlerde 1. Ve 2. Akımın trafik yoğunluğunu Şekil 8.4. den görebilir ve Eski Edirne Asfaltındaki araç yoğunluğunun çok düşük olmasına rağmen Kayaşehir kolundaki 1,5 km. lik kuyruk ile sinyal sürelerinin ne denli dengesiz çalıştığını gözlemleyebiliriz.

#### **Şekil 8.4. Kayaşehir Toki Kavşağı'nın Eski Edirne Asfaltı Trafik Yoğunluğu**

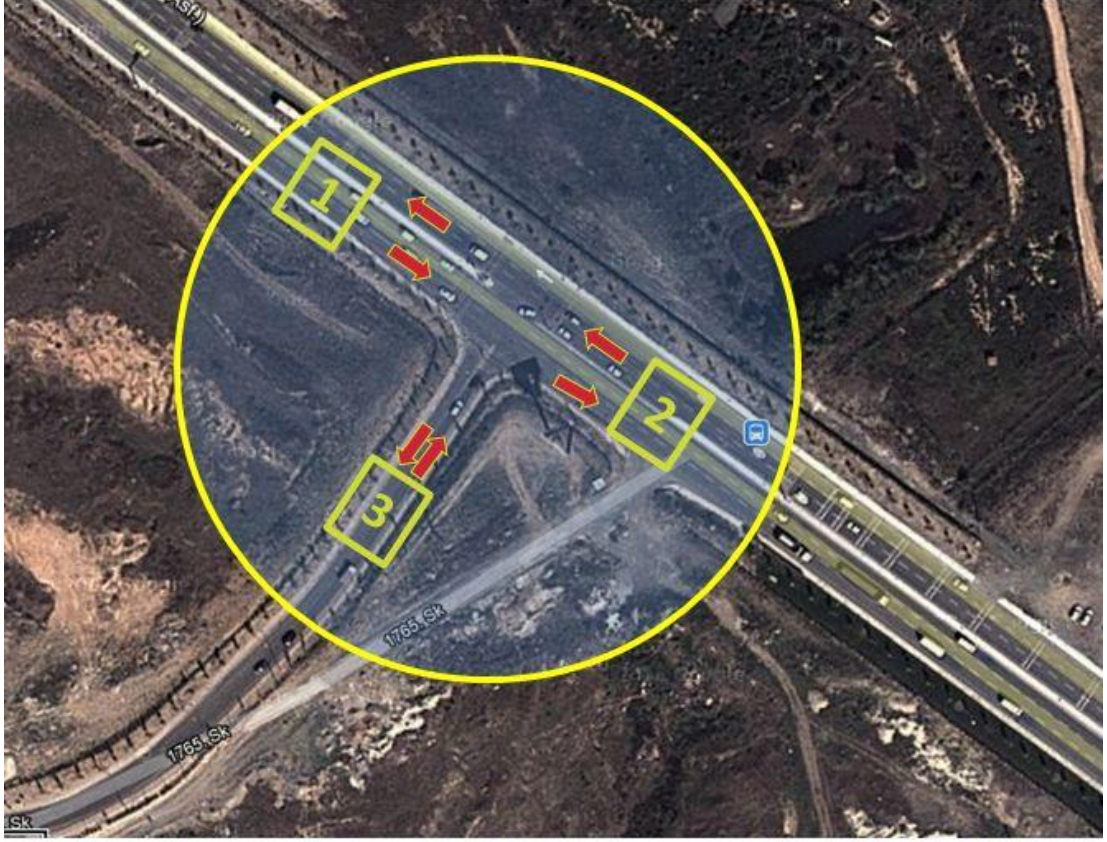


Şelil 8.5. de görülen Fenertepe Toki Kavşağı'nın arazide yapılan video çekimleri neticesinde görüntülerin ofis ortamında incelenerek çözümlenmesi ile elde edilen sonuçlar Tablo 8.1. de gösterilmiştir.

### **8.3. F.T. KAVŞAĞINDA MEVCUT DURUM**

F.T. kavşağı akımları numaralandırılmış ve arazide araç hareketlerini ve sayısını tespit etmek amacıyla video çekimleri yapılmıştır. Şekil 8.5. da oluşturulan akım numaraları görünmektedir.

Şekil 8.5. Fenertepe Toki Kavşağı akım yönlerini gösterir harita.



F.T. Kavşağında yapılan video çekimleri neticesinde hazırlanan trafik çözümlenmeleri tablosu Tablo 8.1. deki gibidir.

