

# Akıllı Ulaşım



COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ  
**Akıllı Şehirler Kapasite Geliştirme ve Rehberlik Projesi**

# AKILLI ULAŞIM

Akıllı Şehirler Kapasite Geliştirme ve Rehberlik Projesi

## TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

### Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü

İsmail TÜZGEN

Genel Müdür

Yrd.Doç.Dr. Hüseyin BAYRAKTAR

Genel Müdür Yardımcısı

Dursun Yıldırım BAYAR

Akıllı Şehirler ve Coğrafi  
Teknolojiler Daire Başkanı  
Şube Müdürü V.

Hakan GÜVEN

Yüksek Harita Mühendisi

Eda SOYLU SENGÖR

Harita Mühendisi

Gökhan BİLGİN

Harita Mühendisi

Bestami KARA

Çevre ve Şehircilik Uzmanı

Harun BADEM

Şehir Plancısı

Buket GÜLŞEN

Şehir Plancısı

Gülenay ŞAHİN

### Hazırlayanlar

Dr. Fatih GÜNDOĞAN

Asis CT

### Proje Danışmanları

Prof.Dr. Murat ŞEKER

İstanbul Üniversitesi

Dr. Fatih GÜNDOĞAN

Asis CT

### Proje Yöneticisi

Emre ÖZTÜRK

Asis CT

### Proje Teknik Kontrol Sorumlusu

Necip GÜZEL

Asis CT

### Düzenleme ve Redaksiyon

Çağlar MESÇİ

İstanbul Üniversitesi

Kasım 2020

## İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ .....	4
ŞEKİL LİSTESİ .....	4
BÖLÜM I: GİRİŞ.....	5
BÖLÜM II: DURUM TESPİTİ .....	8
1. Şehirlerin Ulaşım Zorlukları .....	8
2. Dünyada ve Türkiye’de Akıllı Ulaşım .....	10
BÖLÜM III: POLİTİKA ve STRATEJİLER.....	13
3. Ulusal Eylem Planları.....	13
4. Kentsel Ulaşım Politikaları .....	17
5. Akıllı Ulaşım Uygulamalarının Çevre Üzerindeki Etkileri ile Geliştirilen Politika ve Uygulamalar .....	19
BÖLÜM IV: AKILLI ULAŞIMDA YÖNTEM VE TEKNİKLER.....	22
6. Veri Yönetimi.....	22
7. Sinyalizasyon Yöntemi .....	24
8. Otopark Yönetimi.....	30
9. Ulaşım Yönetim Merkezleri.....	33
10. Trafik Güvenliği ve Trafiğin Sakinleştirilmesi .....	37
11. Erişilebilirlik.....	40
12. Akıllı Ulaşım Sistemleri Mimarisi .....	42
13. MaaS (Mobility as a Service)-Bir Servis Olarak Hareketlilik .....	46
14. Sıkışıklık Ücretlendirmesi.....	48
15. Yolculuk Paylaşımı, Araç Paylaşımı ve Araç Havuzu Uygulamaları.....	51
16. Mikromobilité Uygulamaları.....	53
17. Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri (K-AUS).....	55
18. Toplu Taşıma Yönetimi .....	57
19. Geleceğin Araç Teknolojileri: Elektrikli ve Otonom Araçlar .....	61
19.1. Elektrikli Araçlar .....	61
19.2. Otonom Araçlar.....	61
19.3. Şehir İçi Hava Ulaşımı: Hava Taksi ve Drone .....	63
20. Akıllı Şehir Lojistiği.....	64
BÖLÜM V: SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	65
BÖLÜM VI: KAYNAKÇA .....	66

## TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı Amaç ve Eylemleri .....	14
Tablo 2: Geleneksel ve Çağdaş Ulaşım Yaklaşımlarının Özellikleri.....	17
Tablo 3: Kısa Dönemli Politikalar ve İlgili Önlemler .....	18
Tablo 4: Trafik Sinyalizasyonu Kontrol Yöntemleri, Avantajları ve Dezavantajları .....	27

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: İstanbul Persona Analiz Sonuçları .....	8
Şekil 2: Manisa Büyükşehir Belediyesi Elektrikli Otobüs Filosu.....	21
Şekil 3: Lup ve Kamera Tabanlı Algılayıcılar .....	22
Şekil 4: Trafik Sinyal Kontrolünün Temel Bileşenleri .....	25
Şekil 5: Üç Seviye Trafik Kontrol Sistemi Mimarisi .....	25
Şekil 6: İzole ve Koordineli Sistemler .....	28
Şekil 7: Otopark Planlama Örneği .....	30
Şekil 8: Viyana Şehri Kademeli Park Bölgeleri.....	31
Şekil 9: İstanbul'da Otopark Yönlendirme Sistemi .....	31
Şekil 10: Ulaşım Yönetim Sistemi Mimarisi .....	34
Şekil 11: İstanbul Ulaşım Yönetim Merkezi.....	34
Şekil 12: Bern Belediyesi Trafik Sakinleştirme Uygulaması.....	38
Şekil 13: ABD Akıllı Ulaşım Sistemleri Mimarisi Topolojisi .....	42
Şekil 14: Uygulama Paketi Örneği .....	44
Şekil 15: Japonya AUS Mimarisi.....	45
Şekil 16: HARTS Mimari Yapısı .....	45
Şekil 17: Bir Servis Olarak Mobilite.....	46
Şekil 18: MaaS Uygulama Örneği .....	47
Şekil 19: Sıkışıklık Ücretlendirmesi Dünya Örnekleri.....	50
Şekil 20: Küresel Araç Paylaşım Büyüklüğü .....	51
Şekil 21: Mikromobilite Elektriksiz ve Elektrikli Çeşitleri .....	53
Şekil 22: Elektrikli Mikromobilite Aracı (Skuter) .....	54
Şekil 23: Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri (K-AUS) .....	56
Şekil 24: Toplu Taşıma Sistemleri ve Otomobil Farkı .....	57
Şekil 25: Toplu Taşımada Akıllı Sistemler ve Uygulamalar .....	59
Şekil 26: Otonom Araç Seviyeleri .....	62
Şekil 27: Otonom Araç Satışları.....	62
Şekil 28: Drone ile Taşımacılık.....	64

## BÖLÜM I: GİRİŞ

Ulaşım, şehirlerin önemli çalışma alanlarından biridir ve yoğunlukla birçok zorluk barındırır. Özellikle büyük şehirlerde insanların günlük zamanlarının önemli ve değerli bir kısmı trafikte geçmektedir. Otomobil sahipliğindeki artışa bağlı yaşanan trafik sıkışıklığı ile doruğa ulaşan bu durum, hem ulaşım altyapılarının eksikliğinden hem de ulaşım ihtiyacına sunulan çözüm yöntemlerinin hatalı olmasından kaynaklanmaktadır.

Akıllı ulaşım (hareketlilik) ile ulaşım altyapılarının doğru tasarlanması ve daha sürdürülebilir çözüm yöntemlerinin geliştirilebilmesi hedeflenmektedir. Bununla birlikte Türkiye’de şehirlerin otomobillerden geçilmez olduğu düşünülmesine rağmen henüz otomobil sahipliği Avrupa ortalamasının çok altındadır. Avrupa’da 1.000 kişiye yaklaşık 350 otomobil düşerken bu rakam Türkiye’de yaklaşık 150 civarındadır. Ülkedeki ekonomik gelişme ile birlikte bu rakamın Avrupa ortalamasına yaklaşması, mevcut sorunları zorlaştırması muhtemeldir. Dolayısıyla bir paradigma değişikliği ihtiyaç vardır.

Ulaşımın temel olarak arz ve talep arasında bir denklem söz konusudur. İnsanlar yaşamlarını idame ettirebilmek için hareketliliğe ihtiyaç duyarlar. Bu aktiviteleri gerçekleştirebilmek için de yoğunlukla bir yerden başka bir yere erişmeleri gerekir. Bu nedendir tarih boyunca patikalar ile başlayan ulaşım altyapıları inşa edilegelmiştir. Günümüzde şehirlerin büyümesi, aktivite çeşitliliğinin ve dolayısıyla ulaşım talebinin artması ile birlikte yollar genişlemiş, farklı ulaşım türlerine yönelik altyapılar inşa edilmiştir. Bu aşamada, yolculuk talebinin karşılanmasına dönük inşa edilecek altyapıların, insan davranışlarını etkilediğinin ve ulaşım ihtiyacını karşılama şeklini belirlendiğinin altının çizilmesi gerekmektedir. Örneğin iki lokasyon arasında tesis edilecek konforlu bir yürüme yolu inşa edilmesi insanların bu lokasyonlar arasında yolu yürüyerek kat etmesini teşvik edebilmektedir.

Bir şehirde yolculuğu meydana getiren temel husus insanın ihtiyaçlarıdır. Bu husus, bir insanın sabah uyandığında güne yolculuk yapmasına gerek olup olmadığı sorusu ile başlar (2020 yılında tüm dünyada etkisini gösteren pandemi ile birlikte bazı işletmeler uzaktan çalışma yoluna gittikleri için yolculuk ihtiyacının da azaldığı görülmektedir). Akabinde bu sorular nereye, nasıl gitmesi ve hangi güzergâhtan gitmesinin daha uygun olacağı sorularıyla devam eder. Bir şehrin temel zorluklarından olan sabah ve akşam zirve saat trafiği bu sorulardan yola çıkarak verilen bireysel kararların sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu kararları ise şehrin arazi yapısı, ulaşım imkânları gibi hususlar belirlemektedir. Birçok şehirde konut alanları ile iş merkezlerinin birbirinden bağımsız ve uzak olması ulaşım ihtiyacını artırmakta ve özellikle sabah ve akşam zirve saatlerinde trafik sıkışıklığına neden olmaktadır.



2020 yılında baş gösteren Covid-19 salgını ile uzaktan çalışma ve esnek çalışma yöntemlerinin kullanılması ulaşım planlamasında çok uzun zamandır dile getirilmesine rağmen uygulama alanı bulamayan çözümlerdir. Ayrıca bu salgın ile bir aktivitenin yapılması için yer değiştirme ihtiyacının her zaman gerekmediği görülmüştür.

Şehirlerin yaşadığı temel zorluklardan birisi zirve saatlerde talebin arzın üzerine çıkması konusudur. Zira sistemler, ekonomik nedenlerden dolayı zirve saatlere göre tasarlanmaz veya zamanla talebin artması ile zirve saatlerde kapasitenin üstünde bir talep oluşmuş olur.

Şehirler büyüdükçe ve dağınık yapıda oldukça herkes için toplu ulaşım hizmeti sunmak da zorlaşmaktadır. Seyahat süreleri uzamakta ve temel talebi karşılayabilmek için maliyetler artmaktadır.

Tüm dünyada trafik sıkışıklığı özellikle büyük şehirlerin yaşadığı zorlukların başında gelmektedir. Trafik sıkışıklığı sonucu hem zaman kaybı ve emisyon nedeniyle hava kirliliği yaşanmakta hem de yakıt tüketimi nedeniyle ekonomik kayıp yaşanmaktadır.

Şehirlerin yaşadıkları zorlukları içinden çıkılmaz bir kısır döngüye sokan yaklaşım otomobil odaklı yaklaşımdır. Trafik sıkışıklığı sonrası otomobil talebi için yeni kapasite yaratıldığında belli bir süre rahatlama yaşatmakla birlikte talep tekrar tetiklenmekte, kısa bir süre sonra da tekrar trafik sıkışıklığı ile karşı karşıya kalınmaktadır (Elker, Ulaşımında Karar Zamanı, 2004).

Şehirler, yaşamış oldukları ulaşım zorluklarını hem çözüm yöntemlerini ve politikalarını değiştirerek hem de akıllı ulaşım sistemlerini (AUS) uygulayarak çözebilirler. Bu bağlamda Çevre ve Şehircilik Bakanlığının hazırlamış olduğu 2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı çalışmasında şehirlerde yaşam kalitesinin artırılmasına yönelik akıllı enerjiden akıllı sağlığa, coğrafi bilgi sistemlerinden afet ve acil durum yönetimine kadar tüm odak alanları ve bu odak alanlarına yönelik hedefler belirtilmiştir. Akıllı ulaşım özel olarak değinilen eylem planında şehirlerde akıllı ulaşım olgunluğunun artırılmasına yönelik yapılması gereken faaliyetlere yer verilmiştir.

Bununla birlikte Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı hazırlamış olduğu Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı çalışmasında ülke genelinde ulaşım olgunluğunun artırılmasına yönelik beş ana amaç altında eylemleri tarif ederek, yasal düzenlemelerden yenilikçi teknolojik uygulamaların hayata geçirilmesine kadar tüm alanları kapsayan bir yol haritası ortaya koymuştur.

Şehirlerimizin ulaşım sorunlarının çözülmesi ve ulaşım alanında olgunluğunun artırılması için bu stratejiler ve hedefler doğrultusunda çalışmalar yürütülmelidir.

Bu çalışmada akıllı ulaşım iki temel çerçevede ele alınacaktır:

1. Kısıtlı kaynakların ulaşım ihtiyaçlarını çözme konusunda geleneksel anlayış yerine yenilikçi ve sürdürülebilir çözümler ile karşılanması,
2. Bu yenilikçi ulaşım çözümlerinin bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT) ile desteklenmesi.

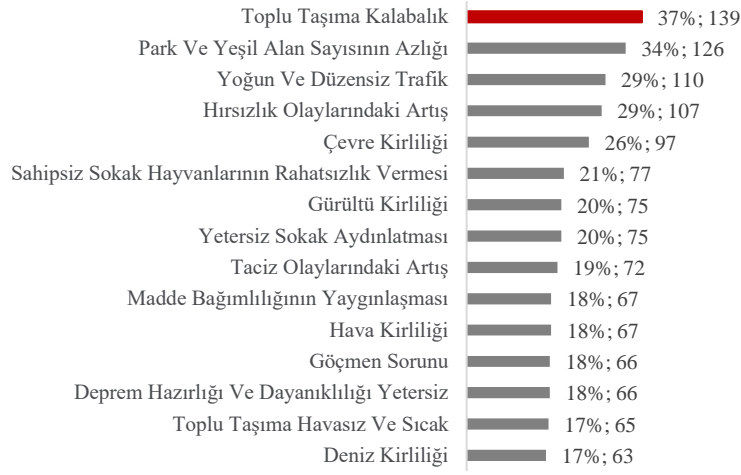
Şehir içinde ulaşım ile ilgili yapılacak her türlü uygulama çalışması;

1. Güvenliği artırabilmeli,
2. Verimliliği artırmalı,
3. Yolculuk sürelerini kısaltmalı,
4. Ekonomik olmalı,
5. Çevre dostu ve sürdürülebilir olmalıdır.

## BÖLÜM II: DURUM TESPİTİ

### 1. Şehirlerin Ulaşım Zorlukları

Şehirler nüfus artışı ve göç ile birlikte çok çeşitli zorluklar ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu zorlukların başında ise “ulaşım” gelmektedir. Mesafelerin ve dolayısıyla seyahat sürelerinin uzaması, trafik sıkışıklığı, toplu taşıma araçlarının kalabalık olması, trafik kazalarının artması gibi sorunlar şehir yönetimlerinin karşılaştıkları temel ulaşım zorlukları arasındadır. Ulaşım, şehirleşmenin etkisi ile günlük yaşamların önemli bir kısmını trafikte geçiren şehir sakinlerinin şikâyetlerinin de ön sıralarında yer almaktadır. İstanbul’da vatandaşlar ile yüz yüze görüşme yöntemi ile yapılan persona analizi çalışmasında öne çıkan sorunların ilk iki sırasında ulaşım gündeme gelmiştir (Şekil 1).



Şekil 1: İstanbul Persona Analiz Sonuçları

Kaynak: (T.C. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2018)

Altyapıların ileriye dönük planlanmamış olması veya şehirlerin büyümesinin öngörülenden daha hızlı olması nedeniyle şehirler altyapı sorunları yaşamaktadır. Nüfus artışı ve ekonomik gelişme ile birlikte otomobil sahipliğindeki artış trafik sıkışıklığı olarak ortaya çıkmaktadır. Bunun yanı sıra aşağıdaki konular da şehirlerin ulaşım zorlukları arasında yer almaktadır:

- Trafik sıkışıklığı,
- Trafik kazaları,
- Erişilebilirlik,
- Park sorunu,
- Gürültü kirliliği,
- Hava kirliliği,
- Verimsizlik.



Şehirlerin çevresel sorunlarının önemli bir kısmı ulaşım kaynaklıdır. Avrupa Çevre Ajansına göre sera gazı emisyonlarına %23,8'i ulaşım sektörü sebep olmaktadır (European Environment Agency, 2020) Ulaşım sektörü içerisinde ise kişi başına en fazla emisyon üretimi otomobillerden kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte ulaşım araçlarının ortaya çıkarmış olduğu şehir gürültüsü de önemli kirlilik kaynaklarından. Bu sorunlar ileriki bölümlerde inceleneceği üzere kentsel politikalar, planlama ve akıllı ulaşım uygulamaları ile çözüme kavuşturulabilir.

## 2. Dünyada ve Türkiye’de Akıllı Ulaşım

AUS kapsamında uluslararası ve ulusal birçok uygulama, geçmişte olduğu gibi günümüzde de uygulanagelmektedir. 1896 yılında Londra’da artan trafik sıkışıklığı ve yayaların güvenli bir şekilde karşıdan karşıya geçebilmeleri için gaz ile çalışan trafik ışıkları kullanılmaya başlanması bunlardan biridir. 1920’lerde ABD’de hem sinyalizasyon sistemlerinde koordinasyon (yeşil dalga) hem de ses dalgaları ile çalışan ilk trafik uyarmalı (dinamik) sinyalizasyon sistemleri uygulanmıştır. Bu tarihlerin AUS’nin ilk örnekleri olarak kabul edilmesi mümkündür. Sonraki yıllarda teknolojik gelişmeler ve ortaya çıkan ihtiyaçlar ile birlikte farklı yöntemler ve sistemler geliştirilmiştir.

AUS’nin yaygınlaşması ve kurulu sistemlerinin çeşitliliğinin artması ile birlikte 1996 yılında Amerika Birleşik Devletleri’nde AUS mimarisi çalışmaları başlamıştır. 2000’li yıllarda benzer çalışmaları yapan Avrupa Birliği’ni (AB) Japonya ve diğer ülkeler izlemiştir. Burada temel amaç uygulama ve mimaride standartlaşma ile farklı sistemlerin birlikte çalışabilirliğini sağlamaktır. AUS mimarisi sistem bazında merkez, yol, araç ve yolcu olmak üzere dört başlık altında incelemektedir.

Son yıllarda AUS kapsamında kent içi veya kent dışı otoyollar veya bölünmüş kara yollarında “aktif trafik yönetimi” adı verilen şerit yönetim sistemleri, yol ağı yönetim sistemleri, emniyet şeridi yönetimi gibi yol ağında güvenliğin artırılması ve trafik sıkışıklığının azaltılmasına yönelik sistemler yaygınlaşmaktadır. Bunun yanı sıra iletişim teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte araç-arac (Vehicle-to-vehicle-V2V) ve araç-altyapı (Vehicle-to-everything-V2X) haberleşmesi üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Kooperatif AUS adı da verilen bu çalışmalar özellikle ABD ve AB’de test koridorları adıyla uygulanmakta ve sonuçları gözlenmektedir. Trafik güvenliğinin artırılması ve yol kapasitesinin etkin kullanılması amaçlanan bu projelerde yer alan taşıtlar birbirleriyle ve ulaşım altyapısı ile haberleşerek “Trafik Durum Bilgisi”ni paylaşmaktadır. Bununla birlikte otomotiv sektörü, çevresi ile sürekli iletişim halinde olan ve idealinde bir sürücüye ihtiyaç duymayan; çok sayıda sensör yardımıyla hareket eden otonom araçlar üzerinde çalışmalarına devam etmektedir. Bu çalışmalar tamamlandığında insan hatasından kaynaklı trafik kazalarının ortadan kalkması ve karayolu kapasitesinin daha iyi kullanılması gibi avantajların elde edilmesi öngörülmektedir. Ayrıca bu çalışmalarda siber güvenlik riskinin de göz önüne alınması zorunludur.

