

**T.C.  
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**KARAYOLLARINDA KIŞLA MÜCADELE  
GÜZERGÂHLARININ BELİRLENMESİ,  
İSTANBUL ÖRNEĞİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**AHMET KÖSE**

**İSTANBUL, 2017**



**T.C.  
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ**

**KARAYOLLARINDA KIŞLA MÜCADELE  
GÜZERGÂHLARININ BELİRLENMESİ,  
İSTANBUL ÖRNEĞİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**AHMET KÖSE**

**Tez Danışmanı: YRD. DOÇ. DR. AYBİKE ÖNGEL**

**İSTANBUL, 2017**

**T.C.**  
**BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ**

Tezin Adı: Karayollarında Kışla Mücadele Güzergâhlarının Belirlenmesi ve İstanbul Örneği  
Öğrencinin Adı Soyadı: Ahmet Köse  
Tez Savunma Tarihi: 05.01.2017

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

İmza  
Prof. Dr. Nafiz ARICA  
Enstitü Müdürü

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

İmza  
Yrd. Doç. Dr. Aybike ÖNGEL  
Program Koordinatörü

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

\_\_\_\_\_ Jüri Üyeleri \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ İmzalar \_\_\_\_\_

Tez Danışmanı  
Yrd. Doç. Dr. Aybike ÖNGEL

-----

Ek Danışman  
Prof. Dr. Tuncer TOPRAK

-----

Üye  
Yrd. Doç. Dr. Nilgün ÇAMKESEN

-----

## ÖZET

### KARAYOLLARINDA KIŞLA MÜCADELE GÜZERGÂHLARININ BELİRLENMESİ, İSTANBUL ÖRNEĞİ

Ahmet Köse

Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Aybike Öngel

Ocak 2017, 70 Sayfa

Kar fırtınası, donan yağmur, sulu sepken gibi meteorolojik hadiseler yoldaki sürtünmeyi azaltırken, yol güvenliği açısından tehlike oluşturur. Kış koşullarında yolları açık tutmak için İstanbul Büyükşehir Belediyesi farklı mücadele yöntemleri kullanmaktadır. Ancak, bu yöntemlerin verimliliği bilinemediğinden, kışla mücadele faaliyetleri için bir strateji geliştirilme ihtiyacı bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında, en verimli kışla mücadele güzergâhlarının belirlenmesi ve kışla mücadele karar destek sisteminin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Farklı hava koşullarında yürütülen kışla mücadele çalışmaları için literatür araştırması yapılmış ve İstanbul'da yürütülen çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Farklı ülkelerdeki kışla mücadele araçları ve ekipmanlarının verimliliği değerlendirilmiş ve ülkemiz ile kıyaslanmıştır. Kışla mücadele güzergâhları hava koşulları, yol sınıflandırması, trafik akış hızı, ilçe nüfusu, araç sayıları ve tecrübeli insanların görüşleri göz önünde bulundurularak Bulanık Mantık Çıkarım modeli ile yeniden belirlenmiştir. Ayrıca güneş, yağmur ve karın trafik akışına olan etkisi de hesaplanmıştır.

Kar ve yağmurlu hava koşullarında karayollarında hız ve kapasite değerlerinde düşüş yaşandığı bu çalışmayla ortaya konmuştur. Kış koşullarıyla mücadelede öncelikli güzergâhlar Bulanık Mantık Çıkarım Modeli kullanılarak yeniden oluşturulmuş ve bu güzergâhlar için araç ve ekipman sayıları belirlenmiştir. Sonuçlar İstanbul Kışla Mücadele Eylem Planı ile "Yol Bakım Karar Destek Sisteminin" geliştirilmesi için kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kış Koşulları, Önemli Güzergâh, Bulanık Mantık, Karayolu, Trafik Akışı.

## ABSTRACT

### WINTER MAINTENANCE STRATEGIES FOR THE HIGHWAY NETWORK OF ISTANBUL METROPOLITAN MUNICIPALITY

Ahmet Köse

Urban Systems and Transportation Management

Thesis Supervisor: Assist. Prof. Dr. Aybike Öngel

January 2017, 70 Pages

Snow, freezing rain, and sleet may reduce road surface friction and jeopardize traffic safety. The most popular mean of transportation in Istanbul is road transportation. In order to keep roads clear, Istanbul Metropolitan Municipality has been applying different winter maintenance strategies. However, the efficiency of these strategies are unknown and there is a need to develop a guidance on implementation of the winter maintenance activities. This study aimed to determine the most efficient winter maintenance activity and develop a winter maintenance decision support system.

A literature search on winter maintenance in different conditions was conducted and compared with those conducted in Istanbul. The efficiency of different winter maintenance vehicles and equipment were evaluated and compared. The priority routes for winter maintenance has been evaluated using Fuzzy Logic Models based on weather conditions, road classes, traffic flow rates, district population, and expertise of transportation department personnel who is responsible of winter maintenance. The effects of rainfall and snow on traffic flow were also evaluated.

It was shown that there is a significant reduction in speed and capacity of highways during rain and snow events. The priority routes for winter maintenance were selected using Fuzzy Logic Model and the winter maintenance vehicles and equipment were assigned to each priority route. The results were used to develop Istanbul Winter Maintenance Action Plan and Istanbul Winter Maintenance Decision Support System.

**Keywords:** Winter Maintenance, Route Prioritization, Fuzzy Logic, Highway Network, Traffic Flow.

## İÇİNDEKİLER

TABLolar	vii
ŞEKİLLER	viii
KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
1.1 ÇALIŞMANIN AMACI	2
1.2 ÇALIŞMANIN ÖNEMİ	3
2. LİTERATÜR TARAMASI	5
2.1 DÜNYADA KIŞLA MÜCADELE ÇALIŞMALARI	7
2.1.1 Danimarka	7
2.1.2 Finlandiya	8
2.1.3 Fransa	10
2.1.4 Almanya	11
2.1.5 Amerika Birleşik Devletleri	12
2.1.6 İngiltere	14
2.1.7 Norveç	15
2.1.8 İsveç	17
2.1.9 İzlanda	18
2.2 DÜNYADA KIŞLA MÜCADELE KİYASI	19
2.3 TÜRKİYE'DE VE İSTANBUL'DA KIŞ ŞARTLARIYLA MÜCADELE ...	20
2.4 KARAYOLLARI ULAŞIMINI ETKİLEYEN OLUMSUZ HAVA OLAYLARI VE İSTANBUL UYGULAMALARI	22
2.4.1 Yollardaki Buzlanma, Çiy, Kırağı, Yağmur, Kar	22
2.5 KARAYOLLARINDA BUZLANMA KONTROL YÖNTEMLERİ	27
2.5.1 Karayollarında Buzlanmanın Önlenmesi (Anti-icing)	27
2.5.2 Karayollarında Buzlanmanın Giderilmesi (De-icing)	28
2.6 İKLİM	29
2.6.1 Türkiye İklimi	29
2.6.2 Marmara ve İstanbul İklimi	31
3. VERİ VE YÖNTEM	32
3.1 KIŞLA MÜCADELEDE GÜZERGÂH BELİRLENMESİ	32

<b>3.2 BULANIK MANTIK (FUZZY LOGIC) .....</b>	<b>32</b>
<b>3.2.1 Bulanık Kümeler .....</b>	<b>33</b>
<b>3.2.2 Bulanık Mantığın Kullanıldığı Bazı Uygulamalar .....</b>	<b>33</b>
<b>3.3 TRAFİK AKIM DEĞİŞKENLERİ .....</b>	<b>34</b>
<b>3.4 İSTANBUL İLÇE NÜFUS SAYILARI.....</b>	<b>37</b>
<b>3.5 İSTANBUL İLÇE ARAÇ SAYILARI.....</b>	<b>38</b>
<b>3.6 İSTANBUL ANAARTER ULAŞIM AĞI .....</b>	<b>39</b>
<b>4. BULGULAR.....</b>	<b>40</b>
<b>4.1 HAVA KOŞULLARININ TRAFİK AKIŞINA ETKİSİ.....</b>	<b>40</b>
<b>4.1.1 Hava Olayları Etkisi Altında Trafik Akımının Değişimi .....</b>	<b>40</b>
<b>4.2 BULANIK MANTIK MODELİ KURULMASI.....</b>	<b>47</b>
<b>4.2.1 3. Derece Güzergâh Yolları (Çatalca Kestanelik Köyü).....</b>	<b>48</b>
<b>4.2.2 2. Derece Güzergâh Yolları (Sarıyer İlçesi Hacıosman ile Zekariyaköy Arası Orman İçi Yolu) .....</b>	<b>53</b>
<b>4.2.3 1. Derece güzergâh yolları (D-100 Zincirlikuyu-Okmeydanı arası)..</b>	<b>57</b>
<b>4.3 BULANIK MANTIK METODUNA GÖRE YENİDEN BELİRLENMİŞ KIŞLA MÜCADELE GÜZERGÂHLARI.....</b>	<b>61</b>
<b>5. TARTIŞMA .....</b>	<b>63</b>
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>64</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>66</b>



## TABLolar

Tablo 2.1: Dünyada kışla mücadele kıyası .....	20
Tablo 2.2: İBB’de kışla mücadelede kullanılan kimyasalların stratejisi.....	26
Tablo 2.3: Tuzun yolda kalma süresi .....	27
Tablo 3.1: İstanbul ilçe nüfus sayıları .....	37
Tablo 3.2: İstanbul ilçe araç sayıları .....	38
Tablo 4.1: Güneşli günlere ait yoğunluk-akım hacmi ve hız değişimleri .....	42
Tablo 4.2: Yağmurlu günlere ait yoğunluk-akım hacmi ve hız değişimleri .....	44
Tablo 4.3: Karlı günlere ait yoğunluk-akım hacmi ve hız değişimleri .....	46
Tablo 4.4: Kestanelik köy yolu, nüfus, araç sayısı, kar için bulanık mantık modeli ...	49
Tablo 4.5: Kestanelik köy yolu, nüfus, araç sayısı, kar için bulanık mantık modeli taban yazılımı .....	50
Tablo 4.6: Kestanelik köy yolu, nüfus,-araç sayısı-kar, yağmur ve yol durumu için bulanık mantık modeli.....	51
Tablo 4.7: Kestanelik köy yolu, nüfus,-araç sayısı-kar, yağmur ve yol durumu için bulanık mantık modeli taban yazılımı.....	52
Tablo 4.8: Hacıosman-Zekeriyaköy arası yol için, nüfus, araç sayısı, kar için bulanık mantık modeli.....	53
Tablo 4.9: Hacıosman-Zekeriyaköy arası yol için, nüfus, araç sayısı, kar için bulanık mantık modeli taban yazılımı.....	54
Tablo 4.10: Hacıosman-Zekeriyaköy arası yol için, Nüfus,-Araç sayısı-kar, yağmur ve yol durumu için Bulanık Mantık Modeli.....	55
Tablo 4.11: Hacıosman-Zekeriyaköy arası yol için, Nüfus,-Araç sayısı-kar, yağmur ve yol durumu için Bulanık Mantık Modeli Taban Yazılımı.....	56
Tablo 4.12: Zincirlikuyu-Okmeydanı arası yol için, nüfus, araç sayısı, kar için bulanık mantık modeli.....	57
Tablo 4.13: Zincirlikuyu-Okmeydanı arası yol için, nüfus, araç sayısı, kar için bulanık mantık modeli taban yazılımı.....	58
Tablo 4.14: Zincirlikuyu-Okmeydanı arası yol için, nüfus,-araç sayısı-kar, yağmur ve yol durumu için bulanık mantık modeli .....	59
Tablo 4.15: Zincirlikuyu-Okmeydanı arası yol için, Nüfus,-Araç sayısı-kar, yağmur ve yol durumu için Bulanık Mantık Modeli Taban Yazılımı.....	60

## ŞEKİLLER

Şekil 2.1: Danimarka yol ağı.....	8
Şekil 2.2: Finlandiya yol ağı .....	9
Şekil 2.3: Fransa yol ağı.....	10
Şekil 2.4: Almanya yol ağı.....	12
Şekil 2.5: Amerika Birleşik Devletleri yol ağı.....	13
Şekil 2.6: İngiltere yol ağı.....	15
Şekil 2.7: Norveç yol ağı.....	16
Şekil 2.8: İsveç yol ağı .....	17
Şekil 2.9: İzlanda yol ağı.....	18
Şekil 2.10: BEUS ve Hava Tahmin İstasyonlarının Dağılımı .....	23
Şekil 2.11: İstanbul'daki köprü ve viyadüklerde bulunan buzlanma uyarı levhası ile DMS uyarıları.....	23
Şekil 2.12: Türkiye Donlu (Buzlanma) Gün Sayısı .....	24
Şekil 2.13: Çiy görüntüsü.....	24
Şekil 2.14: Kırağı görüntüsü .....	25
Şekil 2.15: Haramidere-Beylikdüzü arası sabit buzlanma önleyici spreyleme sistemi	28
Şekil 2.16: Türkiye İklim Bölgeleri .....	30
Şekil 2.17: Türkiye'de yıllık ortalama yağışın alansal dağılımı .....	30
Şekil 2.18: Türkiye'de ortalama sıcaklıkların alansal dağılımı .....	31
Şekil 3.1: Temel eğriler arasındaki ilişkiler .....	35
Şekil 3.2: İstanbul ana ulaşım yolları.....	39
Şekil 4.1: D100 Karayolu, 176 numaralı RTMS için güneşli havalarda Akım Hacmi, Yoğunluk ve Hız değişimleri .....	42
Şekil 4.2: D100 Karayolu, 176 numaralı RTMS için yağmurlu havalarda Akım Hacmi, Yoğunluk ve Hız değişimleri .....	44
Şekil 4.3: D100 Karayolu, 176 numaralı RTMS için karlı havalarda Akım Hacmi, Yoğunluk ve Hız değişimleri .....	46
Şekil 4.4: Örnek olarak incelenen 176 numaralı trafik sensörünün konumu.....	47
Şekil 4.5: İki aşamalı bulanık mantık modeli .....	48
Şekil 4.6: Değişken bulanık kümeleri .....	48
Şekil 4.7: İBB kışla mücadele güzergâhları .....	61
Şekil 4.8: İBB kışla mücadele güzergâhları bekleme noktaları .....	62

Şekil 4.9: İBB metrobüs yolu kışla mücadele güzergâhları..... 62

## KISALTMALAR

AB	:	Avrupa Birliği
AKOM	:	Afet Koordinasyon Merkezi M¼d¼rl¼đ¼
ATEGO	:	Y¼kl¼ halde maksimum 18 ton kapasiteli, 4x4 ¼eker arazi tipi y¼ksek kamyonudur.
ATS	:	Ara¼ Takip Sistemi
AWOS	:	Otomatik Meteoroloji G¼zlem İstasyonu
BEUS	:	Buzlanma Erken Uyarı Sistemi
İBB	:	İstanbul B¼y¼kşehir Belediyesi
İMKB	:	İstanbul Menkul Kıymetler Borsası
İSTKA	:	İstanbul Kalkınma Ajansı
İTO	:	İstanbul Ticaret Odası
İT¼	:	İstanbul Teknik Üniversitesi
KGM	:	Karayolları Genel M¼d¼rl¼đ¼
MGM	:	Meteoroloji Genel M¼d¼rl¼đ¼
PIARC	:	D¼nya Yol Birliği Teşkilatı
RITIS	:	B¼lgesel Entegre Ulaşım Bilgi Sistemi
PTO KAMYON	:	Motor g¼¼ çıkışlı kamyonudur. PTO'ya hidrolik ekipman takılarak elde edilen g¼¼le tuz serpme ve kar k¼reme ¼alıřmaktadır.
TKM	:	Trafik Kontrol Merkezi
THY	:	T¼rk Hava Yolları
UNIMOG	:	Y¼kl¼ halde maksimum 13 ton kapasiteli, 4x4 ¼eker arazi tipi y¼ksek kamyonudur.
VMS	:	Değişken Mesaj Panoları
WMO	:	D¼nya Meteoroloji Teşkilatı
YBAKDB	:	Yol Bakım ve Altyapı Koordinasyon Daire Başkanlığı

## 1. GİRİŞ

İnsanların, hayvanların, üretilen mal ve hizmetlerin bir yerden başka bir yere taşınmasına ulaşım veya ulaştırma denir. Bir ülkede ulaşım yollarının uzunluğu, sıklığı, niteliği, taşıtların çokluğu o ülkenin ekonomik gelişmişliğinin bir göstergesidir. Ülkemizde 1950'den sonra ulaşım yollarının sıklaşması ve ulaşım araçlarının yaygınlaşması nedeniyle sanayi ve ticarete büyük gelişmeler meydana gelmiştir. Ülke ekonomilerinin gelişmesi ve üretkenliğinin sürdürülebilmesinde ulaşım hayati önem taşımaktadır. Ülkemizdeki ulaşımı etkileyen faktörlere kısaca bakacak olursak; **Yer şekilleri;** Dağların çok yer kaplaması, sıradağların doğu-batı yönünde uzanması, yükselti ve engebenin fazla olması ulaşımı zorlaştırmaktadır. Ayrıca yer şekillerinin karmaşık olması köprü, viyadük ve tünel yapımını zorunlu hale getirmesi ulaşım yatırım maliyetlerini artırmaktadır. **İklim;** Buzlanma, don, kar, sis, yağmur, fırtına vb. meteorolojik hadiseler ulaşımı olumsuz etkiler. Ayrıca çığ ve heyelan olayları da karayolu ve demiryolu ulaşımını zorlaştırmaktadır. **Doğal ve Ekonomik Faktörler;** Yol, köprü, tünel yapımı ve bakımı, gerekli ilk yatırım maliyeti, teknik iş gücü ve inşaat makinaları ulaşımı etkileyen doğal ve ekonomik faktörlerdir. Başlıca Ulaşım Tipleri; Kara, Demir, Deniz ve Havayollarıdır(URL 1).

Bu çalışmada karayolu ulaşımını etkileyen iklimsel faktörlerin özellikle kış mevsimindeki ulaşımına olan etkisi ile İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) sorumluk alanındaki 4,000 km'lik ana ulaşım ağındaki karayolunun kışla mücadele dönemindeki "kar küreme" ve "tuz atma" araçlarının güzergahları iklim, ana ulaşım ağı, ilçe bazındaki nüfus ve araç sayıları göz önünde bulundurularak Bulanık Mantık Yöntemine göre yeniden 1., 2. ve 3. derece ulaşım yolları şeklinde belirlenecektir.

Karayolları ülke ekonomilerinin gelişmesinde ve üretkenliğinin sürdürülebilmesinde hayati önem taşımaktadır. Karayolu taşımacılığı üretimin yapıldığı yerden tüketim noktalarına kadar aktarmasız ve hızlı taşıma yapılmasına imkân verdiği için, diğer taşıma türlerine göre daha fazla tercih edilmektedir. Ekonomik kalkınma ve toplum refahının gelişmesinde önemli bir yer tutan karayolu taşımacılığı, kendi sektöründe başlı başına

ekonomik bir faaliyet sunduğu gibi diğer sektörlerle de çok yakın ilişkisi bulunmakta ve bu sektörleri olumlu veya olumsuz yönde etkileyen bir hizmet türüdür. Günümüzde özellikle kara, hava, demiryolu ve deniz yollarındaki taşımacılık, gelişen ekonomi ile birlikte büyük önem kazanmıştır. İnsanların ya da üretilen ürünlerin bir yerden bir yere taşınması, zamanında ulaşması ekonomik açıdan oldukça önemlidir (Gökdemir 2013).

Kar yağışı, yağmur ve yollarda ortaya çıkan buzlanma karayolu üzerindeki trafik güvenliğini zorlaştıran, dolayısıyla beklenen hizmet düzeyini büyük ölçüde düşüren en önemli faktörlerden biridir. Kar yağışı, buzlanma ve fırtınanın etkili olduğu yol kesimlerinde, yol ile taşıt tekerlekleri arasındaki sürtünmenin azalması trafiğın normal akışını zorlaştırırken, can ve mal kayıplarıyla sonuçlanan trafik kazalarına neden olmaktadır. Karayolunda seyir güvenliğinin sürekliliği ve beklenen hizmet düzeyinin sağlanması için, kar yağışı ve buzlanmanın etkili olduğu kesimlerde, kar ve buz kontrolü çalışmalarının düzenli olarak yapılması gerekmektedir. Kar yağışı ve buzlanmanın görüldüğu birçok ülkede, karayollarından sorumlu kurumlar, kış bakımı çerçevesi içerisinde kar ve buz kontrolü programları geliştirmişlerdir(Ağar ve Kutluhan 2001).