**Tablo 8.1. Fenertepe Toki Kavşağı Trafik Yoğunluğu Sayımları**

<b>AKIM HAREKETLERİ</b>			
	<b>SABAH</b>	<b>ÖĞLEN</b>	<b>AKŞAM</b>
<b>1-2</b>	<b>3124</b>	<b>1457</b>	<b>2345</b>
<b>1-3</b>	<b>147</b>	<b>48</b>	<b>124</b>
<b>1-4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>2-1</b>	<b>1865</b>	<b>1243</b>	<b>3286</b>
<b>2-3</b>	<b>512</b>	<b>164</b>	<b>728</b>
<b>2-4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>3-1</b>	<b>489</b>	<b>241</b>	<b>367</b>
<b>3-2</b>	<b>1114</b>	<b>398</b>	<b>1385</b>
<b>3-4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>U-1</b>	<b>14</b>	<b>6</b>	<b>23</b>
<b>U-2</b>	<b>124</b>	<b>36</b>	<b>89</b>
<b>U-3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>U-4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

#### **8.4. F.T. KAVŞAĞINDA TEKNİK İNCELEME VE GÖZLEMLER**

Kavşağın teknik inceleme neticesinde;

- i. Sabah saatlerinde Kayaşehir'den (3.akımdan) kavşağa doğru bir yoğunluk oluşmaktadır.
- ii. Sabah saatlerinde 1. ve 2. akımlar hemen hemen aynı oranda bir yoğunluk gözlenmiştir.
- iii. Sabah saatlerinde 1. ve 2. akımdan 3. akıma ciddi bir trafik yoğunluğu gözlenmemiştir.
- iv. Öğlen saatlerinde her üç akımda da kamyon trafiğinin çok fazla olduğu görülmüştür.
- v. Öğle saatlerinde her üç akımda da ciddi bir trafik yoğunluğu bulunmamaktadır.

- vi. Akşam saatlerinde sabah saatlerinde olduğu gibi 3.akımdan 2. Akıma doğru ciddi bir trafik oluşmakta aynı şekilde 2. Akım başta olmak üzere 1.akımdanda 3.akıma bir yoğunluk yansımaktadır.
- vii. Sabah ve akşam 3. Akımda oluşan araç kuyruğu normal günlerde 1 km. civarında olmakla beraber çevre halkı ile yapılan görüşmelerde özellikle akşamları Cuma günleri ve özel günlerde (Olimpiyat stadında futbol maçı olduğu vb. günlerde) kuyruk 2 -3 km. ye kadar ulaşmaktadır.
- viii. Trafik yoğunluğunun zirve saatleri sabah 06:50-08:00 akşam 18:00-19:00 olduğu gözlenmiştir.
- ix. Trafik yoğunluğunun bu bölgede çok sık değişkenlik gösterdiği sonucuna varılmıştır.
- x. Tayakadın'da Hafriyat Döküm Sahası bulunduğu Fenertepe Toki kavşağında kamyonların etkisinin ciddi miktarda olduğu gözlenmiştir.
- xi. Altınşehir'de bulunan Olimpiyat stadının özellikle maç günlerinde, çevresindeki yol ve kavşakların tamamında olduğu gibi Kayaşehir Toki kavşağını da olumsuz etkilediği bilinmektedir.
- xii. Kavşak, akımlar ve çevresinde hiç parklanma gözlenmemiştir.
- xiii. 3 nolu akımın fazla sıkışması nedeni ile 3 nolu akımdan 1 ve 2 nolu akımlara ters şeride girmek suretiyle kaçak geçişler yapılmaktadır.
- xiv. Sabah ve akşam zirve saatlerinde orta düzeyde yaya trafiği gözlenmiştir.
- xv. Yaya trafiğinde ve yayaların kavşağı kullanmasında her hangi bir aksaklık gözlenmemiştir.

**Şekil 8.6: Toki Kavşağı Sinyal Optimizasyonu öncesi kavşak hizmet seviyesi**



Kayabaşı Toki kavşağı arazide teknik olarak incelendikten ve gerekli veriler toplandıktan sonra arazide elde edilen veriler ofis ortamında değerlendirmeye tabi tutulmuş sayısal verilere dönüştürülmüş ve sayısal veriler ile beraber kavşağın projesi Syncro7 programında simule edilmiştir.

Programa gerekli dataların girilmesi neticesinde program, kavşağın seviyesini şekil 8.6. de görüldüğü gibi E olarak tanımlamıştır.