Son yıllarda AUS kapsamında geliştirilen uygulamalardan bir diğeri “Bir Hizmet Olarak Mobilité” (Mobility as a Service-MaaS)’dır. Özellikle İskandinav ülkelerinde öncülleri görülen ve sonrasında tüm dünyaya yayılan; bir mobil platform aracılığıyla da tüm ulaşım hizmetlerinin

bir kanaldan sunulmasını sağlayan sistemle otomobil sahipliğinin azaltılması amaçlamaktadır. MaaS önümüzdeki yıllarda şehirlerde görölecek olan otonom araçların şehirlere sunacağı katkıyı da artıracak bir uygulama olacaktır. Bugün Avrupa'nın birçok şehri kendi MaaS uygulamasını geliştirmekte ve böylece sürdürülebilir ulaşım araçlarını desteklemektedir.

Türkiye'de ise AUS'ne tüm dünyada olduğu gibi sinyalizasyon sistemleri öncülük etmiştir. 1929 yılında İstanbul Belediyesi ilk kez “Sinyalizasyon Sistemleri”nin kurulacağını duyurmuştur (Milliyet Gazetesi, 1929). Daha sonra ise İstanbul ve Bursa'da yaygınlaşma devam etmiştir (Murat & Gündoğan, 2019).

1988 yılında İstanbul-Ankara otoyolunda uygulanan “Acil Haberleşme Sistemi” söz konusu sistemin ilk uygulaması olarak kabul edilebilir. İlk “SCADA Kontrol Merkezi” ise 1991 yılında Korutepe-Göltepe (İstanbul) tünellerinde kurulmuştur (T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü, 2014).

1995 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından ilk elektronik toplu taşıma bileti olan AKBİL (Akıllı Bilet) hayata geçirilmiştir (İETT, 2021). 1996 yılında Türkiye'nin ilk “Yerli Sinyalizasyon Sistemi” İstanbul Büyükşehir Belediyesi iştirak şirketi İSBAK (İSBAK İstanbul Bilişim ve Akıllı Kent Teknolojileri A.Ş.) tarafından geliştirilmiştir. 1998 yılında temel fonksiyonları yerine getiren ilk “Trafik Kontrol Merkezi” İstanbul'da kurulmuştur. Merkez, 2004 ve 2018 yılında revize edilerek yeni fonksiyonlarının eklenmesiyle hizmet sunmaya devam etmektedir (İSBAK, 2021).

1999 yılında ise Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'nde “Otomatik Geçiş Sistemi (OGS)” uygulamaya başlanmıştır. Bunun yanı sıra “Kartlı Geçiş Sistemi” uygulanmıştır. 1999 yılında “Bolu Dağı Trafik Bilgi Sistemi” hayata geçirilmiş. Yine bu kapsamda “Değişken Mesaj Sistemleri (DMS)” kurulmuştur. 2000 yılında ise “Ankara Trafik Bilgi Sistem Projesi” gerçekleştirilmiştir (T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü, 2014).

İlk web tabanlı “Trafik Bilgilendirme Sistemi Yoğunluk Haritası” İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından 2003 yılında hayata geçirilmiş, 2006 yılında ise mobil uygulama olarak “Cep Trafik” geliştirilmiştir (İSBAK, 2021).

2005 yılında ise ilk kez elektronik denetleme sistemi olan “Kırmızı Işık İhlal Tespit Sistemi” hayata geçirilmiştir (İSBAK, 2021).

2011 yılında Okan Üniversitesi otonom araçlar ile ilgili çalışmalar başlatmış; 2012 yılında ise İstanbul Büyükşehir Belediyesi AB Projesi ile ilk kez araç-arac ve araç-altyapı alanında projenin saha çalışmalarını tamamlamıştır (T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü, 2014).

2012 yılında TÜRKSAT tarafından ilk “Ulusal Ulaşım Portalı” çalışması gerçekleştirilmiştir (T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü, 2014).

2012 yılında dünyada sınırlı sayıda şehirde uygulanan “Adaptif Sinyalizasyon Sistemi” yerli olarak geliştirilmiştir (İSBAK, 2021).

2013 yılında toplu taşıma operatörü ve mobil operatörün işbirliği ile Şanlıurfa’da otobüslerde “İlk Temassız Ödeme Projesi” gerçekleştirilmiştir.

2014 yılında ise “Karayolu Ağı Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Mimarisi” tamamlanmıştır (T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü, 2014).

2014 yılından sonra “Kamera Tabanlı Sinyalizasyon Sistemleri çözümleri” özellikle büyükşehirlerde yaygınlaşmıştır. Karayollarında ise “Değişken Mesaj Sistemleri (DMS)”, “Trafik Kontrol Merkezleri” ve “Elektronik Denetleme Sistemleri (EDS)” sayısı gün geçtikçe artmıştır. AUS uygulamalarının son örneği 2020 yılında hizmete sunulan Ankara-Niğde Otoyolu Projesi’nde gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle otoyol; Türkiye’nin en akıllı otoyolu olarak anılmaktadır (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020b).

## **BÖLÜM III: POLİTİKA ve STRATEJİLER**

### **3. Ulusal Eylem Planları**

Ulaşım, altyapısı, üst yapısı ve teknolojisiyle ülkelerin stratejik planlarında ve icraat programlarında öncelikli yer almaktadır. Ülkemizde de ulusal düzeyde hazırlanan strateji ve eylem planı belgelerinde ulaşım sorunlarına değinilmiş ve şehirlerin akıllı ulaşım olgunluğunun artırılmasına yönelik hedefler konulmuştur.

Ulaşımın altyapı, şehircilik, enerji, çevre, teknoloji (haberleşme), güvenlik gibi çok farklı uzmanlık alanları ile birebir ilişkili olmasından dolayı kuruluşların farklı çalışmalarında da mutlaka ulaşımın yer ayrılmaktadır. Toplam enerji tüketiminde ulaşım kaynaklı enerji tüketiminin payının yüksek oluşu, ulaşım araçlarının şehirlerde toplam hava kirliliği içindeki payı veya kazalardan meydana gelen ölümler içinde trafik kazalarının etkisi önemli rol oynamaktadır.

Aşağıda 2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı'nda da konu olan Ulaşım alanında hedefler barındıran strateji ve eylem planları bulunmaktadır. Söz konusu strateji ve eylem planlarından başlıca olanları;

- 11. Kalkınma Planı,
- 2017-2020 Ulusal Genişbant Stratejisi ve Eylem Planı,
- 2010-2023 Bütünleşik Kentsel Gelişme Stratejisi ve Eylem Planı,
- 2017-2023 Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı,
- 2012-2023 Enerji Verimliliği Strateji Belgesi,
- 2003-2023 Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları Strateji Belgesi,
- 2014-2023 Bölgesel Gelişme Ulusal Stratejisi,
- 2012-2023 Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı,
- 2011-2020 Karayolu Trafik Güvenliği Stratejisi ve Eylem Planı,
- 2010-2023 Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi,
- 2018-2022 Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Stratejik Planı,
- 2020-2023 Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Stratejisi ve Eylem Planı,
- Hedef 2023 Türkiye Ulaşım ve İletişim Stratejisi'dir.

Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı ulaşım sektörü ile doğrudan ilişkisi nedeniyle önemlidir. “İleri bilişim teknolojileri ile Türkiye’de insan ve çevre odaklı ulaşım sistemi”nin oluşturulması doğrultusunda hazırlanan strateji belgesi 5 ana amaca sahiptir (Tablo 1).

Tablo 1: Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı Amaç ve Eylemleri

<b>Stratejik Amaçlar</b>	<b>Eylemler</b>
Stratejik Amaç 1: AUS Altyapısının Geliştirilmesi	<ul style="list-style-type: none"> <li>AUS Konusunda Mevzuat İhtiyaçlarının Karşıllanması</li> <li>AUS Mimarisinin Geliştirilerek Yayınlanması</li> <li>AUS Standartlarının Tespit Edilmesi ve Sınıflandırılması</li> <li>İl Trafik Kontrol Merkezlerinin Kurulması</li> <li>Karayolu Trafik Kontrol Merkezlerinin Kurulması</li> <li>AUS Haberleşme Altyapısının Yaygınlaştırılması</li> <li>Akıllı Otopark Uygulaması ve Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Kurulması</li> <li>Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri (K-AUS) İçin Test ve Uygulama Koridorunun Kurulması</li> <li>Yerli ve Milli Teknolojilerin Geliştirilmesi İçin Teşvik Mekanizmalarının Oluşturulması</li> <li>AUS Alanında Yıkıcı ve Yenilikçi Teknolojiler İle Etkilerinin Araştırılması</li> </ul>
Stratejik Amaç 2: Sürdürülebilir Akıllı Hareketliliğin Sağlanması	<ul style="list-style-type: none"> <li>Engelliler ve Hareket Kısıtlılığı Bulunan Kişiler için AUS</li> <li>Yolcu Bilgilendirme Sistemi</li> <li>Tek Kart Ödeme Sistemi</li> <li>Dronelerin Lojistik Amaçlı Kullanımının Yaygınlaştırılması</li> </ul>
Stratejik Amaç 3: Yol ve Sürüş Güvenliğinin Sağlanması	<ul style="list-style-type: none"> <li>Karayolu Radyosunun Kurulumunun Tamamlanması</li> <li>Trafik Kaza Veri Tabanının Oluşturulması</li> <li>Araç İçi Bilgi ve Haberleşme Sistemi (ABHS)</li> <li>Tehlikeli Mal ve Yük Taşımacılığı Yapan Araçlar için Akıllı Park Alanları Oluşturulması</li> <li>Akıllı Hemzemin Geçit Uygulaması</li> </ul>
Stratejik Amaç 4: Yaşanabilir Çevre ve Bilinçli Toplum Oluşturulması	<ul style="list-style-type: none"> <li>AUS Farkındalık ve Bilincinin Oluşturulması</li> <li>Akıllı Ulaşım ve Trafik Güvenliği Konularında Müfredatın Güncellenmesi</li> <li>Yerel Yönetimlerde AUS'tan Sorumlu Birimin Kurulması</li> <li>AUS Alanında Nitelikli İnsan Kaynağı Yetiştirilmesi</li> <li>Toplu Taşıma Filolarında ve Hizmet Araçlarında Elektrikli Araçların Kullanılması ve Toplu Taşımanın Teşvik Edilmesi</li> <li>Yakıt Tüketimi ve Emisyonların Azaltılması</li> <li>Bisiklet Kullanımının Yaygınlaştırılması</li> <li>Kullanıcı Deneyimlerinin AUS Hizmetleri Kapsamında Değerlendirilmesi</li> <li>Otonom Robotlarla Dezenfeksiyon ve Sosyal Mesafe Uyarısı Yapılması</li> <li>Yayalaştırma Projeleri Genel Konseptinin ve Uygulama Adımlarının Belirlenmesi</li> </ul>
Stratejik Amaç 5: Veri Paylaşımı ve Güvenliğinin Sağlanması	<ul style="list-style-type: none"> <li>AUS Verileri Yönetim Merkezi (VYM) Kurulumu</li> <li>AUS Veri Yönetim Merkezinin Trafik Kontrol Merkezleriyle Entegrasyonunun Sağlanması</li> </ul>

Kaynak: (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020a)

Yukarıda bahsi geçen stratejik amaçlar ve eylemler ihtiyaç duyulan mevzuat değişikliklerinin yapılmasını, teknolojik altyapının geliştirilmesini (kontrol merkezlerinin kurulması gibi), engelli bireylerin topluma katılmasına yönelik iyileştirmelerin yapılmasını, sürdürülebilir ulaşım modlarının desteklenmesini, ekonomik kalkınmanın sağlanmasını, çevrenin korunması ile etkin ve verimli teknolojik uygulamaların yaygınlaştırılmasını temel almaktadır. Bu doğrultuda

- Geliştirilen AUS mimarisi ve belirlenen standartlara uygun olarak tüm ulaşım modlarının entegrasyonunun sağlanması,
- Mevcut AUS altyapısının geliştirilerek, kurulan kooperatif akıllı ulaşım sistemleri (K-AUS) altyapıları ile entegrasyonun sağlanması ve ülke genelinde yaygınlaştırılması,
- Araç içi bilgi ve haberleşme sistemlerinin kullanımının yaygınlaştırılması ve bu sistemlerin yerli ve milli olarak üretimine yönelik çalışmaların yapılması,
- Mevcut altyapının otonom sürüşe uygun hale getirilmesi amacıyla hazırlık çalışmalarının yapılması ve tam otonom araçların geliştirilerek ulaşım modlarında yaygınlaştırılması,
- Raylı sistemlerin hareket enerjisinin yeşil enerjiye dönüştürülmesi için gerekli sistem ve altyapı çalışmalarının yapılması,
- Araç ve sürüş paylaşımı, mikro mobilite ve benzeri alternatif son kilometre ulaşım uygulamalarına ilişkin mevzuat çalışmalarının yapılması,
- Blokzincir teknolojilerinin MaaS, veri paylaşımı, yük ve lojistik hizmetleri ve benzeri alanlarda kullanımının yaygınlaştırılması,
- Hava taksi (VTOL-Vertical Take-Off and Landing), drone ve benzeri araçlara yönelik mevzuat düzenlemelerinin yapılarak AUS kapsamında kullanımının yaygınlaştırılması,
- Akıllı malzemeler, yüzey kaplama, nanoteknoloji ve biyoteknoloji ürünü, geri dönüştürülebilir ve benzeri malzemelerin geliştirilerek sürdürülebilir çevre amacıyla akıllı ulaşım alanında kullanımının yaygınlaştırılması,
- AUS bileşenlerini içeren Nesnelerin İnterneti (IoT) networkünün kurulması, bu bileşenlerden toplanan verilerin büyük veri ortamında saklanması ve analize uygun hale getirilerek yapay zeka, derin öğrenme, haberleşme ve benzeri alanlardaki yenilikçi teknolojiler kullanılarak ulaşım altyapısının optimize edilmesi,
- Toplanan ulaşım verilerinin anonimleştirilerek araştırma ve yenilikçi uygulamaların geliştirilmesi için kullanılması,



- Trafik sıkışıklığını azaltmaya yönelik sıkışıklık ücretlendirmesi, yüksek doluluklu şerit, düşük emisyonlu bölge, esnek çalışma saatleri uygulamaları geliştirilmesi,
- Akıllı enerji çözümlerinin AUS alanında yaygınlaştırılması,
- Ulaşım modlarında erişilebilirlik uygulamalarının yaygınlaştırılması,
- Lojistik merkezlerin ulaşım modları ile entegre edilerek taşımacılık faaliyetlerinin kolaylaştırılması,
- Otonom araçlara ait fonksiyonel ve operasyonel testlerin yapıldığı, sertifikalandırma hizmetlerinin gerçekleştirildiği,
- Otonom Sürüş Test ve Sertifikasyon Merkezlerinin kurulması ve yaygınlaştırılması,
- Sürdürülebilir kentsel hareketlilik planlarının yaygınlaştırılması

hedeflemektedir (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020a). 2020 yılında yayınlanan belge çerçevesinde 2023 yılına kadar bu faaliyetlerin tamamlanması beklenmektedir.

#### 4. Kentsel Ulaşım Politikaları

Şehirlerin ulaşım ile ilgili zorluklarını aşabilmek için yeni yöntem arayışlarının sonucunda artık insanların veya nesnelerin bir yerden başka bir yere hareket etmesinin amaç; taşıtların ise araç olduğu, dolayısıyla şehirleri ve ulaşım sistemlerini bu düşünce temelinde tasarlanması gerektiği kabul görmüştür (Tablo 2).

Tablo 2: Geleneksel ve Çağdaş Ulaşım Yaklaşımlarının Özellikleri

<i>Geleneksel Yaklaşımlar</i>	<i>Çağdaş Yaklaşımlar</i>
Ulaşım arzının planlanması	Talebin yönlendirilmesi
Taşıtlara öncelik	İnsanlara öncelik
Ek kapasite yaratma	Mevcut altyapıyı verimli kullanma
Yolculukların türlere mevcut dağılımı veri olarak alınıyor	Yolculuklar daha yüksek kapasiteli ve daha dolu taşıtlara kaydırılıyor
Otomobil kullanıcılarının sorunlarına yönelik	Toplumsal çeşitli kesimlerinin sorunlarını dengeleyici
Sermaye yoğun yatırımlar	Küçük/gerçekleştirilebilir yatırımlar
Geri dönülmez kararlar	Esnek kararlar
Fiziksel çözümler ağırlıklı	Yönetimsel/yasal/ekonomik çözümler
İnşaata yönelik	Çevreye duyarlı

Kaynak: (Elker, Çağdaş Ulaşım Politikaları, 1999)

Ulaşım talep yönetimi ile geleneksel yaklaşımlarda, artan talep ile birlikte yeni arz yaratmak yerine talebi yönetmek benimsenmektedir. Daha ekonomik, sürdürülebilir ve esnek çözümler ile ulaşım talebi kontrol altında tutulabilir. Bu yeni yaklaşım öncelikle evden çalışma, online alışveriş gibi farklı yöntemler ile ulaşım talebinin azaltılması, oluşan talebin zamansal (esnek mesai saatleri gibi), mekânsal (boş yollara yönlendirme gibi) ve türel (otomobilden toplu taşımaya) kaydırılması, kalan trafiğin ise dinamik olarak (akıllı kavşaklar gibi) yönetilmesi olarak tarif edilir (Tablo 3), (Elker, Çağdaş Ulaşım Politikaları, 1999; Boltze, 2003).

Tablo 3: Kısa Dönemli Politikalar ve İlgili Önlemler

<b>Politikalar</b>	<b>Önlemler</b>
Yolculuk Talebinin Azaltılması	Toplam yolculuk düzeyinin azaltılması, Belirli koridorlarda yolculuk talebinin azaltılması, Zirve saatlerde yolculuk talebinin azaltılması, Motorlu taşıtlarda yolculuk talebinin azaltılması.
Yolculukların Toplu Taşımaya Yönlendirilmesi	Toplu taşımada fiziksel iyileştirmeler, Toplu taşıma işletmesinin iyileştirilmesi, Ara toplu taşımanın düzenlenmesi, Toplu taşımanın kullanıcıya maliyetlerinin azaltılması, Otomobilden toplu taşıma aktarma olanakları.
Bireysel Ulaşımın Sınırlandırılması	Yasaklamalar, Kapasite kısıtlamaları, Otopark politikaları, Ücretlendirme, Taşıt paylaşım programları, Yüksek doluluk oranlı taşıtlara öncelik.

Kaynak: (Elker, Çağdaş Ulaşım Politikaları, 1999)

## 5. Akıllı Ulaşım Uygulamalarının Çevre Üzerindeki Etkileri ile Geliştirilen Politika ve Uygulamalar

BİT destekli ve entegre ulaşım sistemi olarak tanımlanan AUS; seyahat sürelerinin azaltılması, trafik güvenliğinin artırılması, mevcut yol kapasitelerinin verimli kullanılması, hareketliliğin artırılması, enerjinin verimli kullanılması ve çevreye verilen zararın azaltılması kavramlarıyla ilişkilidir (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020a). Özü itibarıyla bireysel araç kullanımı yerine toplu taşıma araçlarının ve organizasyonlarının kullanılmasını özendiren sistem, günümüz teknolojik gelişmelerinden beslenerek zaman, güvenlik ve verimlilik boyutuyla kullanıcı memnuniyetini ve yaşam kalitesini artırıcı hizmetler sunmaktadır. AUS, tüm bu hizmetlere ek olarak çevre sektörüne de sürdürülebilirlik boyutuyla katkı sağlamaktadır. Nitekim, fosil yakıtlı araç yoğunluğu, trafik sıkışıklığı, araçların dur kalk sıklığı, atmosferik şartlar ve yaşlı araç sayısı kaynaklı hava kirleticilerinin (karbonmonoksit, karbondioksit, partikül maddeler, azot oksitler ve uçucu organik karbonlar gibi) çevre sorunları, iklim değişikliği ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sebep olduğu bilinmektedir (Öztürk, 2017). AUS; bu türden olumsuzluklarla mücadelede uluslararası ve ulusal bir politika aracı olarak, etkin kullanılmaktadır.