## **1.1 ÇALIşMANIN AMACI**

Ülkemiz Akdeniz iklim kuşağında yer almaktadır. Bu iklim kuşağının en belirgin özelliği yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağışlı geçmesidir. Ülkemizin üç tarafının denizlerle çevrili olması, dağların uzanışı ve yeryüzü şekillerinin çeşitlilik göstermesi, farklı özellikte iklim tiplerinin ve yağış rejimlerinin doğmasına yol açmaktadır. Ülkemizde dört mevsim yaşanmaktadır. Bu çalışmada kış mevsiminde meteorolojik faktörlerin trafik akımına etkisi sadece serbest akım bölgesi kullanılarak incelenecektir. Elde edilen sonuçlar modellenerek hava olaylarının trafik akışına olan etkisi ortaya konacaktır. Ülkemizde birçok kurum “kışla mücadele” etmelerine rağmen yazılı bir belge olmadığı gibi kurumlar arasında herhangi bir standartta yoktur. Ölümlü ve yaralanmalı trafik kazalarında yüzde 37’lik pay ile 1. sırada araç hızını yol, hava ve trafiğın gerektirdiği şartlara uydurmamak gelmektedir(Trafik Güvenliği Dairesi Başkanlığı, 2015). Bu da hava ve yol şartlarının trafik için ne kadar önemli bir etken olduğunu gözler önüne sermektedir.

Bu çalışmada dünyanın gelişmiş ülkelerinde kışla mücadelenin nasıl yapıldığı anlatılarak ülkemiz ile kıyası yapılacaktır. Çalışmanın sonucunda “İstanbul Kışla Mücadele Eylem Planı” ile birlikte “Yol Bakım Karar Destek Sistemi” standartları ortaya konacaktır.

İstanbul sanayisi, ticareti, kültürü, turizmi ve eğitimi ile ülkemizin en kalabalık nüfusuna sahip kentidir. Ülke ekonomisinde İstanbul’un payı toplamın yarısı kadardır. Olumsuz hava koşullarının sebep olduğu ekonomik kayıp miktarları hakkında 22 Ocak 2004 tarihindeki kar fırtınasının ekonomiye yaptığı etkileri İTO’nun yaptığı araştırmaya dayanarak inceleyecek olursak, en az 1 milyar Türk Lirasıdır (Gökdemir, 2013). 15-18 Şubat 2015’te 4 günlük kar fırtınasında THY 200 Milyon Euro zarar ettiğini duyururken, bu defa Borsa kapanmasa da, kamu ve özel sektörün iş gücü kaybı 300 milyon Euro civarında olduğu, toplamda 500 milyon Euroluk maddi kayıp olduğu ilgili kurumlarca hesaplanmıştır. Olumsuz hava koşullarının trafik akışına etkisi herkesçe bilinmekte olup, tüm bu olumsuzlukların hem maddi, hem manevi, hem de kamuda saygınlık (prestij) kaybına neden olduğu bilinmektedir. Yağmur, kar, fırtına vb. olumsuz hava koşullarını hafife almak ve gerekli önlem ve tedbirleri almamak ülke ekonomisinden, eğitime, turizme kadar birçok zararı dokunmaktadır. Bu nedenle kışla mücadele döneminin bilimsel yöntemler doğrultusunda planlanarak yapılması, olası can ve mal kayıplarını en aza indirecektir. Bu tez çalışması başta İBB olmak üzere kışla mücadele eden kurum ve kuruluşlara kılavuzluk edecektir.

## **1.2 ÇALIŞMANIN ÖNEMİ**

Kış mevsiminde hava ve karayollarında yağmur, kar, sis, fırtına, buzlanma vb. hava koşulları ile mücadelede en önemli bakım stratejisi, koruyucu ve zarar azaltıcı bakım yöntemidir. Olay meydana gelmeden önce alınacak tedbirlerle (risk ve zarar azaltma) kriz yönetimi yerine afet yönetimi uygulayarak olası can ve mal kayıpları azaltılabilir. Kışla mücadelede ortaya çıkabilecek olumsuz hava koşullarını meteorolojik gözlem ve ölçümlere dayanarak tahmin edilmesi ve gereken önlemlerin zamanında alınması için 2007 yılı sonunda İBB buzlanmayı 3 saat öncesinden tespit eden, yoldaki kırağı, kimyasal oranını, sis, pus, fırtına, yağmur, çiy, kar vb. hadiseleri tespit eden Buzlanma Erken Uyarı Sistemi (BEUS) kurmuştur. BEUS İstanbul’un ana ulaşım yolları olan

TEM, D-100 (E-5) gibi ulaşımın ana omurgasını teşkil eden köprü, viyadük ve kritik noktalara kurulmuştur. Ulaşımı rahatlamak için yeni yapılan Yavuz Sultan Selim Köprüsü ve ulaşım yolu ağına kurulan 15 yeni BEUS ile sayı 43'e çıkarken, 7 farklı Araç Takip Sistemi (ATS) ve her birinin farklı yazılımı nedeniyle yaşanan karmaşanın ortadan kaldırılması için yeniden tek tip ATS kurulmuştur. Ayrıca, örnek proje olarak buzlanmayı önlemek amacıyla Beylikdüzü-Haramidere arasına yaklaşık 2 km uzunluğunda sabit solüsyon püskürtme sistemi kurulmuş, tuz ve solüsyon kullanımıyla ilgili tüm kar küreme şoför ve ilgililere eğitimler verilmiş, üst köprü, hastane ve okul önleri, metro, otobüs ve şehir hat durakları önlerinin hangi ekiplerce nasıl ve hangi yöntemlerle temizleneceği tespit edilmiş, bu konuda üst köprülerin çoğunda bulunan demir aksam nedeniyle tuz serpmeye yerine ilaçlama yöntemine benzer organik metal ve çevreye duyarlı buz önleyici solüsyon püskürtme yöntemine geçilmiş, yola dökülecek kimyasalların ne oranda ve ne sıklıkta döküleceği, karın ne şekilde küreneceği gibi konularda Avrupa Birliği (AB) standartları baz alınarak uyum sağlanmıştır. Geçmişten günümüze İstanbul başta olmak üzere ülkemizde kışla mücadele çalışmaları uzman kişilerin geliştirdikleri yöntemlerle yapılmakta olup yazılı bir doküman bulunmamaktadır. Bilim dünyası ise kışla mücadele konusunda değişik çalışmalar yapmış olsa da, konunun tamamını kapsayacak şekilde bir çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Kamu kurumlarında ortalama 1-2 yılda bir değişen idareciler nedeniyle her kış döneminde mevcut güzergâhlar değiştirilmekte ve zaman zaman sıkıntılar yaşanmaktadır. Tüm bunları ortadan kaldırmak için İBB'nin kışla mücadele güzergâhı İstanbul 9 bölgeye ayrılarak belirli bilimsel yöntemler doğrultusunda yeniden çizilmiş ve bu çizimler bilgisayar yazılımı ile modellenerek standart haline getirilmiştir. 2016 kışından itibaren yeni belirlenen her güzergâh için sabah ve akşam trafiği de göz önünde bulundurularak araçların bekleme noktaları da yeniden tespit edilmiştir. Kışla mücadelede yeni güzergâhların tespitinin yanı sıra, herhangi bir olumsuzluk yaşanması durumunda en yakın güzergâhtaki aracın sorunlu yere sevkıyatı planlanmıştır. Birbiriyle ilişkili ve çok karmaşık tüm bu çalışmalar bu tez konusunda toparlanarak başta ülkemiz olmak üzere dünyaya örnek olacak bir çalışma konusu haline getirilmiştir.



## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Karayollarında kışla mücadele konusunda önceden yapılan çalışmalar arasında (literatürde) çok sayıda ulusal ve uluslararası kitaplar ile bilimsel yayınlar bulunmasına rağmen, kışla mücadele güzergâh seçimlerinin ne şekilde yapıldığı hususunda yeterli yöntem bulunamamıştır. Bunun en büyük nedeni güzergâh seçiminin genelde tecrübeyle yapılması ve yazılı belgeler haline getirilmemesidir. En kapsamlı kış çalışmaları arasında Maryland Üniversitesi'nin Ar-Ge Laboratuvarı'nda geliştirilen Bölgesel Entegre Ulaşım Bilgi Sistemi yani RITIS (Regional Integrated Traffic Information System); kışla mücadele eden birimlerin farkındalık kazanmaları, performanslarının ölçülmesi ve kendi aralarındaki işbirliğinin geliştirmesini hedeflemektedir. RITIS sistemi kışla mücadele eden birimler arasındaki iletişim, performans, ölçüm, gösterge tablosu, analiz sonuçları, veri paylaşımı, dağıtımı ve arşivleme ile ilgili birçok bilgiyi analiz ederek Kışla Mücadele Karar Destek Sistemi konularında çalışmalar yapmaktadır (CATT Lab., 2015). Demmer (2014) tarafından Kış koşulları yol bakım vizyonu adlı makale ile Hikka ve diğ. (2016) tarafından Finlandiya'da karayolları üzerindeki soğuk bölgeler araştırılmış olup; topografik ve iklim şartlarına göre yollarda hangi kesimlerin daha soğuk olacağını tespit (buzlanacağı) ve harita üzerinde gösterimi yapılmıştır. Buna benzer bir proje de İBB, İSTKA ve İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü'nün ortaklığında İstanbul için meteorolojik risk haritaları şeklinde hazırlanmıştır. Her iki çalışmadaki amaç karayollarındaki riskli bölgelerin (köprü, viyadük, rüzgara açık yollar vb.) önceden tespit edilmesiyle araç, ekipman ve personelin en etkin şekilde kullanılması hedeflenmiştir. Konečný, (2014) tarafından hazırlanan raporda ise; Çek Cumhuriyeti kış bakım karar desteği çalışmasında; geçmişten günümüze kışla mücadelede alınan aşamalar ile araç tipinden personel sayısına kadar birçok bilgiye yer verilmiştir. Luntun ve Fu (2015) tarafından hazırlanan makalede; Kanada'da Kış Koşulları Yol Yüzey Durumu İzlenmesi ve Akıllı Telefon Tabanlı Sistem ile Alan Değerlendirmesi ile kış mevsiminde asfalt yüzey koşullarının cep telefonu üzerinden takip edilmesi sağlanabilmektedir. Buna benzer bir çalışma İBB'ye ait Trafik Kontrol Merkezi'nin web sayfası ve cep uygulaması da bulunmakta olup bu bilgiler sürücülerle anlık olarak paylaşılmaktadır. Pukhlov (2014) tarafından yazılan Rusya ve

Finlandiya'da yol bakımı adlı yayında ise her iki ülkede kışla mücadelenin nasıl yapıldığıyla ilgili kıyaslamalı bilgiler verilmiştir. Kadioğlu ve diğ., (2013) Asma Köprülerde Rüzgârın Trafik Akışına Etkisi ve Kritik Değerlerde Alınması Gereken Tedbirler ile ilgili ayrıntılı bilgiler sunmuştur. Bu yazıda fırtınaların daha sık yaşandığı kış mevsiminde asma köprülerde uyulması gereken ilkeler ve alınması gereken tedbirler ülkemiz için tespit edilmiştir.

Bahçeşehir Üniversitesi'nde yüksek lisans tezi olarak hazırlanmış diğ er bir çalışmada ise Buzlanma Erken Uyarı Sistemi (BEUS) Uygulamaları ve İstanbul örneği ele alınmıştır (Gökdemir, 2013). BEUS sistemi 2007 Aralık ayında İstanbul'a kurulmuş olup, bu çalışmada Kışla Mücadele Karar Destek Sistemi ile erken uyarının nasıl yapıldığı anlatılmıştır. Başka bir çalışmada ise Karayollarında Sürüşü Etkileyen İklim Koşulları (MDOT 2006) incelenerek trafiğe olan etkisi ele alınmıştır. Kış mevsiminde karayolu bakımı için yapılan çalışmada liste başı on önem sırasına göre yapılması gerekenler belirlenmiştir (Nixon 2013). Bu çalışmada meteorolojik koşullar ve erken uyarı ilk sıralarda yer almaktadır. Diğ er bir yüksek lisans tez çalışmasında Türkiye'deki trafik kazaları sebeplerinin araştırılması ve Eskişehir-Bozüyük karayolunun geometrik standartlarının yol güvenliği ile olan ilişkisinin incelenmesi yapılmıştır (Karadayı, 2002). Diğ er taraftan kış çalışmalarında BEUS'un İstanbul uygulamaları ile Beykoz-Riva arasında karayoluna serpilen tuzun dağılımı ve etki süresinin araştırılması Sönmez ve diğ., (2013) tarafından hesaplanmıştır. Başka bir çalışmada karayollarında kış bakımı, kar ve buz kontrolü Buzlanma Önleme (Anti-Icing) ile Buzlanma Giderme (De-Icing) yöntemleri ele alınarak incelenmiştir (Agar ve Kutluhan, 2005). Varış (2008) tarafından yapılan çalışmada ise karayolları esnek üst yapılarında buzlanma ve önlenmesi ile ilgili mücadele yöntemleri anlatılmıştır. Karayolu ve Havayolu Kaplamalarında Kullanılan Kar ve Buzla Mücadele Yöntemlerinin Maliyet Analizi Seferoğlu ve diğ. (2015) tarafından araştırılmıştır. Son yıllarda en çok çalışılan konuların başında Kış Havası ve Yol Yüzey Koşullarının Makroskopik Trafik koşullarına etkisi gelmektedir (Kwon 2013). Kanada'da Karayollarını Olumsuz Etkileyen Kış Koşullarının Çalışma Hızına olan Etkileri Zaman Serisi Analizi ile yapılmıştır (Fu, 2014). Bu çalışmalar ile kış havasının trafik akım hızı ve kapasitesine olan etkileri araştırılarak şehir içi ve kırsal yollar arasındaki değişimler incelenmiştir.

Yollarda buzlanma nedeniyle meydana gelen maddi hasarların azaltılmasına yönelik yeni bir yaklaşım Stoeckner ve diğ. (2016) tarafından yapılmıştır. Kış Bakımı Faaliyetlerinde Sürdürülebilirlik ve Bir Kontrol Listesi Nixon ve diğ. (2015) tarafından hazırlanırken, kış bakım maliyetlerini azaltıcı yöntemler ele alınmıştır. Türkiye İklimi vb. konuları hakkında da kaynaklar incelenerek (Sensoy ve diğ.,2004), bu tezde Kışla Mücadele Güzergâhlarının ne şekilde olması gerektiği, yağmur, kar, buzlanma vb. meteorolojik hadiselerin trafik akışına etkisi ve kışla mücadele yol bakım karar destek sistemi de göz önünde bulundurularak, İstanbul Büyükşehir Belediyesi için Kışla Mücadele Eylem Planı hazırlanmıştır.

## 2.1 DÜNYADA KIŞLA MÜCADELE ÇALIŞMALARI

### 2.1.1 Danimarka

Danimarka, 78'inde nüfusun bulunmadığı 406 adadan meydana gelmektedir. En geniş ve yoğun nüfusa sahip olanı Kopenhag'ında üzerinde bulunduğu Zealand Adası ile Funen ve Judaland adalarıdır. Danimarka 5.4 milyon nüfusa sahiptir. En yüksek noktası denizden 171 m yüksektedir. Danimarka'da hiç kimse denize 50 km'den daha uzak bir mesafede değildir. İklimi ılıman kıyı olup Ocak ve Şubat ayları ortalama 0°C ile en soğuk aylardır. Temmuz ayı ise ortalama 17°C ile en sıcak aydır.

Kopenhag havalimanı, ülkedeki en büyük havalimanı olmasının yanında İskandinav ülkeleriyle olan hava trafiğinde önemli bir kavşak noktasıdır. Yılda yaklaşık 25 milyon yolcu kapasitesine sahiptir. Danimarka'da 23 havalimanı ve 137 deniz ulaştırma limanı mevcuttur. Şekil 2.1'de Danimarka'nın yol ağı görülmektedir. Ülkede bulunan Great Belt Köprüsü 6.8 km uzunluğunda ve dünyanın en uzun 3. Asma köprüsü niteliğindedir. Toplamda 41 km olan Great belt köprüsü, Qresund köprüsü ve taşıt yolu, Soundand Belt Holding A.S. tarafından yönetilmektedir.

- a) **Yüz ölçümü:** 43,000 km<sup>2</sup>
- b) **Toplam yol uzunluğu:** 73,929 km (2012)
- c) **Otoban uzunluğu:** 1,143 km
- d) **Tren yolu uzunluğu:** 2,667 km

- e) Nüfus: 5,540,241  
f) Başkent: Kopenhag

Şekil 2.1: Danimarka yol ağı



Kaynak: URL 2.

Bu ülkede 400 adet yol meteoroloji istasyonu (RWIS) Danimarka’da otopan ve anayollar boyunca kurulmuştur. Ülkenin tamamında web-kamera sistemi mevcuttur. Ayrıca geçmiş veriler veri tabanlarında muhafaza edilmektedir. Danimarka’da kışla mücadele merkezi mevcuttur. Danimarka Yol Bakım Müdürlüğü 210 tuzlama, 600 kar küreme aracına sahiptir. Kar küreme araçlarına uyarı mesajı gittikten sonra 3 saat içinde görevlerini tamamlamış olmaları gerekmektedir. Danimarka’da yaklaşık 4,000 km ulusal ve bölgesel yol buzlanma ve kar yağışı etkisi altındadır. Kar küreme araçları her yıl kış sezonu ortalama 20 defa göreve çıkmaktadır. (URL 2).

### 2.1.2 Finlandiya

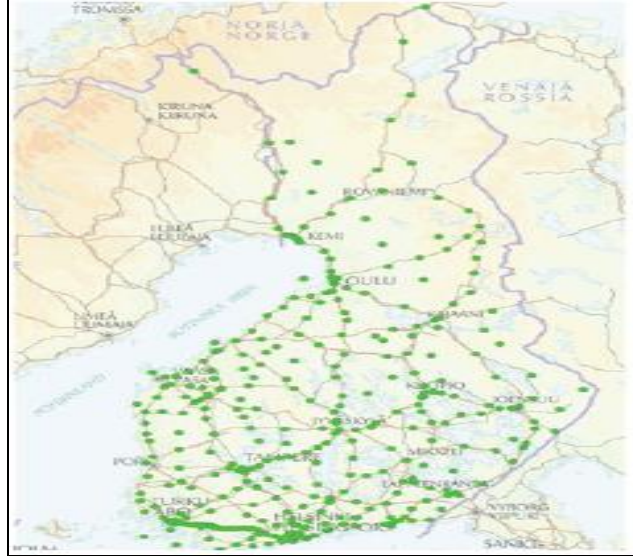
Finlandiya Kuzey Avrupa’da etrafı İsveç, Rusya, Norveç ve Baltık denizi ile çevrilidir. Bu ülkede km<sup>2</sup>’ye 17 kişi nüfus yoğunluğu ile nüfusun yüzde 67’si kasabalarda ve kentsel bölgelerde, yaklaşık 1 milyonu ise başkent Helsinki’nin metropolitik bölgelerinde yaşar. Avrupa için büyük bir pazar niteliği taşıyan ülkede ihracatın büyük bir kısmı deniz taşımacılığı ile sağlanmaktadır. Aktif bir iç ulaşım sistemi, rekabetçi

sanayi ve ticaret sahaları için çok önemlidir. Her yıl, yolcu araçları kamu yolunda 31,100 milyon km, otobüs ve kamyonlar 3,060 milyon km yol alırlar. Trafik yoğunluğu 6 aylık kış döneminde tüm yıldaki trafik yoğunluğunun yüzde 45'ini teşkil etmektedir.

- a) **Yüz ölçümü:** 338,145 km<sup>2</sup>
- b) **Toplam yol uzunluğu:** 454,000 km (2015)
- c) **Otoban uzunluğu:** 863 km
- d) **Nüfus:** 5.2 milyon
- e) **Başkent:** Helsinki

Finlandiya tek bir merkezin yönetiminde, 9 bölgeye bölünmüş ve her bölge kendi alanında yol bakım ve kışla mücadeleden sorumludur. Şekil 2.2'de görüldüğü gibi Finlandiya karayolu ağı üzerinde toplam 400 yol meteoroloji gözlem istasyonu mevcut. Bu istasyonlar hava ve yol sıcaklığı, rüzgâr hızı ve yol yüzey durumu (ıslak, kuru, buzlanma vb.) bilgisini vermektedir. Kışın istasyon verileri saatte en az 3 defa güncellenir. Yaz aylarında ise saatte bir güncelleme olur.

**Şekil 2.2: Finlandiya yol ağı**



*Kaynak:* URL 3.

Finlandiya'da 500'ün üzerinde trafik kamerası vardır. Kışla mücadele maliyeti yaklaşık 98 milyon Euro'dur (1250 Euro/km) (URL 3).

### 2.1.3 Fransa

Fransa Cumhuriyeti, Atlantik Okyanusu kıyısına konumlanmış geniş bir Avrupa ülkesidir. Belçika, Lüksemburg, Almanya, İsviçre, İtalya, İspanya, Monako ve Andorra ile komşudur. 65.8 milyonluk nüfus, ülkede düzensiz olarak dağılmıştır. Şekil 2.3'te Fransa'nın yol ağı gözükmektedir. Çok çeşitli bir coğrafik yapıya sahip olan Fransa, turistik açıdan cazibe merkezidir. Ekonomik gelirlerde turizm önemli bir paya sahiptir.