### **8.5. F.T. KAVŞAĞI ÇÖZÜM ÇALIŞMALARI**

Kayaşehir Toki Kavşağı, arazide elde edilmiş araç sayımları, araçların hareket yönleri, kavşağı kullanan vatandaşlar ile yapılan söyleşiler, bölgenin coğrafi durumu, kavşağı diğer kavşaklarla etkileşimi, bölgede bulunan yapılar ve etkileri, insanların davranış şekilleri, yaya eğilimleri, verilerinin Syncro7 programında simule edildikten sonra programda sinyal sürelerinin en ideal olacak şekilde optimize edilmesi sonrası kavşak

seviyesinin Şekil 8.10. da görüldüğü gibi C olabileceği gözlenmiştir. 3 nolu akıma ve 2 nolu akımdan 3 nolu akıma dönüş için dedektör yerleştirilmesi durumundada kavşak seviyesinin C olarak çalışacağı gözlemlendiğinden kavşakta dedektör kullanılmasının daha doğru bir karar olacağı anlaşılmıştır.

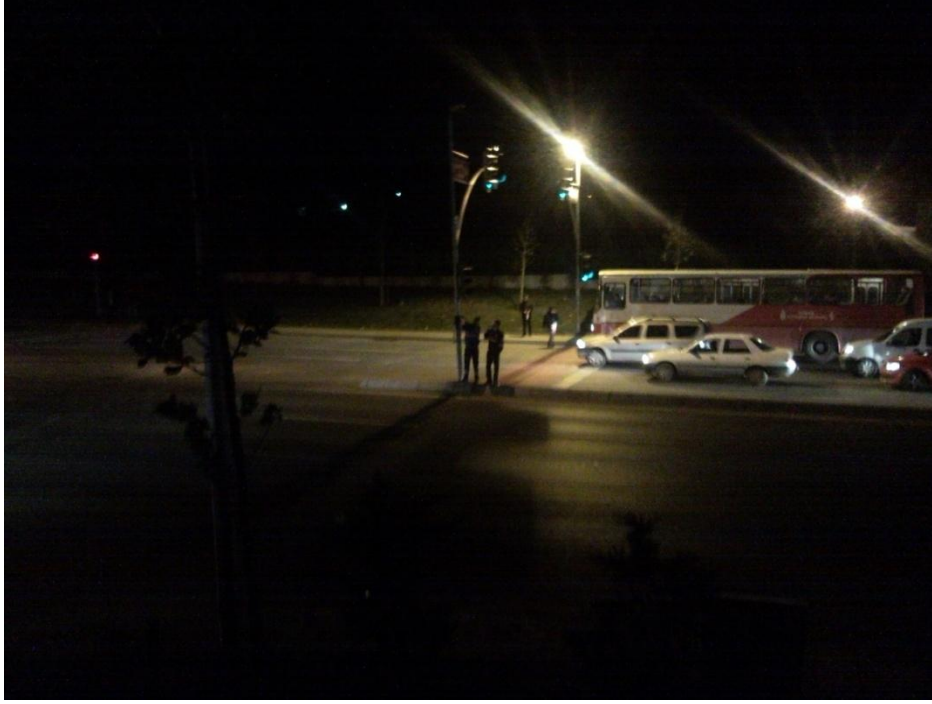
### Şekil 8.7: Toki Kavşağı Üstyapı Sinyal Projesi



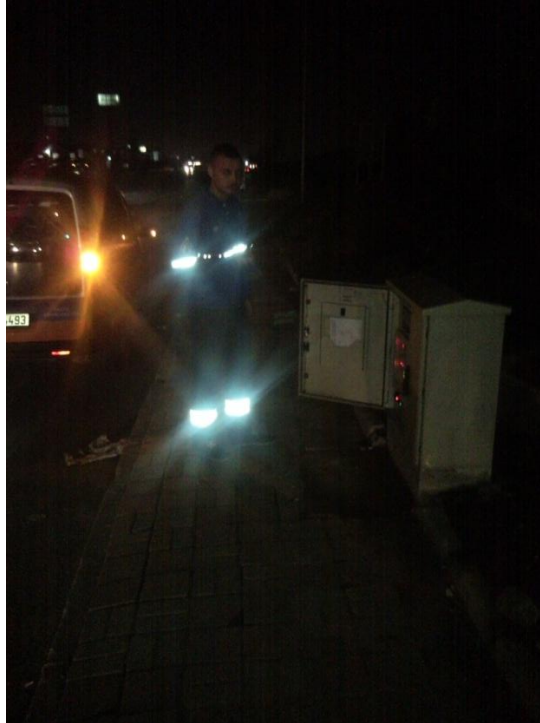
Şekil 8.8. ve Şekil 8.9. dan görüldüğü üzere sinyal optimizasyonu neticesinde oluşturulan Şekil 8.7. deki proje arazide uygulanmış ve kavşak yeni hali ile çalışmaya başlamıştır.