AUS'un yaşanabilir çevre ve sürdürülebilirlik hedeflerine katkısı kapsamında yakıt tüketimini ve emisyon değerlerini azaltmak amacıyla gelişmiş ülkelerin pek çoğu 2030-2035'li yıllara kadar kademeli olarak elektrikli araç miktarını artırma ve fosil yakıt tüketen araçların üretimini durdurma gibi kararlar almışlardır. New York, Toronto, Hamburg, Stockholm bu kentlerden birkaçıdır. Bu şehirlere ek olarak Amsterdam'da akıllı ulaşım alanında uygulanan ve temel amacı trafikte sürücü performanslarının gerçek zamanlı olarak takip edilebilmesi ve koşulların iyileştirilmesi olan "Yeşil Filo Uygulaması" adlı akıllı şehir uygulaması; yakıt tasarrufunun sağlanması ve karbondioksit salınımının azaltılması gibi çevreci ve sürdürülebilir amaçlar içermektedir (Deloitte; Vodafone, 2016).

Ülkemizde ise "Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı" kapsamında belirlenen vizyon, misyon, stratejik amaçlar, uzun vadeli hedefler ve eylem planlarında çevre vurgusunu görmek mümkündür. Özellikle "AUS Altyapısının Geliştirilmesi" ve "Yaşanabilir Çevre ve Bilinçli Toplum Oluşturulması" stratejileri kapsamında "kazaların ve trafik sıkışıklığının azaltılması, trafik güvenliğinin sağlanması, yakıt tüketimi ve çevresel olumsuz etkilerin azaltılması" ile "akıllı yayalaştırılmış bölgelerin ve bisiklet ulaşımının yaygınlaştırılması, kent içi ulaşımında temiz yakıt ve enerji verimliliği yüksek taşıt teknolojilerinin yaygınlaştırılması, ulaştırma ve haberleşme sektörlerinde, çevreye daha fazla

duyarlı yeşil bilişim uygulamalarının yaygınlaştırılması” amaçlanmıştır (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020a). Bu doğrultuda

- AUS Farkındalık ve Bilincinin Oluşturulması,
- Akıllı Ulaşım ve Trafik Güvenliği Konularında Müfredatın Güncellenmesi,
- Yerel Yönetimlerde AUS’tan Sorumlu Birimin Kurulması,
- AUS Alanında Nitelikli İnsan Kaynağı Yetiştirilmesi,
- Toplu Taşıma Filolarında ve Hizmet Araçlarında Elektrikli Araçların Kullanılması ve Toplu Taşımanın Teşvik Edilmesi,
- Yakıt Tüketimi ve Emisyonların Azaltılması,
- Bisiklet Kullanımının Yaygınlaştırılması,
- Otonom Robotlarla Dezenfeksiyon ve Sosyal Mesafe Uyarısı Yapılması,
- Yayalaştırma Projeleri Genel Konseptinin ve Uygulama Adımlarının Belirlenmesi,
- K-AUS için Test ve Uygulama Koridorunun Kurulması

gibi eylemler oluşturulmuştur. Söz konusu eylemleri destekleyici nitelikteki “duran araç uyarısı, acil durum araç önceliği, yol çalışması, hava durumu, yol durumu ve trafik bilgisi gibi temel hizmetlerin verileceği bir ulaşım koridorunun oluşturulması” ve “akıllı malzemeler, yüzey kaplama, nanoteknoloji ve biyoteknoloji ürünü, geri dönüştürülebilir ve benzeri malzemelerin geliştirilerek sürdürülebilir çevre amacıyla akıllı ulaşım alanında kullanımının yaygınlaştırılması” hedefi çevre konusundaki duyarlılığın farklı bir göstergesi olarak karşımıza çıkmaktadır (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020a). AUS kapsamında geliştirilen strateji ve eylemler doğrultusunda bazı yerel yönetimlerin geliştirdiği “çevre dostu” uygulamalardan da bahsedilebilir.

İzmir’de uygulanan akıllı ulaşım alanında akıllı şehir uygulaması “BİSİM”, kent bisikleti kiralama sistemini içermektedir, amacı sağlıklı ve çevreci ulaşım aracı olan bisikletin kent içi kullanımını yaygınlaştırmaktır (Aslan, 2018).

Lüleburgaz (Kırklareli)’da akıllı ulaşım alanında uygulanmakta olan “Bisiklet Taksi” adlı akıllı şehir uygulaması ile çevreci bir ulaşım yöntemi olan bisiklet kullanımını artırmanın yanı sıra ilçedeki karbon salınımının azaltılmasını sağlamaktır. Bisiklet Taksi adlı akıllı şehir uygulamasının işleyişi, bisiklet kullanmayı bilmeyen vatandaşlara eğitim verilmesi, karbon ayak izi ölçümleri yapılması gibi süreçleri içermektedir (T.C. Lüleburgaz Belediyesi, 2020).

Manisa Büyükşehir Belediyesinin kent içi trafiği rahatlatmak ve çevreye katkı sağlamak amacıyla hayata geçirmeyi planladığı çevre dostu elektrikli otobüsler test aşamasındadır. Bu

aşamanın tamamlanarak otobüslerin devreye alınmasıyla Manisa Büyükşehir Belediyesi Türkiye’deki en büyük elektrikli otobüs filosuna sahip olacaktır. (Şekil 2), (T.C. Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2021).



*Şekil 2: Manisa Büyükşehir Belediyesi Elektrikli Otobüs Filosu*

*Kaynak: (T.C. Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2021)*

## BÖLÜM IV: AKILLI ULAŞIMDA YÖNTEM VE TEKNİKLER

### 6. Veri Yönetimi

Akıllı şehirlerin temel felsefesi veriye dayalı yönetimdir. Akıllı ulaşım (hareketlilik) yönetiminin şehir içerisinde konumlandırılacak algılayıcılardan gelen veriler ışığında kısa, orta ve uzun vadeli stratejiler ile yönetilir. Ulaşım yönetiminde kullanılan verinin elde edilme yöntemine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- Lokal veriler (lup algılayıcılar, kızılötesi, manyetik sensörler gibi),
- Mesafe bazlı veriler (kamera radar, lazer gibi),
- Mobil olarak elde edilen veriler (araç takip cihazları, mobil telefon verileri gibi),
- Park verileri (otopark alanları, parkomat cihazlarından gelen veriler gibi),
- Bildirim verileri (ihbarlar, polis, sürücü, yolcu bildirimleri),
- Çevre verileri (hava durumu, buzlanma gibi),
- Temel trafik parametreleri (hacim, mevcudiyet, işgaliye, hız gibi bilgiler).

Bu gibi verileri elde edebilmek için çeşitli algılayıcılar kullanılmaktadır. Bu algılayıcılar yol kesintinde veya yol kenarında konuşlanabilir. En çok bilinen ve en eski algılayıcı asfalt altına yerleştirilen lup algılayıcılarıdır. Lup algılayıcılarla hacim, mevcudiyet (varlık yokluk bilgisi), işgaliye, hız gibi bilgiler elde edilebilir (Şekil 3). Aynı zamanda bu algılayıcılarla araç sınıflaması da yapılabilir. Algılayıcının asfalt kesilmesi ve buna bağlı trafik akışının aksaması gibi dezavantajları bulunmaktadır. Yol kesintinde kullanılan bir diğer sensör türü ise kablosuz manyetometre algılayıcılarıdır. 10-15cm çapında olan bu algılayıcılar, kablosuzdur ve gücünü 5-10 yıl kullanılabilen pilden alarak çalışırlar. Algılayıcılar, asfalt çalışmaları sırasında sökülüp tekrar kullanılabilirler. Bu algılayıcılar için asfaltın kesilmesi ve algılayıcının kurulum tecrübesi gerektirmesi dezavantaj olarak sıralanabilir.



Şekil 3: Lup ve Kamera Tabanlı Algılayıcılar



Video algılayıcılar görüntü işleme tekniği ile hacim, mevcudiyet, işgaliye gibi bilgiler elde edilebilir. Yol kenarına veya yol üzeri bir tag üzerine kurulduğunda yol kazısı gerektirmez. Son yıllarda bu konuda yapılan çalışmalar oldukça başarılı sonuçlar vermiştir. Bununla birlikte yüksek bir noktaya kurulan kameralarda meydana gelebilecek görüntü kaybı veya hava şartlarından etkilenme hassasiyeti sistemin sağlıklı veri toplaması noktasında en büyük dezavantajı sayılabilir.

Bluetooth algılayıcılar ise yol kenarına kurulur ve özellikle seyahat süresi tahmininde kullanılmaktadır. Bunun dışında ise, lazer, kızılötesi, radar, radyo frekansı ile tanımlama (radio-frequency identification-RFID) gibi algılayıcılar kullanılmaktadır. Bu algılayıcıların yanı sıra son yıllarda kullanımı hızla artan yüzen araç verisi (floating car data- FCD) adı verilen trafikteki hareket halindeki araçlardan gelen veriler kullanılmaktadır. Bu algılayıcılar ile konum takibi, seyahat süresi, yoğunluk gibi bilgiler elde edilebilir. İletişim maliyetinin olması ve mahremiyet gibi hususlar ise dezavantajları arasında sayılabilir. Ayrıca araç içi algılayıcılar (yağmur sensörü, sis sensörü gibi) aracın bulunduğu bölge hakkında çok sayıda bilgiyi paylaşabilir.

Yerel ve bölgesel ulaşım sorunlarının çözümü ve verimliliğin artırılması için kullanılan gerçek zamanlı veriler aynı zamanda uzun vadeli kararlar alınmasında da büyük önem taşımaktadır. Çeşitli veri kaynaklarından gelen yüksek miktarda olan ve hızla akan bu veriler büyük veri yöntemleri ile kullanılarak gerçek zamanlı analizler ile ulaşım projelerinde kullanılabilir. Ortaya çıkan bu veriler aynı zamanda vatandaşlar ile paylaşılarak hem veriye daha fazla katma değer kazandırılmış hem de şeffaflık ilkesi yerine getirilmiş olur. Günümüzde verinin doğal olarak açık olması gerektiği prensibi kabul görmektedir. Bunun için açık veri platformları kullanılarak elde edilecek ulaşım verileri vatandaşlar, girişimciler için bilgilenme ve ekonomiye değer katmak üzere kullanımına açılmalıdır. Bu bağlamda Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve Eylem Planı çalışmasında da büyük veri ve açık veri konusuna önem verilmiş ve veri yönetim merkezlerinin kurulması stratejik amaç olarak belirlenmiştir.

## 7. Sinyalizasyon Yöntemi

Sinyalizasyon yönetimi, özellikle şehirlerde uygulanan ve en fazla uygulama alanı bulan AUS'dir. Kavşaklarda meydana gelen yaya-otomobil karşılaşmalarında güvenliği artırabilmek için 1868 yılında Londra'da, semafor ile çalışan bir modeli hayata geçirilen; sonraki dönemlerde ABD'de elektrik ile çalışan modelleri geliştirilen sinyalizasyon sistemlerinin 1926 yılına gelindiğinde algılayıcılardan gelen veriler ile çalışan talep duyarlı uygulamaları da hayata geçirilmiştir. Sinyalizasyon sistemleri hem kavşak kapasitesini iyileştirme hem de güvenliği artırmada önemli rol oynamaktadır.

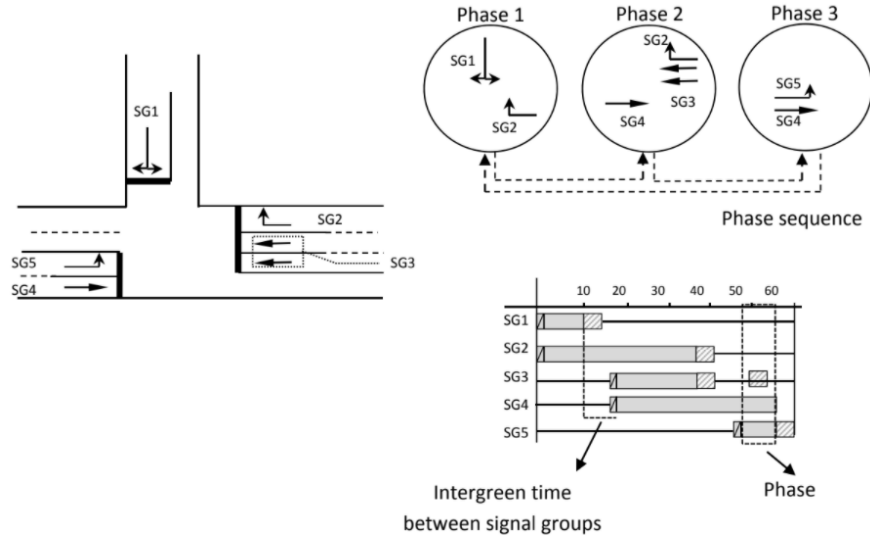
Sinyalizasyon sistemi kurulmadan önce mutlaka analiz gerçekleştirilmesi gerekir. Sinyalizasyon sistemi güvenlik, kapasite veya yönlendirme gibi nedenlerle kurulabilmektedir.

### Sinyalizasyon Kurulum Kriterleri:

- Kaza sayısı ve seviyesi,
- Kavşaklara girişteki görüş mesafesi,
- Yaya ve bisiklet sürücülerinin güvenlikleri,
- Ana ve tali yoldaki motorlu taşıt trafiğinin yoğunluğu,
- Toplu taşıma araçlarının yönlendirilmesi,
- Yaya ve bisiklet sürücülerinin trafikteki idareleri,
- Motorlu taşıtların trafikte yönlendirilmeleri,
- Karayolu ağının belli kısımlarındaki yığılmaların önlenmesi,
- Çevre kirliliği

gibi nedenler sinyalizasyon kurulum kriterleri arasında yer almaktadır (FGSV, 2015). Herhangi bir kavşakta sinyalizasyon sistemi kurulmadan önce mutlaka trafik etütleri (trafik sayımları, hız ölçümleri, kaza analizleri gibi) yapılması gerekir. Bu etütler sonucunda trafik güvenliği ve kapasite kriterleri çerçevesinde en uygun çözüm ortaya konulabilmektedir (

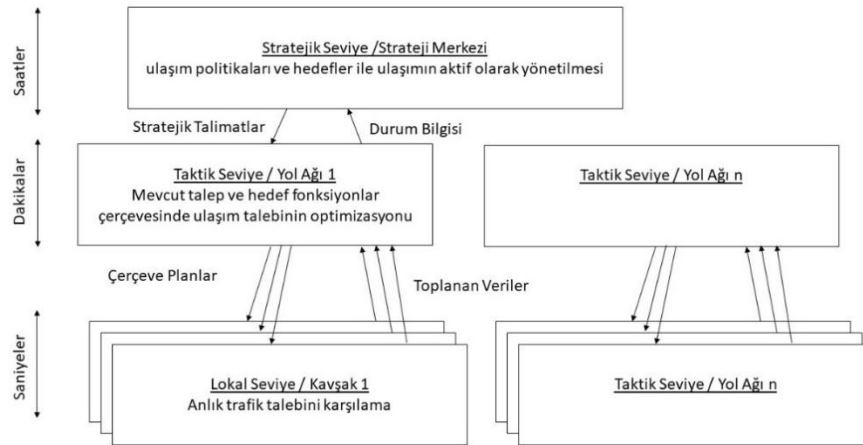
Şekil 4).



Şekil 4: Trafik Sinyal Kontrolünün Temel Bileşenleri

Kaynak: (FGSV, 2015)

Dünyada birçok araştırmacı sinyal yönetimini üç seviyeli bir mimari ile değerlendirmektedir. Örneğin Friedrich (2000) önermiş olduğu üç seviyeli mimaride strateji seviyesinde politika ve stratejiler taktik seviyede kısa vadeli taleplere cevap verilmesi, operasyonel seviyede ise anlık taleplere (örn. otobüs önceliği talebi) cevap verilmesini öngörmektedir (**Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**), (Friedrich, 2000).



Şekil 5: Üç Seviye Trafik Kontrol Sistemi Mimarisi

Kaynak: (Friedrich, 2000)

Böylece sinyalizasyon kavşaklar önceden hazırlanmış olan çerçeve planlar dâhilinde lokalde meydana gelebilecek anlık değişimlere cevap verir, ambulans, polis, toplu taşıma aracı gibi kavşaklardan duraklamadan geçmesi gereken araçlara öncelik tanıyabilirler. Benzer trafik karakteristiğine sahip kavşaklar ise gruplanarak taktik seviyede birbiri ile uyumlu planların

çalıştırılması gerekir. Stratejik seviyede ise uzun vadeli kararların uygulanmasına, toplumsal olaylar veya büyük etkinlikler için hazırlanmış senaryoların veya planların hayata geçirilmesine yönelik kararların verilmesi gerekmektedir.

Sinyalizasyon sistemleri, süreleri önceden belirlenmiş veya süreleri anlık gelen taleplere göre değişmesine göre sabit zamanlı, zamana bağlı kontrol ve trafik talebine bağlı kontrol başlıkları altında incelenmektedir. Bunlara ek olarak

#### Sabit zamanlı kontrol:

Trafik talebinin yoğunlukla göz ardı edildiği, tüm gün ve tüm yıl boyunca aynı kontrol sürelerinin çalıştığı sinyal kontrol yöntemidir.

#### Zamana bağlı kontrol:

Önceden yapılan trafik etütlerine göre belirlenmiş zamanlarda (sabah zirve, akşam zirve gibi) aynı sürelerin çalıştığı sinyal kontrol yöntemidir. Zamana bağlı kontrol yöntemi belirlenmiş zaman dilimlerinde süreler değişmediğinden yoğunlukla sabit zamanlı kontrol olarak da kullanılmaktadır.

#### Trafik talebine bağlı kontrol:

Trafik talebine bağlı kontrol yönteminde gün içinde trafik durumundaki değişiklikler dikkate alınarak sistem yeni süre üretimi gerçekleştirir. Sinyalize kavşakta bulunan algılayıcı sayısı ve yerleşimine göre trafik talebine bağlı kontrol yöntemi seçilebilir.

#### Yarı trafik uyarımlı kontrol:

Bu kontrol yönteminde sinyalize kavşakta yalnızca tali yönde veya sola dönüşler için algılayıcılar bulunmaktadır. Talebin düşük olduğu bu sinyal grupları için talep olmadığı sürece geçiş hakkı verilmemektedir. Talep oluştuğunda ihtiyaç nispetinde yeşil süresi verilir. Bu yöntem itfaiye ve hastane gibi acil durum araçlarının çıkış yapmaları gereken yerleşkelerin çıkışlarında da kullanılır. Az sayıda algılayıcıya ihtiyaç duyulur.

#### Tam trafik uyarımlı kontrol:

Tam trafik uyarımlı kontrol yönteminde bir sinyalize kavşağın tüm yaklaşım kollarında ve/veya dur çizgilerinde algılayıcılar bulunur. Bu algılayıcılardan gelen veriler ile anlık olarak talep (kavşaktan geçmek isteyen bir araç var mı?), süre (ne kadar süreye ihtiyaç var?) ve durum (bir eşik değer ile trafiğin genel durumunun sorgulanması) gibi sorguları yaparak kavşağın kontrolü sağlanır.

#### Trafiğe bağlı plan seçimi:

Bu yöntemde önceden belirlenmiş sinyal planları trafik sinyal denetleyicisine yüklenir ve çeşitli sorgular ile eğer trafik durumu önceden belirlenmiş plandaki durum ile eşleşirse o plan devreye alınır.

#### Adaptif trafik sinyal yönetimi:

Adaptif trafik sinyal yönetiminde kavşakta sinyal süreleri algılayıcılardan gelen veriler ile gerçek zamanlı olarak hesaplanmaktadır. Diğer trafik talebine bağlı yöntemlerden farkı ise trafik akım modeli kullanması ve gerçek zamanlı optimizasyon gerçekleştirmesidir. Taşıtların durma sayısı ve gecikmeleri gibi parametreleri anahtar performans göstergeleri olarak kabul eder ve optimizasyon gerçekleştirir. Dünyada en bilinen adaptif sistemler; SCOOT, SCATS, MOTION, BALANCE, OPAC VE UTOPIA/SPOT ve RHODES'tur.