- a) **Yüz ölçümü:** 551,000 km<sup>2</sup>
- b) **Toplam yol uzunluğu:** 1,028,446 (2013)
- c) **Otoban uzunluğu:** 11,882
- d) **Bakanlığa ait yol uzunluğu:** 365,000 km
- e) **Belediyelere ait yol uzunluğu:** 580,000 km
- f) **Ulusal yol uzunluğu:** 30,000 km
- g) **Paralı yol uzunluğu:** 10,000 km
- h) **Nüfus:** 65.8 milyon
- i) **Başkent:** Paris
- j) 9000 Kışla Mücadele Aracı
- k) 800 RWIS, Ortalama 1-2 milyon ton yıllık tuz kullanımı (25-30 g/m2)
- l) 30.000-35.000 kışla mücadele personel sayısı

Şekil 2.3: Fransa yol ağı



Kaynak: URL 4.

Hava tahmini için merkezleşmiş bir kurumları mevcut değildir. Her yerel kuruluş kendi bölgesel hava tahmin raporlarını hazırlar. Temel meteorolojik hava raporu bilgisi CRICR (yol bilgisi ve koordinasyon merkezi) ile paylaşılır. Bu merkez ilgili birimleri bilgilendirir (URL 4).

#### **2.1.4 Almanya**

Almanya Federal Cumhuriyeti, kuzeyinde Kuzey Denizi, Danimarka ve Baltık Denizi; doğusunda Polonya ve Çek Cumhuriyeti güneyinde Avusturya ve İsviçre batısında Fransa, Lüksemburg, Belçika ve Hollanda bulunan bir orta Avrupa ülkesidir. Almanya 357,021 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kaplar ve ılıman iklim kuşağının içinde yer alır. Yaklaşık 82 milyon nüfus ile AB'nin en büyük nüfusa sahip ülkesidir. Almanya, Amerika'dan sonra, dünyanın en çok göç alan ikinci ülkesidir. Almanya Federal Cumhuriyeti 16 federal eyaletten meydana gelmektedir. Her Alman eyaleti kendi anayasasına ve yerel yönetimlerine sahiptir. Her eyaletin kendi yol bakım müdürlükleri mevcuttur.

- a) **Yüz ölçümü:** 357,021 km<sup>2</sup>
- b) **Toplam yol uzunluğu:** 654,500 km (2013)
- c) **Otoban uzunluğu:** 12,917 km
- d) **Nüfus:** 82 milyon
- e) **Başkent:** Berlin

16 eyalet kendi kış yol bakım çalışmalarını yönetir. Şekil 2.4'de Almanya'nın yol ağı görülmektedir. En fazla yol ağı uzunluğu Bavaria, Lower Saxony, North Rhine Westphalia ve Baden Württemberg eyaletlerine aittir. Bremen, Berlin ve Hamburg gibi küçük alanlardan sorumlu şehir eyaletleri nispeten daha kısa yol ağına sahiptir.

Son 5 yılda her kış sezonu otobanlarda km başına 48 ton, karayollarında ise km başına 16 ton tuz kullanılıyor. Km başına otobanlarda 9500 Euro, federal karayollarında ise 2900 Euro harcama yapılıyor (URL 5).

Şekil 2.4: Almanya yol ağı



Kaynak: URL 5.

### 2.1.5 Amerika Birleşik Devletleri

Amerika Birleşik Devletleri, 50 eyalet ve bir federal bölgeden oluşan bir Federal Anayasal Cumhuriyettir. Her yıl federal karayolları idaresinin (FHWA) eyaletler ve yerel devletler için ayırdığı toplam bütçe 26 milyar dolardır. Amerika Birleşik Devletleri'nin yıllık toplam karayolları için ayırdığı bütçe ise 118.3 milyar doların üzerindedir.

Amerika Birleşik Devletleri, 9.1 milyon km<sup>2</sup> lik yüz ölçümüne sahip ve bu alanın yüzde 81'lik kısmı (7.4 milyon km<sup>2</sup>) ile nüfusun yüzde 71'lik kısmı (yaklaşık 215 milyon insan) kar yağışının etkili olduğu alanlarda yaşamaktadır.

Amerika Birleşik Devletleri, Şekil 2.5'te görüldüğü gibi toplamda 6.4 milyon km'den fazla karayolu ağına sahiptir. Amerika Birleşik Devletleri'nde bir araç her yıl ortalama olarak 19,300 km yol seyahat etmektedir. Yaklaşık 235 milyon yolcu aracı ile 3 milyonun üzerinde ticari araç Amerikan karayollarını kullanmaktadır. Bu araçların yaklaşık 1.1 milyonu uzun mesafeli yük aracıdır.



Amerika Birleşik Devletleri'nde tahminlere göre karayolları üzerinde trafikteki aksamlar ve gecikmelerin yüzde 23'ü kar, sis ve buzlanmadan meydana gelmektedir. Kar ve buz kaplı yollar sebebiyle karayolları üzerinde yılda 544 milyon araç gecikmeli seyahat ediyor. Her yıl kış yağışları nedeniyle (kar, sulukar, buzlanma) meydana gelen kazalarda yaklaşık 2,200 can kaybı ve 192,500 yaralanma vakası görülüyor. Kış yol bakım çalışmaları ve operasyonlar kapsamında kar ve buz kontrolü için eyaletler ve yerel ajanslar yılda 2.3 milyar doların üzerinde harcama yapıyor.

- a) **Yüz ölçümü:** 9,161,979 km<sup>2</sup>
- b) **Toplam yol uzunluğu:** 6,483,932 km
- c) **Otoban uzunluğu:** 262,809 km
- d) **Nüfus:** 317,6 milyon

Karın etkili olduğu alan:

- a) **Yüz ölçümü:** 7,447,614 km<sup>2</sup>
- b) **Toplam yol uzunluğu:** 4,833,010 km
- c) **Otoban uzunluğu:** 195,626 km
- d) **Nüfus:** 215,79 milyon
- e) **Başkent:** Washington

**Şekil 2.5: Amerika Birleşik Devletleri yol ağı**



Kaynak: URL 6.

## **Bölgesel Entegre Ulaşım Bilgi Sistemi (RITIS)**

Amerika'da Maryland Üniversitesi'nde Kullanıcı Odaklı Ar-Ge Laboratuvarı olan RITIS (Bölgesel Entegre Ulaşım Bilgi Sistemi) Platformu; ajansların performanslarını ölçmelerini ve ajanslar arasında iletişim kurmalarına yardımcı olan birçok performans ölçüsü, gösterge tablosu ve görsel analiz araçlarını içeren otomatik bir veri paylaşımı, dağıtımı ve arşivleme sistemi olup, Karar Verme ve Etkili İletişimin Sağlanması konularında çalışmalar yapmaktadır (CATT Lab., 2015). Bu yazılıma entegre olan birimler ulaşım ağı takibi, acil durum bilgi yönetimi ve operasyon takibi ile acil durumlara hazırlık işlemleri yapabilmektedir. RITIS aynı zamanda farklı organlara veri sağlama kapasitesine sahiptir.

RITIS 3 ana bileşenden oluşmaktadır.

- i. Gerçek zamanlı veri beslemesi,
- ii. Gerçek zamanlı durumsal farkındalık araçları,
- iii. Arşivlenen veri analizleri.

RITIS, gerçek zamanlı operasyonlar, birimler arası eşgüdüm, planlama ve performans ölçümleri, analizleri ile bu analizleri görselleştirme imkânı sunar (URL 6).

### **2.1.6 İngiltere**

İngiltere Birleşik Krallığı dört devletten meydana gelir: İngiltere, Galler, Kuzey İrlanda ve İskoçya. İrlanda Adası'ndaki Kuzey İrlanda hariç hepsi Büyük Britanya adasıdır.

- a) **Toplam yüz ölçümü:** 243,900 km<sup>2</sup>
- b) **Toplam yol uzunluğu:** 420,428 km
- c) **Otoban uzunluğu:** 15,560 km
- d) **Nüfus:** 61 milyon
- e) **Başkent:** Londra
- f) **İngiltere:** 130,400 km<sup>2</sup>
- g) **Kuzey İrlanda:** 13,800 km<sup>2</sup>
- h) **İskoçya:** 78,800 km<sup>2</sup>
- i) **Galler:** 20,800 km<sup>2</sup>

## Şekil 2.6: İngiltere yol ağı



Kaynak: URL 7.

Birleşik Krallık toplamda 61 milyon nüfusa sahiptir. 51 milyonu İngiltere, 2 milyonu Kuzey İrlanda, 5 milyonu İskoçya, 3 milyonu ise Galler'de yaşamaktadır. Şekil 2.6'da görüldüğü gibi toplam yol ağı uzunluğu yaklaşık 420 bin km olan Birleşik Krallık'ta yılda 488.9 milyar araç bu yol ağını kullanmaktadır. Birleşik Krallık'ta her ülke farklı yol yönetim sistemine sahiptir.

İngiltere'de yol ağı 7.300 km otopan ve anayol ve 294 bin yerel yoldan meydana gelmektedir. Karayolları ajansı (The Highways Agency) otopan ve anayolların yönetiminden, ilçe belediyeler ise yerel yolların yönetiminden sorumludur (URL 7).

### 2.1.7 Norveç

Kuzey Avrupa'da bulunan Norveç Krallığı İskandinav Yarımadası'nın batısında Finlandiya, İsveç ve Rusya Federasyonu ile komşu olan ülkenin batıda Atlas Okyanusu'nun bir kolu olan Norveç Denizi'ne kıyısı vardır. Monarşi anayasası ile yönetilen ülkede 19 il ve 435 belediye mevcuttur. Avrupa'nın en uzun sahil şeridinde sahip ülkesidir. En büyük gölü olan Mjøsa 362 km<sup>2</sup> yüz ölçümüne sahip ve en yüksek

dağı olan Galdhopiggen 2469 m yüksekliğindedir. Şekil 2.7’de Norveç’in yol ağı görülmektedir.

- a) **Toplam Yüz ölçümü:** 385,252 km<sup>2</sup>
- b) **Toplam yol uzunluğu:** 93,870 km
- c) **Otoban uzunluğu:** 407 km
- d) **Nüfus:** 5 milyon
- e) **Başkent:** Oslo

**Şekil 2.7: Norveç yol ağı**



*Kaynak: URL 8.*

2014/15 Kış sezonu 20 milyon km’de 238,992 ton tuz ve 790,216 ton kum kullanılmıştır. Norveç Kamu Yolları İdaresi (NPRA), ulaştırma ve iletişim bakanlığının altında bir müdürlüktür. Ülke yollarının bakım ve onarım işlerinden, kışla mücadele çalışmalarından sorumlu 5 bölgesel ve 20 yerel ofisi kapsar. Ülkenin farklı bölgelerinde 250 adet yol meteoroloji gözlem istasyonları (RWIS) mevcuttur. Norveç’te yapılan araştırmalara göre yol tuzlama çalışmaları sonucu polis raporlarında yer alan kaza oranları %20 oranında azalmıştır. Bu ülkede kış ayları boyunca yollarda araçları ile

seyahat eden vatandaşların yol durumu hakkında bilgi sahibi olabilmeleri için günde 3 defa internet ve televizyon aracılığı ile yayın yapılmaktadır (URL 8).

### 2.1.8 İsveç

Kuzey Avrupa'daki İsveç Krallığı, İskandinavya yarımadasında yer alan batı ve kuzeyden Norveç, doğudan ise Finlandiya ile komşudur. İsveç meclis sistemine sahip, meşrutî monarşi ile yönetilen bir ülkedir. İsveç yüzölçümüyle Avrupa Birliği ülkeleri arasında en büyük üçüncü ülkedir. İsveç'te yoğunluk bakımından km<sup>2</sup> başına 20 insan düşerken, halkın yüzde 85'i kentlerde yaşar. Başkent Stockholm'un şehir merkezinde 1,3 milyon, biraz dışında yaşayanlarla birlikte toplam 2 milyon insan yaşar.

- a) **Yüz ölçümü:** 450,000 km<sup>2</sup>
- b) **Toplam yol uzunluğu:** 579,564 km
- c) **Otoban uzunluğu:** 2,050 km
- d) **Nüfus:** 9.3 milyon
- e) **Başkent:** Stockholm

Şekil 2.8: İsveç yol ağı



Kaynak: URL 9.

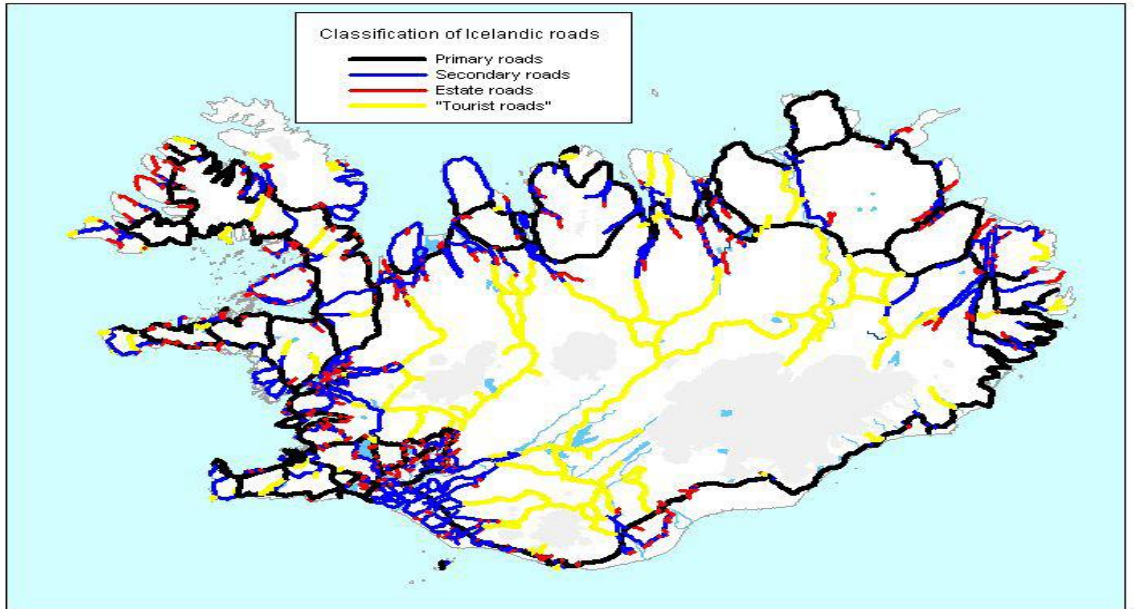
Şekil 2.8'de İsveç'in yol ağı görülmektedir. İsveç'te 800 yol meteoroloji gözlem istasyonu mevcut olup ayrıca trafik kameralar ile desteklenmiştir (URL 10).

### 2.1.9 İzlanda

İskandinavya ve Britanya Adası'nın kuzeybatısı ile Grönland'ın güneydoğusunda yer alan İzlanda bir ada ve Avrupa ülkesidir. En yakın komşusuna 350 km, diğer komşuları Norveç'e 1,050 km, İskoçya'ya ise 800 km uzaklıktadır. Ortalama deniz seviyesinden olan yüksekliği 500m olup, en yüksek noktası 2,110 m'dir.

- a) **Yüz ölçümü:** 103,000 km<sup>2</sup>
- b) **Toplam yol uzunluğu:** 13,000 km
- c) **Birincil (anayol) uzunluğu:** 4,425 km
- d) **Nüfus:** 320,000
- e) **Başkent:** Reykjavík

Şekil 2.9: İzlanda yol ağı



Kaynak: URL 11.

Şekil 2.9’da görüldüğü gibi İzlanda yaklaşık 13,000 km’lik yol ağına sahip ve bu yolların sorumluluğu İzlanda Yol İdaresine (ICERA) aittir. 210,000 yolcu aracı ve 32,500 ticari araç bu yol ağını kullanmaktadır.

ICERA kış servislerinin bütün organizasyonlarını paylaşan iki kontrol ve gözetim merkezi yürütür ve hava ile yol şartlarını 7/24 15 Ekim’den 30 Nisan’a kadar gözlemler. Ülke genelinde operasyonel görevler için sorumlu müteahhitlerin gücünü düzenleyen 18 tane bölgesel özel servis vardır. Servis kalitesine bağlı olarak araç başına düşen servis güzergâhı 50-120 kilometredir. Genellikle kamyon başına 1 ya da 2 insan düşer. Yol-Hava Bilgisi: ICERA İzlanda Meteoroloji Ofisi ile anlaşma halindedir. Ülke genelinde 100 adet yol hava istasyonu (RWIS) vardır. Yollarda ise 100 trafik kamerası mevcuttur. 2011-2012 yıllarında hava ağlarındaki yıllık kış bakım maliyeti şöyledir:

- a) **Kış servisi için yol ağı açıklığı:** 10,472 km
- b) **Toplam kış servis maliyeti:** 1,200 EUR/km/year
- c) **Tuz ile işlem görmüş yol ağı:** 1,854 km
- d) **Kullanılan tuz miktarı:**27,600 t/year, 14.9 t/km/year, 2.3 kg/m<sup>2</sup>/year (URL 11).

## 2.2 DÜNYADA KIŞLA MÜCADELE KIYASI

Önceki bölümde açıklanan değişik ülkelerdeki büyüklüklerin kendi aralarında kıyaslanması sonucunda topluca Tablo 2.1’de görüldüğü üzere bir envanter ortaya çıkmaktadır. Bu tabloda değişik ülkeler arasındaki nüfus, yüz ölçüm, toplam karayolu uzunluğu, otopan uzunluğu, tuz kullanımı ve buzlanma erken uyarı sistemi istasyon sayılarını kıyaslayarak hava şartlarına göre kıyaslamalı yorumların yapılması mümkündür.

**Tablo 2.1: Dünyada kışla mücadele kıyası**

Ülke Adı	Başkent	Nüfus (milyon kişi)	Yüz ölçümü (km <sup>2</sup> )	Toplam yol uzunluğu (km)	Otoyol uzunluğu (km)	Tuz Kullanımı (ton)	BEUS (adet)	Araç Sayısı (adet)	Personel Sayısı (adet)	Km başına tuz kullanımı (ton)	Km başına düşen araç sayısı (adet)	Km başına düşen BEUS sayısı
Danimarka	Kopenhag	5,6	43.094	73.929	1.143	120.000	400	810	1.620	1,6	91,3	184,8
Finlandiya	Helsinki	5,2	338.424	454.000	863	110.000	400	300	600	0,2	1.513,3	1.135,0
Fransa	Paris	65,8	640.679	1.028.446	12.000	1.000.000	800	9.000	35.000	1,0	114,3	1.285,6
Almanya	Berlin	82	357.114	654.500	12.917	1.800.000	1.000	1.000	2.000	2,8	654,5	654,5
İzlanda	Reykjavik	320	103.000	13.000	4.425	27.600	100	100	200	2,1	130,0	130,0
Amerika	Washington	317,6	9.161.979	6.483.932	262.809	23.000.000	2.000	12.200	25.000	3,5	531,5	3.242,0
İngiltere	Londra	51	130.400	400.000	15.560	2.000.000	250	135 Londra	270	1,7	100,0	1.600,0
İsveç	Stockholm	9,3	450.000	580.000	2.000	260.000	800	2.600	5.200	0,4	223,1	725,0
Norveç	Oslo	5	385.252	93.780	407	250.000	250	250	500	2,7	375,1	375,1
Kanada	Ottawa	32	9.093.507	1.408.800	6.350	4.000.000	250	1.000	2.000	2,8	1.408,8	5.635,2
Türkiye	Ankara	78,7	783.562	66.437	2.159	350.000	60	8.600	13.000	2,8	77,7	1.107,3

\*Kışla mücadele araçlarının her birinde 2 personel çalıştığı kabul edilerek tablo tamamlanmıştır.

Tablo 2.1 incelendiğinde km başına kullanılan tuz miktarlarının Avrupa’da aynı enlemlerde bulunan ülkeler ile ülkemizde kilometre başına 2,1 ile 2,8 ton arasında değiştiği, Kuzey Avrupa ile Amerika’da kışın uzunluğu nedeniyle bir miktar daha fazla olduğu görülse de, tuzun yanı sıra sanat yapıları ve önemli güzergahlarda kullanılan solüsyon miktarları bulunamadığı için bu çalışmaya dâhil edilememiştir. Kışla mücadelede kullanılan BEUS sistemi ise ülkemizde ki toplam 60 adedin, 53 adedi İstanbul’da geri kalanlar ise Bolu Tünelinde bulunmaktadır. İstanbul’da ortalama 15km’de bir BEUS bulunurken bu sistemin ülke geneline yaygınlaştırılması gerekmektedir.

### **2.3 TÜRKİYE’DE VE İSTANBUL’DA KIŞ ŞARTLARIYLA MÜCADELE**

Kış mevsiminde doğa şartları ne olursa olsun insanların ve araçların emniyetli bir şekilde dolaşımını sağlamak, insanların günlük yaşamlarını devam ettirmeleri kamu ve yerel yönetimlerin görevleri arasındadır. Yapılan araştırmalarla, trafik sıkışıklığı ve kazaların çoğunun yağışlı havalarda yol ve hava şartlarına uygun araç kullanılmadığı için meydana geldiği görülmektedir.