**Şekil 8.8: Toki Kavşağı Üstyapı Sinyal Projesi'nin arazide uygulama anı**



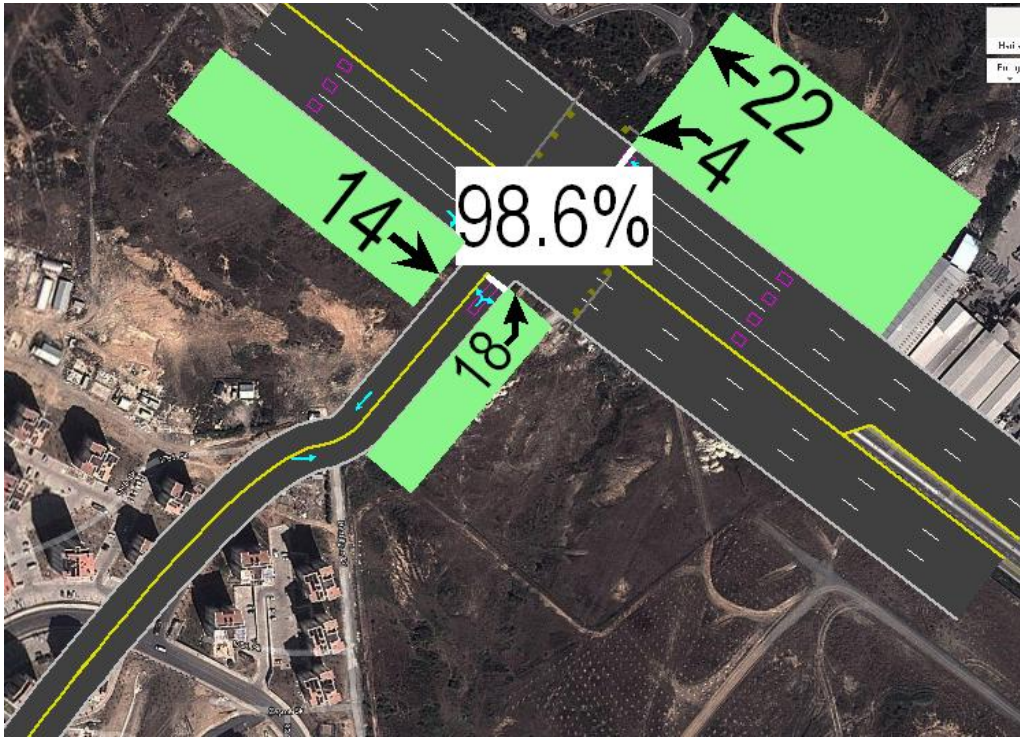
**Şekil 8.9: Toki Kavşağı Sinyal Projesi'nin arazide uygulama 1.akım**



Şekil 8.10: Toki Kavşağı Sinyal Optimizasyonu sonrası kavşak hizmet seviyesi



Şekil 8.11. Toki Kavşağı sinyal optimizasyonu sonrası kapasite kullanım oranı



Şekil 8.11. de görülen kavşak kullanım kapasitesi yapılan çalışmanın neticesinde elde edilmiştir. Kavşak kullanım kapasitesi çalışma öncesi ve sonrası 98,6 olarak gözlenmiştir.

### **8.6.F.T. KAVŞAĞINDA YAPILAN ÇALIŞMANIN ÇEVREYE ETKİSİ**

Sorun teşkil eden 3.akımın seyahat süresi ise 5,15 dakikadan 1.25 dakikaya (% 75) düşmüştür.

Fenertepe Toki Kavşağında arazide incelenen ve tespiti yapılan argümanlar simüle edildiğinde Syncro 7 programının otomatik raporları alındığında 13 dakikalık bir simüle süresi boyunca aşağıdaki verilere erişilmiştir.

<b>Kullanılan Yakıt Miktarı</b>	:17,6 litreden 16,8 litreye
<b>HC Emisyonu</b>	:52 gram olarak aynı kalmıştır.
<b>CO Emisyonu</b>	:1915 gramdan 1886 grama
<b>NOx Emisyonu</b>	:197 gramdan 179 grama düşmüştür.
<b>Kavşağı kullanan araç sayısı</b>	:3426 dan 3600'e çıkmıştır.

Yukarıdaki veriler günlük verilere dönüştürüldüğünde,

HC emisyonu aynı kalmakta

Araç sayısı 158120 den 166150 e kadar artmasına rağmen, kavşakta salınan CO emisyonu 88,380 kg, dan 87,040 kg ye (1,34 kg lik % 1,5 lik bir düşüş), NOx emisyonu 9,090 kg dan 8,260 kg ye (0,83 kg lik % 9,2 lik bir düşüş) 813,23 litreden 776 litreye (~% 4,6 tasarruf) sağlanmıştır. Sadece yakıt tasarrufu yıllık 54 bin 355 TL olarak hesaplanmaktadır. Buda Sinyal optimizasyonu yani ışık sürelerinin değiştirilmesi ile elde edilen maddi tasarruftur.