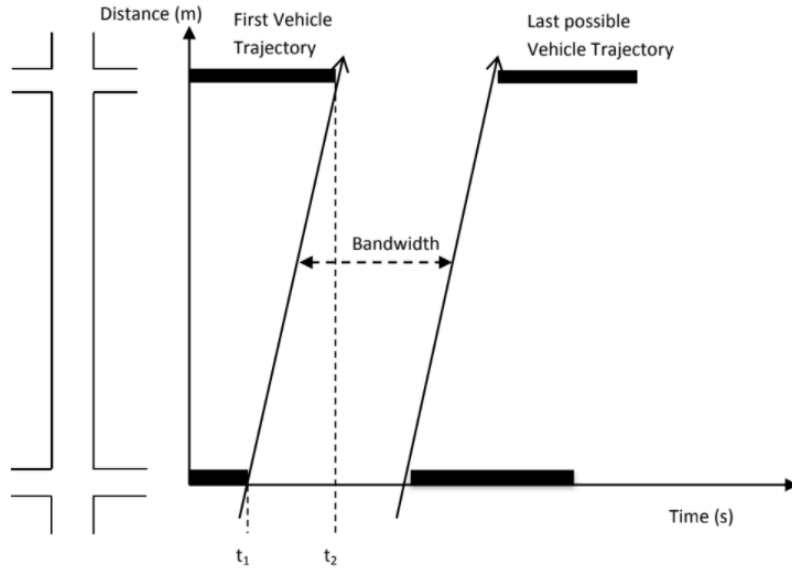
Tablo 4: Trafik Sinyalizasyonu Kontrol Yöntemleri, Avantajları ve Dezavantajları

<b>Kontrol Yöntemi</b>	<b>Avantajları</b>	<b>Dezavantajları</b>
Sabit zamanlı kontrol	Kurulum ve işletme maliyeti düşük	Trafik değişkenliklerine cevap veremez
Zamana bağlı kontrol	Kurulum ve işletme maliyeti düşük	Günlük rutin trafik değişkenliklerine kısmen cevap verir. Ani değişikliklere cevap veremez.
Yarı trafik uyarmalı kontrol	Kurulum ve işletme maliyeti orta	Trafik değişkenliklerine cevap veremez. Yalnızca kapasiteyi kısmen daha iyi kullanır.
Tam trafik uyarmalı kontrol	Trafik değişkenliklerine anlık olarak cevap verebilir. Toplu taşıma önceliğini tüm yönlerden gelen taşıtlar için sağlayabilir.	Kurulum ve işletme maliyeti yüksek
Trafik talebine bağlı plan seçimi	Trafik değişkenliklerine makro ölçekte cevap verebilir.	Kurulum ve işletme maliyeti orta. Anlık, şerit bazında değişimlere cevap veremez.
Adaptif Trafik Sinyal Kontrolü	Trafik değişkenliklerine anlık olarak cevap verebilir. Gerçek zamanlı optimizasyon ile en uygun planın seçilmesi sağlanır.	Kurulum ve işletme maliyeti çok yüksek

#### İzole ve koordineli sistemler:

İzole sistem bir sinyalizasyon kavşağın diğer kavşaklar ile herhangi bir etkileşimi olmadan yönetilmesidir. Koordineli sistem ise en az iki komşu kavşağın sinyal planlarının birbiri ile etkileşimli olarak çalışmasıdır. Koordineli sistemin en yaygın bilinen uygulaması yeşil dalga olarak bilinmektedir. Koordineli sistemde kavşaklar bir çizgi üzerinde olabildiği gibi bir ağ da oluşturabilir. Eğer kavşaklar birbirine 700 metreden daha yakın ise mutlaka koordineli olarak

çalıştırılmaları gerekir. Koordinasyonun temel şartı ise aynı devre sürelerinin kullanılmasıdır (Şekil 6).



Şekil 6: İzole ve Koordineli Sistemler

Kaynak: (FGSV, 2015)

#### Algılayıcılar:

Sinyalizasyon sistemlerinde çoğunlukla yol üzerinde algılayıcılar kullanılmaktadır. Bunların başında kablolu bir sistem olan lup algılayıcılar gelmektedir. Son zamanlarda manyetometre adı verilen kablosuz algılayıcılar da kullanılmaktadır. Pil desteği ile çalışan bu algılayıcıların pil ömürleri beş ile on yıl arasında değişmekte olup bazı modellerinde pil değişimi de mümkündür. Bunun yanı sıra kamera tabanlı algılayıcılar da sinyalizasyonda kullanılmaktadır. Görüntü işleme tekniğinin kullanıldığı bu sistemler orta bir noktaya balık gözü kamera veya her bir kavşak yaklaşımını algılayabilecek şekilde birden fazla kamera da kullanılmaktadır. Özellikle gelişmiş ülkelerde halen tartışmasız en çok tercih edilen algılayıcı luptur. Stabildir ve doğruluk oranı yüksektir. Ülkemizde ise asfalt durumundan dolayı stabil olarak çalıştırılmadığından tercih edilmemektedir ve dolayısıyla farklı arayışlara gidilmiştir. Bu nedenle çoğunlukla manyetometre veya kamera tabanlı sistemler tercih edilmektedir.

#### Sinyalizasyon sistemlerinde dikkat edilmesi gereken hususlar:

Yukarıda özet olarak sinyalizasyon sistemlerinde kullanılan tanımlar ve kullanılan yöntemlerden bahsedilmiştir. Sinyalize kavşaklar şehirlerin tüm kılcallarına dokunan AUS'nin önemli uygulamalarındandır. Ancak bu sistemler özenli bir şekilde uygulanmadıkları takdirde trafik sıkışıklığı oluşturabilirler. Sinyalize kavşaklar iyi analiz edilmediği ve bu kavşakların

süreleri gerektiği şekilde ayarlanmadığı durumda trafik sıkışıklığına neden olabilir ve katlı kavşaklar gibi hem maliyetli hem de şehrin yapısını etkileyen çözümlere yol açabilir.

Taşıt sayısının çok az olduğu bölgelerde sinyalize kavşaklar trafik güvenliği nedeniyle, çoğunlukla da yayaların karşıdan karşıya geçebilmeleri için uygulanabilirler. Sinyalize olmayan kavşaklarda beklemlerin fazla olmasından dolayı uygulanan sinyalize kavşaklarda sabit zamanlı veya sadece sabah ve akşam zirve saatler için farklı sinyal planlarının kullanıldığı zamana bağlı kontrol yönteminin kullanılması taşıt sayısı arttıkça yeterli gelmemektedir. Bu durumda şayet yaya talebi çok yoğun değilse, yaya geçişlerine talep butonları yerleştirilmeli, tali yollar varsa ve talep düşük ise algılayıcılar kurarak yarı trafik uyarımlı çözüm uygulanmalıdır. Eğer tüm yönlerde eşdeğer talep var ve bu talep gün içinde değişiklik gösteriyor ise tam trafik uyarımlı veya adaptif kontrol yöntemlerine geçilmelidir. Ancak bu yöntemler hem maliyetli hem de uygulamasında tecrübe gerektirmektedir.



## 8. Otopark Yönetimi

Park ihtiyacı bir şehirde ulaşım sağlayan otomobil, bisiklet, taksi ve kamyonet gibi hareketliliği sağlayan tüm araçlar için bir ihtiyaçtır. Bütüncül bir otopark yönetimi politikası öncelikle temel ulaşım politikalarını destekleyici yönde olmalıdır. Şehir merkezlerinde yol kenarı ve açık/kapalı olmak üzere temel olarak iki tür otopark alanı mevcuttur. Bu alanlar bir bütün olarak değerlendirilmeli ve yönetilmelidir.

Kent merkezlerinde yayalaştırma ile birlikte otopark arzının azaltılması ve ücretlendirme, otomobil ile olacak seyahatlerin azaltılmasına ve sürdürülebilir ulaşım türlerinin desteklenmesine hizmet etmektedir. Otopark yönetimi temel olarak üç başlık altında incelenebilir:

1. Planlama ve Uygulama,
2. Ücretlendirme,
3. Yönlendirme.

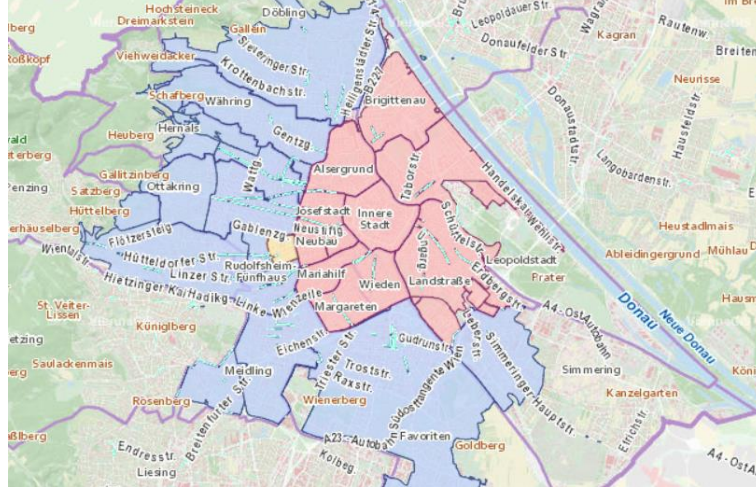
Bir şehrin ulaşım planlarında özellikle yüksek kapasiteli otopark alanlarının imar planlarında belirlenmesi ve yol üzerinde park alanlarının düzenlenmesi gerekir. Tüm yol ağı üzerinde otobüs duraklarının belirlenmesi gibi yükleme-boşaltma noktaları, taksi durakları, indir devam et noktaları (kiss and ride), engelli park alanları ve ücretli ve/veya ücretsiz diğer park alanları önceden planlanmalı ve işaretlemeleri yapılmalıdır. Bu çerçevede İBB 2017 yılında hazırlamış olduğu Otopark Master Plan çalışmasında park alanlarını yukarıdaki kriterler dikkate alarak tasarlamıştır (Şekil 7), (T.C. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2016).



Şekil 7: Otopark Planlama Örneği

Kaynak: (T.C. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2016)

Ücretlendirme çalışması şehir merkezlerinde yüksek, şehrin çeperlerine doğru gidildikçe azalan ve tüm şehri kapsayacak bir şekilde planlanmalıdır. Şehir merkezlerinde bazı caddelerin ücretlendirilmesi, bazı cadde ve sokakların ise kapsam dışında bırakılması talep yönetim politikasının zayıflamasına neden olmaktadır. Ücretlendirme hem toplu taşımayı teşvik etmesi hem de toplu taşıma sistemlerini sübvansetmesi açısından önemli bir politikadır (Şekil 8).



Şekil 8: Viyana Şehri Kademeli Park Bölgeleri

Kaynak: (City of Vienna, 2021)

Otopark yönlendirmeleri de önem arz eden bir politikadır. Zira bu yönlendirmeler hem park yeri arama trafiğini azaltabilmekte, hem de otomobil ile seyahate başlamadan önce farklı ulaşım türlerinin seçilmesine katkı sağlayabilmektedir (

Şekil 9). Bu yönlendirmeler şehir dışından gelen sürücülere önemli nokta bilgilendirmesi sunmakta ve otoparkların doluluk bilgilerini yansıtarak otoparkların dolulukları dengelenebilmektedir.



#### Şekil 9: İstanbul'da Otopark Yönlendirme Sistemi

Park et devam et (park and ride) uygulamaları şehirlerin çeperlerinde yer alan ve özellikle toplu taşıma istasyonlarına yakın yerlerde konuşlandırılırlar. Böylece ücretsiz veya düşük ücretli bu otoparklara otomobillerin bırakılması ve toplu taşıma veya servis araçları ile şehir merkezine gidilmesi hedeflenmektedir. Avrupa'nın Viyana, Berlin gibi büyük metropoller bu uygulamayı yakın kasabalara kurdukları bu otoparklar ile otomobille şehir merkezine seyahatleri azaltma yoluna gitmektedir. Araştırmalar, yürüme güzergahlarının iyileştirilmesi ile yaya yolculuklarının 1 km'e kadar çıkabileceğini göstermektedir. "İndir ve Devam Et" (kiss and ride) ise toplu taşıma istasyonları ve havalimanları gibi bölgelerde yalnızca yolcu indirme için kullanılan park alanlarıdır. Bu alanları kullanma süresi en fazla 2-3 dk ile sınırlıdır ve aracınızın içerisinde beklemeniz veya çevresinde olmanız gerekir. İndir devam et park alanları da toplu taşıma kullanmayı kolaylaştıran uygulamalar olması açısından önemlidir. Yenilikçi otopark politikaları olarak; ev ve eve ait otoparkların satışlarının birbirlerinden ayrılması, şirketlerin ücretsiz otopark imkânından vazgeçmesi, otopark arzının sınırlandırılması gibi hususlar sayılabilir. Şehir merkezlerinde otopark arzının sınırlandırılması ve ücretlendirilmesi aynı park yerinde aracın kalma süresi azalacağı için devir sayısı artacaktır. Böylece daha fazla insan aynı park alanını kullanma imkânı bulmuş olacaktır. Ücretlendirme ile ulaşım talebi toplu taşıma ve bisiklet gibi daha çevreci ulaşım araçlarına yönlendirilmiş olacağı için şehirlerde hava kirliliğinin de azalmasına sebep olacaktır. Ayrıca yönlendirme sistemleri de gereksiz yakıt tüketimi ve hava kirliliğini azaltması açısından akıllı şehirlerin önemli çözümleri arasındadır.

## 9. Ulaşım Yönetim Merkezleri

Bir ulaşım sistemi; temel olarak insan, taşıt, saha ve merkez olmak üzere dört başlıktan oluşmaktadır. Ulaşım sistemi kurulan ulaşım yönetim merkezleri ile yönetilmektedir. Bu bağlamda ulaşım yönetim merkezleri stratejinin, operasyonun ve bakım faaliyetlerinin merkezidir.

Kontrol merkezinin büyüklüğüne ve işlevine göre çeşitli amaçları olabilir:

- Mevcut kapasitenin en iyi şekilde kullanılması,
- Planlı ve plansız olayların etkilerinin azaltılması,
- Sahada bulunan cihazların yönetilmesi.

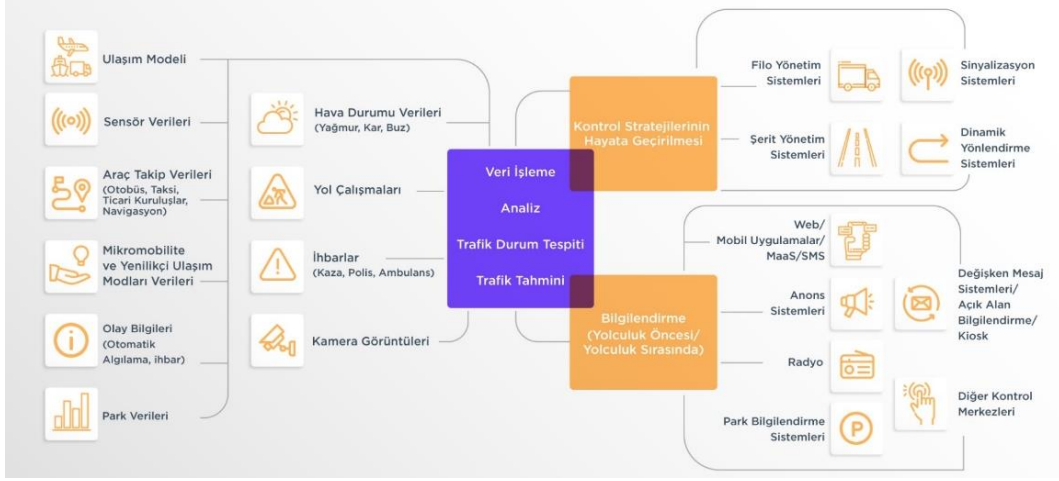
Bununla beraber yenilikçi ve entegre ulaşım yönetim merkezlerinin yukarıda bulunan amaçları yanı sıra;

- Ulaşım talebinin yönetilmesi,
- Ulaşım türleri ve sistemleri arasında entegrasyonun sağlanması,
- Acil durum araçlarının yönlendirilmesi

gibi amaçları da vardır. Eğer şehirde dinamik ücretlendirme mevcut ise park ücretlendirmesi; şerit ücretlendirmesi veya köprü ücretlendirmeleri mevcut ve bu ücretlendirmeler dinamik olarak gerçekleştiriliyor ise merkezde trafik durumuna göre bu hesaplamalar gerçekleşir. Örneğin Avusturya’da otoyollarda kurulu bulunan çevre algılayıcılardan gelen hava kirliliği verileri değerlendirilerek o otoyol kesiminde hız limitleri ayarlanmaktadır.

Şehir ulaşım yönetim merkezleri çoğunlukla karayolu ağı izleme ve sinyalizasyon yönetim merkezleri olarak kurulur ve zamanla genişler. Sahada bulunan sistem sayısı arttıkça bu sistemlerin merkez ile bağlantılarının da kurulması gerekir. Eğer şehir içerisinde farklı kontrol merkezleri mevcutsa, bu merkezlerin hem verimlilik açısından hem de iletişim ve koordinasyon açısından aynı çatı altında konuşlandırılması önemlidir. Bu mümkün değil ise söz konusu merkezlerin veri alışverişinde bulunması ve ana yönetim merkezinde entegrasyonun sağlanması gerekmektedir. Bununla birlikte ulaşım yönetim merkezlerinin Emniyet ve Acil durum birimleri ile de koordinasyon içinde olması gerekir.

Ulaşım yönetim merkezleri, şehirlerin ulaşım kararlarının da merkezidir. Stratejik, taktik ve operasyonel kararların uygulanması ve denetlenmesi bu merkezler aracılığı ile gerçekleştirilmektedir. Veri toplama, veri aktarımı, veri işleme, analiz, kontrol ve bilgilendirme faaliyetleri ulaşım yönetim merkezleri tarafından gerçekleştirilir (Şekil 10),



Şekil 10: Ulaşım Yönetim Sistemi Mimarisi

Ulaşım yönetim merkezleri aynı zamanda sahada kurulu olan AUS'nin izlenmesi, işletilmesi, yönetilmesi ve vatandaşların bilgilendirilmesi işlevlerini yerine getiren merkezlerdir. Temel görevi şehir içinde ulaşımı ilgilendiren alanlarda veri toplamak bu verileri işleyerek yönetim, denetim ve bilgilendirmeyi gerçekleştirmektir. Şekil 11'de 2018 yılında yenilenen İstanbul Ulaşım Yönetim Merkezi görülmektedir. Bu merkezde bulunan akıllı şehir yönetim yazılımı ile İstanbul trafiğini ilgilendiren tüm veriler konsolide edilmekte ve ulaşım stratejileri buna göre belirlenmektedir.



Şekil 11: İstanbul Ulaşım Yönetim Merkezi

Bir şehirde meydana gelebilecek planlı ve plansız olaylar, trafik kazaları, yol çalışmaları gibi etkinliklerin yönetimi ulaşım yönetim merkezleri tarafından yönetilir. Sorumluluk alanları yalnızca çevreyolları ve karayolu ağı olan Karayolları Genel Müdürlüğü gibi kuruluşların kendi alanları ile sınırlı kontrol merkezleri olabilir. Benzer durum Raylı Sistemler için de geçerlidir.

Ancak şehirlerde hem karayolu ağı, hem raylı sistem, hem otobüs gibi farklı ulaşım modlarının bulunması nedeniyle yönetim merkezleri tüm bu modları kapsayacak şekilde olmalıdır.

Kapsamlı bir ulaşım yönetim merkezi aşağıdaki görevleri yerine getirir:

- Olay yönetimi,
- Karayolu trafiği için trafik sıkışıklığı ,
- Trafik kontrol merkezleri,
- Bireysel ulaşım,
- Sinyalizasyon yönetimi,
- Otoyol şerit yönetimi,
- Otoyol ağ yönetimi,
- Park yönetim sistemleri,
- Tünel Yönetim Sistemleri,
- Değişken mesaj sistemleri yönetimi,
- Online bilgi servisleri yönetimi,
- Toplu ulaşım,
- Filo yönetimi,
- Yolcu bilgilendirme.

Ulaşım yönetim merkezlerinin faydaları:

- Ulaşım yönetim merkezleri paydaşları aynı merkezi paylaşıyorlarsa her alanda ileri düzeyde iletişim sağlarlar,
- Tüm alt merkezler bir noktada toplandığında personel, altyapı gibi maliyetler azalır.