Karayollarında karla mücadele çalışmaları her yıl ülkemiz için sorun teşkil etmekte ve yüzlerce trafik kazası meydana gelirken can ile mal kayıpları yaşanmaktadır. Ülkemizin en büyük ekonomisinin döndüğü İstanbul'da kış çalışmaları için her yıl 50 milyon TL civarında harcama yapılmaktadır ve bu miktarın tüm ülkenin geri kalan kesimi için yapılan harcamaların yaklaşık 3 katı kadar olduğu hesap edilmektedir.

Ülkemizde karla mücadele çalışmalarının bir standardının olmadığından genelde uzun yıllar bu işlerde çalışanların kendi kabiliyet ve becerileri doğrultusunda buzlanmanın giderilmesi şeklinde yapıldığı (de-icing) görülmektedir. Kışla mücadelede çalışmalarında en uzman olan dahi buzlanmayı önlemek için kar yağdıktan sonra yola tuz serpilmesi gerektiğine inanır ve yıllardır da kar yağmadan asfalt yüzeyine koruyucu ve önleyici bakım yöntemi olarak buzlanmanın önlenmesi (anti-icing) için tuz ya da solüsyon serpmeyi boşa atılan malzeme olarak görür.

İstanbul dışında ülkemizin büyük bölümünde kışla mücadelede çalışanlar buzlanmanın önlenmesi yerine, tuz serperek giderilmesine uğraşır. Su 0°C'de donar, ancak 2°C'nin altına düşen çiy noktası sıcaklığı yoldaki suyun buzlanma eğilimi başlangıcı sayılan kristalleşmeye başladığını uzun yıllar BEUS ve RWIS sensör verileri ile tespit edilmekte ve tedbirler alınmaktadır.

Ülkemizde kışla mücadele genelde (İstanbul hariç); Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'nin tahminleri doğrultusunda kamu kurum ve kuruluşları önlem alsak mı? Kar yağsın gereken tedbirleri alırız diye düşünürken birden bastıran kar binlerce araç ve vatandaşımızı yollarda mahsur bırakır. Bunun başlıca nedenleri kışla mücadele güzergâhlarının her yıl değişmesi, kar yağışını görmeden tedbir almanın öneminin yeterince anlaşılmamış olması, yol yüzeyindeki buzlanmayı önlemek için illa da kar yağmadan yola tuz serpilmemesi, kar yağışının olmadığı buzlanmanın beklendiği gecelerde genelde gece 00.00'da yola bir kez tuz serperek o yoldaki buzlanmanın önlenmediği varsayımının yanı sıra birçok il ve ilçemizde hala modern kış bakım araçları yerine kamyon, kamyonet gibi araçların içine tuz doldurularak üzerinden küreklerle öbek öbek tuz atılması şeklinde olmaktadır.

Kar yağışı ve buzlanma, karayolu ulaşımında trafiğin seyir güvenliğini olumsuz etkileyen ve yoldan beklenen hizmet düzeyini büyük ölçüde düşüren en önemli faktörlerden birisidir. Kar yağışı ve buzlanmanın etkili olduğu karayolunda, yol ile araç tekerlekleri arasındaki sürtünmenin azalması, trafiğin normal seyrini zorlaştırırken, can ve mal kayıplarına neden olabilecek boyutta trafik kazalarına sebep olmaktadır. Bu nedenle; karayollarında trafik seyir güvenliğinin sürekliliği için kar yağışı ve buzlanmanın etkili olduğu yol boyunca, kar küreme ve buz kontrolü çalışmalarının yapılması gerekmektedir(Ağar ve Kutluhan, 2005).

## **2.4 KARAYOLLARI ULAŞIMINI ETKİLEYEN OLUMSUZ HAVA OLAYLARI VE İSTANBUL UYGULAMALARI**

### **2.4.1 Yollardaki Buzlanma, Çiy, Kırağı, Yağmur, Kar**

Karayolları üzerindeki kırağı, buzlanma, kar örtüsü kazalara sebep olabilir. Kırağı nedeniyle Gizli Buzlanma öncelikle altı boş olan viyadük ve köprülerde ortaya çıkar. Viyadük ve köprüler her iki yüzeyden soğuduğu için daha çabuk donarlar. Şekil 2.10 ve Şekil 2.11’de görüldüğü gibi gelişmiş birkaç Avrupa ülkesi ile İstanbul’da tüm köprü ve viyadüklerde kış mevsiminde yollardaki buzlanma ile BEUS’larda anlık olarak ölçülen meteorolojik parametreler bir algoritma yazılımı ile İstanbul genelinde bulunan 60’ın üzerindeki Değişken Mesaj Panoları (DMS) vasıtasıyla sürücüler anlık olarak uyarılmaktadır.

Şekil 2.10: BEUS ve Hava Tahmin İstasyonlarının Dağılımı



Kaynak: İBB AKOM.

Şekil 2.11: İstanbul'daki köprü ve viyadüklerde bulunan buzlanma uyarı levhası ile DMS uyarıları



Kaynak: İBB Trafik Müdürlüğü.

Şekil 2.12'de ülkemizde buzlanmanın meydana geldiği zaman aralığı bölgesel farklılıklar gösterse de İstanbul için bu süre 3 ile 63 gün aralığında değişmektedir.

Şekil 2.12: Türkiye Donlu (Buzlanma) Gün Sayısı



Kaynak: MGM Klimatoloji Şubesi, 2004.

Kış mevsiminde yüksek basınç sisteminin etkili olduğu günlerde hava sıcaklığı 5°C'nin altında seyrediyorsa Şekil 2.13 ve Şekil 2.14'de görüldüğü gibi gökyüzü açık ve yağış yok ise köprü ve viyadüklerde kırağı (gizli buzlanma) ve çiy oluşabilir. Çiy araç camlarında sanki yağmur yağmışçasına ıslaklığa neden olurken çiy noktası sıcaklığı 2°C'nin üstünde olduğu durumlarda meydana gelirken, kırağı ise yine araç camlarına kar yağmışçasına beyaz örtüye neden olmakta olup bu defa çiy noktası sıcaklığı 2°C'nin altında olduğu durumlarda meydana gelmektedir. Dolayısıyla kış mevsiminde sadece hava sıcaklığına bakarak yollardaki buzlanmayı bilmek yeterli değildir.

Şekil 2.13: Çiy görüntüsü



Kaynak: İBB AKOM

## Şekil 2.14: Kırağı görüntüsü



Kaynak: İBB AKOM

Kar kış mevsiminin en faydalı yağışı olmasına rağmen ulaşım açısından en tehlikeli yağış tipidir. Kar yer seviyesindeki hava sıcaklığının 0°C'ye yaklaştığı kış aylarında görülür. Genelde kar fırtınası şeklinde görülen yağış görüş mesafesini azalttığı, yol ve araç yüzeyinde birikme yaptığı için hava, deniz ve karayollarında aksamlar yaşanmaktadır.

Yağmur ülkemizde en sık görülen yağış tipi olup, araçların geçtiği yol yüzeyinden sıklıkla havalanması nedeniyle görüş mesafesinin daralmasına ve yolun kayganlaşmasına neden olmaktadır.

Kışla mücadele genelde bu şekilde yapılırken, İstanbul'da nasıl yapıldığını anlamak için öncelikle iklim koşullarının İstanbul'a ne gibi etkileri olduğunu, araç ve gereç sayıları, buzlanmayı önleyici olarak kullanılan kimyasallar, ne oranda kullanıldığı, hangi standartlara uyulduğu, kışa mücadelede kullanılan araçların takip sistemi, BEUS, Trafik kameraları, kışla mücadele güzergahlarının belirlenme yöntemleri, yol, asma köprü, viyadük gibi sanat yapılarını etkileyecek fırtınalar, gece ve sabah erken saatlerde kış mevsiminde trafik akışını sekteye uğratacak çiy ve kırağının yola etkisi başta olmak üzere tüm bunların bir arada düşünüldüğü, planlandığı, bilimsel yöntem ve standartlara uygun kışla mücadelenin İstanbul'da ne şekilde uygulandığı, karşılaşılan zorluklar, artılar, eksiklikler gibi konular açıklanacaktır.

Dünyada ve ülkemizde gerek maliyetinin düşük oluşu, gerek kolay bulunuşu nedeniyle kışla mücadelede tuz kullanılmaktadır. İstanbul'da asma köprülerde üre, viyadük gibi çelik ve demir aksamı fazla yapılarda ise İBB Kartal tesislerinde üretilen solüsyon

püskürtülmektedir. İBB 2005 yılında benimde içinde olduğum kışla mücadelede kimyasal kullanımı projesi kapsamında aşağıda Tablo 2.2’de yer alan AB standartlarına göre kimyasal kullanmaktadır.

**Tablo 2.2: İBB’de kışla mücadelede kullanılan kimyasalların stratejisi**

<u>İstanbul için Strateji:</u>	
<b>Kuru ve hafif ıslak zeminlerde:</b>	
	(Yol yüzey sıcaklığı $> -7^{\circ}C$ ) 20 gr/m <sup>2</sup> <u>NaCl</u> + 6gr/m <sup>2</sup> (5 cc/m <sup>2</sup> ) korozyon inhibitör* ( <u>Safecoat</u> veya muadili) katkı su ile
	(Yol yüzey sıcaklığı $< -7^{\circ}C$ ) 10-20 gr/m <sup>2</sup> Sıvı buz çözücü** ( <u>Snowfighter</u> , <u>Antisnow</u> , <u>Firetex</u> , <u>Caliber M 1000</u> , <u>IceBan</u> , <u>NC2000</u> gibi sıvılar) sıvı olarak
<b>Islak zeminlerde</b>	: (Yol yüzey sıcaklığı $> -7^{\circ}C$ ) 30 gr/m <sup>2</sup> <u>NaCl</u> kuru olarak
<b>Buzlanma</b>	: 30 gr/m <sup>2</sup> <u>NaCl</u> + 9 gr/m <sup>2</sup> (8 cc/m <sup>2</sup> ) korozyon inhibitör* ( <u>Safecoat</u> veya muadili) katkı su ile
<b>Buzlanma</b>	: (Yol yüzey sıcaklığı $< -7^{\circ}C$ ) 10-20 gr/m <sup>2</sup> Sıvı buz çözücü** ( <u>Snowfighter</u> , <u>Antisnow</u> , <u>Firetex</u> , <u>Caliber M 1000</u> , <u>IceBan</u> , <u>NC2000</u> gibi sıvılar) sıvı olarak
<b>Kar yağışı olan zeminlerde :</b> (kar kalınlığı $< 5$ cm)	(Yol yüzey sıcaklığı $> -7^{\circ}C$ ) 30 gr/m <sup>2</sup> <u>NaCl</u> + 9 gr/m <sup>2</sup> (8 cc/m <sup>2</sup> ) korozyon inhibitör * ( <u>Safecoat</u> veya muadili) katkı su ile
(kar kalınlığı $> 5$ cm)	Küreme ve 40 gr/m <sup>2</sup> <u>NaCl</u> + 12 gr/m <sup>2</sup> (11 cc/m <sup>2</sup> ) korozyon inhibitör* ( <u>Safecoat</u> veya muadili) katkı su ile
(kar kalınlığı $< 5$ cm)	(Yol yüzey sıcaklığı $< -7^{\circ}C$ ) 10-20 gr/m <sup>2</sup> Sıvı buz çözücü** ( <u>Snowfighter</u> , <u>Antisnow</u> , <u>Firetex</u> , <u>Caliber M 1000</u> , <u>IceBan</u> , <u>NC2000</u> gibi sıvılar) sıvı olarak
(kar kalınlığı $> 5$ cm)	Küreme ve 10-20 gr/m <sup>2</sup> Sıvı buz çözücü** ( <u>Snowfighter</u> , <u>Antisnow</u> , <u>Firetex</u> , <u>Caliber M 1000</u> , <u>IceBan</u> , <u>NC 2000</u> gibi sıvılar) sıvı olarak

Kaynak: İBB YBAKDB.

İstanbul'da kuru yola 40 gr/m<sup>2</sup> tuz serpildiğinde kalma süresi nedir sorusunun cevabı olarak, Beykoz-Riva arası 4 şeritli yolda uygulama yapılmış ve Tablo 2.3'te yer alan sonuçlar bulunmuştur (Sönmez ve diğ., 2013).

**Tablo 2.3: Tuzun yolda kalma süresi**

Numune adı	Saat	Miktar(gr/m <sup>2</sup> )
1.numune	09:40	22,758
2.numune	10:40	8,286
3.numune	11:40	1,340
4.numune	12:40	0,527

*Kaynak: Sönmez ve diğ. 2013.*

Bu tablodan da anlaşılacağı üzere araç sayısının orta sıklıkta geçtiği yollarda dahi, kuru havada tuzun yolda kalma süresi 6 saat değil 3 saat olarak bulunmuştur. İBB bu çalışma doğrultusunda Yol Bakım Karar Destek Sistemini revize etmiştir.

## **2.5 KARAYOLLARINDA BUZLANMA KONTROL YÖNTEMLERİ**

Dünyada uygulanan iki farklı buzlanma kontrol yöntemi vardır:

### **2.5.1 Karayollarında Buzlanmanın Önlenmesi (Anti-icing)**

Kar yağışının başlamasıyla ve hatta başlamasından önce yol üzerine kimyasal donma noktası düşürücü uygulamak, kaplama yüzeyiyle buz veya kar arasında buzlanmanın oluşması engellenirken, belli aralıklar ile tuz veya solüsyonun yağış devam ederken uygulanması ile buzlanmanın geciktirilmesi sağlanır. Yollardaki buzlanmanın önlenmesinde kimyasal madde uygulamadan önce (tuz, solüsyon, üre vb.), karın temizlenmesi gerekmektedir. Çünkü; kimyasal maddenin aşırı seyreltik hale gelmesi önlenerek, kimyasal maddenin yolda daha uzun süreli ve etkili olması sağlanır(Ağar ve Kutluhan, 2005).

Buzlanmayı önleyici teknikler daha çok ana ulaşım yollarına uygulanmaktadır. Bunun nedeni, büyük özen ve dikkatle uygulanan buzlanmayı önleme çalışmalarının erken bakım gerektiren kısımlara uygulanabilmesidir. Yapılan çalışmalarla yüksek derecede önem teşkil eden kısımlar yoğun bir kar yağışı boyunca buz tutmadan kalabilir veya ortaya çıkan kar tabakaları en kısa sürede ortadan kaldırılabılır (İyınam, 2006).

Anti-icing sistemi birçok gelişmiş ülkede kullanılırken, ülkemizde sadece KGM Bolu tüneli ve viyadüklerinde İBB ise Haramidere- Beylikdüzü arasında kalan 2 km'lik yol güzergâhında Şekil 2.15'deki sabit solüsyon püskürtme sistemi kullanılırken, İstanbul'daki ana ulaşım yollarında İBB ve KGM BEUS'ların buzlanmayı 1.5 saat öncesinden tespit etmesi ve ilgili yol ve ekibe otomatik SMS atmasıyla harekete geçen kar küreme araçları buzlanma önleme sistemini uygulamaktadır.

**Şekil 2.15: Haramidere ile Beylikdüzü arası sabit buzlanma önleyici spreyleme sistemi**



**2.5.2 Karayollarında Buzlanmanın Giderilmesi (De-icing)**

Yüzeydeki buzun eritilmesi amacıyla yapılan uygulamadır. Karayollarında karla mücadele çalışmalarında kullanılan geçmişten günümüze alışılmış kar ve buz önleme yöntemi, yüzey üzerinde 2.5 cm veya daha fazla kar kalınlığı birikinceye kadar beklenmesi, sonra karın temizlenmesi ve yol yüzeyinin tuz, solüsyon, üre vb. maddeler



dökülmesine dayanmaktadır. Bu işlem, çoğunlukla yol yüzeyi üzerinde kar tabakasının yapışmasına ve hemen altında ise soğuk hava nedeniyle buzlanmanın tabaka halde birikmesine neden olmaktadır. Çünkü bu kimyasal maddelerin kar ile yol arasındaki yüzeye ulaşabilmesi ve aradaki bağı yok etmesi veya zayıflatması gerekmektedir. Bu işlem daha geç verilen bir tepki olduğundan, buzlanmanın önlenmesi işlemlerine göre daha az güvenliğe ve daha fazla maliyete neden olur. Bununla birlikte daha az öncelikli yollarda bu tepkisel yöntem kullanılabilir (Ağar ve Kutluhan, 2005).

Anti-icing sebep olabileceği buzlanma oluşmadan önceden gözlem ve ölçümler yaparak gereken işlemlerin önceden yapılmasına dayanmaktadır.

## **2.6 İKLİM**

İklim çalışmalarında en önemli parametre meteorolojik gözlemlerdir. Klimatolojik (meteorolojik) veriler ulaşım, şehircilik, endüstri, tarım, orman, inşaat, enerji üretimi, eğitim, turizm, sağlık, sanayii başta olmak üzere birçok sektörün geliştirilmesi ve planlanmasının yanı sıra taşkın, sel, kuraklık ve benzeri meteorolojik karakterli doğal afetlerin önlenmesi, tahmini ve bu afetlere ilişkin hazırlık ve planlama yapılması için önemlidir. Elde edilen bu verilerin kullanılması ile ülke kaynaklarının kullanılmasında verimliliğinin sağlanması, meydana gelebilecek ekonomik, sosyal, olası can ve mal kayıplarının önüne geçmek veya azaltmak mümkün olabilmektedir.

### **2.6.1 Türkiye İklimi**

Türkiye'nin üç tarafının denizlerle çevrili olması, dağların uzanışı ve yeryüzü şekillerinin çeşitlilik göstermesi, farklı özellikte iklim tiplerinin doğmasına yol açmıştır. Yurdumuzun kıyı bölgelerinde denizlerin etkisiyle daha ılıman iklim özellikleri görülür. Kuzey Anadolu Dağları ile Toros Sıradağları, deniz etkilerinin iç kesimlere girmesini engeller. Bu yüzden yurdumuzun iç kesimlerinde karasal iklim özellikleri görülür.

#### **Ülkemizdeki iklim tipleri:**

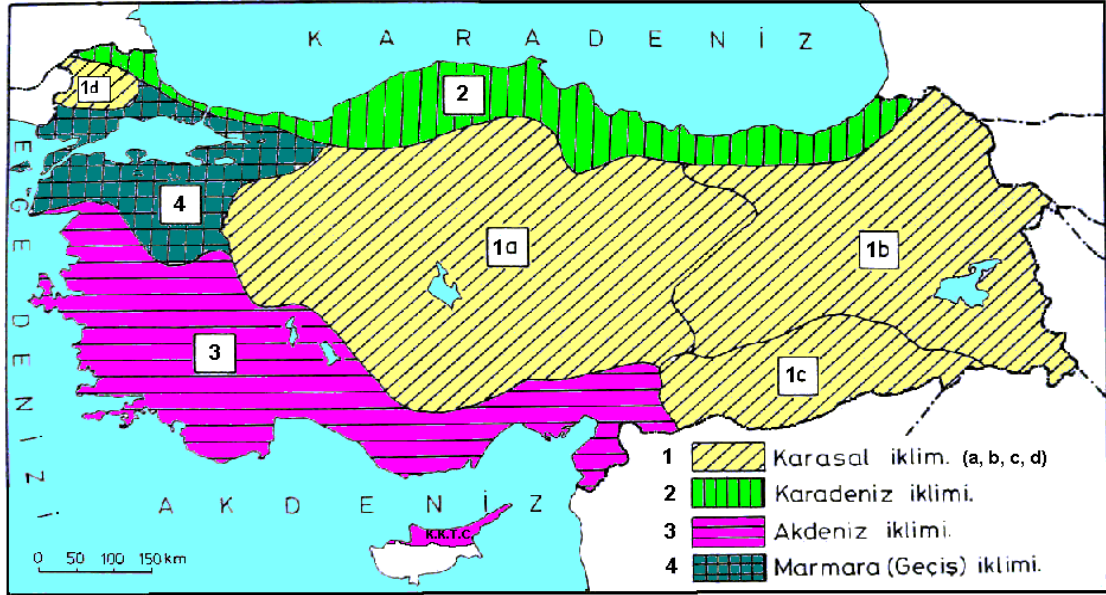
- i.** Karasal İklim (a, b, c, d)
- ii.** Karadeniz İklimi

iii. Akdeniz İklimi

iv. Marmara (Geçiş) İklimi (Sensoy ve diğ., 2004).