Bu durumda, ilk durumda bir saatde kavşağı kullanan araç sayısı 15812, günlük kullanım miktarı ise 158 bin (pik saatdeki araç sayısı x 10) olarak alınabilir.

Kavşakda sinyal optimizasyonu yapıldıktan sonra kavşağı kullanan araç sayısı bir saatde 16615 e (günlük 166150) çıkmıştır. Buda kavşağın daha verimli kullanıldığını göstermektedir.

Araç sayısındaki artışa rağmen çevreye salınan zararlı gazlarda düşüş meydana gelmiştir. Bunun sebebi ise araçların daha az dur kalk yapmaları ve araçların kavşağı kullanım (seyahat) süresinin daha kısa olmasından kaynaklanmaktadır.

## 9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez araştırması ile; Trafik Kavramı, Trafiğin tarihçesi, sinyalizasyon sistemleri, trafikde karşılaşılan sorunlar, trafiği etkileyen faktörler, sinyal koordinasyon sistemleri, sinyalizasyon sisteminin ve sinyal sürelerinin trafiğe olumlu etkileri, sinyal sürelerinin optimizasyonu, sinyal sürelerinin değişmesinin çevreye etkisi, ulaşım kaynaklı çevre kirliliği ve bu tez kapsamında yapılan araştırma neticesinde elde edilen bilgilerin örnek bir kavşak üzerinde uygulanması sağlanmış, yapılan çalışmanın sonuçları birebir gözlenmiştir.

Örnek olarak seçilen Kayaşehir Toki kavşağında sırasıyla, sabah pik saatlerde, akşam pik saatlerde, öğlen saatlerinde video çekimi ve gözlemler yapılmış, yağışlı havalarda video çekimi, anlık aksaklıklar için görsel çekimler yapılmış, kavşağı kullanan araçların davranışları belirlenmiş ve elde edilen argümanlar ofis ortamında çözümlenerek sayısal hale getirilmiştir.

Elde edilen araç sayım sonuçları Syncro7 programı ile yazılım ortamına işlenmiş ve simülasyon oluşturulmuştur. Simülasyon programı vasıtası ile kavşağın mevcut durumu ve alternatif çözüm simülasyonları hazırlanmıştır.

Örnek olarak incelediğimiz Kayaşehir Toki Kavşağı, konum itibari ile Tayakadın döküm sahası güzergahında bulunmaktadır. Bu nedenle ağır vasıta taşıtların yoğun kullandığı bir kavşaktır. Kavşakta seyahat süresinin uzun olması daha fazla çevre kirliliğine neden olacaktır.

Kayaşehir Toki kavşağının, günün ve yılın farklı zamanlarına göre davranışının değişiklik gösterdiği, mevsimler, hafta sonları, özel günler (Yaz aylarında piknik amaçlı seyahat, Futbol maçı olduğu günlerde sportif amaçlı seyahat, Ağır vasıta yasak saatlerinde, Karadeniz'e bağlantısından dolayı yaz aylarında denize ulaşım) gibi değişik etkenler nedeni ile sinyal sürelerinin planlanmasında çok sayıda senaryo

kurulması gerektiği anlaşılmıştır. Mevcut lokal sinyalizasyon sistemlerinde böyle bir planlamanın mümkün olamayacağı görüldüğünden, Trafik Sinyal Sistemi için nihai çözüm Kayaşehir kolunun bulunduğu 3.akıma ve 3.akıma dönüş gerçekleştiren 2. akımdaki cebe dedektör döşenmesi kanaatine varılmıştır. Bu dedektörler sayesinde 3.akımdaki araç durumuna göre kavşağın akımlarının sinyal süreleri otomatik olarak programlanması sağlanmıştır. Bu tez konusu kapsamında yapılan çalışmanın kavşakta gözle görülür bir iyileşme sağlanmış, kavşağın hizmet seviyesi F den C ye yükselmiştir.

Fenertepe Toki Kavşağında seyahat süresi ve gecikme tespit çalışması yapılmış, bir test aracı kullanılarak belirlenen bir rota boyunca (Kayaşehir 13.Etap – Fener Tepe Toki Kavşağı arası) süre gelen trafik akış kalitesini değerlendirmek ve hangi tür trafik gecikmelerinin, nerelerde ve ne derecede meydana geldiğini saptamak maksatlı yapılan incelemede kuyruk başlangıcından kavşağa seyahat süresi, pik saatlerde yaklaşık 5 dakika 15 sn./1,2 km. den, trafik ışığı süre optimizasyonu yapıldıktan sonra aynı mesafe için 1 dakika 25 sn./1,2 km. ye gerilemiştir.