Karayolu (Otoyol) kontrol merkezi genellikle Karayolları Genel Müdürlüğü uhdesinde kurulmakta ve işletilmekle birlikte İstanbul gibi metropol şehirlerde kent içi otoyollar da trafik kontrol merkezlerinde idare edilmektedir. Bu merkezler özellikle karayolu ağında veri toplama, izleme ve olay yönetimi stratejilerinin hayata geçirilmesini sağlarlar. Algılayıcılardan gelen veriler ve/veya diğer iletişim kanallarından gelen ihbarları dikkate alarak aktif trafik yönetim stratejilerini hayata geçirerek trafik kapasitesinin verimli kullanılması ve zor çevre koşullarında (yağmur, buzlanma vb. gibi) önleyici tedbir ve bilgilendirmeler ile kazaların oluşması engellenebilir. Karayolu (otoyol) kontrol merkezleri tünel kontrol merkezleri ile koordineli çalışırlar.

Kent içindeki yol ağını kontrol etmek üzere kurulan kontrol merkezleri çoğunlukla sinyalizasyon yönetimi ağırlıklı olarak çalışmaktadır. Sinyal planlarının güncellenmesi sahaya



yeni planların iletilmesi, kavşaklar arası koordinasyonun sağlanması ve arıza takibi gibi görevleri yerine getirmektedir. Kent içinde merkezi bir otopark yönetim sistemi kurulu ise, ulaşım yönetim merkezine bağlı olması gerekir.

Toplu taşıma yönetim merkezlerinin temel görevi otobüs ve tramvayların takibi ve yönetimidir. Yerel yönetimlerin sorumluluğunda bulunan toplu taşıma araçlarının ve sürücülerinin takibinin gerçekleştirildiği, iş ataması, sürücü takibi, olay yönetimi gibi faaliyetlerin yürütüldüğü bu merkezlerin işlevi saha ile iletişim kurabildiği ve veri toplayabildiği cihazların artması ile birlikte güçlenmektedir. Özellikle günümüz teknolojisinde tüm cihazlara doğrudan erişilebilmesi ile cihazlar merkezden güncellenebilmeli ve izlenebilmesi gerekmektedir. Ayrıca toplu taşıma araçları kamera sistemleri ile de donatılmaları toplumsal bir olay durumunda yerel yönetimlerin ve kolluk kuvvetlerinin işini kolaylaştırmaktadır.

## 10. Trafik Güvenliği ve Trafiğin Sakinleştirilmesi

şehirlerde akıllı ulaşım uygulamalarının önemli bir parçası da güvenli ulaşım imkânı sunulmasıdır. şehirler yayalar ile taşıtların en çok karşı karşıya geldikleri yerlerdir. Bu nedenledir ki; şehir merkezlerinde belirli hız limitlerinin üzerinde taşıtların hareketine müsaade edilmemektedir ve edilmemelidir. Zaman zaman bu yönde tartışmalar olsa da kaza riski ve sonuçları ile hızın doğrusal ilişkisi ortadadır. Tarihte, trafik sinyalizasyon sistemlerinin ortaya çıkışı da yine yaya-otomobil karşılaşmalarını güvenli bir şekilde düzenleme amacıyla olmuştur.

İnsan ve taşıtın sıklıkla karşı karşıya geldiği şehirlerde trafik güvenliği aşağıdaki faktörlerden etkilenir:

- Ulaşım altyapısının tasarımı, yol ve kavşakların fiziksel durumu,
- Ulaşım aracının türü, sayısı, teknik durumu ve hızı,
- Trafik katılımcısının (yaya, sürücü) davranışı, durumu algılaması,
- Trafik veya yaya yoğunluğu,
- Çevresel etkenler (yağmur, kar, buzlanma gibi).

Yukarıda belirtilen faktörlerin her birinde yapılacak iyileştirmeler ile kent içinde trafik güvenliği artırılabilir ve kaza, ölüm ve yaralanma sayıları da azaltılabilir. Burada başlangıç noktası, bir planlama çerçevesinin oluşturulmasıdır. Özellikle kent içerisinde çocuklar, engelliler, yayalar, bisikletliler gibi trafikte taşıtlara göre zayıf durumda olan kullanıcılar özel öneme sahip olmalıdır.

### Vizyon Sıfır:

Tüm dünyada ölümlü kazaların azaltılması yönünde “vizyon sıfır” adını verilen projeler yaygınlaşmaktadır. 1997’de İsveç’te başlayan vizyon sıfır çalışmaları bugün tüm dünyada trafik güvenliği alanındaki en önemli inisiyatiflerdendir.

### Kanuni düzenlemeler ve denetim:

Trafik güvenliğinin insanların can güvenliğini ilgilendiren bir konu olması nedeniyle trafik güvenliğini artırıcı yönde yasal düzenleme ve denetim sayısının her geçen gün artırıldığı görölmektedir. Ayrıca denetimler kurallara uymanın bir alışkanlık hale gelmesi açısından önemlidir.

### Eğitim:

Hem yaya olarak hem de taşıt kullanıcısı olarak, trafikte nasıl davranılması gerektiğinin gerek düzenli eğitimler, gerekse örnek davranışlar ile çocuk yaşta öğretilmesi gerekir. Bu kapsamda



halihazırda ilköğretim müfredatında trafik güvenliği eğitimleri verilmektedir. Ayrıca bu eğitimlerin trafik eğitim parklarında da uygulamalı olarak gösterilmesi eğitimin daha kalıcı olması açısından önemlidir. Ancak bunlarla birlikte ebeveynlerin doğru trafik davranışını bizzat yaşayarak göstermesi önemlidir. Bununla birlikte bazı düzenlemeler ve mühendislik çalışmaları ise yerel yönetimlerin çalışma yapması gereken alanlardır. Bu çalışmalar için öncelikle mevcut durum tespiti yapılması önemlidir. Şehir içerisinde kaza kara noktalarının ve risk bölgelerinin tespit edilmesi ve bir uygulama planının ortaya konulması gerekmektedir.

#### Trafik güvenliği artırıcı fiziksel değişiklikler:

Özellikle kent içinde trafik güvenliğini artırıcı fiziksel düzenlemeler trafik sakinleştirme olarak adlandırılmaktadır. Özellikle konut bölgelerinde tercih edilen bu yöntemde ilave fiziksel engeller ve/veya yol geometrisinde değişiklikler yapılarak araç sürücülerinin hızlarını azaltmaları sağlanır (Şekil 12). Bu türden trafik sakinleştirme uygulamaları düşey ve yatay uygulamalar, noktasal veya cadde boyu uygulamalar olarak görülebilir.



Şekil 12: Bern Belediyesi Trafik Sakinleştirme Uygulaması

#### Hız tümsekleri:

Hız tümsekleri iki şekilde uygulanmaktadır. Dar ve genellikle plastik malzeme ile yapılan uygulamalar, diğeri ise geniş ve genellikle asfalt veya taş gibi kalıcı malzeme ile yapılan uygulamalardır.

#### Kavşağın veya kaldırımın yükseltilmesi:

Hız tümseği olarak da görülebilecek yaya geçitlerinin yükseltilmesi uygulamasıdır. Hem yayalar hem de taşıtlar için güvenliği artırır, ancak genellikle kullanılan malzemeden kaynaklı gürültü oluşturabilir.

#### Yol yüzeyinin renklendirilmesi:

Yol yüzeyinde yapılacak renklendirme ve farklı malzeme kullanılması da trafik hızını azaltıcı etki meydana getirir.

#### Şerit daraltma:

Etkili trafik sakinleştirme yöntemlerinden birisi de şerit daraltma işlemidir. Kısmen tek bir noktada veya daha uzun bir koridor boyunca şerit daraltılarak yayaların karşıda karşıya geçmesi güvenli hale getirilebilir.

#### Dönel kavşaklar ve dönel şeritler:

Özellikle sokak kesişimlerinde mini dönel kavşaklar yapılarak hem hızı azaltma hem de yandan çarpmalı kazaların azalması sağlanabilir.

#### Yol boyunca şaşırtmalı şerit daraltma:

Özellikle konut bölgelerinde sokak boyunca hızların azaltılması için kullanılan yöntemdir. İki aracın karşılıklı geçemeyeceği dar sokak bölgelerinin oluşturulması bir örnektir.

#### Hız uyarı sistemleri:

Taşıtların güncel hızlarını ölçerek dinamik bir levha ile bildirildiği sistemler.

#### Elektronik Denetleme Sistemleri:

Hız ihlal ve kırmızı ışık ihlal tespit sistemleri agresif sürüş tarzının değiştirilmesi ve hızların azaltılması yönünde en etkili sistemlerdendir.

#### Sinyalizasyon sistemleri:

Sinyalizasyon sistemleri özellikle yaya öncelikli olarak tasarlanmalıdır. Okul geçitleri, yaşlıların yoğun yaşadığı bölgelerde yaya geçişlerinin güvenli hale getirilebilmesi için yaya sinyalizasyon sistemleri kurulmalıdır.

## 11. Erişilebilirlik

Erişilebilirlik yiyecekler, hizmetlere, aktiviteler ve destinasyonlara erişim kolaylığı olarak tarif edilmektedir. Marketler yiyecekler, kütüphaneler ve internet bilgiye erişim sağlar. Güzergahlar, yollar ve havalimanları destinasyonlara ve dolayısıyla aktiviteler erişim sağlar. İnsanlar bugün için herhangi bir erişim yöntemini kullanmıyor olsalar bile ileride bu erişime ihtiyaç duyabileceği de hesaba katılmalıdır. Örneğin, sürücüler ileride araç kullanamayacakları durumda toplu taşıma hizmetlerinin mevcut olmasına değer verebilirler. Koşu, eğlence gezileri gibi istisnai yolculuklar hariç, erişim çoğu ulaşım aktivitesinin amacıdır. Bir hafta sonu gezisi bile bir varış noktası olacağı için bu kapsamdadır (Victoria Transport Policy Institute, 2019).

Erişilebilirlik, günümüz şehir hayatının en önemli başlıklarından birisidir. Erişilebilirlik sosyal, ekonomik ve çevresel açılardan değerlendirilmekte ve zaman zaman farklı önemde kullanılmaktadır. Erişilebilirlik denildiğinde engellilerin erişimi veya hareketlilik ön plana çıkabilmektedir. Oysa erişilebilirlik tüm yönleriyle bir bütündür.

### Sosyal boyutu:

Şehir içerisinde tüm paydaşların aktiviteler ve hizmetlere erişim kolaylığı olması gerekir. Bunun için özellikle erişim zorluğu çeken engelliler için fiziksel ve/veya teknolojik düzenlemeler gerekmektedir.

### Çevre Boyutu:

Erişim için ne harcanan enerji ve ne de çevreye olan etkileri önemlidir. Bu pencereden bakıldığında dağınık yapılaşmaya sahip olan şehirler otomobil odaklı olmaları nedeniyle çevreye olumsuz etkileri daha fazla olmaktadır. Bu tarz şehirleşmede yaya, bisikletli ve toplu taşıma ile erişim kısıtlı olur, otomobille erişim tercih edilir.

### Ekonomik Boyutu:

Erişim problemi şehrin mevcut ulaşım altyapısından kaynaklı olabilir veya zamanla talebin artması ile birlikte baş gösterebilir. Her iki durumda da ekonomi etkilenir. Erişim sorunu olan bir şehirde ticaret gelişmez veya şehir var olan ticari cazibesini kaybeder. Bu nedenle ülke çapında büyük iş merkezleri erişim kolaylığı olan şehir veya bölgeleri tercih ederler, şehir içerisinde de ekonomik kriterler içerisinde kendileri için daha cazip, erişim kolaylığı olan bölgeleri tercih ederler. Otomobil trafiğini hareketliliğin bir alt kümesi olarak düşünürsek, hareketlilik de erişilebilirliğin bir alt kümesidir. Çünkü erişilebilirlik daha geniş bir perspektif ve ulaşım problemlerine daha geniş kapsamlı çözümler sunar. Örneğin daha erişilebilir bir arazi

kullanım yapısı veya hareketlilik yerine gelişmiş iletişim altyapısı veya evlere servis gibi geniş çözümlere odaklanır (Victoria Transport Policy Institute, 2020).

Arazi kullanımına ve bir ulaşım türüne göre avantajlı görünen erişilebilirlik başka bir ulaşım türü için aynı düzeyde avantajlı olmayabilir veya dezavantajlı olabilir. Sonuç olarak;

1. Otoyollar otomobil hareketliliği için tasarlanmışlardır ve genel olarak erişim kontrollü yollar olarak tarif edilir (az sayıda kavşak ve bağlantı yolu vardır). Karayolları ise maksimum erişilebilirlik için tasarlanır (çok sayıda bağlantı ve kavşak barındırır) ancak bu durumda otomobiller güvenlik içerisinde hız yapamazlar.
2. Otomobil erişimini maksimize eden arazi kullanım yapısı toplu taşıma ve motorsuz yolculuklar için düşük erişim sağlarken, toplu taşıma odaklı gelişim trafik ve park sorunu oluşturabilir (kısıtlı park imkânı ve güçlü yaya erişiminden dolayı).
3. Geniş yollar ve yüksek hızlar yaya yolculukları için bariyer olur. Dolayısıyla otomobil ve yayalar cadde tasarımında çatışır (Victoria Transport Policy Institute, 2011).

Eğer bir destinasyona otomobili olmayan bir kişi ya da engelli bir birey erişmekte güçlük çekiyorsa erişilebilirlik sorunu var demektir. Bu nedenle “şehir herkes içindir” anlayışından yola çıkarak, akıllı şehirciliğin temel prensiplerinden yönetim ve paydaşlar ile beraber karar verme ilkesi doğrultusunda tüm bireylerin hesaba katıldığı erişilebilir bir şehir tasarlanmalıdır.

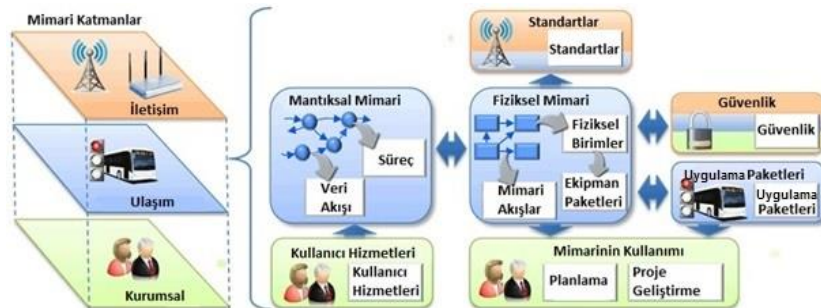
Arazi kullanım yapısı bir şehirde erişilebilirliği en çok etkileyen unsurdur. Elbette şehirler tarihten getirdikleri bir mirasa sahiptirler. Örneğin Amerika Birleşik Devletleri’nin (ABD) şehirleri otomobil odaklı tasarlanmış bir mirasa sahipken, İtalyan şehirlerinin merkezleri yaya odaklıdır. 1960’lı yıllardan sonra ulaşım politikalarındaki paradigma değişimi artık taşıtların değil, insanların hareketine ve erişmesine odaklanmaktadır. Bunun bir sonucu olarak karma arazi kullanım yapılarının (konut–işyeri aynı bölgede) tavsiye edilmesi hem erişilebilirliği kolaylaştırmakta hem de ekonomik ve çevresel perspektiften olumlu sonuçlarını ortaya koymaktadır.

## 12. Akıllı Ulaşım Sistemleri Mimarisi

Karayolu ulaşımında güvenliğin ve performansın artırılması, seyahat sürelerinin kısaltılması ve çevresel etkilerin azaltılması için çeşitli sistemler kurulmaktadır. AUS Mimarisi ise en basit ifadesi ile bu sistemlerin birlikte çalışmasını tanımlamaktadır. Bu anlamıyla AUS Mimarisi bir “sistemler sistemi” durumundadır. AUS mimarisi, sahada kullanılan akıllı ulaşım sistemlerini planlama, tanımlama ve entegrasyonu için ortak bir çerçeve sağlar. Bütün AUS paydaşlarının birlikte çalışması sonucu ortaya çıkarılan bir sistemler bütünüdür. Yalnızca teknik entegrasyon değil, organizasyonel, hukuki konuları da kapsamaktadır.

AUS mimarisi ilk olarak ABD’de 1993 yılında ulaşım kullanıcı hizmetlerinin tanımlanması ile başlamıştır. Uzun yıllar yalnızca ABD’de kullanılan AUS mimarisi sonraki yıllarda farklı ülkelerde de kullanılmaya başlanmıştır. AB ise 1997 yılında başlatmış olduğu KAREN adını verdikleri AB Projesi ile mimari çalışmalarının ilk versiyonunu 2000 yılında yayınlamıştır. Daha sonra FRAME projesi ve bugün FRAME NEXT, FRAME-S ve E-FRAME projeleri ile AUS Mimarisi projeleri AB bünyesinde devam etmiştir. Fransa (ACTIF), İtalya (ARTIST) başta olmak üzere bazı AB ülkeleri FRAME mimarisini referans alarak kendi ulusal mimarilerini geliştirmişlerdir. Almanya gibi bazı ülkelerde ise AUS Mimarisi henüz bulunmamaktadır.

Ülkeler AUS mimarileri konusunda birbirlerinin tecrübelerinden faydalanarak yeni versiyonları ortaya koymaktadır. Zira hem kullanıcı ihtiyaçları ve bunlara çözüm yöntemlerinde yeni öneriler ortaya çıkabilmektedir. AUS’de kurumsal, ulaşım ve iletişim olmak üzere üç katmanlı bir mimari söz konusudur. Mimari hazırlama çalışmaları ise kullanıcı hizmetleri veya ihtiyaçlarının tanımlanması ile başlar ve uygulama paketlerinin ortaya konulması ile tamamlanmış olur (Şekil 13).



Şekil 13: ABD Akıllı Ulaşım Sistemleri Mimarisi Topolojisi

Kaynak: (United States Department of Transportation, 2020)

AUS mimari geliştirme süreci öncelikle paydaşlar ile birlikte kullanıcı ihtiyaçlarının tanımlanması ile başlamalıdır. Bu geliştirme süreci elinizde hiçbir referans mimari olmadığı

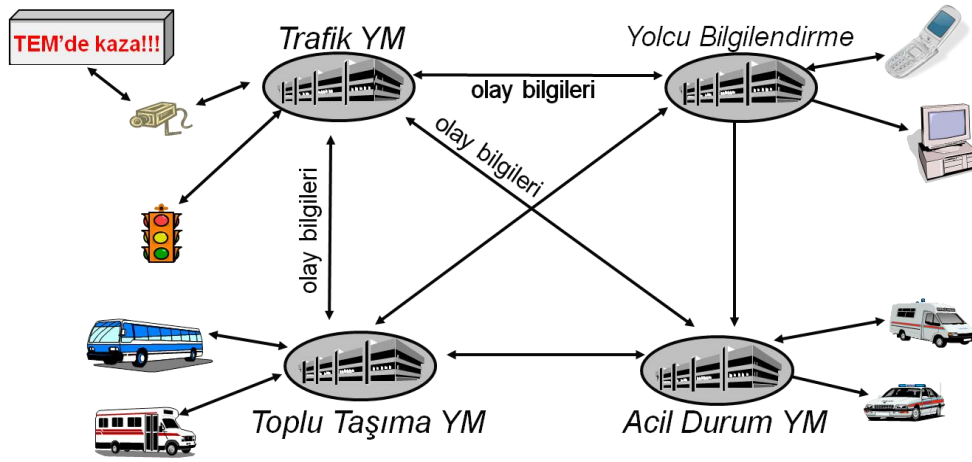
durum için geçerlidir. AB gibi kurumların ortaya koydukları referans mimariler kullanılması durumunda akıllı ulaşım uzmanlarının genel olarak kabul ettiği temel kullanıcı ihtiyaçları temel alınarak yeni ihtiyaçlar ve hizmetler tanımlanabilir.

Mantıksal mimari katmanında veri akışları ve süreçler tanımlanır. AUS'nin “ne” yapması gerektiği bu katmanda tarif edilmiş olmaktadır. Fiziksel mimari katmanında ise, mimari akışlar, fiziksel birimler ve ekipman paketleri tanımlanır. AUS'nin yönetecek temel bileşenler bu katman içerisinde tanımlanmaktadır. Uygulama paketleri ise sahada doğrudan ulaşım problemlerini çözmek için kullanılması gereken hizmetlerin tanımlanmasıdır.