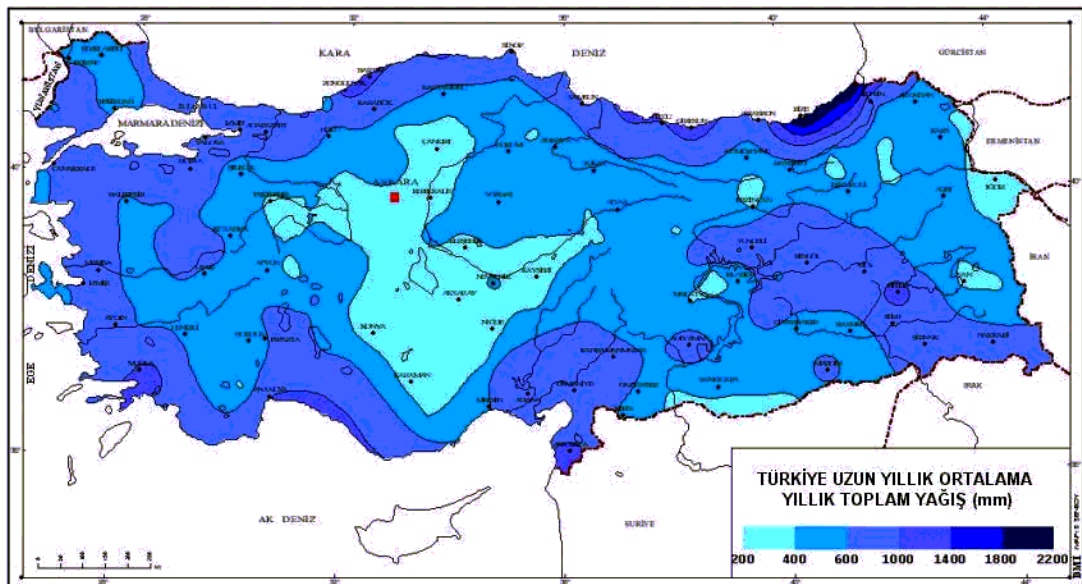
Şekil 2.16, 2.17 ve 2.18’de sırası ile Türkiye iklim bölgeleri, yıllık ortalama yağış ve sıcaklıklar gösterilmiştir.

Şekil 2.16: Türkiye İklim Bölgeleri



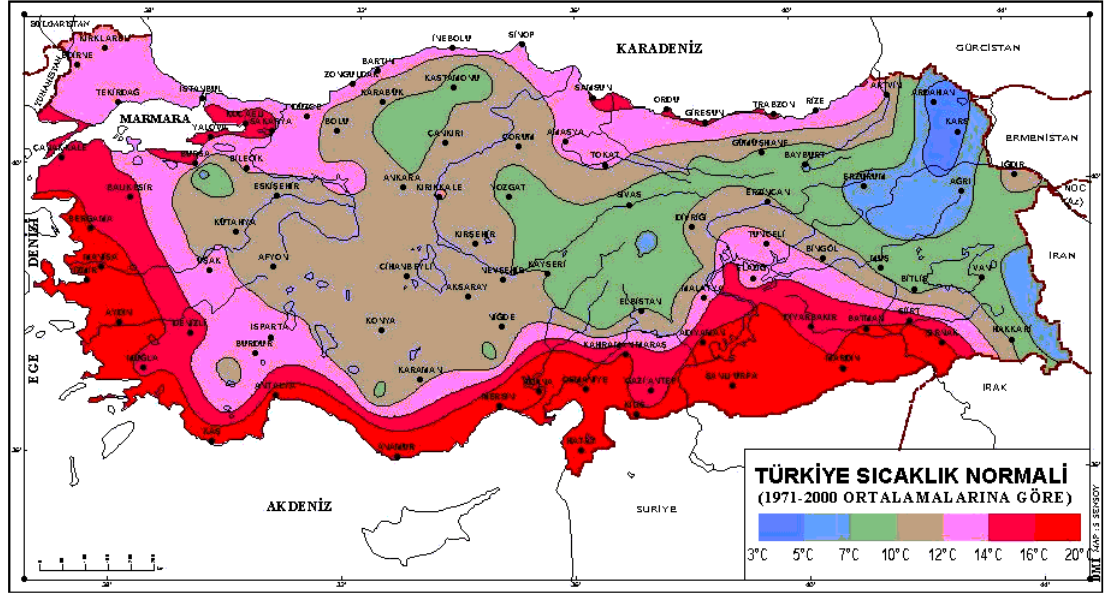
Kaynak: MGM Klimatoloji Şubesi, 2004.

Şekil 2.17: Türkiye’de yıllık ortalama yağışın alansal dağılımı



Kaynak: MGM Klimatoloji Şubesi, 2004.

Şekil 2.18: Türkiye’de ortalama sıcaklıkların alansal dağılımı



Kaynak: MGM Klimatoloji Şubesi, 2004.

## 2.6.2 Marmara ve İstanbul İklimi

İstanbul İklimi; Marmara Bölgesi'nin kuzey Ege'yi de içine alacak şekilde güney kesiminde görülür. Kışları Akdeniz iklimi kadar ılık, yazları Karadeniz iklimi kadar yağışlı değildir. Karasal iklim kadar kışı soğuk, yazı da kurak geçmemektedir. Bu özelliklerden dolayı Marmara iklimi, karasal Karadeniz ve Akdeniz iklimleri arasında bir geçiş özelliği göstermektedir. Buna bağlı olarak doğal bitki örtüsünü alçak kesimlerde Akdeniz kökenli bitkiler, yüksek kesimlerde kuzeye bakan yamaçlarda Karadeniz bitki topluluğu özelliğindeki nemli ormanlar oluşturmaktadır. Soğuk ay olan Ocak ayı ortalama sıcaklığı 4.9°C, sıcak ay olan Temmuz ayı ortalama sıcaklığı 23.7°C, yıllık ortalama sıcaklık 14.0°C'dir. Ortalama yıllık toplam yağış 595.2mm'dir ve yağışların çoğu kış mevsimindedir. Yaz yağışlarının yıllık toplam içindeki payı yüzde 11.7'dir. Yıllık ortalama nispi nem yüzde 73'dir(Sensoy ve diğ., 2004).

### 3. VERİ VE YÖNTEM

#### 3.1 KIŞLA MÜCADELEDE GÜZERGÂH BELİRLENMESİ

Kış mevsimi yaklaştığında insanlar yazdan kışlık yiyeceklerini hazırlarken, yazlık giyeceklerin yerini daha kalın kışlık giyecekler alır. İnsan hayatında kısaca bu denli değişiklikler yaşanırken, ulaşımın büyük bölümünün karayolunda yapıldığı şehir içi ve dışı ulaşımından sorumlu kurumların kış mevsiminde ne gibi çalışmalar yapması gerektiği, yolların, üst geçitlerin, okul, hastane, meydan gibi halkın yoğun kullandığı toplumsal alanlar için yapılacak çalışmalar, ana arter ulaşımında kar fırtınasında yolların kapanmaması için eldeki araç ve gereçleri en etkin ve verimli şekilde kullanılması ve yolların açık tutulması, can ve mal kayıplarının azaltılması için dünyada kışla mücadelenin nasıl yapıldığı yukarıda 2.1 maddesinde anlatılmıştır. Tüm bu bilgiler ışığında İstanbul başta olmak üzere, yurt genelinde, KGM dâhil Kışla Mücadele araçlarının hangi yol ve güzergâhlara müdahale edeceği bu işlerde çalışan tecrübeli insanların tavsiyeleriyle yapılmaktadır.

Bu tez çalışmasında kışla mücadele güzergâhlarının belirlenmesinde tecrübeli insanların görüşleri ile ilçe nüfus sayısı, araç sayısı, güzergâha ait yolun önemi, kavşak bağlantısı ve eğimi ile hava koşulları (güneşli, yağmurlu ve karlı) göz önünde bulundurularak Bulanık Mantık Modeliyle yeniden belirlenerek standart haline getirilmiştir.

#### 3.2 BULANIK MANTIK (FUZZY LOGIC)

Fiziksel sistemleri matematiksel olarak modellerken, transfer fonksiyonlarını çıkarırken, sistemlerin doğrusal ve zamanla değişmeyen sistemler olduğunu kabul ederiz. Oysa doğada doğrusal sistem pek yoktur. Bunların dışında matematiksel modelinin çıkarılması oldukça karışık hatta imkânsız çok sayıda matematiksel işlemler kabullenmeler gerektirir(Yılmaz, 2006). Bir insanın zihnindeki düşünce dünyasının bile tomografisi çekilse, çok renkli değişik hatta karmaşık motiflere sahip belirgin olmayan desenler içerdiği görülür. İşte bu belirsizliği, bulanıklık (fuzzy) diye tanımlamak mümkündür(Şen, 2002). Bulanık Mantık diğer adıyla “*Fuzzy Logic*” kuramı ilk kez

1965 yılında Lotfi Zadeh tarafından ortaya atılmıştır. Kümeler teorisinde bir eleman ya bir kümeyle aittir ya da değildir. Bulanık kümelerde ise bir eleman birden fazla kümeyle ait olabilmektedir. Bulanık kümelerde kesinlik kavramı yoktur(Dağdelen, 1996). Bulanık mantık (Fuzzy logic) karar verme mekanizması olarak tanımlanabilecek sözel ifadelerin bir uzman kişi tarafından belirtilen kesin olmayan sınırlar içindeki davranışını matematiksel olarak modellemeye yarar. Modelleme kesin olmayan bulanık kümelerden oluştuğundan *Bulanık* ya da *Fuzzy* olarak ifade edilir. Bu ismi kişisel ya da uzman kişinin kesin çizgilerle ifade edemediği ancak bölgesel olarak yaklaşık sınırlarının belli olduğu durumlarda anlamlı sonuçlar vermektedir.

Bulanık mantık hesaplama tekniği bu tür sorunları büyük ölçüde çözebilmektedir. Bu nedenle bilinen geleneksel hesaplama yöntemlerine alternatif olarak ortaya çıkan bu yöntem, doğadaki işleyişi taklit ederek çözüme ulaşır. Bulanık mantık kavramı iki temel öğeden oluşur. Bunlar 1-Bulanık kümeler ve bu kümeleri kullanarak bir dizi kural oluşturma 2- Karar verme sürecidir. Bulanık mantık kuramının uygulamaları, günümüzün karmaşık problemlerinin çözümünde kullanışlı bir araç haline gelmiştir. İlk ortaya atıldığı tarihten bu yana konu, matematikçiler, bilim adamları ve mühendisler tarafından birbirinden bağımsız pek çok çalışmaya konu olmuştur (Yılmaz, 2006).

### **3.2.1 Bulanık Kümeler**

Bulanık kümeler, kullandığımız sözel ifadeleri bilgisayara aktarabilmek için oluşturduğumuz matematiksel modellerdir.

#### **Bulanık Mantığın sağladığı faydalar:**

- a) İnsan düşünce sistemine ve tarzına yakındır,
- b) Uygulanmasında mutlaka matematiksel bir modele gereksinim duymaz,
- c) Yazılımın basit olması nedeniyle, sistem daha ekonomik olarak kurulabilir,
- d) Bulanık Mantık kavramını anlamak kolaydır,
- e) Üyelik değerlerinin kullanımı sayesinde, diğer kontrol tekniklerine göre daha esneklik,
- f) Keskin arz etmeyen bilgiler kullanılabilir,
- g) Doğrusal olmayan fonksiyonların modellenmesine izin verir,

- h) Sadece uzman kişilerin tecrübeleri ile kolaylıkla bulanık mantığa dayalı bir model yada sistem tasarlanabilir,
- i) Geleneksel kontrol teknikleriyle uyum halindedir (Yılmaz, 2006).

### 3.2.2 Bulanık Mantığın Kullanıldığı Bazı Uygulamalar

- a) Hidroelektrik güç üniteleri için kullanılan Baraj kapılarının otomatik kontrolü (*Tokio Electric Pow.*)
- b) Klima sistemlerinde istenmeyen ısı iniş çıkışlarının önlenmesi, Araba motorlarının etkili ve kararlı kontrolü (*Nissan*)
- c) Otomobiller için “Cruise-control” (*Nissan, Subaru*)
- d) Depremlerin önceden bilinmesi için Tahmin Sistemi (*Inst. of Seismology Bureau of Metrology, Japan*)
- e) Çelik sanayiinde makina hızı ve ısısının kontrolü (*Kawasaki Steel, New-Nippon Steel, NKK*)
- f) Raylı metro sistemlerinde sürüş rahatlığı, duruş mesafesinin kesinliğini ve ekonomikliğin geliştirilmesi (1.Giriş ‘te bahsedilen metro hedefe 7 cm kala durabilmektedir) (*Hitachi*)

### 3.3 TRAFİK AKIM DEĞİŞKENLERİ

Trafik akımını temsil etmekte kullanılan 3 temel değişken vardır. Bunlar akım hacmi, hız ve yoğunluk olarak adlandırılmaktadır. Akım hacmi (Q), belirli bir yol kesitinden birim sürede geçen taşıt sayısı olarak tanımlanmaktadır. Burada birim zaman genellikle bir saat olarak alınır. Yolun belirli bir kesitindeki tüm şeritlerin toplamı veya bir şeridi için tanımlanabilir. Taşıtların birbirlerini güvenle izlemeleri için ardı ardına iki taşıt arasında güvenle bulunması gereken zaman cinsinden aralığa “zaman cinsinden izleme aralığı” (*headway*) denir. Akım içerisinde sürücülerin izleme aralıklarının birbirine yakın olması, sürücü davranışlarının birbirine benzer olduğu anlamına gelir. (Aksoy, 2012). Düşük izleme aralığı süreleri akım hacminde artış anlamı taşırken, yağmur gibi elverişsiz hava koşullarında artan izleme aralıkları akım hacminde düşüslere yol açmaktadır.

Yoğunluk ( $k$ ), herhangi bir anda bir yolun birim uzunluğunda (genellikle 1 km) bulunan taşıt sayısıdır. Bu değişken sahadan gözlemlerle veya sensörler ile ölçülmesi zor bir büyüklük olduğundan genellikle matematiksel gözlemlerle akım hacmi ve hız kullanılarak türetilme yoluna gidilir (Aksoy, 2012).

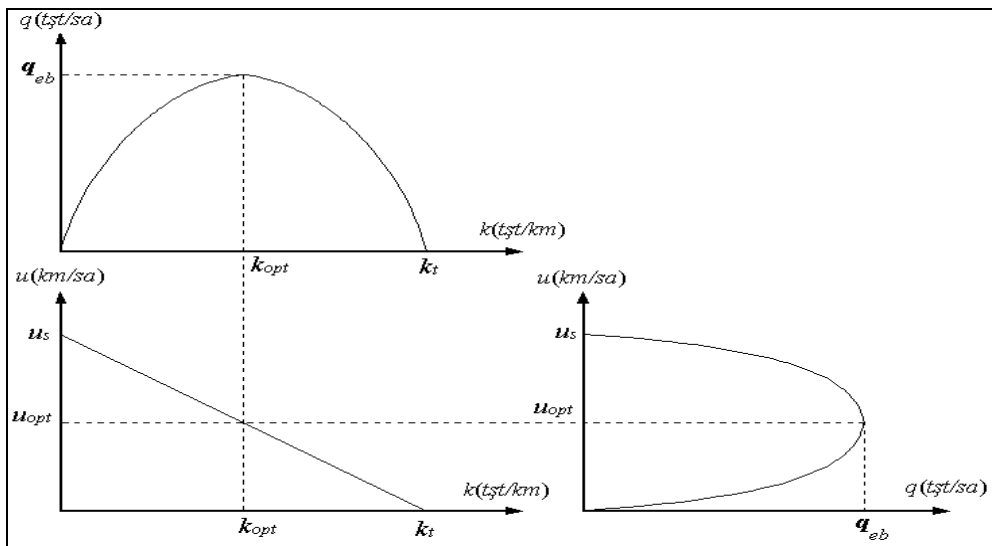
Hız ( $u$ ), bir trafik biriminin zamana göre yer değiştirmesidir. Zaman olarak genellikle 1 saat veya 1 saniye dikkate alınır. Bu değişken nokta hız, ticari (ortalama) hız, akım hızı ve yolculuk hızı gibi farklı şekillerde belirlenebilmektedir. Trafik mühendisliğinde esas olan tek taşıt hızı değil, birçok taşıtın bulunduğu bir trafik akımına ait hızdır. Bu hız akım hızı olarak adlandırılır ve trafik akımındaki tek taşıt hızlarının harmonik ortalaması alınarak bulunur (Aksoy, 2012).

Trafik akımını tanımlayabilmek için kullanılan değişkenler (akım hacmi, yoğunluk, hız) arasında, Bağıntı (1)'de ifade edildiği üzere geçerli bir ilişki vardır (Aksoy, 2016).

$$q = u \cdot k \quad (1)$$

Bu bağıntı trafik akımının temel bağıntısı olarak adlandırılır. Bu  $k=f(u)$  veya  $u=f(k)$  biçiminde yazılarak, q-u ve q-k arası ilişkiler de elde edilebilir. Bu denklemdeki 3 değişkene ait ikili ilişkilerin incelenmesi ile Şekil 3.1'deki değişimler elde edilebilir (Aksoy, 2012).

**Şekil 3.1: Temel eğriler arasındaki ilişkiler**



Kaynak: Aksoy, 2012.

Şekil 3.1'deki ilişkilerden hız( $u$ ) - yoğunluk( $k$ ) değişiminin incelenmesiyle bir akımın (ya da bir taşıtın) yol geometrisinin ve araç motorunun izin verdiği ölçüde, yolda herhangi bir kısıt, engel gibi hız azalmasına bir neden yoksa yapabileceği en yüksek hız değerine “serbest akım hızı”  $u_s$ , adı verilir. Serbest akım hızına erişilebilmesi için yolda çok az taşıt olması ve taşıtların birbirlerini etkilememesi gerekir. Bu durumda yoğunluğun yaklaşık sıfır olduğu kabul edilebilir. Yolda taşıtların tampon tampona olmaları, başka bir deyişle yolun tam dolu olması durumunda ise yoldaki hız yaklaşık sıfır olarak kabul edilebilir. Taşıtların hızları bu durumda zaman zaman sıfır olur. Ancak gerçekte akım hızı sıfır olmamakla birlikte akım duruyor gibi görünür. Bu nokta da  $u$ - $k$  eksen takımında  $k_t$  noktası, tıkanıklık yoğunluğu değeridir (Aksoy, 2012).

Şekil 3.1'deki ilişkilerden akım hacmi ( $q$ ) – yoğunluk ( $k$ ) değişiminin incelenmesiyle akım hacminin artan yoğunluk ile birlikte arttığı, belirli bir yoğunluk değerinde ( $k_{opt}$ ) en büyük değerine ulaştığı, ardından azalarak tıkanıklık yoğunluğunda yaklaşık sıfır değerine indiği bir değişim gözlemlenmektedir. En büyük akım hacminin geçtiği optimum yoğunluğa karşı gelen akım özelliklerinde yok kapasitesine ulaştığı kabul edilir. Bir başka deyişle bir yol kesiminden geçebilecek en çok taşıt sayısı optimum yoğunluk değerinde olmaktadır.

Şekil 3.1'deki ilişkilerden hız ( $u$ ) - akım hacmi ( $q$ ) değişiminin incelenmesiyle düşük akım hacminde serbest akım hızının gözlemlendiği, akım hızının artan akım hacmi ile azaldığı ve optimum hızda ( $u_{opt}$ ) en çok taşıtın geçtiği görülmektedir. En iyi (optimum) hız değeri optimum yoğunluk değerine karşılık gelmekte ve yol kesiminden mümkün olan en çok taşıtın geçebildiği anlamına gelmektedir. Bu ilişkide en iyi hızın altındaki hızlar tıkanık akım bölgesi olarak adlandırılmaktadır ve bu bölge içerisinde taşıtların bir biri ile etkileşim halinde olduğu, hızlarını serbest olarak seçemedikleri, trafik sıkışıklığının gözlemlendiği akım koşullarını yansıtmaktadır. En iyi hızın üzerindeki hızlar, serbest akım koşulları olarak adlandırılmaktadır. Bu bölgede taşıtlar birbirlerinden etkilenmeden hızlarını serbestçe seçebildikleri akım koşullarında yol almaktadırlar. Dolayısıyla, hava olaylarının trafik akımına etkisinin araştırılmasında akım hacmi – hız ilişkisinde serbest akım bölgesindeki akımlar incelenerek karşılaştırmalar yapılacaktır.



### 3.4 İSTANBUL İLÇE NÜFUS SAYILARI

Geliştirilen modelin uygulanma aşamasında en önemli verilerden ilki çalışılacak olan bölgenin nüfus sayımı toplamı, erkek ve kadın sayı ve yüzdelerinin bilinmesidir. Bununla ilgili sayısal değerler Tablo 3.1’de İstanbul’un değişik ilçeleri için verilmiştir (Kaynak: URL 13).