Yapılan çalışma sonucunda kavşağın mevcut durumu şu anda yeterli görülsede, bu kavşağa bağlanan Kayaşehir nüfusunun hızlı artışı ve Başakşehir ilçesi'nden kuzeye ulaşmak isteyen araçların bu yolu tercih etmesi neticesinde bu kavşağın yakın gelecekte talebi karşılayamayacağını göstermektedir. Kısa vadede bu kavşakta bir geometrik düzenleme gerekeceği, uzun vadede ise sinyallerin kaldırılarak alt geçit ile yol genişletme çalışmaları yapılmasının, kaçınılmaz hale geleceği ön görülmektedir.

Örneğin 3. akımın sağa dönüş cebinin olmaması sebebiyle 3.akımdan 1. akıma dönmek için bekleyen araçlar, 3. akımdan 2. akıma dönecek araçlarında beklemesine neden olmaktadır. İlk etapda 3. akımdan, 2. akıma doğru 1 şeritlik hızlanma şeridi yapılması ve hızlanma şeridini kullanacak araçlar için 100 metrelik bir cep yapılması gerekecektir.

Bu tez kapsamında yapılan araştırma ile, Fenertepe Toki Kavşağında gerçekleştirilen optimizasyon uygulaması ve Syncro7 programından elde edilen raporların analizi neticesinde, kavşakta yılda 54 bin 355 TL yakıt tasarrufu yapılabilecektir. Ayrıca CO emisyonunda 489,1 kg, NOx emisyonunda 302,95 kg azalmalar gerçekleşecektir. Doğal olarak, optimizasyon, durmaları da azalttığından, kavşak da meydana gelebilecek kazaların azalması da sağlayacaktır. Kavşağın 3. Akımının seyahat süresini % 75 oranında azaltarak zaman tasarrufu sağlayacaktır. Zaman tasarrufu ile insanlar üzerinde olumlu psikolojik etki ve acil durumlarda ambulans, itfaiye vb. araçların hedeflerine daha kısa sürede erişmesi sağlanacaktır.

Araçlarda meydana gelebilecek mekanik yıpranma miktarında azalma olacaktır.

Örnek kavşakta yapılan çalışma ile, sinyal optimizasyonunun; çevreye, sosyal hayata, bütçeye ne derece etkili olduğu gösterilmiştir. İstanbul Büyükşehir Belediyesinin bakım onarımından sorumlu olduğu şehir içindeki toplam sinyalizasyon edilmiş kavşak sayısının 1641 olduğunu düşündüğümüzde benzer bir çalışmanın İstanbul genelinde yapılması hatta hatta Türkiye genelinde yapılmasının sinyal optimizasyonunun, ülkemize, çevreye ve soluduğumuz havaya ne denli faydalı olacağını ortaya koymaktadır.

Zaman zaman, araçların bir arterde ilerlerken her kavşakta kırmızı ışığa denk gelmesi, kavşaklar arasında koordinasyonun olmadığını gösterir. Bu gibi durumlarda tıkanan bir kavşak, aynı arterde hatta bölgede bir çok kavşağı olumsuz etkileyebilmektedir. Kavşaklarda bulunan sinyalizasyon sistemlerinin lokal olması bu sonucu doğurmaktadır. Sinyal optimizasyonu ve koordinasyonu yapılırken öncelikle çalışma yapılacak bölgede birbirleri ile etkileşim içinde olan kavşaklar gruplandırılmalı oluşturulan gruplar bütün olarak düşünülmeli kavşaklar arasında koordinasyon sağlanacak şekilde bir optimizasyon çalışması yapılmalıdır.

## KAYNAKÇA

### Kitaplar

Ergün, G., 2006:*Arterlerde sinyal koordinasyonu ve optimizasyonu* İBB-İSBAK

Ergün, G., 2005:*Hem-zemin kavşak tasarımı* İBB-İSBAK

Ergün, G., 2005:*Kavşak kontrolüne giriş* İBB-İSBAK

Ergün, G., 2005:*Sinyalize kavşakların kapasite analizleri* İBB-İSBAK

U.S.Department of Transportation.,:*Traffic Control Systems Handbook*

Kayserilioğlu, R.S., 2011. *Osmanlı'da Ulaşımın Serüveni. 1.* İstanbul:İETT Tarihi  
Dizileri:4, Görsel Dizayn.

Kayserilioğlu, R.S., 2007. *Dersaadet'ten İstanbul'a Tünel. 1.* İstanbul: İETT Tarihi  
Dizileri: 3 FSF printing House.

Murat, S. & Şahin, L. 2010. *Dünden Bugüne İstanbul'da Ulaşım.* İstanbul: İTO  
(İstanbul Ticaret Odası) İnter Basım.