Karayolları Genel Müdürlüğünün yapmış olduğu AUS Mimarisi çalışmasında aşağıdaki hizmet grupları kullanılmıştır:

- Trafik Yönetimi,
- Yolcu Bilgilendirme,
- Toplu Taşıma Yönetimi,
- Taşıt Güvenlik ve Kontrol,
- Yük ve Filo Yönetimi,
- Afet ve Acil Durum Yönetimi,
- Yol Bakım ve Yapım Yönetimi,
- Veri Arşiv Yönetimi,
- Elektronik Ücret Toplama Yönetimi,
- Yaya ve Trafik Güvenliği.

ABD'nin uygulamış olduğu AUS mimarisi daha önceki versiyonlarında merkez, saha, yolcu ve taşıt olmak üzere dört başlık altında toplanmıştır. Buna yeni versiyon ile birlikte destek sistemleri de eklenmiştir. Merkezler trafik kontrol merkezi, acil durum yönetim merkezi, toplu taşıma yönetim merkezi gibi merkezleri ifade etmektedir. Saha ise değişken mesaj sistemler, trafik sinyalizasyon sistemleri gibi sistemleri temsil etmektedir. Yolcular veya yeni adıyla yolcu cihazları ise akıllı telefonlar gibi cihazlardan oluşmaktadır. Destek sistemleri olarak ise operasyonel olmayan AUS verileri sayılabilir (Şekil 14).



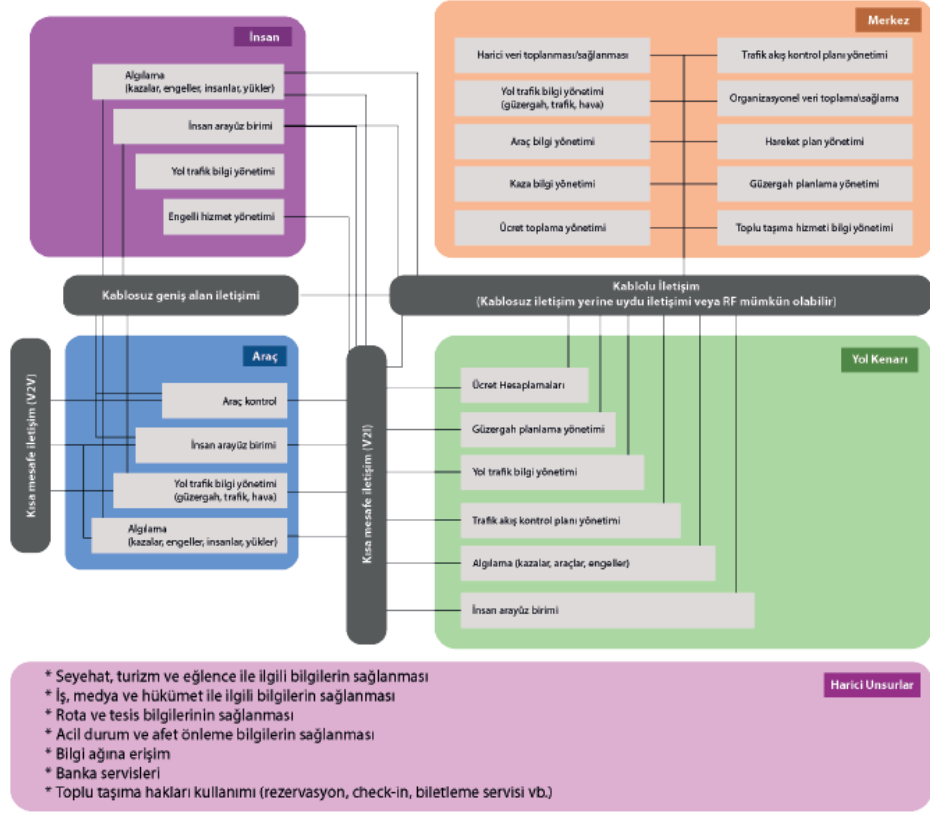
Şekil 14: Uygulama Paketi Örneği

Kaynak: (United States Department of Transportation, 2020)

Türkiye’de AUS geliştirilmesine yönelik çalışmalar 2014 yılında Karayolları Genel Müdürlüğü’nün gerçekleştirmiş olduğu proje ile başlamıştır. Bu kapsamda dünya örnekleri incelenmiş ve kamu ve özel sektör paydaşları ile yapılan çalıştaylar neticesinde Ulusal Karayolları Akıllı Ulaşım Sistemleri mimarisi hazırlanmış ve Antalya bölgesi için de pilot uygulaması gerçekleştirilmiştir.

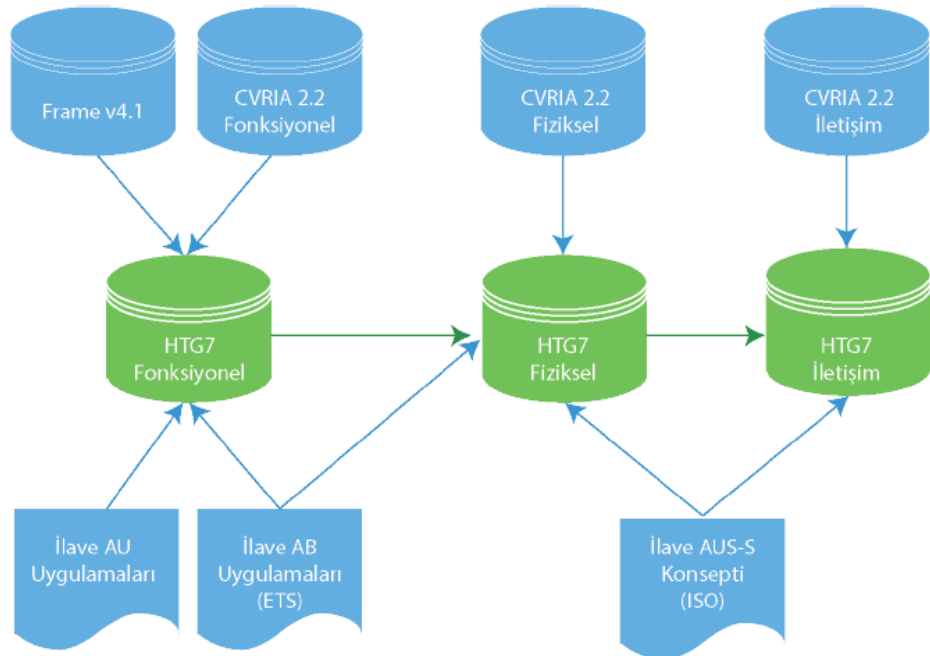
Ulusal ölçekte çerçevesi çizilen, yani olabilecek tüm sistemleri kapsayan AUS Mimarisi’nin bölgelere uygulanmasında dikkat edilmesi gereken hususlar olarak görev ve yetkiler konusunda kurumların mutabakat sağlaması, mimarinin bakım ve destek işlerinin kimin tarafından yapılacağını belirlenmesi gibi hususlar öne çıkmaktadır.

Ülkelerin kendi uyguladıkları sistemlerin entegrasyonu için geliştirilen AUS mimarilerinden sonra son zamanlarda AB ve ABD’nin geliştirmiş oldukları mimarilerin birlikte çalışabilmelerini hedefleyen ABD, AB, Japonya, Avustralya’nın bir araya gelmesiyle HARTS (Harmonized Architecture Reference for Technical Standards-Teknik Standartlar için Uyumlaştırılmış Mimari Referansı) adı verilen bir çalışma grubu oluşturulmuştur. HARTS mimarisi temel olarak ABD’nin CVRIA (Connected Vehicle Reference Implementation Architecture- Bağlı Araç Referans Uygulama Mimarisi) mimarisi ile AB’nin FRAME mimarilerinin entegrasyonundan oluşmaktadır (Şekil 15; Şekil 16).



Şekil 15: Japonya AUS Mimarisi

Kaynak: (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020a)



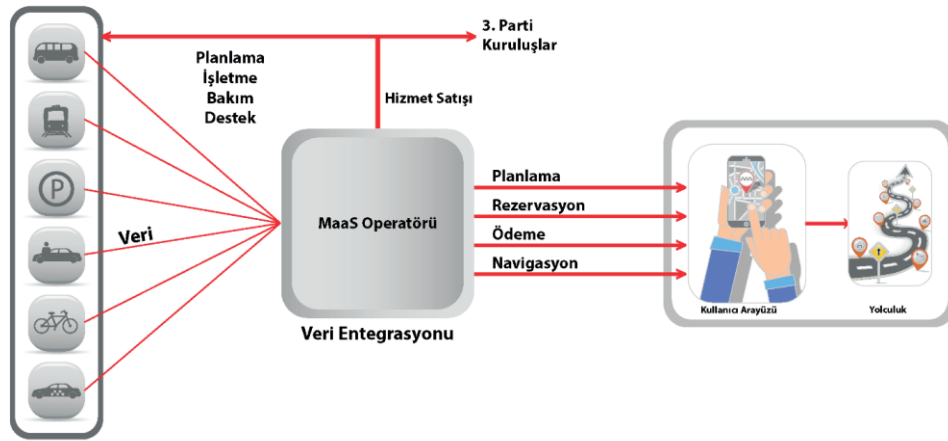
Şekil 16: HARTS Mimari Yapısı

Kaynak: (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020a)



### 13. MaaS (Mobility as a Service)-Bir Servis Olarak Hareketlilik

MaaS tüm ulaşım alternatiflerini bir platform üzerinde hizmete sunan entegre bir sistemdir. Ortaya çıkış felsefesi insanların araç sahibi olmak yerine ulaşım ihtiyaçlarının bir platformdan karşılanmasına dayanmaktadır. AB Projesi MAASiFiE, MaaS'ı "Planlama ve ödemeyi tek noktadan alışveriş ilkesine entegre ederek müşterilerin ulaşım ihtiyaçlarını karşılayan çok modlu ve sürdürülebilir mobilité hizmetleri" olarak tanımlamaktadır (Conference of European Directors of Roads, 2017), (Şekil 17).



Şekil 17: Bir Servis Olarak Mobilité

Kaynak: (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020a)

MaaS mevcut geleneksel toplu ulaşımı kullanmakla birlikte yeni bir bakış açısı getirmektedir. İnsanlar hiçbir ulaşım aracında sahip olmadan tüm ulaşım araçlarını kullanabilmektedir. Bir MaaS platformu aşağıdaki ulaşım modlarını içermeli ve ödeme sistemini de içinde barındırmalıdır:

- Toplu taşımanın her türlü modu (tren, metro, tramvay, otobüs, minibüs, vapur),
- Taksi,
- Araç kiralama,
- Araç paylaşımı,
- Mikromobilité (bisiklet, skuter kiralama).

MaaS uygulamasının başarılı olabilmesi için şu şartların oluşması gerekmektedir:

- Şehir yönetimlerinin şehirlerinde bir MaaS uygulamasını istemeleri, desteklemeleri gerekir,
- Kamu-özel ortaklığı kurulması gerekir,
- Teknoloji mimarisinin nasıl olacağı konusunda mutabık kalınmalıdır,

- Kamu toplu taşımacılığı dâhil edilmiş olmalıdır (Deloitte, 2017).

MaaS, elbette tek başına kamunun da yapabileceği bir husustur ancak çoğunlukla özel sektörün girişimi ve kamunun desteği ile gerçekleştirilmektedir. MaaS uygulamaları özellikle İskandinav ülkelerinde gelişim göstermiş bugün farklı formlarda birçok şehirde uygulanmaya başlanmıştır. Şekil 18’de hizmet olarak hareketlilik uygulamalarına örnek görülmektedir. Bu uygulamada mobil uygulama abonesi aylık ödediği ücrete göre farklı seçeneklerde ulaşım imkânlarından yararlanabilmektedir.



Şekil 18: MaaS Uygulama Örneği

Kaynak: (WhimApp, 2021)

MaaS, aynı zamanda ileride akıllı şehirlerin bileşenlerinden olan otonom araçların da önemli bir parçası olacaktır. MaaS ve otonom araçlar birlikte düşünüldüğünde şehirlerde otomobil sahipliğinin önemli oranda azalması beklenmektedir.

#### 14. Sıkışıklık Ücretlendirmesi

Kişi başına düşen yolculuğun çevreye etkisinin azaltılması, şehir merkezlerinin daha yaşanabilir olması ve bireysel otomobil yolculuklarının kısıtlanması amacıyla bazı şehirlerde kısıtlamalar yapılmakla birlikte, bazı şehirler ve bölgeler ücretlendirme politikaları uygulamaktadır. Böylece hem otomobil kullanımı azaltılmakta hem de toplu taşıma, bisiklet gibi çözümler için kaynak oluşturulabilmektedir. Bu uygulamanın arkasında otomobillerin çevreye daha fazla zarar vermesi ve bunun bedelini kullanıcının ödemesi gerektiği düşüncesi yatmaktadır. Özellikle ABD’de çevre yollarında uygulanan HOT adı verilen ücretli şeritler trafik sıkışıklığı meydana geldiği durumlarda ücreti karşılığı kullanılabilir. Bazı uygulamalarda iki veya daha fazla yolculu otomobiller bu şeritleri ücretsiz olarak kullanabilmektedir (Şekil 19).

##### Şerit ve Yol ücretlendirmesi:

Yol ücretlendirmesi kapsamında özellikle çevre yolları, iki büyük metropol şehri bağlayan otoyollardaki şeritler veya köprü, tünel gibi darboğazlar ve sıkışıklığın görüldüğü yollar ücretlendirilmektedir. Bunun yanı sıra yapılan sanat yapısının maliyetinin karşılanması için de tünel, köprü ve otoyolların ücretlendirilmesi önemli finans kaynaklarından.

##### Alan ücretlendirmesi:

Alan ücretlendirmesi aynı amaçla uygulanmakla birlikte yol ücretlendirmesine göre daha etkilidir. Şehir merkezine giren tüm caddelerin kontrol altında tutulmak zorunda olması gibi zorluklar mevcuttur, ancak şehir içinde yer alan doğal ve yapay eşiklerin varlığı denetim noktalarını azalttığı için denetimi kolaylaştırabilir (Elker, 2002). Alan ücretlendirmesi tüm bir alanı ve yoğunlukla da şehir merkezinin belirlenmiş alanını kapsadığı yolculuk öncesi otomobil kullanma kararını etkileyebilmektedir. Alan ücretlendirmesi alana giren tüm cadde ve sokakların kontrol noktalarında sistem kurulmasını gerektireceğinden bir altyapı kurulum maliyeti de gerektirmektedir.

##### Dinamik Ücretlendirme:

İster alan isterse şerit veya yol ücretlendirmesi olsun, ücretlendirme günün belirli saatlerine göre veya trafik durumuna göre dinamik olarak uygulanabilir. Böylece talebin gün içine yayılması sağlanabilir ve trafik sıkışıklığı azaltılmış olur. Örnek olarak bugün İstanbul 15 Temmuz Şehitler Köprüsü’nün ücretli olması otomobil kullanımını azaltma noktasına etkilidir. Köprülerde sabah yoğun saatlerde daha yüksek, diğer saatlerde daha düşük ve gece çok daha

düşük ücret alınması ile trafik sıkışıklığı azaltılarak yolculuk talebi gün içerisine dağıtılabilir. Günümüz ödeme teknolojileri ile dinamik ücretlendirme uygulamak oldukça kolaydır.

Alan ücretlendirmesi gibi uygulamalar maddi durum ile ilişkilendirilebildiğinden tüm dünyada uygulama sırasında tartışmalara yol açmıştır. Londra ve Stockholm şehir içi ücretlendirme çalışması sırasında önemli tartışmalar yaşamıştır. Bu şehirlerin toplu taşıma altyapılarının iyi olması önemli avantajları olmuştur. Tüm tartışmalara rağmen bu iki şehirde sonradan yapılan mülakatlar uygulamaya desteğin arttığını göstermiştir. Almanya'nın birçok kentinde ise bu tartışma devam etmekte ve genel politika olarak ücretlendirme yerine yalnızca emisyon oranı düşük taşıtların girebildikleri "çevre zonları" oluşturma benimsenmektedir. Bu tür politik tartışmaların önüne geçebilmek adına etkili bir otopark yönetim politikası da alan ücretlendirmesi yerine kullanılabilir ve kontrolsüz bir alan bırakılmamış bir otopark ücretlendirmesi de alan ücretlendirmesi ile benzer işlevi görebilmektedir.

Ücretlendirmenin doğrudan talebe etkisi konusunda şu hususun da altını çizmek gerekir: Ücretin talebe etkisi konusunda alım gücünün yanı sıra alınan ücretin kanıksanması da önemlidir. Ücret toplama sistemleri ile otomatik olarak ve genellikle aylık olarak tahsil edilen ücretler bu politikanın trafiği azaltma noktasında etkisinin azalmasına neden olmaktadır. Ayrıca kamu ve şirket araçlarının bu harcamaları gider olarak göstermeleri de yine bu etkiyi azaltmaktadır.

#### *Dünyadan örnekler:*

Yol ücretlendirmesinin en bilineni 1975 yılında sabah ve akşam zirve saatler için uygulamaya konulan Singapur Elektronik Yol Ücretlendirme Sistemidir (ERP). 1998'de sistem revize edilmiş ve araç içi üniteler ile tam otomatik ücret toplama sistemine geçilmiştir. Singapur ayrıca değişken ücret tarifelerini de uygulamaya koymuştur. Uygulamanın trafik sıkışıklığını %13 oranında azalttığı görülmüştür (United States Department of Transportation, The Federal Highway Administration, 2008).

Stockholm 2006 yılında sıkışıklık ücretlendirmesini uygulamaya başlamıştır. Önceleri destek bulamayan sistemin avantajları görüldükten sonra destek oranı yükselmiştir. Otobüs ve taksi gibi alternatif ulaşım araçlarının seyahat sürelerini kısaltmıştır. Sistem, 2007 yılında yapılan referandum ile kalıcı hale gelmiştir (United States Department of Transportation, The Federal Highway Administration, 2008). Bir diğer bilinen uygulama ise Londra'dadır. Bugün Londra kent merkezine otomobil ile seyahat etmek isteyenler günlük 8 sterlin ücret ödemek

durumundadır. Bu uygulama ile Londra trafik sıkışıklığında %15'lik bir azalma meydana gelmiştir.



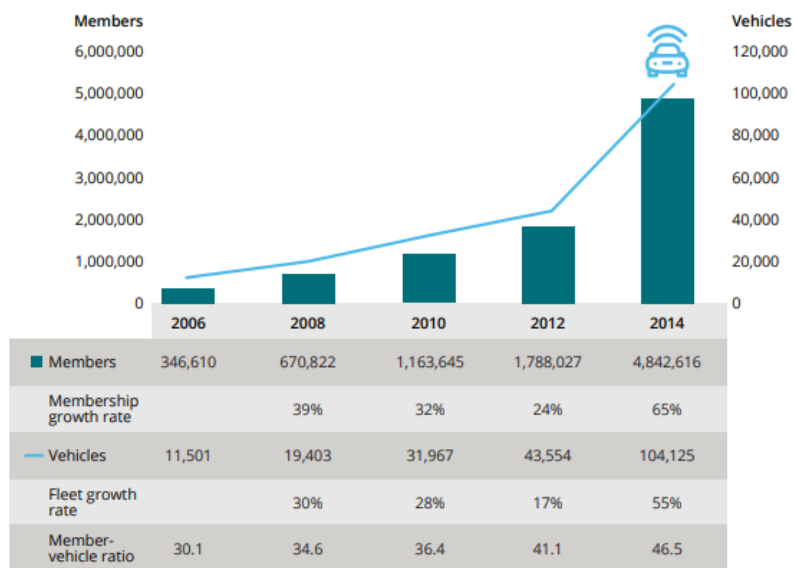
Şekil 19: Sıkışıklık Ücretlendirmesi Dünya Örnekleri

## 15. Yolculuk Paylaşımı, Araç Paylaşımı ve Araç Havuzu Uygulamaları

Bugün tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de otomobillerde ortalama kişi sayısı 1 ile 1,5 arasında değişmektedir. Bu durum otomobillerin çok fazla yer kaplamalarına rağmen çok az insan taşıdığını göstermektedir. Bu nedenle toplu taşıma araçlarının teşvik edilmesi, otomobil yerine daha az yer kaplayan taşıtların önceliklenmesi şehirlerin trafik sorunlarını çözmekte ön plana çıkmaktadır. Bu kapsamda temel yaklaşımı birbiri ile benzer olan üç yöntem vardır: Yolculuk paylaşımı, araç paylaşımı ve araç havuzu uygulamaları.