**Tablo 3.1: İstanbul ilçe nüfus sayıları**

İlçe	Toplam Nüfus	Erkek Nüfusu	Kadın Nüfusu	Erkek %	Kadın %
Küçükçekmece	761,064	382,547	378,517	50,26%	49,74%
Bağcılar	757,162	385,909	371,253	50,97%	49,03%
Esenyurt	742,81	381,508	361,302	51,36%	48,64%
Ümraniye	688,347	346,997	341,35	50,41%	49,59%
Pendik	681,736	345,821	335,915	50,73%	49,27%
Bahçelievler	602,04	302,691	299,349	50,28%	49,72%
Üsküdar	540,617	265,637	274,98	49,14%	50,86%
Sultangazi	521,524	267,305	254,219	51,25%	48,75%
Gaziosmanpaşa	501,546	253,09	248,456	50,46%	49,54%
Maltepe	487,337	241,44	245,897	49,54%	50,46%
Kadıköy	465,954	211,394	254,56	45,37%	54,63%
Esenler	459,983	237,018	222,965	51,53%	48,47%
Kartal	457,552	227,602	229,95	49,74%	50,26%
Kağıthane	437,942	222,523	215,419	50,81%	49,19%
Avcılar	425,228	213,765	211,463	50,27%	49,73%
Ataşehir	419,368	207,39	211,978	49,45%	50,55%
Fatih	419,345	208,295	211,05	49,67%	50,33%
Eyüp	375,409	189,387	186,022	50,45%	49,55%
Sancaktepe	354,882	181,86	173,022	51,25%	48,75%
Başakşehir	353,311	177,779	175,532	50,32%	49,68%
Sarıyer	344,159	171,739	172,42	49,90%	50,10%
Sultanbeyli	321,73	165,784	155,946	51,53%	48,47%
Güngören	302,066	152,219	149,847	50,39%	49,61%
Zeytinburnu	289,685	144,666	145,019	49,94%	50,06%
Beylikdüzü	279,999	137,341	142,658	49,05%	50,95%
Şişli	274,017	133,722	140,295	48,80%	51,20%
Bayrampaşa	272,374	137,331	135,043	50,42%	49,58%
Beykoz	249,727	124,563	125,164	49,88%	50,12%
Beyoğlu	242,25	124,594	117,656	51,43%	48,57%
Arnavutköy	236,222	122,073	114,149	51,68%	48,32%
Tuzla	234,372	120,703	113,669	51,50%	48,50%
Çekmeköy	231,818	117,257	114,561	50,58%	49,42%
Büyükçekmece	231,064	115,215	115,849	49,86%	50,14%
Bakırköy	223,248	105,257	117,991	47,15%	52,85%
Beşiktaş	190,033	88,64	101,393	46,64%	53,36%
Silivri	165,084	89,393	75,691	54,15%	45,85%
Çatalca	67,329	34,271	33,058	50,90%	49,10%
Şile	33,477	17,224	16,253	51,45%	48,55%
Adalar	15,623	8,549	7,074	54,72%	45,28%
<b>Toplam Nüfus</b>	<b>14.657,43</b>				

Kaynak: URL 13.

### 3.5 İSTANBUL İLÇE ARAÇ SAYILARI

Modellemenin ikinci en önemli veri kümesi İstanbul'un değişik ilçelerindeki araç sayıdır ve bununla ilgili sayısal veriler Tablo 3.2'de belirtilmiştir (*Kaynak*: URL 12).

**Tablo 3.2: İstanbul ilçe araç sayıları**

İLÇELER VE İL'E UZAKLIKLARI		
İLÇE	İL'E UZAKLIK	İLÇE ARAÇ SAYISI
Adalar	0 Km	0
Avcılar	19 Km	170.038
Bağcılar	9 Km	261.171
Bahçelievler	5 Km	119.624
Bakırköy	5 Km	57.587
Bayrampaşa	3 Km	91.778
Beşiktaş	11 Km	144.896
Beykoz	26 Km	54.516
Beyoğlu	0 Km	12.990
Eminönü	0 Km	64.213
Esenler	5 Km	4.069
Eyüp	3 Km	78.230
Fatih	3 Km	95.907
Gaziosmanpaşa	7 Km	34.956
Güngören	4 Km	41.767
Kadıköy	22 Km	247.031
Kağıthane	7 Km	47.778
Kartal	36 Km	58.107
Küçükçekmece	15 Km	6.812
Maltepe	30 Km	78.716
Pendik	39 Km	23.001
Sarıyer	20 Km	35.588
Şişli	9 Km	60.413
Tuzla	49 Km	14.252
Ümraniye	22 Km	130.017
Üsküdar	17 Km	92.032
Zeytinburnu	4 Km	50.590
Büyükçekmece	33 Km	3.687
Çatalca	51 Km	3.654
Silivri	63 Km	3.635
Sultanbeyli	37 Km	69.745
Şile	79 Km	1.178
	<b>Toplam:</b>	<b>2.157.978</b>

*Kaynak*: URL 12.

### 3.6 İSTANBUL ANAARTER ULAŞIM AĞI

İstanbul Kocaeli ile Tekirdağ illeri arasında yaklaşık 200 km, Marmara Denizi ile Karadeniz arasında ise yaklaşık 50 km arasına yerleşmiş büyük bir kenttir. D-100, TEM, Kuzey Marmara Otoyolu ve güneyinde yer alan sahil yolu ana omurgasını teşkil etmek üzere bu yollara yerleşim birimlerinden bağlantısı olan Şekil 3.2’de görüldüğü gibi ana arter yollarından meydana gelmektedir.

Şekil 3.2: İstanbul ana ulaşım yolları



Kaynak: İBB Trafik Müdürlüğü.

## 4. BULGULAR

### 4.1 HAVA KOŞULLARININ TRAFİK AKIŞINA ETKİSİ

İstanbul kent içi ve otoyolları hava koşullarının etkilediği durumlarda dahi, yüksek talep için yeterince kapasite sunamadığından tıkanıklık sorunu yaşamaktadır. Yağmur, kar gibi insanların algısını değiştiren çevresel olaylarında etkimesiyle trafik sıklığı daha da artmaktadır. Sürücüler olumsuz hava koşulları altındaki yol kesiminde, güvenli sürüş için daha düşük hız ve önündeki araçla daha uzun takip aralığı seçme eğiliminde olduğundan trafik akımı üzerinde değişim meydana gelmektedir. Farklı hava olaylarının sürücü davranışı üzerinde farklı etkileri olabileceği gibi, trafik akım koşullarının da sürücü davranışları üzerinde belirleyici etkileri söz konusudur.

#### 4.1.1 Hava Olayları Etkisi Altında Trafik Akımının Değişimi

Şekil 3.1’de ifade edilen değişimler matematik olarak ideal koşulları gösterdiğinden gerçekte gözlemlenen trafik akım değişkenleri arasındaki ilişkiler bu eğrilerden bir miktar farklılık gösterebilir. Şekil 4.1’de gerçek bir trafik sensöründen elde edilen trafik verilerinde bu teorik ilişkiye yakın bir değişimin ortaya çıktığı, serbest akım hızı ve kapasite hızı gibi büyüklüklerin ayırt edilebildiği akım hacmi-yoğunluk, hız-yoğunluk ve hız-akım hacmi ilişkileri sırasıyla Şekil 4.1 a, b ve c’de verilmiştir. Şekil 4.1 b’de hiçbir hava olayının etki etmediği bir yol kesitinde hız-yoğunluk ilişkisi verilmiştir. Bu ilişkiyi en iyi açıklayan denklem bulunmuş ve Bağntı (2)’de gösterilmiştir.

$$u = 0,0052 \cdot k^2 - 1,7487 \cdot k + 112,53 \quad (2)$$

Bağntı (2) kullanılarak, yoğunluğun sıfır olduğu anda bu yol kesitindeki serbest akım hızı bulunabilir. Bu hesap bağntı (3)’de gösterilmiştir.

$$k = 0 \rightarrow u_s = 112,53 \text{ km/sa} \quad (3)$$

Bağntı (3)’den güneşli hava koşulları altında bu yoldaki serbest akım hızının 112,53 km/sa olduğu bulunmuştur.

Tahmin edilen hız-yoğunluk ilişkisi Bağntı (1)’de yerine yazılarak, Bağntı (4)’de verilen akım hacmi (q) ile yoğunluk arasındaki ilişki hesaplanabilir.

$$q = 0,0052 \cdot k^3 - 1,7487 \cdot k^2 + 112,53 \cdot k \quad (4)$$

Bağıntı (4)'de ifade edilen akım hacmi ile yoğunluk arasındaki ilişki üçüncü dereceden bir polinom olarak hesaplanmıştır. Bunun nedeni, hız-yoğunluk ilişkisinin ikinci dereceden bir polinom olarak tahmin edilmesidir. Şekil 4.1 a'da Bağıntı (4)'ün değişimi verilmiştir. Buradan da anlaşılacağı üzere bu parabol bir zirve noktası yapmakta ve ardından azalmaktadır. Bu ilişkideki zirve noktası ise yol kapasitesi olarak kabul edilmektedir. Bu kapasite değerinin bulunabilmesi için Bağıntı (5)'de gösterilen işlemlerin yapılması ve optimum yoğunluk değerinin bulunması gerekmektedir.

$$\frac{dq}{dk} = 0 \rightarrow 0,0156 \cdot k^2 - 3,4974 \cdot k + 112,53 \quad \begin{array}{l} \rightarrow k_1 = 185 \text{ tş} / \text{km} \\ \rightarrow k_2 = 39 \text{ tş} / \text{km} \end{array} \quad (5)$$

Bağıntı (5)'de hacmin yoğunluğa göre türevi alınarak sifıra eşitlenmiş, bu parabolün zirve değerini aldığı yoğunluk değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan yoğunluk değerlerinden 185tş/km gözlemlenen yoğunluk aralığından (0-120tş/km) büyük olduğu için dikkate alınmamış, 39tş/km kapasite yoğunluğu veya optimum yoğunluk olarak belirlenmiştir. Bu yoğunluk değeri Bağıntı (4)'de yerine yazıldığında Bağıntı (6)'da gösterilen sonuç bulunmuştur.

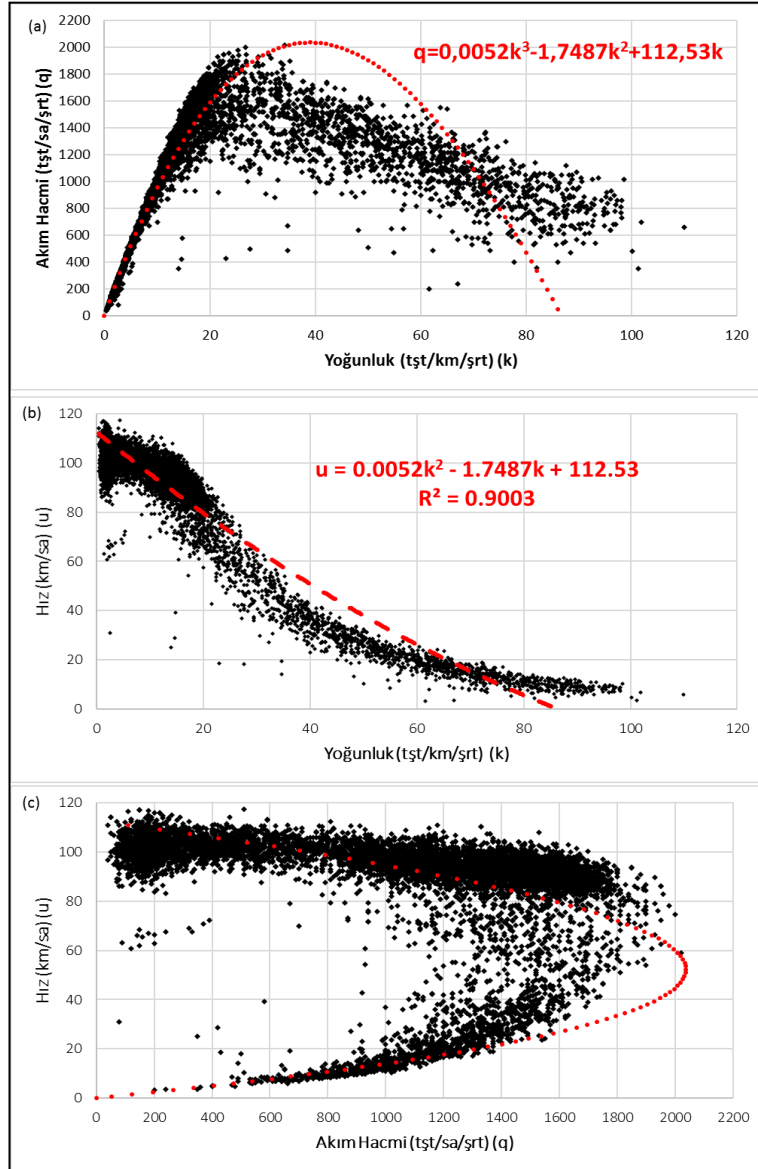
$$q_{maks} = 0,0052 \cdot 39^3 - 1,7487 \cdot 39^2 + 112,53 \cdot 39 \rightarrow q_{maks} = 2037 \text{ tş} / \text{sa} / \text{şrt} \quad (6)$$

Bağıntı (6)'dan kapasite değeri 2037 tş/sa/şrt olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.1 b'de tahmin edilen hız-yoğunluk ilişkisi ikinci dereceden bir parabol olması nedeniyle, bu eşitlikteki yoğunluk değeri çekilip Bağıntı (1)'de yerine yazılıp hız ile akım hacmi arasındaki ilişki hesaplanamamaktadır. Başka bir deyişle, hız-akım hacmi ilişkisi fonksiyon olarak ifade edilememektedir. Aynı zamanda, Şekil 4.1 c'de gösterildiği şekilde ilişkiye bir fonksiyon tahmin etmek mümkün olamamakta, zira bu ilişkide bir x değeri (akım hacmi) için birden fazla y değeri (hız) karşılık gelmektedir. Hız ve akım hacmi arasındaki ilişki anca  $q=f(u)$  şeklinde tanımlanabilmekte, bahsedildiği üzere burada bu ilişkiyi tahmin etmek mümkün olamamaktadır. Hız ile akım hacmi arasındaki değişimi yansıtmak içinse Tablo 1'de gösterildiği üzere, önce Bağıntı (4) yardımıyla her yoğunluk değerine karşı gelen akım hacmi değeri hesaplanmış, ardından Bağıntı (1) kullanılarak bu her yoğunluk ve akım hacmi çiftine karşı gelen hız hesaplanmıştır. Bu şekilde hesaplanan hız ve akım hacmi çiftleri ise Şekil 4.1 c'de gösterilmiştir.

**Tablo 1: Güneşli günlere ait yoğunluk, akım hacmi ve hız değişimi**

k	q	u
1	111	111
2	218	109
3	322	107
...	...	...
38	2036	54
39	2037	52
40	2036	51
...	...	...
84	196	2
85	124	1
86	52	1

**Şekil 4.1: D100 Karayolu, 176 numaralı RTMS için güneşli havalarda akım hacmi, yoğunluk ve hız değişimleri**



Kaynak: TKM, 176 nolu Trafik Algılayıcısı.

Aynı yol kesiminde, yağmur etkisi altındaki trafik akım değişkenleri arasındaki ilişki ise Şekil 4.2’de verilmiştir. Yağmur etkisi altındaki yol kesiminde de ilk olarak hız-yoğunluk arasında denklem tahmin edilerek hesaplamalara başlanmıştır. Hız yoğunluk ilişkisine ait denklem Bağntı (7)’de gösterilmiştir.

$$u = 0,0062 \cdot k^2 - 1,6951 \cdot k + 104,17 \quad (7)$$

Bağntı (7) yardımıyla, yağmur etkisi altında serbest akım hızı hesaplanmış ve Bağntı (8)’de görüldüğü üzere 104,17km/sa olarak bulunmuştur.

$$k = 0 \rightarrow u_s = 104,17 \text{ km/sa} \quad (8)$$

Bağntı (7)’de tahmin edilen hız-yoğunluk ilişkisi Bağntı (1)’de yazılarak Bağntı (9)’da verilen akım hacmi-yoğunluk ilişkisi hesaplanmıştır.

$$q = 0,0062 \cdot k^3 - 1,6951 \cdot k^2 + 104,17 \cdot k \quad (9)$$

Akım hacmi-yoğunluk ilişkisini yansıtan Bağntı (9)’un türevi sifira eşitlenerek, kapasite akımını sağlayan optimum yoğunluk değeri hesaplanabilir. Bu işlem adımı Bağntı (10)’da gösterilmiştir.

$$\frac{dq}{dk} = 0 \rightarrow 0,0186 \cdot k^2 - 3,3902 \cdot k + 104,17 \quad \rightarrow \quad k_1 = 143 \text{ tş/t / km} \quad (10)$$

$$\rightarrow \quad k_2 = 39 \text{ tş/t / km}$$

Bağntı (5)’den gözlemlenen yoğunluk aralığında kalan 39tş/t/km kapasite yoğunluğu olarak hesaplanmıştır. Bu yoğunluk değeri Bağntı (9)’da yerine yazıldığında Bağntı (11)’da gösterilen sonuç bulunur.

$$q_{maks} = 0,0062 \cdot 39^3 - 1,6951 \cdot 39^2 + 104,17 \cdot 39 \rightarrow q_{maks} = 1852 \text{ tş/t / sa / şrt} \quad (11)$$

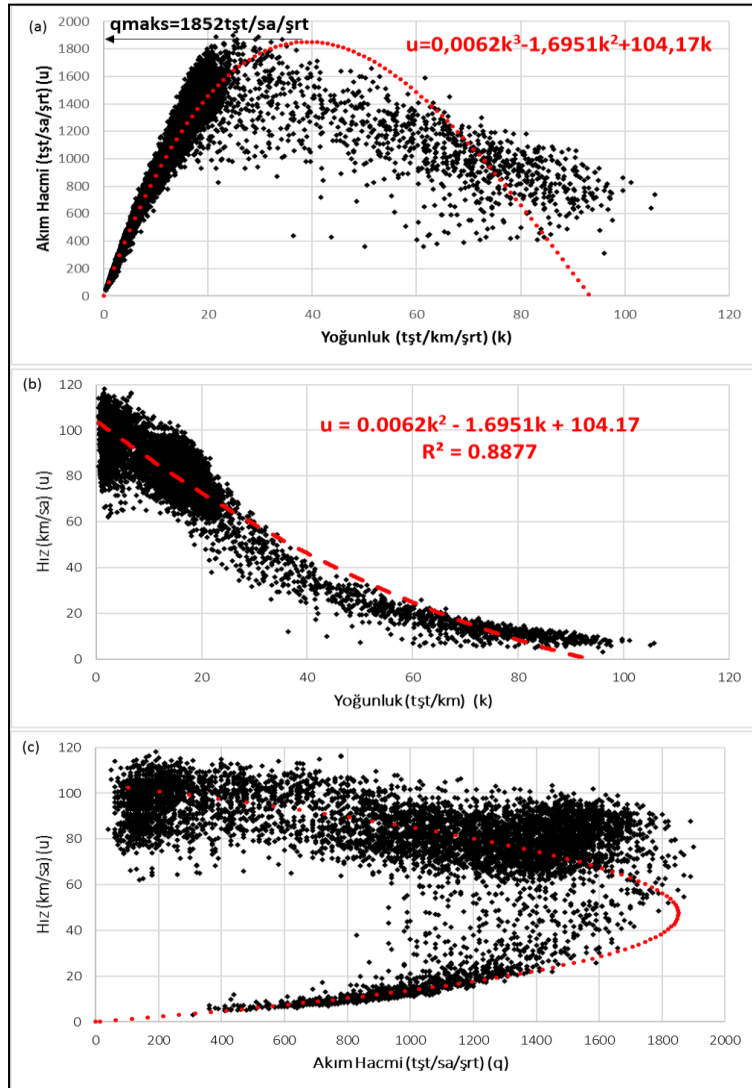
Bağntı (11)’dan yağmur etkisi altındaki bu yol kesitinde kapasite değeri 1852 tş/sa/şrt olarak hesaplanmıştır.

Güneşli gün gözlemlerine benzer şekilde, yağmurlu gün verilerinde hız ile akım hacmi arasındaki ilişkiyi yansıtmak üzere, Bağntı (9) yardımıyla önce her k değerine karşılık gelen q değeri hesaplanmış, ardından Bağntı (1) ile u değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen değişimler Tablo 2’de gösterilmiş ve Şekil 4.2 c’de çizdirilmiştir.

**Tablo 2: Yağmurlu günlere ait yoğunluk, akım hacmi ve hız değişimi**

k	q	u
1	102	102
2	202	101
3	297	99
...	...	...
38	1851	49
39	1852	47
40	1851	46
...	...	...
90	165	2
91	114	1
92	64	1

**Şekil 4.2: D100 Karayolu, 176 numaralı RTMS için yağmurlu havalarda akım hacmi, yoğunluk ve hız değişimleri**



Kaynak: TKM, 176 nolu Trafik Algılayıcısı.