T.C. Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı, 2011. *Yerel yönetimler için ulaşılabilirlik temel bilgiler teknik el kitabı.* H. Kaplan, Ed. Ankara: Anıl Matbaacılık.

T.C. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2006. *İstanbul Ulaşım Ana Planı Hane Halkı Araştırması.* İstanbul: Bimtaş.

Çakır, O. ve Diktaş, F., 2011a.*Toplu Ulaşımında Erişilebilirlik ve Güvenli Yolculuk.* F. Acar, Ed. İstanbul: (İETT), A4 Grafik Matbaacılık.

Çakır, O. ve Diktaş, F., 2011b.*Toplu Ulaşımında Görgü ve Nezaket Kuralları.* F. Acar, Ed. İstanbul: (İETT), A4 Grafik Matbaacılık.



## Sürelî Yayınlar

- Bilgiç, Ş.ve Evren, G. 2002. Türkiye’de ulaştırma yatırımlarının değerlendirilmesi için bir yöntem önerisi, **1 (2)**, *İTÜ dergisi*.
- Ilıcalı, M., 2011. Ulaştırma problemlerinin çözümünde eğitimin önemi. *Taşıma Dünyası*, 3-9 Ekim s.2
- Özer, D. ve Kocaman, S. İstanbul’un Kent İçi Ulaşımı: Mevcut Durumu, Sorunlar Ve Öneriler *Civilacademy*

## **Diğer Yayınlar**

KGM, 2012 *Karayolları Trafik İşaret Yönetmeliği*

Aktuğlu Aktan, E.Ö. (2006). Kent Biçim\_ – Ulaşım Etkilesimine İlişkin (Tarihsel Ve Güncel) Yaklaşımlar Ve İstanbul Örneği . *Doktora Tezi* Yıldız Teknik Üniversitesi FBE

Çalışkan, N., 2011. *Ulaştırma Mühendisliği ve Planlamasına Giriş Ders Notları*, Bahçeşehir Üniversitesi FBE. İstanbul.

ÇDP, 2009. İstanbul İl Çevre Düzeni Planı, İBB İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığı Şehir Planlama Müdürlüğü. 2009. *1/100.000 Ölçekli İstanbul İl Çevre Düzeni Planı Raporu (ÇDP)*. İstanbul

[http://www.interaktiftest.com/belirli\\_gun\\_ve\\_haftalar/trafik\\_haftasi.html](http://www.interaktiftest.com/belirli_gun_ve_haftalar/trafik_haftasi.html)[Erişim Tarihi:03.01.2013].

Evren, G., 2011. *Ulaştırma Yatırımlarının Değerlendirilmesi Ders Notları*, Bahçeşehir Üniversitesi, FBE İstanbul.

Havanıkoru, 2012.<http://www.thsk.gov.tr/havanikoru/index.php/1-faz-kampanya-malzemeleri> [erişim tarihi: 01,12,2012].

İBB, 2012. [www.ibb.gov.tr](http://www.ibb.gov.tr) [erişim tarihi: 22,11,2012].

İBB, 2012. İdari Sınır, <http://www.ibb.gov.tr/tr-TR/SiteImages/Haber/nisan-2009/04052009idarisinirharitasi.jpg> [erişim tarihi: 22,12,2012].

İBB, 2012. Yönetim, <http://www.ibb.gov.tr/tr-TR/kurumsal/Documents/YonetimSemasi.htm> [erişim tarihi: 22,10,2012].

İETT, 2012. Tarihçe, <http://www.iETT.gov.tr/metin.php?no=190> [erişim tarihi: 22,10,2012].

İETT, 2012.ÖHO, <http://www.iETT.gov.tr/metin.php?no=49>) [erişim tarihi: 22,10,2012].

*İstanbul-Ulaşım* 2012. Raylı Sistem [www.istanbul-ulasim.com.tr](http://www.istanbul-ulasim.com.tr) [erişim tarihi: 19.10.2012].

*İstanbul otobüs* 2012. <http://www.istanbulotobus.com.tr/> [erişim tarihi: 19.11.2012].