Yolculuk paylaşımı aracında boş koltukları bulunan sürücüler aynı yöne giden yolcular ile birlikte yolculuk yapmalarını ve yol masraflarından tasarruf etmelerini sağlayan anlık ya da planlı bir ulaşım yöntemidir (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020a). Avrupa’da çok uzun zamandır uygulanan, internetin yaygınlaşması ile internet tarayıcıları üzerinden, sonraları ise mobil uygulamalar ile devam eden bu uygulama halen hem araç sahibi hem yolcu için maliyet etkin bir yöntem olarak kullanılmaya devam etmektedir.

Araç paylaşımı araçların kısa süreli olarak kiralandığı ve kısa mesafeli yolculukları için kullanıldığı kiralama modelidir. Böylece yol ve park alanlarının daha etkin kullanılması amaçlanmaktadır (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020a). Dünyada araç paylaşımına rağbet gün geçtikçe artmaktadır. Bu durum akıllı şehirlerde paylaşım ekonomisinin cazibesinin artması ve insanların varlıklarını daha ekonomik kullanma eğilimi gösterdiklerinin bir işareti olarak görülmektedir. Deloitte (2017) tarafından hazırlanan Pazar Analiz raporunda da görüldüğü gibi 2006 ile 2014 yılları arasında yaklaşık 10 katlık bir artış görülmüştür (Şekil 20).



Şekil 20: Küresel Araç Paylaşım Büyüklüğü

Kaynak: (Deloitte, 2017)

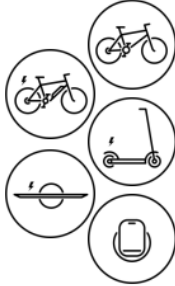
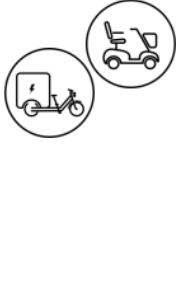


Araç havuzu uygulaması ise bir veya daha fazla özel aracın diğer kullanıcılarla organize bir şekilde paylaşılmasıdır. Kişinin sahibi olduğu özel aracını sürekli ve düzenli bir şekilde (örneğin; iş yerindeki arkadaşlarıyla) ücreti karşılığı paylaşmasıdır (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020a).

Tüm bu uygulamalar ve yöntemler ile yakıt tasarrufu, emisyonu azaltma, varlıkların etkin kullanılması, hesaplı yolculuk gibi hep çevreyi hem de vatandaşların bütçeleri perspektifinden önemli kazanımlar sunmaktadır. Örneğin hafta sonları kullanmak üzere otomobil sahibi olan bir kişinin bu aracını hafta içi günlerde düzenli olarak kiraya vermesi hem kiralayan açısından hem de kiraya veren açısından önemli kazançlar sunacaktır. Bu gibi uygulamalar mobil uygulamalar ile daha da yaygınlaşması beklenmektedir. Bu uygulamaların yanı sıra talebe bağlı toplu taşıma da talebin düşük olduğu kırsal kesimlerde vatandaş memnuniyetini artırıcı ve kaynakların daha verimli kullanılması adına yapılan yenilikçi çalışmalardandır.

## 16. Mikromobilité Uygulamaları

Uluslararası Ulaştırma Formu (ITF-International Transport Forum) mikromobilitéyi şu şekilde tanımlamaktadır: “350 kg’a kadar ağırlığa sahip, eğer varsa güç kaynağı kademeli olarak azalan ve 45 km/s hız değerinin altında bir sınırdaki kesilen cihazlar ve araçlar kullanılarak yapılan kişisel ulaşımdır.” Mikromobilité yalnızca bisiklet, kayak, paten ve ayaklı skuter gibi araçların kullanımını kapsamaktadır. Bu tanım bisiklet, e-bisiklet ve ayak itmesiyle çalışan skuter gibi insan gücüyle çalışan ve elektrik desteği olan araçları kapsamaktadır.

ITF, mikromobilité araçlarını dört sınıfta incelemektedir. Tip A ve Tip B küçük araçlar insan gücüyle çalışan araçları veya maksimum 25 km/s hız yapan araçları kapsamaktadır. Birçok bisiklet, e-bisiklet, e-skuter bu sınıfa girmektedir. Tip C ve D ise, 25 ile 45 km arası hız yapan araçları kapsamaktadır.

Type A	Type B	Type C	Type D
unpowered or powered up to 25 km/h (16 mph)		powered with top speed between 25-45 km/h (16-28 mph)	
<35 kg (77 lb)	35 – 350 kg (77 – 770 lb)	<35 kg (77 lb)	35 – 350 kg (77 – 770 lb)
			

Şekil 21: Mikromobilité Elektriksiz ve Elektrikli Çeşitleri

Kaynak: (The International Transport Forum, 2019)

Elektrikli skuter konusunda henüz tüm dünyada yeterli düzenleme olmamasından dolayı bazı ülkeler bisiklet sınıfında kabul etmektedirler. Ülkemizde ise yasal düzenleme çalışmaları devam etmektedir.

Mikromobilité hem yaya yolculuklarından hem de diğer ulaşım türleri ile yapılan yolculuklarından pay almayı sürdürmektedir (Mayor of London, 2020). Mikromobilité araçları, sunduğu avantajlar ile popülaritesini gün geçtikçe artırmaktadır (Şekil 22).





*Şekil 22: Elektrikli Mikromobilite Aracı (Skuter)*

Son yıllarda paylaşımlı elektrikli skuter kullanımı dünyada olduğu gibi ülkemizde de artış göstermiştir. Bugün 35.000 civarında paylaşımlı elektrikli skuter mevcuttur. Bu rakamın hızla artması beklenmektedir. Bununla birlikte şehirlerin altyapılarının mikromobilite için uygun hale getirilmesi de gerekmektedir. Eğer şehirler mikromobilite için uygun hale getirilebilirse otomobil yolculukları azalacaktır. Bunun için hem arazi kullanım yapılarının değişmesi hem de özel şeritler gibi fiziksel iyileştirmeler gerekmektedir.

## 17. Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri (K-AUS)

Otoyolların, çevre yollarının, daha geniş ifadesi ile karayolu ağının akıllı ulaşım sistemleri yazılım ve donanımları ile yönetilmesi “aktif trafik yönetimi” veya son zamanlarda araç-arac ve araç-altyapı haberleşmelerinin de dâhil edilmesi ile kooperatif AUS olarak da ifade edilmektedir (Şekil 23).

Aktif trafik yönetimi sistemleri ile ani gelişen tehlike durumlarına karşı trafik güvenliğinin artırılması amaçlanmaktadır ve bunun için

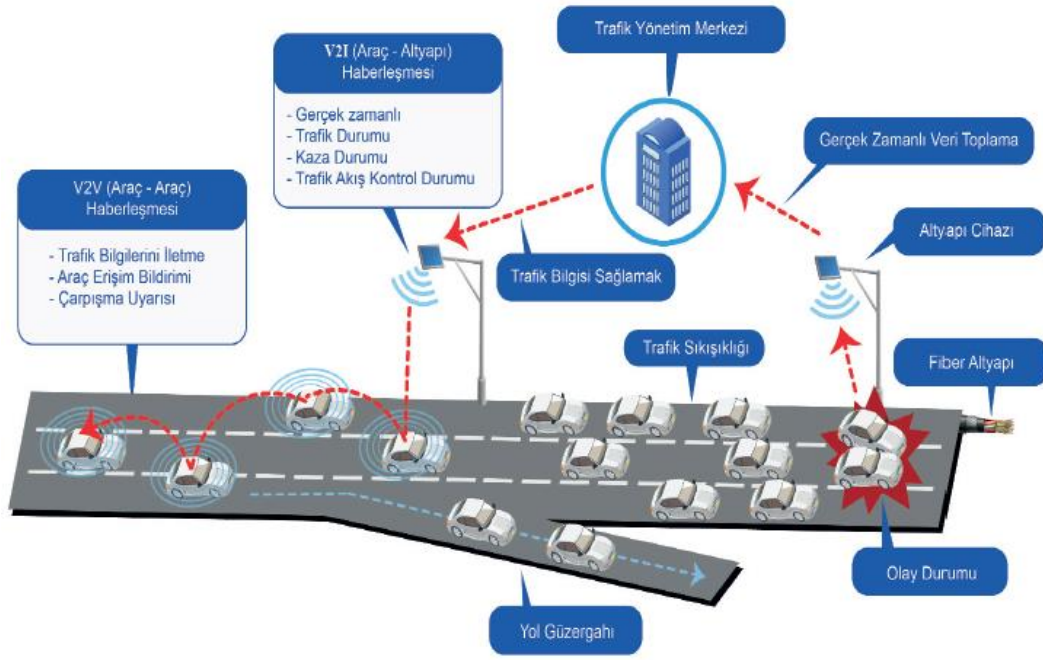
- Kaza ve sıkışıklık bilgilendirmesi,
- Hava koşulları bilgilendirmesi (sis, kayganlık, yağış),
- Yol çalışmaları bilgilendirilmesi;

Trafik akışında verimliliğin ve kapasitenin artırılması amaçlanmaktadır ve bunun için

- Hızların uyumlulaştırılması (hız sınırlandırma),
- Sollama yasağı ile ağır taşıtların sol şerit kullanmasının engellenmesi,
- Çalışma sahalarını yönetilmesi

gerekmektedir. Aktif Trafik Yönetim Sistemleri şu alt sistemlerden oluşmaktadır:

- Sabit algılayıcılar ile veri toplama,
- Araçlar üzerinden veri toplama ve araçların haberleşmesi,
- Hız ve şerit yönetimi,
- Yol ağı yönetimi,
- Emniyet şeritleri yönetimi,
- Katılım kontrolü (ramp metering).



Şekil 23: Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri (K-AUS)

Kaynak: (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020a)

K-AUS testi konusunda bir araya gelen AB ülkeleri C-Roads adı altında bir platform oluşturarak ülkeler arası AUS ve araç-arac ve araç-altyapı uygulamalarını test etmektedir. Platforma katılan ülkeler arasında Almanya, Avusturya, Belçika, Çekya, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Hollanda, İngiltere, İspanya, İsveç, İtalya, Macaristan, Norveç, Portekiz ve Slovenya bulunmaktadır. Her ülkenin kendi içinde pilot uygulamalarını belirlediği ve gerçekleştirdiği projede kamu ve özel sektörden AUS alanında faaliyet gösteren birçok kurum ve kuruluş da yer almaktadır. Kaza bilgileri, ters yön uyarısı, şok dalga, toplu taşıma sinyal önceliği, arızalı araç uyarısı gibi şehir içi ve şehirler arası yollar için çok çeşitli uygulamalar test edilmektedir (C-Roads, 2021).

## 18. Toplu Taşıma Yönetimi

Toplu taşıma sistemleri verimlilik ve sürdürülebilirlik perspektifinden bakıldığında şehirler için en önemli ulaşım sistemlerindendir. Daha fazla insanın daha az araç ile taşınabilmesi, daha az yer kaplaması toplu taşımayı önemli kılmaktadır. Şekil 24’de birçok şehirde yapılan toplu taşıma kampanyalarına bir örnek olarak verilebilir.



Şekil 24: Toplu Taşıma Sistemleri ve Otomobil Farkı

Kaynak: (The Bullet, 2018)

Geleneksel tanımlar toplu taşıma sisteminin herkese açık olması, güzergahının sabit olması, duraklarının önceden belirlenmiş olması gibi kriterler getirmiş olsa da günümüzde içerisinde yolcu sayısının artıran her türlü “Toplu Taşıma” uygulaması önemlidir. Talebe bağlı toplu taşıma gibi veya önceden rezervasyon ile durak ve güzergahının belirlenebileceği yenilikçi uygulamalar da toplu taşıma sistemleri içerisinde yer almaktadır.

Toplu taşıma sistemleri kırsal kesimlerde ihtiyaç sahipleri için minimum hizmeti yerine getirmek zorundayken bugün büyükşehirlerde sürdürülebilir bir şehir hayatı için otomobiller ile rekabet etmek, hatta otomobile önceliklendirilmek zorundadır. Bunun için hızlı ve konforlu bir toplu taşıma sistemi sunulması gerekmektedir. Gelişmiş ülkelerde tramvay ve otobüslerin sinyalizasyon kavşaklarda önceliklendirilmesi, otobüs duraklarında “cep” uygulamasından vazgeçilmesi ve otobüs şeritleri uygulamaları toplu taşımanın önceliklendirilmesine örnek olarak verilebilir. Ulaşımında erişim süresi “kapıdan kapıya” ifadesi ile mukayese edilir. Bir şehirde toplu taşıma sistemi kapıdan kapıya otomobilden daha hızlı ve mümkünse ekonomik

olmalıdır. Bunun için araştırmacılar son yıllarda, otoparkların otobüs duraklarından daha uzak noktaya kurulmasını önermektedir. Sıkışıklık ücretlendirmesi de toplu taşıma yolculuğunun otomobil yolculuğundan daha ekonomik olmasının sağlanmasından kaynaklanmaktadır.

Bir toplu taşıma sisteminin kalitesi aşağıda belirtilen parametreler ile ölçülebilir (Babalık-Sutcliffe , 2017):

- Hız,
- Servis sıklığı,
- Dakiklik,
- Güvenilirlik,
- Güvenlik,
- Konfor,
- Erişilebilirlik,
- Anlaşılabilirlik,
- Ücretin ödenebilir olması.

Yolcuların toplu taşımayı tercih etmeleri için aynı zamanda önceden verilmiş zamana uyması yani dakik ve güvenilir olması gerekir. Ayrıca konfor, otomobil yerine toplu taşıma seçilmesi açısından önemlidir. Konfor içerisinde yolcunun oturarak seyahat edebilmesi, klima, aydınlatma, telefon şarj imkânı gibi talebi artırıcı özellikler barındırmaktadır. Ayrıca toplu taşıma duraklarının yaya olarak veya bisiklet/skuter ile kolay erişilebilir olması gerekir. Erişimi veya bulunması sorunlu toplu taşıma sistemlerinin kullanım oranı düşmektedir.

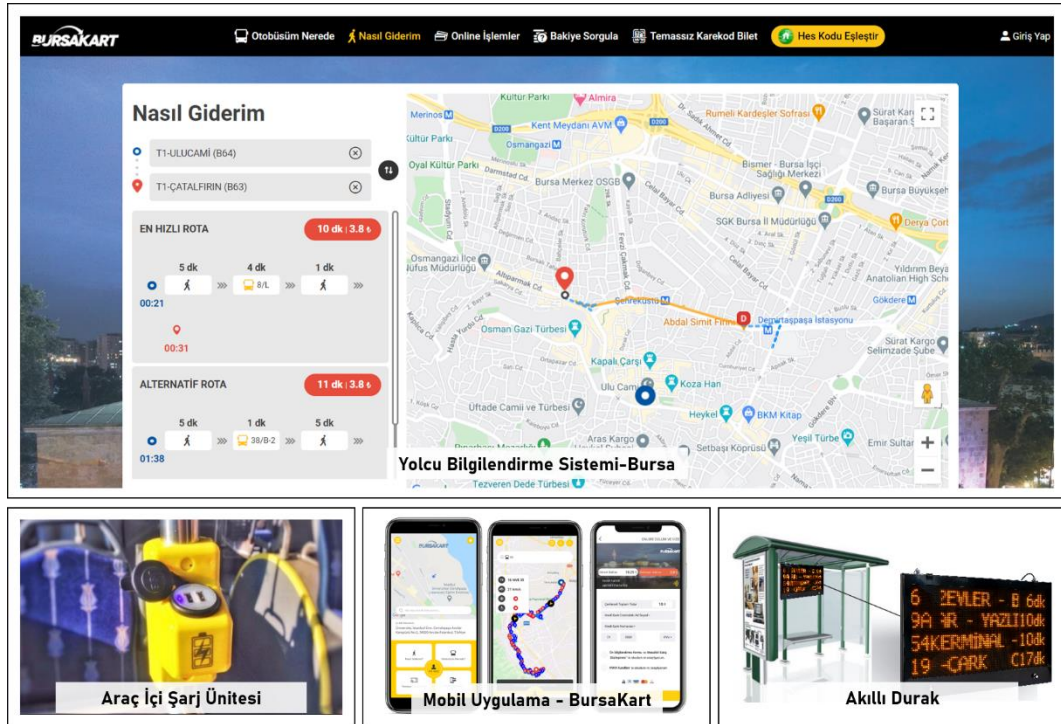
Toplu taşıma sistemlerinde teknoloji kullanımının da tüm bu sayılan parametrelerde ulaşım otoritelerine destek olması gerekmektedir. Bunun için toplu taşıma sistemleri;

- Temassız Akıllı Kartlar, Bilet (Kart) Alma ve Yükleme Makineleri, POS Dolum Cihazları, Online Bankacılık Gibi Biletleme Sistemleri,
- Validatörler, Qr Okuyucular Gibi Ödeme Sistemleri,
- Araç İçi, Durak, Web veya Mobil Yolcu Bilgilendirme Sistemleri,
- Sürücü ile İletişim Sağlayan Sürücü Kontrol Sistemleri,
- Toplu Taşıma Navigasyon Sistemleri,
- Araç İçi Yolcu Anons Sistemleri,
- Araç İçi Kamera Güvenlik Sistemleri,
- Telefon Şarj Üniteleri,
- Araç İçi Wi-Fi



gibi özellikle yolcuya dönük sistemleri barındırmalıdır (Şekil 25: ). Ayrıca

- Toplu ulaşım ağının bileşenleri olan hat, durak, güzergâh, şoför, araç vb. bilgilerin sistem üzerinden tanımı ve takibi yapılarak envanter yönetimi sağlanabildiği,
- Hat, durak, hız gibi ihlallerin takibinin yapılabildiği,
- Araç içi kameraların izlenebildiği,
- Sefer planlarının, sürücü atamalarının yapılabildiği,
- Ücret tarifelerinin belirlenebildiği ve hesaplamaların yapılabildiği,
- Sefer ve sürücü optimizasyonlarının yapılabildiği,
- Sürücü puanlaması yapılabildiği,
- Araçların yakıt tüketimi, performansı gibi özelliklerinin takibinin yapıldığı ve raporlanabildiği, hizmet kalitesinin ve verimliliğin artırılması yönelik kontrol merkezi sistemleri kurulması gerekir.



Şekil 25: Toplu Taşımada Akıllı Sistemler ve Uygulamalar

Bir şehrin toplu taşıma sisteminin kalitesini kullanım oranı belirlemektedir. Bunun en belirgin örneği Batı Avrupa ülkeleri ile ABD’de görülmektedir. Toplu taşıma sistemleri ileri düzeyde olan Batı Avrupa ülkelerinde günlük yolculuklarda otomobil kullanımı daha düşük iken Amerika’da daha yüksektir.

Mobil telefonların gelişmesi ile birlikte NFC (Near Field Communication-Yakın Alan İletişimi) ve QR (Quick Response-Karekod) ile ödeme yöntemleri de gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır.

Türkiye’de de birçok belediye bu yönde hem yazılımlarını hem de donanımlarını yenilemektedir.

Toplu taşıma sisteminin yaygınlığı, konforu gibi parametrelerin yanı sıra izleme, kontrol ve optimizasyon sistemleri ile yapılacak iyileştirmeler bu sistemlerin özellikle büyükşehirlerde günlük ulaşım için birinci tercih olarak seçilmesini sağlayacaktır.