Kar yağışı altında trafik akım değişkenleri arasındaki ilişki ise Şekil 4.3’de verilmiştir. Kar yağışı etkisi altında özellikle Şekil 4.3 c’de verilen hız-akım hacmi ilişkisi, beklenen eğilimin aksine, çok fazla saçılma gösteren bir değişim sergilemektedir. Kar etkisi altındaki aynı yol kesitinde, benzer şekilde hız yoğunluk ilişkisine model tahmin edilerek hesaplamalara başlanmıştır. Bağntı (12)’de hız-yoğunluk değişimine ait denklem verilmiştir.

$$u = -0,0027 \cdot k^2 - 0,6423 \cdot k + 82,92 \quad (12)$$

Bağntı (12)’den karlı koşullar altındaki bu yol kesimine ait serbest akım hızı Bağntı (13)’de gösterildiği üzere 82,924km/sa olarak bulunmuştur.

$$k = 0 \rightarrow u_s = 82,92 \text{ km / sa} \quad (13)$$

Bağntı (12)’de tahmin edilen hız-yoğunluk ilişkisi Bağntı (1)’de yazılarak Bağntı (14)’de verilen akım hacmi-yoğunluk ilişkisi hesaplanmıştır.

$$q = -0,0027 \cdot k^3 - 0,6423 \cdot k^2 + 82,92 \cdot k \quad (14)$$

Akım hacmi-yoğunluk ilişkisini ifade eden Bağntı (14)’un türevi sıfıra eşitlenerek, bu parabolün zirve noktası, başka bir deyişle kapasite akımını sağlayan optimum yoğunluk değeri hesaplanabilir. Bu işlem adımı Bağntı (15)’de gösterilmiştir.

$$\frac{dq}{dk} = 0 \rightarrow -0,0081 \cdot k^2 - 1,2846 \cdot k + 82,92 \quad \begin{array}{l} \rightarrow k_1 = -207 \text{ tş / km} \\ \rightarrow k_2 = 49 \text{ tş / km} \end{array} \quad (15)$$

Bağntı (15)’den bulunan köklerin biri negatif, diğeri ise gözlem aralığında çıkmıştır. Optimum yoğunluk olarak hesaplanan 49tş/km Bağntı (14)’de yerine yazıldığında Bağntı (16)’da gösterilen sonuca ulaşılır.

$$q_{maks} = -0,0027 \cdot 49^3 - 0,6423 \cdot 49^2 + 82,92 \cdot 49 \rightarrow q_{maks} = 2203 \text{ tş / sa / şrt} \quad (16)$$

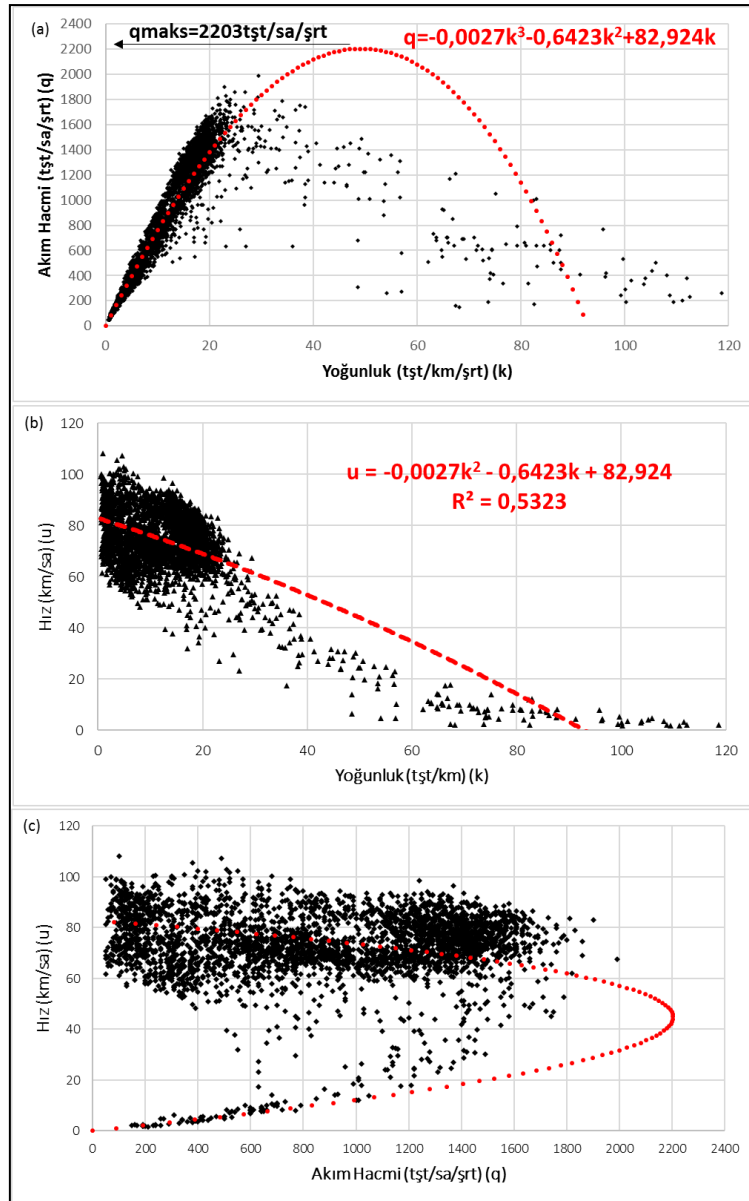
Bağntı (16)’dan karlı hava koşulları için kapasite değeri, yağmur ve güneşe göre artarak, 2203 tş/sa/şrt olarak hesaplanmıştır.

Karlı gün verilerinde hız ile akım hacmi arasındaki ilişkiyi yansıtmak üzere, Bağntı (14) yardımıyla önce her k değerine karşılık gelen q değeri hesaplanmış, ardından Bağntı (1) ile u değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen değişimler Tablo 3’de gösterilmiş ve Şekil 4.3 c’de çizdirilmiştir.

**Tablo 3: Karlı günlere ait yoğunluk, akım hacmi ve hız değişimi**

k	q	U
1	82	82
2	163	82
3	243	81
...	...	...
48	2202	46
49	2203	45
50	2203	44
51	2200	43
...	...	...
90	292	3
91	193	2
92	90	1

**Şekil 4.3: D100 Karayolu, 176 numaralı RTMS için karlı havalarda akım hacmi, yoğunluk ve hız değişimleri**



Kaynak: TKM, 176 nolu Trafik Algılayıcısı.

Güneşli ve yağmurlu hava koşullarında gözlemlenen serbest akım hızlarının aksine karlı hava koşullarında hız bir hayli azalarak Şekil 4.3 b'den görülebileceği üzere 82,92 km/sa seviyesine kadar azalmıştır. Hız-yoğunluk ilişkisinden elde edilen denklem ile karlı gözlemler için Bağntı (16) ile kapasite değeri 2203 tş/sa/şrt olarak hesaplanmıştır. Ancak gözlemler incelendiğinde yaklaşık 1900 tş/sa/şrt seviyelerinden daha büyük değerlerin olmadığı, denklem ile hesaplanan bu değer gerçeği yansıtmadığı söylenebilir. Burada yapılan hesap yöntemi daha çok elverişli hava şartları altındaki yol kesimleri için uygun olduğu, teorik hız, yoğunluk ve akım hacmi değişimlerinin herhangi bir hava olayı etkisi altında olmayan yol kesimlerinde uygun olduğu unutulmamalıdır. Şekil 4.3 c'de kar etkisi altındaki bir yolda, hız ile akım hacminin ne denli saçıldığı görülmektedir. Böyle saçılmış bir veri üzerinde yapılan bu teorik yaklaşımlarla kesin bir sonucun elde edilemeyeceği, sadece bir fikir verebileceği unutulmamalıdır.

#### Şekil 4.4: Örnek olarak incelenen 176 numaralı trafik sensörünün konumu

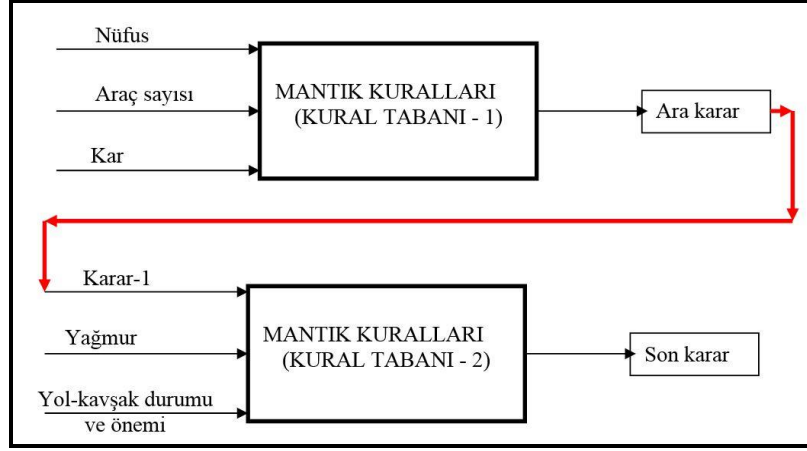


Kaynak: İBB Trafik Müdürlüğü.

## 4.2 BULANIK MANTIK MODELİ KURULMASI

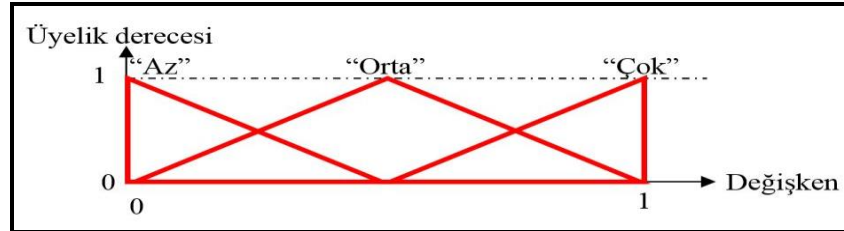
Bulanık mantık modeli ile girdilerden çıkarım yapabilmek için Şekil 4.5'de gösterilen genel modelleme sisteminde girdi ve çıktılarının her birinin sözel olarak en azından üç alt kümeye sahip olacak şekilde tasarlanması gerekir. Bu tezde iki aşamalı ve her biri üç girdi ve bir çıktısı olan bir bulanık mantık modeli geliştirilmiştir. Arzu edilirse üç veya daha fazla aşamalı modeller de benzer olarak yapılabilir.

**Şekil 4.5: İki aşamalı bulanık mantık modeli**



Bu şekildeki modelin çalıştırılabilmesi için önce girdi ve çıktı değişkenlerinin üç parçalı bulanık kümeler şeklinde temsil edilmesi gerekir ki bunu açıklayan değişken bulanık kümeleri Şekil 4.6’da gösterilmiştir.

**Şekil 4.6: Değişken bulanık kümeleri**



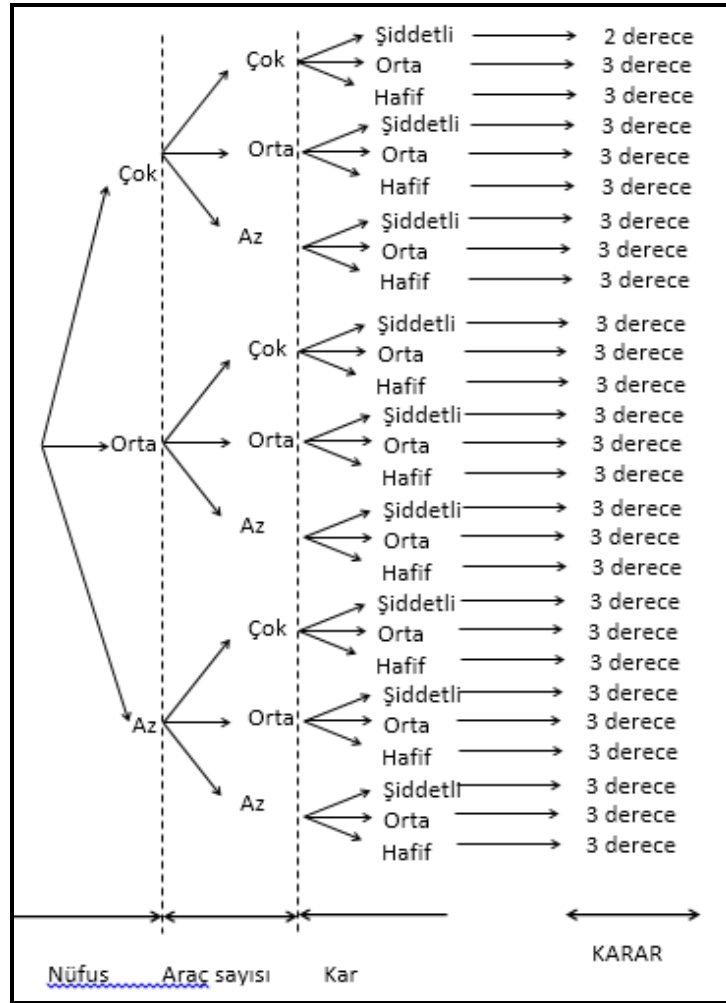
Bu şekilde belirtilen “Az”, “Orta” ve “Çok” kümeleri değişken hakkında uzmanlara sorularak belirlenmelidir. Bu alt kümeler kar yağışı için sırası ile “Hafif”, “Orta”, ve “Şiddetli” alt küme isimleri almaktadır. İkinci aşamadaki yol-kavşak durumu ve önemi içinde aynı küme isimleri geçerlidir. Burada belirtilen modelim uygulamaları İstanbul’un bazı ilçeleri için yapılmıştır.

#### 4.2.1 3. Derece Güzergâh Yolları (Çatalca Kestanelik Köyü)

İstanbul’da 3. derece ulaşım yolları Çatalca, Şile gibi ilçelerimizdeki köy yolları için geçerlidir. Köy içi yollar, o köydeki muhtarlık üzerinden kiralanan traktörlere İBB tarafından verilen kar küreme bıçağı, tuz, mazot ve traktör için ödenen ücret

mukabilinde muhtarın kontrolünde her köy kendi yolunu açmaktadır. Böylece hem zamandan hem de maddeden tasarruf elde edilirken bu uygulama Konya başta olmak üzere bazı illerimizde de uygulanmaya başlanmıştır. Şekil 4.10'daki modelin birinci aşaması girdileri için Tablo 4.4'de ayrıntılı olarak gösterilen ve birbirini takip eden bir karar verme ağacı sunulmuştur.

**Tablo 4.4: Kestanelik köy yolu, nüfus, araç sayısı, kar için bulanık mantık modeli**



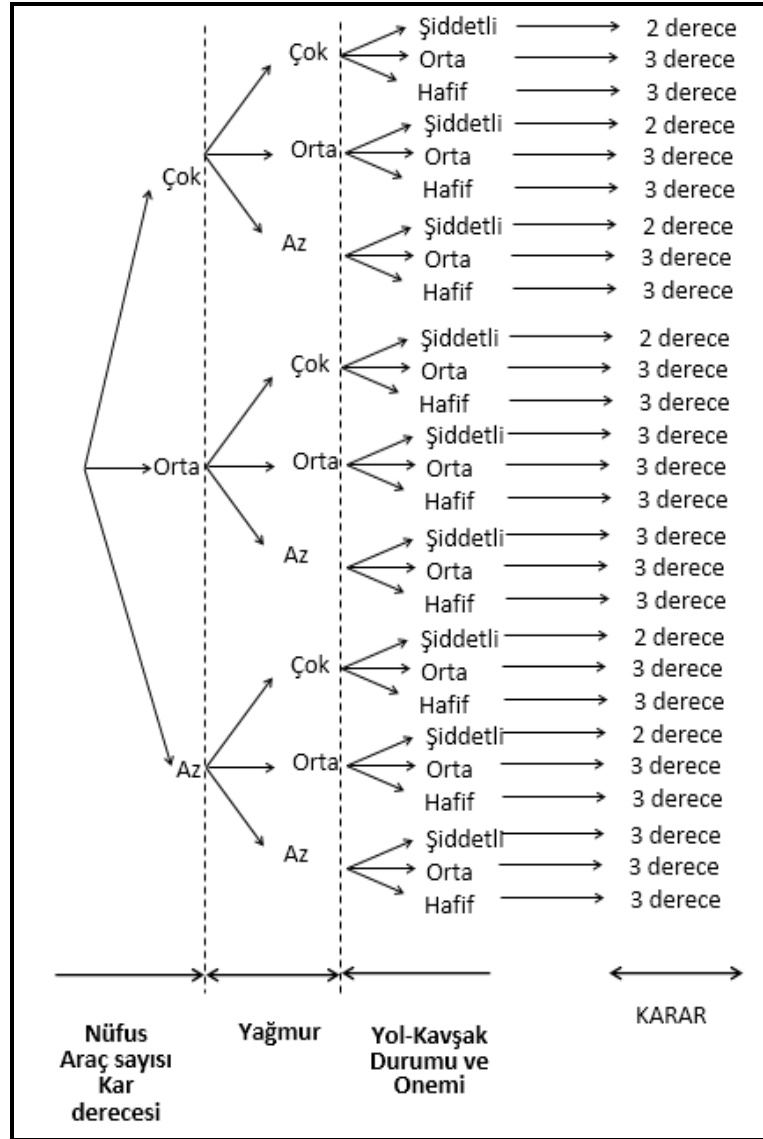
Bu tabloda belirtilen 27 adet karar verme durumunun tespit edilebilmesi için Şekil 4.10'daki iki aşamanın orta kısmında bulunan model kutusundaki kural tabanı uzmanlardan gelen bilgilere göre Tablo 4.5'de ayrı ayrı verilmiştir.

**Tablo 4.5: Kestanelik köy yolu, nüfus, araç sayısı, kar için bulanık mantık modeli taban yazılımı**

BULANIK MODELİ KURAL TABANI (KAR)										
1) EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	2 Derece
2) EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	ORTA	İSE	3 Derece
3) EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	HAFİF	İSE	3 Derece
4) EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	3 Derece
5) EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	ar	ORTA	İSE	3 Derece
6) EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	Kar	HAFİF	İSE	3 Derece
7) EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	3 Derece
8) EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	ORTA	İSE	3 Derece
9) EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	ORTA	İSE	3 Derece
10) EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	2 Derece
11) EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	ORTA	İSE	3 Derece
12) EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	HAFİF	İSE	3 Derece
13) EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	3 Derece
14) EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	Kar	ORTA	İSE	3 Derece
15) EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	Kar	HAFİF	İSE	3 Derece
16) EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	3 Derece
17) EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	ORTA	İSE	3 Derece
18) EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	HAFİF	İSE	3 Derece
19) EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	2 Derece
20) EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	ORTA	İSE	3 Derece
21) EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	HAFİF	İSE	3 Derece
22) EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	3 Derece
23) EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	Kar	ORTA	İSE	3 Derece
24) EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	Kar	HAFİF	İSE	3 Derece
25) EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	3 Derece
26) EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	ORTA	İSE	3 Derece
27) EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	HAFİF	İSE	3 Derece

Şekil 4.10'daki ikinci aşamada gösterilen değişkenleri için önceliklere benzer olarak Tablo 4.6 ve Tablo 4.7 hazırlanmıştır.

**Tablo 4.6: Kestanelik köy yolu, nüfus,-araç sayısı-kar, yağmur ve yol durumu için bulanık mantık modeli**



Eğer nüfus, araba sayısı ve kar üçlüsüne “NAK” kısaltması kullanılırsa ve bu da “az”, “orta” ve “çok” diye sınıflandırılırsa aşağıdaki kural tabanına ulaşılır.