I. Konya Kent Sempozyumu Konya İl Koordinasyon Kurulu 26-27 Kasım 2011

- İspark*, 2012. <http://www.ispark.com.tr/Sayfalar/112/Kurumsal/Hakkimizda.aspx> [erişim tarihi: 22,10,2012].
- İUAP, 2011. İBB Ulaşım Daire Başkanlığı Ulaşım Planlama Müdürlüğü. 2011. *İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı (İUAP)*. Mayıs. İstanbul
- Kesten, A.S., (2008). Toplu Taşıma Sistemlerinde Müşteri Odaklı Performans Değerlendirmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE.
- Kuresel-Isınma* 2012. Hava Kirliliği, Etkileri ve Alınacak Tedbirler.2012. <http://www.kuresel-isinma.org/kuresel-isinma/hava-kirliligi-etkileri-ve-alinacaktedbirler.html> [erişim tarihi: 22,10,2012].
- Maps.google*,. <http://maps.google.com/> [erişim tarihi: 20,12,2012].
- Mevzuat*, 2012. Enerji verimliliği, <http://www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/27876.html> [erişim tarihi: 19.11.2012].
- Munzuroğlu, Ü., (2010) İstanbul Trafikindeki Ticari Taksilerin Emisyon Açısından Olumsuz Etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*. Bahçeşehir Üniversitesi FBE.
- Stratejik Plan 2010-2014*, <http://www.ibb.gov.tr/tr-TR/Pages/Haber.aspx?NewsID=17748> [erişim tarihi: 19.11.2012].
- Sehirhatlari*, 2012. [www.sehirhatlari.com.tr](http://www.sehirhatlari.com.tr) [erişim tarihi: 22,11,2012]
- Tarihi Yarımada Planı Raporu, 2011. İBB İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığı Şehir Planlama Müdürlüğü. 2011. *1/5000 Tarihi yarımada koruma amaçlı nazım imar planı raporu*. İstanbul
- TCDD*, 2009 Ulaştırma Bakanlığı Stratejik Planı (2010–2014) <http://www.tcdd.gov.tr/Upload/Files/ContentFiles/2010/faaliyetraporu/stratejik.pdf> [erişim tarihi: 19.12.2012].
- TCDD*, 2012. <http://www.tcdd.gov.tr/home/detail/?id=267> [erişim tarihi: 19.12.2012].
- TCDD*, 2012. Abdülhâmid Han. <http://www.tcdd.gov.tr/home/detail/?id=267>) [erişim tarihi: 19.12.2012].
- Tokyo Metro* , <http://www.bento.com/pix/subway/subway5.gif> [erişim tarihi: 01.12.2012].
- Toplu Ulaşım Hizmetleri <http://www.ibb.gov.tr/tr-TR/Kurumsal/Birimler/TopluUlasimHizmetleri/Pages/AnaSayfa.aspx> [erişim tarihi: 22,12,2012].

*Tuik*, 2012. [http://www.tuik.gov.tr/AltKategori.do?ust\\_id=11](http://www.tuik.gov.tr/AltKategori.do?ust_id=11) [erişim tarihi: 19.03.2012].

*Uitp*. 2012. [www.uitp.org](http://www.uitp.org) [erişim tarihi: 22,11,2012].

Verbas, Ö.A., (2008). İstanbul'da Ulaştırma Sisteminin Sürdürülebilirliğinin Değerlendirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE.

*Wikipedia*, 2012.Harita,  
[http://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Dosya:Istanbul\\_Rapid\\_Transit Map.png&filetimestamp=20111019183509](http://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Dosya:Istanbul_Rapid_Transit_Map.png&filetimestamp=20111019183509) [erişim tarihi: 22,03,2012].138

*Wikipedia*, 2012. Hava kirliliği, [http://tr.wikipedia.org/wiki/Hava\\_kirliligi](http://tr.wikipedia.org/wiki/Hava_kirliligi) [erişim tarihi: 22,10,2012].

*Yandex*, 2012. <http://harita.yandex.com.tr/> [erişim tarihi: 22,10,2012].

<http://www.toki.gov.tr/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFFAAAF6AA849816B2EF09B7BF3A53757A00>[erişim tarihi: 05,01,2013].

## ÖZGEÇMİŞ

- Adı Soyadı** :Cebrail CULUM
- Sürekli Adresi** :Ömerli Mah. Terme Sk. Blok:B2 D:18 Arnavutköy
- Doğum Yeri ve Yılı** :Malatya, 1979
- Yabancı Dili** :İngilizce
- İlk Öğretim** :Ertuğrul Gazi İlköğretim Okulu, 1991  
Mehmet Akif Ersoy Orta Okulu,1994
- Orta Öğretim** :Küçükköy Endüstri Meslek Lisesi
- Lisans** :İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, 2002
- Yüksek Lisans** :Bahçeşehir Üniversitesi,2013
- Enstitü Adı** :Fen Bilimleri
- Program Adı** :Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi
- Çalışma Hayatı** :EKSAN Elektronik Bakım Sorumlusu, 2002-2003  
İSBAK Elektrik Elektronik Mühendisi Yazılım, 2003-2005  
BİMTAŞ Elektrik Elektronik Mühendisi Yazılım, 2005-2006  
İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Koordinasyon  
Müdürlüğü Yazılım, 2006-