## 19. Geleceğin Araç Teknolojileri: Elektrikli ve Otonom Araçlar

### 19.1. Elektrikli Araçlar

Elektrikli araçların tarihi otomobilin icadına kadar gitmektedir. Henüz 1834 yılında Amerikalı Thomas Davenport ilk elektrikli aracı icat etmiştir. Daha sonra 1886 yılında Alman otomotiv firması Mercedes Benz elektrikli araç üretmiştir. 1900’de ise Porsche hibrit araç geliştirmiştir. 1908 yılında ise Henry Ford ilk seri üretimi gerçekleştirmiştir (Helmers & Marx, 2012). Daha sonraki yıllarda ise fosil yakıtlı motorlara yatırım yapılmış ve özellikle otomobillerde günümüze kadar kullanılmaya devam etmiştir. Ancak otomobil dışındaki ulaşım sistemlerinde elektrik kullanılmaya devam etmiştir (örneğin trolleybüs, tren, teleferik).

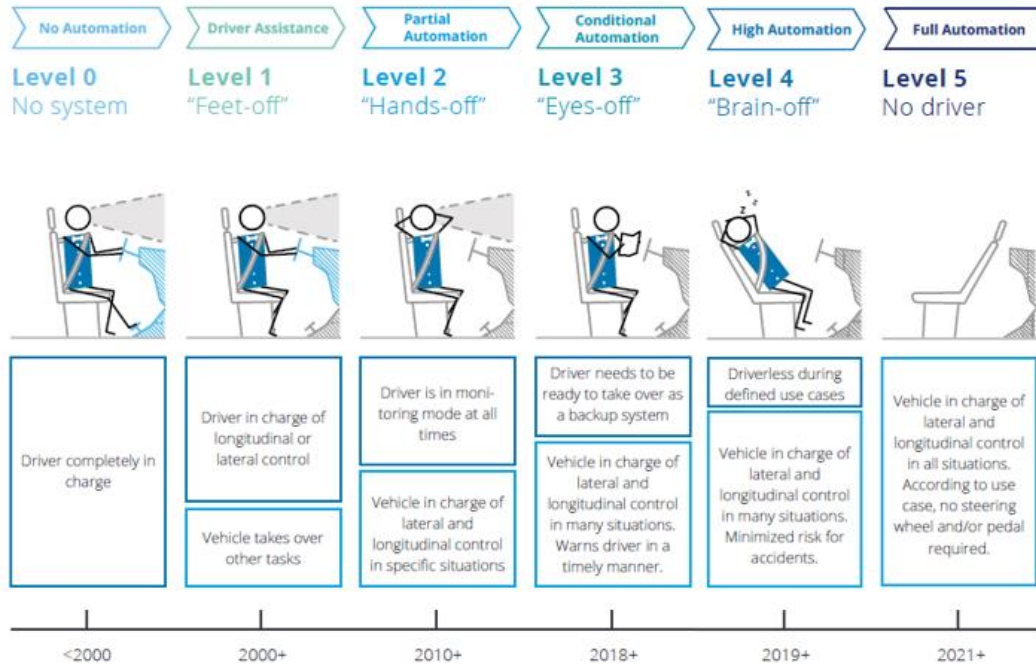
Fosil yakıtlı otomobiller yaydıkları emisyon itibariyle şehirlerde çevre kirliliğinin önemli kaynaklarından. Bu nedenle son yıllarda şehir içlerine fosil yakıtlı araçların girmesinin yasaklanması yönünde kararlar alınmaktadır. Önce dizel motorlu araçların girmelerinin sınırlandırıldığı şehirlerde 2030’larda tamamen yasaklanması gündemdedir. Bu nedenle şehirlerde oluşan hava kirliliği ve sera gazı emisyonlarının azaltılması için elektrikli araçların yaygınlaşması önemlidir. Elektrikli araçların yaygınlaşmasında iki husus kritiktir: Araç pillerinin menzili ve şarj istasyonlarında şarj sürelerinin kısılması. Bu alanlarda yapılan çalışmaların başarısı ve mevzuat düzenlemeleri ile birlikte şehirlerde elektrikli araçlar daha fazla görülmeye başlayacaktır.

### 19.2. Otonom Araçlar

Otonom araçlar ile ilgili çalışmalar son yıllarda çok fazla gündeme gelmiş olsa da aslında teknolojik serüvenin bir sonucudur. Sürüş destek sistemlerinin gelişmesi, makine öğrenmesi, yapay zekâ ve radar teknolojilerinin gelişmesinin bir sonucu olarak otonom araçlar da artık testlerin yapılması ve sahada uygulamalarının görünmesi aşamasına gelinmiştir. Bir otonom araçta çok sayıda yazılım ve donanım ihtiyacı bulunmaktadır. Aşağıda otonom araçlarda bulunan yazılım ve donanımlar listelenmiştir (Şekil 26), (Deloitte, 2019);

- Araç üzeri donanımlar: Kamera/Optik, Radar, Haberleşme donanımı, Lidar, Aktuatörler, GPS, Ultrasonic algılayıcılar, odometri algılayıcılar, araç bilgisayarı;
- Araç üzeri yazılımlar: Yüksek çözünürlüklü araç içi harita, data füzyon ve haritalama, nesne analiz algoritması, tahminleme yazılımı, karar verme, araç operasyon sistemi, süpervizör platformu
- Diğer: Data center ve bulut yazılım ve donanımları.

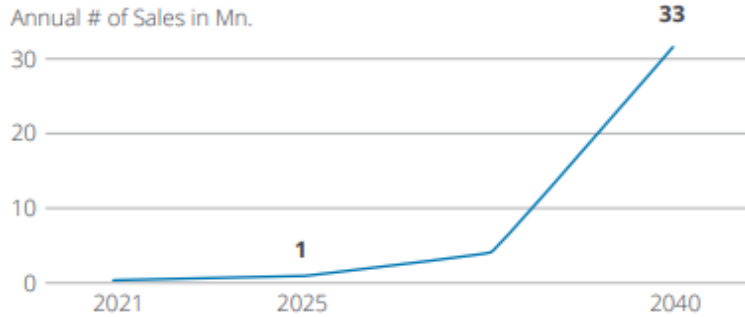




Şekil 26: Otonom Araç Seviyeleri

Kaynak: (Deloitte, 2019)

Bugün dünyada hem büyük otomotiv şirketleri hem üniversiteler hem de yeni kurulan teknoloji firmaları (start up) otonom araçlar ile ilgili çalışmalar yapmaktadır. Otonom araçlar ile ilgili çalışmalar tüm hızı ile devam ederken otonom araç pazarı ile ilgili olarak 2025 yılında 1 milyon aracın satılacağı 2040 yılına gelindiğinde ise 33 milyon otonom aracın satılacağı öngörülmektedir (Şekil 27).



Şekil 27: Otonom Araç Satışları

Kaynak: (Deloitte, 2019)

Söz konusu çalışmaların sonucu olarak 5. seviye otonom araçların tüm dünyada yaygınlaşmasıyla çeşitli mevzuat düzenlemelerine de ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun yanı sıra şehirlerde araç sayısının azaltılması ve kaynakların verimli kullanılması için otonom taşıtların

paylaşımlı olarak hizmete sunulması ve mobil uygulamalar yardımıyla (MaaS) ihtiyaç halinde çağırılması önemli olacaktır.

### 19.3. Şehir İçi Hava Ulaşımı: Hava Taksi ve Drone

Geleceğin ulaşım araçları arasında gösterilen hava taksi veya drone taksi olarak isimlendirilen uçan araçlar üzerinde de teknoloji şirketleri, bazı uçak şirketleri ile birlikte çalışmalar yürütmektedirler. Bugün gelinen nokta itibariyle şehirde yaşayan herkes için bir ulaşım imkânı sunmaktan ziyade özellikle mega şehirlerde kısıtlı kesimlerin ulaşım ihtiyacını karşılayacağı yönünde eleştiriler barındırmaktadır. Bu nedenle 2030'larda Asya'nın büyük şehirlerinde daha fazla talep göreceği öngörülmektedir (Future Agenda, 2020). Ancak bu yöndeki gelişmeler ile bu taşıtlar acil durum taşımacılığı, kargo taşımacılığı gibi ihtiyaçlar için de çözümler ortaya koyacaktır. Bu doğrultuda Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı çalışmasında da bu konuda bir eylem tarif edilmiştir.

## 20. Akıllı Şehir Lojistiği

Şehir yaşamının sürdürülebilmesi için kesintisiz devam etmesi gereken şehir lojistiği ortaya çıkardığı çevresel etkiler ve trafik sıkışıklığı ile akıllı şehirlerin önemli araştırma alanları arasında yer almaktadır. Müşteriler, satıcılar, göndericiler, alıcılar, dağıtıcılar ile birlikte kural koyucular şehirlerde lojistiğin paydaşları arasındadır (Şekil 28).



*Şekil 28: Drone ile Taşımacılık*

*Kaynak: (Amazon, 2021)*

Son yıllarda şehir yönetimleri hızlı ve çevreci bir dağıtım mekanizmasının kurulması yönünde çeşitli çalışmalar yapmaktadır. Türler arası taşımacılık, metro ve tramvay hatlarının gece kullanımı, elektrikli araçlar ile ulaşım ve yaya bölgelerinde küçük elektrikli araçlar ile dağıtım hizmetlerinin verildiği farklı modeller görülmektedir.

## **BÖLÜM V: SONUÇ VE DEĞERLENDİRME**

Ulaşım her şehrin temel ihtiyaçlarındandır ve şehirler büyüdükçe bu ihtiyaç artmaktadır. Küçük şehirlerde yaya yolculukları ile talep karşılanabilirken büyük şehirlerde motorlu taşıtlara ihtiyaç daha fazladır. Şehirlerin yapıları yolculuk uzunluklarını ve sürelerini etkileyen temel faktörlerdendir. Bu nedenle öncelikle şehir planları hazırlanırken yolculuk sürelerini kısaltan, sürdürülebilir ulaşım türlerinin cazibesinin artırılmasına dikkat edilmelidir. Çünkü şehir içinde ulaşım için harcanan zaman ve yakıt gibi ekonomik unsurların yanı sıra hava, ulaşımın gürültü kirliliği ve iklim değişikliği gibi çevresel etkilerinin azaltılması ulaşım altyapılarının tasarımı ile doğrudan ilgilidir. Bu nedenle şehirlerde yaşam kalitesinin artırılması için ulaşım talebinin doğru yöntem ve teknikler ile planlanması ve uygulanması gerekmektedir.

Akıllı ulaşım kullanılarak, bilgi ve iletişim sistemlerinin de desteği ile ulaşım ihtiyacının daha ekonomik ve inovatif yöntemler ile çözülmesi sağlanabilir. Bunun için öncelikle ihtiyacın doğru bir şekilde tespit edilmesi, bu ihtiyacın karşılanabilmesi için hangi yöntem ve tekniklerin uygun olacağının belirlenmesi ve uygulanması gerekir. Bununla birlikte yapılan uygulamalarının hedefler ile uyumlu olup olmadığının kontrolü ve denetlenmesi de ayrıca önemlidir.

## BÖLÜM VI: KAYNAKÇA

- Amazon. (2021, Ocak 3). *Amazon Prime Air*. Amazon Web Sitesi: <https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?ie=UTF8&node=8037720011> adresinden alındı
- Aslan, M. M. (2018). *Akıllı Kent Uygulamaları Üzerine Bir İnceleme : Kahramanmaraş Örneği*. Hatay: T.C. Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Ana Bilim Dalı.
- Babalık-Sutcliffe , E. (2017). Toplu Taşıma Sistemleri. T. KILINÇARSLAN içinde, *Kentsel Ulaşım Ulaşım Sistemi-Toplu Taşıma-Planlama-Politikalar* (s. 127-177). İstanbul: Nivona Yayınları.
- Boltze, M. (2003). Intermodales Verkehrsmanagement: Standortbestimmung und Hinweise zur Weiteren. *European Journal of Navigation*, 60-63.
- City of Vienna. (2021, Ocak 3). *Parking; Transportation & Urban Planning: City of Vienna*. City of Vienna Web Sitesi: <https://www.wien.gv.at/english/transportation/parking/shortterm.htm> adresinden alındı
- Conference of European Directors of Roads. (2017, Mart). *Action Plan: MAASiFiE Project Results*. Conference of European Directors of Roads Web Sitesi: <https://www.cedr.eu/strategic-plan-tasks/research/cedr-call-2014/call-2014-mobility/maasifie-project-results/> adresinden alındı
- C-Roads. (2021, Ocak 3). *Platform: About*. C-Roads Web Sitesi: <https://www.c-roads.eu/platform/about/about.html> adresinden alındı
- Deloitte. (2017, Ocak 23). *Documents: Deloitte Review: The rise of mobility as a service; Reshaping how urbanites get arounds*. Deloitte Web Sitesi: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/consumer-business/deloitte-nl-cb-ths-rise-of-mobility-as-a-service.pdf> adresinden alındı
- Deloitte. (2019, Ocak). *Industries; Consumer; Articles: Autonomous Driving: Hype or Reality? Moonshot Project with Quantum Leap from Hardware to Software & AI Focus*. Deloitte Web Sitesi: [https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/be/Documents/Deloitte\\_Autonomous-Driving.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/be/Documents/Deloitte_Autonomous-Driving.pdf) adresinden alındı
- Deloitte; Vodafone. (2016). *Akıllı Şehir Yol Haritası*. İstanbul: Deloitte ve Vodafone.

- Elker, C. (1999). Çağdaş Ulaşım Politikaları. II. Ulaşım ve Trafik Kongresi-Sergisi (s. 175-184). Ankara: TMMOB Makina Mühendisleri Odası Ankara Şubesi Yayınları.
- Elker, C. (2002). *Ulaşımında Politika ve Pratik*. Ankara: Gölge Ofset.
- Elker, C. (2004). Ulaşımında Karar Zamanı. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 25-28.
- European Environment Agency. (2020, Kasım 23). *Topics and Subtopics; Climate Change Mitigation*. European Environment Agency Web Sitesi: <https://www.eea.europa.eu/themes/climate/intro> adresinden alındı
- FGSV. (2015). *Richtlinien für Lichtsignalanlagen - Lichtzeichenanlagen für den Straßenverkehr*. Köln: FGSV Verlag GmbH.
- Friedrich, B. (2000, Ocak). *Article: STEUERUNG VON LICHTSIGNALANLAGEN, BALANCE - EIN NEUER ANSATZ*. Researchgate Web Sitesi: [https://www.researchgate.net/publication/239550555\\_STEUERUNG\\_VON\\_LICHTSIGNALANLAGEN\\_BALANCE\\_-\\_EIN\\_NEUER\\_ANSATZ](https://www.researchgate.net/publication/239550555_STEUERUNG_VON_LICHTSIGNALANLAGEN_BALANCE_-_EIN_NEUER_ANSATZ) adresinden alındı
- Future Agenda. (2020, Mayıs 5). *Foresight; Focused Foresight: Future of Autonomous Vehicles*. Future Agenda Web Sitesi: <https://www.futureagenda.org/focus-on/the-future-of-autonomous-vehicles/> adresinden alındı
- Helmets, E., & Marx, P. (2012). Electric Cars: Technical Characteristics and Environmental Impacts. *Environmental Sciences Europe*, 2-15.
- İETT. (2021, Ocak 3). *Tarihçe: Kronolojik Tarihçe*. İETT Web Sitesi: <https://iett.istanbul/tr/main/pages/kronolojik-tarihce/32> adresinden alındı
- İSBAK. (2021, Ocak 3). *Hakkımızda: Tarihçe*. İSBAK Web Sitesi: <https://www.isbak.istanbul/hakkimizda/tarihce/> adresinden alındı
- Mayor of London. (2020, Mart 25). *Meetings, Agendas and Minutes: Microbilty and Active Travel in the UK*. Mayor of London Web Sitesi: <https://www.london.gov.uk/about-us/londonassembly/meetings/documents/s82223/Appendix%2020-%20Micromobility%20and%20Active%20Travel%20in%20the%20UK.pdf> adresinden alındı
- Milliyet Gazetesi. (1929, Mart 19). İstanbul'da İlk Sinyalizasyon Sistemlerinin Kurulması. *Haberler*.

- Murat, Y. S., & Gündoğan, F. (2019). Chapter 8: Turkey. K. T. Tian içinde, *Global Practices on Road Traffic Signal Control Fixed-Time Control at Isolated Intersections* (s. 117-137). Elsevier Inc.
- Öztürk, M. (2017). *Basılı Yayınlar*. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre ve Şehir Kütüphanesi Web Sitesi: [http://www.cevresehirkutuphanesi.com/assets/files/slider\\_pdf/k5ZJrB8L2eyV.pdf](http://www.cevresehirkutuphanesi.com/assets/files/slider_pdf/k5ZJrB8L2eyV.pdf) adresinden alındı
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2019a). *Strateji ve Eylem Planı: 2020-2023 Ulusal Akıllı Şehir Stratejisi ve Eylem Planı*. Akıllı Şehirler Web Sitesi: <https://www.akillisehirler.gov.tr/wp-content/uploads/EylemPlani.pdf> adresinden alındı
- T.C. İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2016). *İstanbul Otopark Ana Planı*. İstanbul: T.C. İstanbul Büyükşehir Belediyesi.
- T.C. İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2018). *İstanbul Persona Analizi*. İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi.
- T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü. (2014). *Akıllı Ulaşım Sistemleri Türkiye Raporu*. Ankara: T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü.
- T.C. Lüleburgaz Belediyesi. (2020, Temmuz 7). *Haber: Bisiklet Taksiler Pedala Bastı*. T.C. Lüleburgaz Belediyesi Web Sitesi: <https://luleburgaz.bel.tr/bisiklet-taksiler-pedala-basti/> adresinden alındı
- T.C. Manisa Büyükşehir Belediyesi. (2021, Ocak 3). *Projeler: %100 Elektrikli Otobüs Projesi*. T.C. Manisa Büyükşehir Belediyesi Web Sitesi: [https://www.manisa.bel.tr/Projeler/d191\\_100-elektrikli-otobus-projesi.aspx](https://www.manisa.bel.tr/Projeler/d191_100-elektrikli-otobus-projesi.aspx) adresinden alındı
- T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2020a, Ağustos 5). *Basın Odası; Duyurular: Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı*. T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Web Sayfası: <https://www.uab.gov.tr/uploads/announcements/ulusal-akilli-ulasim-sistemleri-strateji-belgesi-v/ulusal-akilli-ulas-im-sistemleri-strateji-belgesi-ve-2020-2023-eylem-plani.pdf> adresinden alındı
- T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2020b, Aralık 16). *Basın Odası: Haberler: Türkiye'nin En Akıllı Otoyolu Hizmete Açıldı*. T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Web Sitesi:

<https://hgm.uab.gov.tr/haberler/turkiye-nin-en-akilli-otoyolu-hizmete-acildi?PageSpeed=noscript> adresinden alındı

The Bullet. (2018, Mart 6). *Public Goods: The Case for Free Public Transport*. The Bullet Web Sitesi: <https://socialistproject.ca/2018/03/case-free-public-transport/> adresinden alındı

The International Transport Forum. (2019, Ekim 18). *Files: Safe Micromobility*. The International Transport Forum Web Sitesi: [https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/safe-micromobility\\_1.pdf](https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/safe-micromobility_1.pdf) adresinden alındı

United States Department of Transportation. (2020, Kasım 30). *Home: United States Department of Transportation*. United States Department of Transportation Web Sitesi: <http://local.iteris.com/arc-it/> adresinden alındı

United States Department of Transportation, The Federal Highway Administration. (2008, Eylül). *Publications: Congestion Pricing - A Primer: Overview*. United States Department of Transportation The Federal Highway Administration Web Sitesi: [https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop08039/cp\\_prim1\\_00.htm](https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop08039/cp_prim1_00.htm) adresinden alındı

Victoria Transport Policy Institute. (2011, Mart 1). *Documents: Measuring Transportation*. Victoria Transport Policy Institute Web Sitesi: <https://www.vtpi.org/measure.pdf> adresinden alındı

Victoria Transport Policy Institute. (2019, Kasım 6). *TDM Encyclopedia*. Victoria Transport Policy Institute Web Sitesi: <https://www.vtpi.org/tdm/tdm84.htm> adresinden alındı

Victoria Transport Policy Institute. (2020, Temmuz 5). *Documents: Evaluating Accessibility for Transport Planning*. Victoria Transport Policy Institute Web Sitesi: <https://www.vtpi.org/access.pdf> adresinden alındı

WhimApp. (2021, Ocak 3). *Home*. WHIMAPP Web Sitesi: <https://whimapp.com/> adresinden alındı