**Tablo 4.7: Kestanelik köy yolu, nüfus,-araç sayısı-kar, yağmur ve yol durumu için bulanık mantık modeli taban yazılımı**

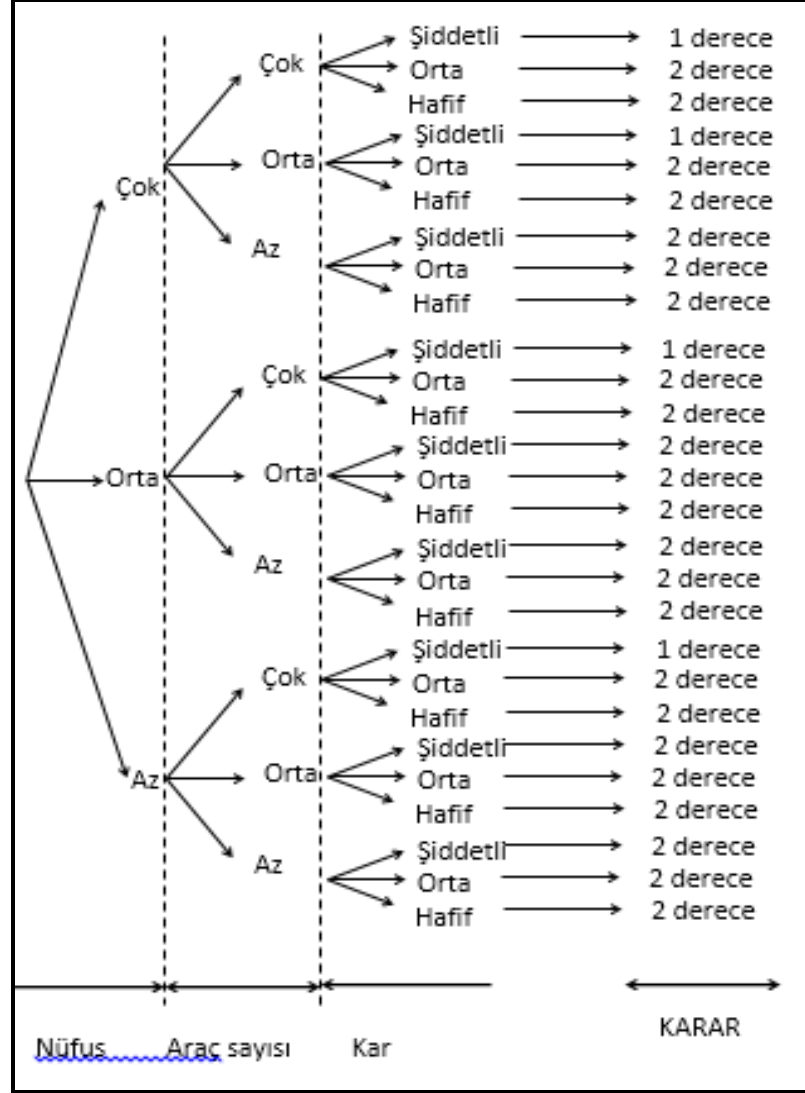
MANTIK MODELİ KURAL TABANI (YAĞMUR)							
1) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	2 Derece
2) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	3 Derece
3) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	HAFİF İSE	3 Derece
4) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	2 Derece
5) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	3 Derece
6) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	HAFİF İSE	3 Derece
7) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	2 Derece
8) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	3 Derece
9) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	3 Derece
10) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	2 Derece
11) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	3 Derece
12) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	HAFİF İSE	3 Derece
13) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	2 Derece
14) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	3 Derece
15) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	HAFİF İSE	3 Derece
16) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	3 Derece
17) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	3 Derece
18) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	HAFİF İSE	3 Derece
19) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	2 Derece
20) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	3 Derece
21) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	HAFİF İSE	3 Derece
22) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	3 Derece
23) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	3 Derece
24) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	HAFİF İSE	3 Derece
25) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	3 Derece
26) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	3 Derece
27) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	HAFİF İSE	3 Derece

Bulanık Mantık Çıkarım yöntemi modellemesine göre Çatalca Kestanelik yolu 3. Derece öncelikli yol güzergâhı seçilmiştir. Çünkü köyde yaşayanların büyük bölümü tarım, hayvancılık vb. işlerle uğraşırken öğrenciler öğrenim, gençler ise çalışmak için şehre gitmekte buda mevcut İstanbul trafiğine çok yük bindirmediği için 3. Derece önemli güzergâh yolu olarak seçilmişlerdir. Kışla mücadele zamanı görevli traktör ana yoldan köy içine doğru kar küreme ve tuzlama çalışması yapacaktır. Bekleme anlarını ise köy meydanında günlük ihtiyaçlarını karşılayacağı şekilde geçirmesi için seçilmiştir. Her ne kadar köy yolları 3. Derece önemli güzergâh yolu olsa da, her köy kendi traktör ve İBB'nin sağladığı imkânlarla kendi yolunu açtığı için 2. Derece önemli güzergâh gibi hizmet alacaktır.



#### 4.2.2 2. Derece Güzergâh Yolları (Sarıyer İlçesi Hacıosman ile Zekariyaköy Arası Orman İçi Yolu)

**Tablo 4.8: Hacıosman-Zekariyaköy arası yol için, nüfus, araç sayısı, kar için bulanık mantık modeli**

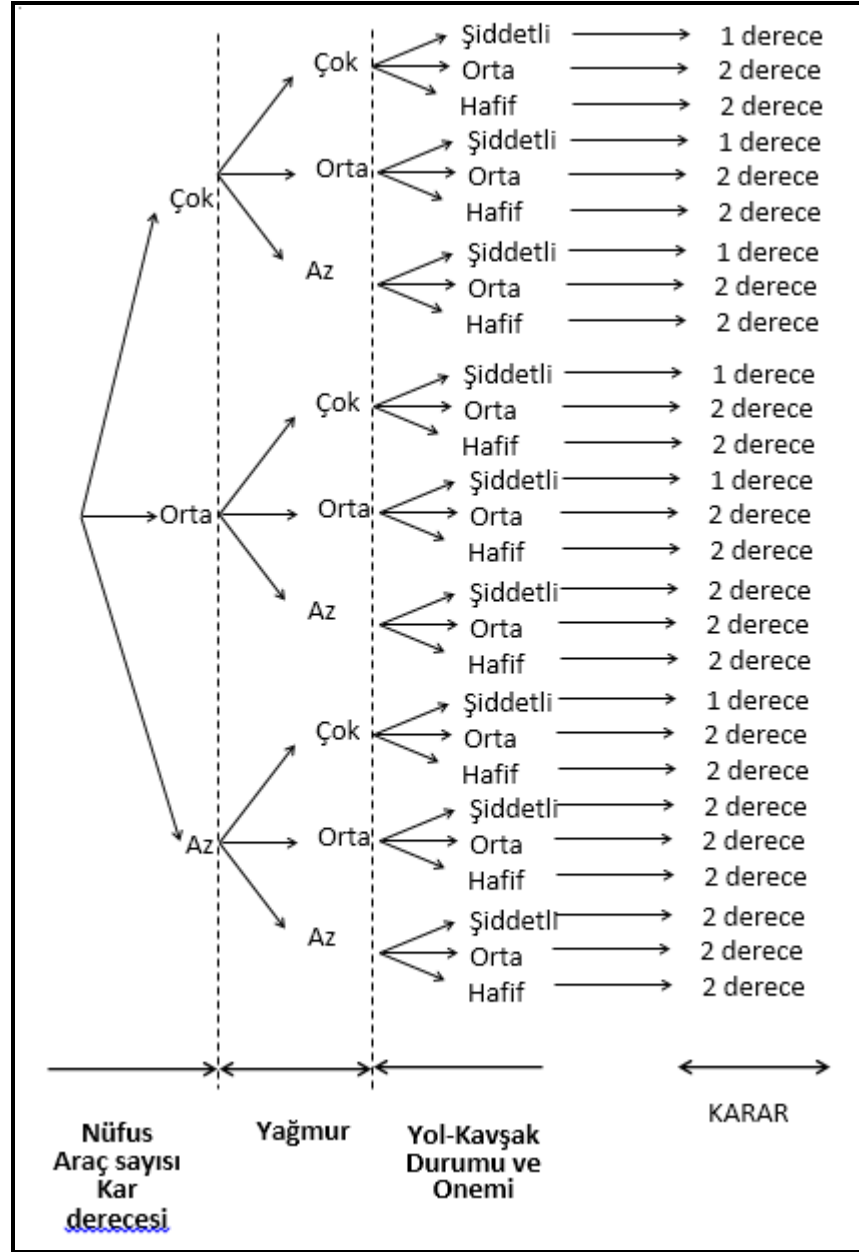


Yukarıda Çatalca Kestanelik Köyü için uygulanmış olan iki aşamalı bulanık mantık modelinin benzeri bir başka güzergah olan Hacıosman-Zekariyaköy arası için uygulanmış ve Tablo 4.8, Tablo 4.9, Tablo 4.10 ve Tablo 4.11 hazırlanmıştır.

**Tablo 4.9: Haciosman-Zekeriyaköy arası yol için, nüfus, araç sayısı, kar için bulanık mantık modeli taban yazılımı**

MANTIK MODELİ KURAL TABANI (KAR)											
1)	EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	1 Derece
2)	EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	ORTA	İSE	2 Derece
3)	EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	HAFİF	İSE	2 Derece
4)	EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	1 Derece
5)	EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	ar	ORTA	İSE	2 Derece
6)	EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	Kar	HAFİF	İSE	2 Derece
7)	EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	2 Derece
8)	EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	ORTA	İSE	2 Derece
9)	EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	ORTA	İSE	2 Derece
10)	EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	1 Derece
11)	EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	ORTA	İSE	2 Derece
12)	EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	HAFİF	İSE	2 Derece
13)	EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	2 Derece
14)	EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	Kar	ORTA	İSE	2 Derece
15)	EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	Kar	HAFİF	İSE	2 Derece
16)	EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	2 Derece
17)	EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	ORTA	İSE	2 Derece
18)	EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	HAFİF	İSE	2 Derece
19)	EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	1 Derece
20)	EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	ORTA	İSE	1 Derece
21)	EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	HAFİF	İSE	2 Derece
22)	EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	2 Derece
23)	EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	Kar	ORTA	İSE	2 Derece
24)	EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	Kar	HAFİF	İSE	2 Derece
25)	EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	2 Derece
26)	EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	ORTA	İSE	2 Derece
27)	EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	HAFİF	İSE	2 Derece

**Tablo 4.10: Haciosman-Zekeriyaköy arası yol için, Nüfus, Araç Sayısı kar, yağmur ve yol durumu için Bulanık Mantık Modeli**



Eğer nüfus, araba sayısı ve kar üçlüsüne “NAK” kısaltması kullanılırsa ve bu da “az”, “orta” ve “çok” diye sınıflandırılırsa aşağıdaki kural tabanına ulaşılır.

**Tablo 4.11: Haciosman-Zekeriyaköy arası yol için, Nüfus,-Araç sayısı-kar, yağmur ve yol durumu için Bulanık Mantık Modeli Taban Yazılımı**

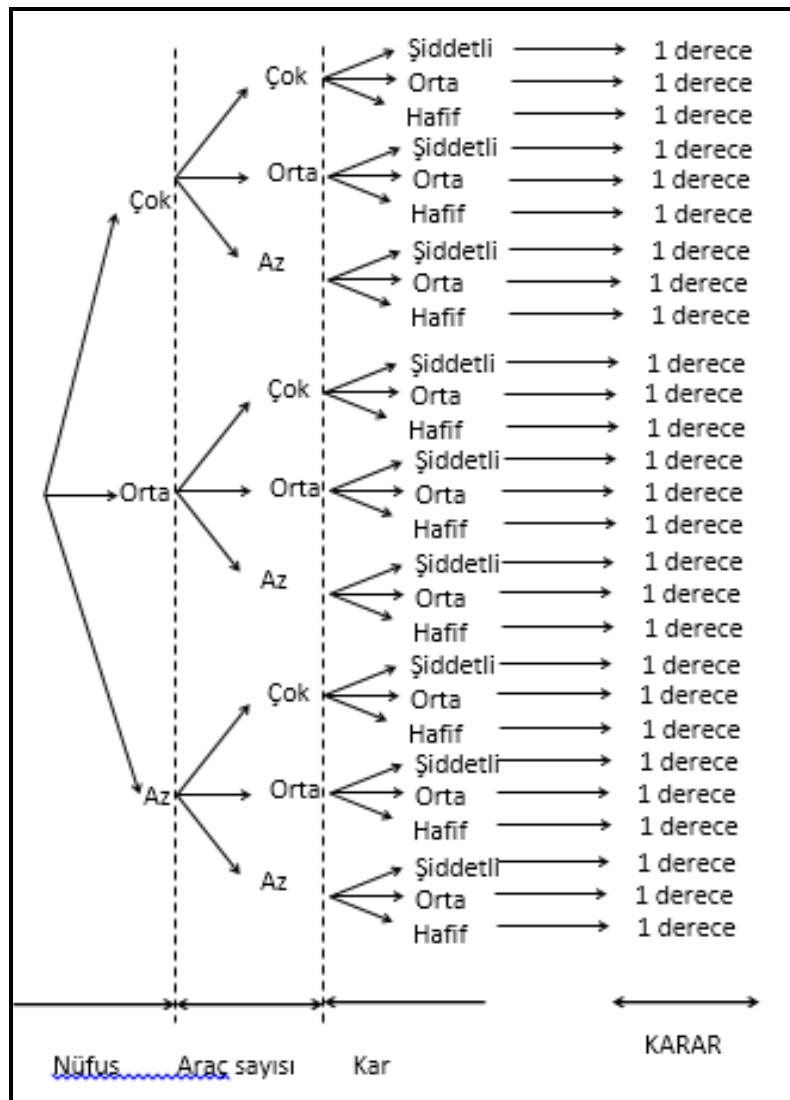
MANTIK MODELİ KURAL TABANI (YAĞMUR)							
1) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	1 Derece
2) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	2 Derece
3) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	HAFİF İSE	2 Derece
4) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	1 Derece
5) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	2 Derece
6) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	HAFİF İSE	2 Derece
7) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	1 Derece
8) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	2 Derece
9) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	2 Derece
10) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	1 Derece
11) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	2 Derece
12) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	HAFİF İSE	2 Derece
13) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	1 Derece
14) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	2 Derece
15) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	HAFİF İSE	2 Derece
16) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	1 Derece
17) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	2 Derece
18) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	HAFİF İSE	2 Derece
19) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	2 Derece
20) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	2 Derece
21) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	HAFİF İSE	2 Derece
22) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	2 Derece
23) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	2 Derece
24) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	HAFİF İSE	2 Derece
25) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	2 Derece
26) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	2 Derece
27) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	HAFİF İSE	2 Derece

2. Öncelikli güzergâhlarda kar küreme ve tuz serpmeye aparatı bulunan araçlar kullanılmaktadır. Bu tarz yollar genelde geliş ve gidiş olmak üzere bölünmemiş yollar ile bazı kesimlerde ise dört şeritli ortadan bölünmüş yollardır. Bu yolların genel özelliği D-100 ve TEM gibi ana yol gövdesine ulaşan bağlantı yolları olmasıdır. Genel olarak, bu tarz yolu kullanan sürücüler sabahları iş, okul vb. faaliyetler için şehir merkezine doğru, akşamları ise eve dönüşte ters istikamette trafik yoğunluğu yaşandığı için kar küreme araçları için sabah ve akşam olmak üzere ve yoğun trafik yönü baz alınarak iki farklı bekleme noktası seçilmiştir. Bu yollarda ortalama güzergâh uzunluğu 15 km seçilirken kar küreme araçları güzergâh uzunluğu içerisinde kalan kavşak, üst ya da alt geçitleri kullanacaklardır.

#### 4.2.3 1. Derece Güzergâh Yolları (D-100 Zincirlikuyu-Okmeydanı arası)

Geliştirilen iki aşamalı bulanık mantık modelinin bir başka uygulaması da 1. Dereceden güzergah yolları için de uygulanmıştır. Bunun için D-100 Zincirlikuyu-Okmeydanı arası seçilmiştir. Öncekilere benzer tablolar Tablo 4.12, Tablo 4.13 ve Tablo 4.14 ve Tablo 4.15 aşağıda hazırlanarak sunulmuştur.

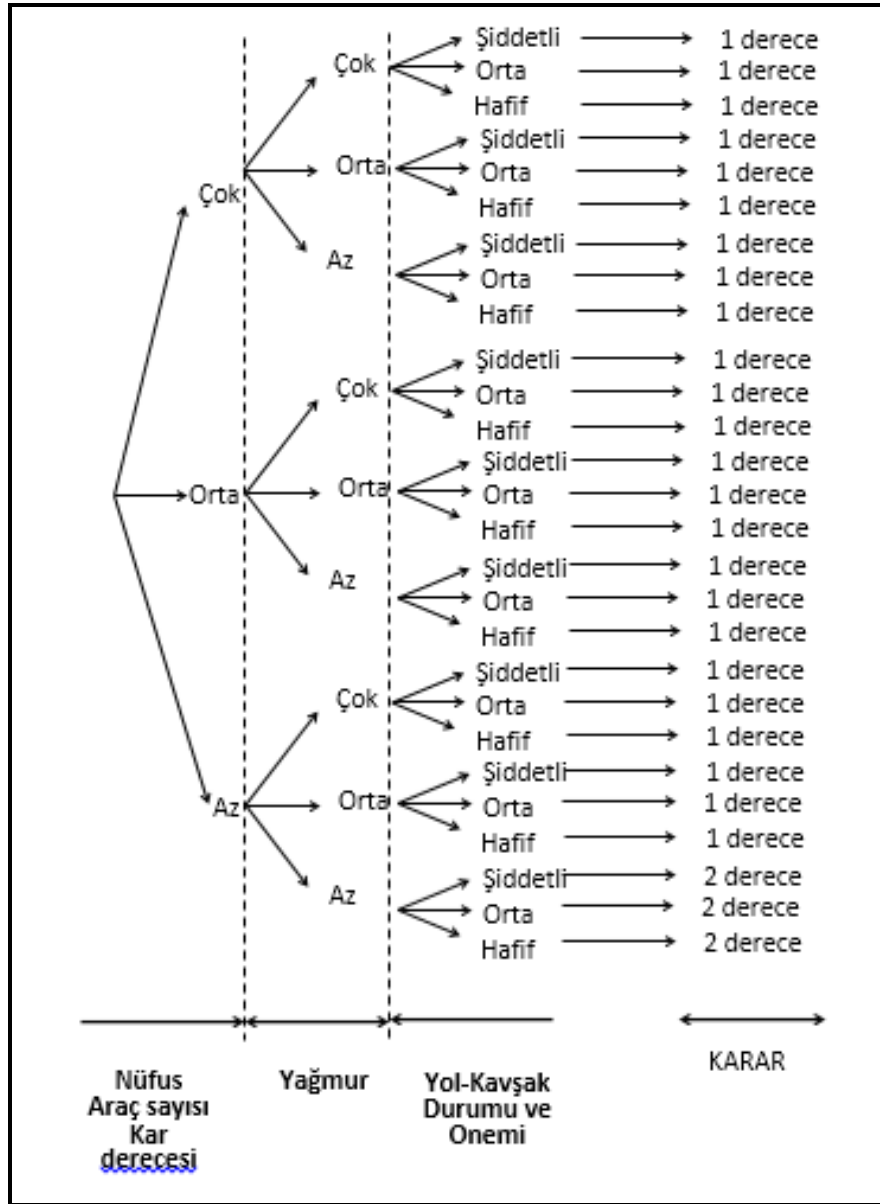
**Tablo 4.12: Zincirlikuyu-Okmeydanı arası yol için, nüfus, araç sayısı, kar için bulanık mantık modeli**



**Tablo 4.13: Zincirlikuyu-Okmeydanı arası yol için, nüfus, araç sayısı, kar için bulanık mantık modeli taban yazılımı**

MANTIK MODELİ KURAL TABANI (KAR)										
1) EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	1 Derece
2) EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	ORTA	İSE	1 Derece
3) EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	HAFİF	İSE	1 Derece
4) EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	1 Derece
5) EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	ar	ORTA	İSE	1 Derece
6) EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	Kar	HAFİF	İSE	1 Derece
7) EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	1 Derece
8) EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	ORTA	İSE	1 Derece
9) EĞER	Nüfus	ÇOK	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	ORTA	İSE	1 Derece
10) EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	1 Derece
11) EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	ORTA	İSE	1 Derece
12) EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	HAFİF	İSE	1 Derece
13) EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	1 Derece
14) EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	Kar	ORTA	İSE	1 Derece
15) EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	Kar	HAFİF	İSE	1 Derece
16) EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	1 Derece
17) EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	ORTA	İSE	1 Derece
18) EĞER	Nüfus	ORTA	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	HAFİF	İSE	1 Derece
19) EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	1 Derece
20) EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	ORTA	İSE	1 Derece
21) EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	ÇOK	VE	Kar	HAFİF	İSE	1 Derece
22) EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	1 Derece
23) EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	Kar	ORTA	İSE	1 Derece
24) EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	ORTA	VE	Kar	HAFİF	İSE	1 Derece
25) EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	ŞİDDETLİ	İSE	2 Derece
26) EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	ORTA	İSE	2 Derece
27) EĞER	Nüfus	AZ	VE	Araç Sayısı	AZ	VE	Kar	HAFİF	İSE	2 Derece

**Tablo 4.14: Zincirlikuyu-Okmeydanı arası yol için, nüfus,-araç sayısı-  
kar, yağmur ve yol durumu için bulanık mantık modeli**



Eğer nüfus, araç sayısı ve kar üçlüsüne “NAK” kısaltması kullanılırsa ve bu da “Az”, “Orta” ve “Çok” diye sınıflandırılırsa aşağıdaki kural tabanına ulaşılır (Tablo 4.12).

**Tablo 4.15: Zincirlikuyu-Okmeydanı arası yol için, Nüfus,-Araç sayısı-kar, yağmur ve yol durumu için Bulanık Mantık Modeli Taban Yazılımı**

MANTIK MODELİ KURAL TABANI (YAĞMUR)							
1) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	1 Derece
2) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	1 Derece
3) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	HAFİF İSE	1 Derece
4) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	1 Derece
5) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	1 Derece
6) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	HAFİF İSE	1 Derece
7) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	1 Derece
8) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	1 Derece
9) EĞER NAK	ÇOK	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	1 Derece
10) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	1 Derece
11) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	1 Derece
12) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	HAFİF İSE	1 Derece
13) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	1 Derece
14) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	1 Derece
15) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	HAFİF İSE	1 Derece
16) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	1 Derece
17) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	1 Derece
18) EĞER NAK	ORTA	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	HAFİF İSE	1 Derece
19) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	1 Derece
20) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	1 Derece
21) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	ÇOK	VE	Yol Önemi	HAFİF İSE	1 Derece
22) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	1 Derece
23) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	1 Derece
24) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	ORTA	VE	Yol Önemi	HAFİF İSE	1 Derece
25) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	ŞİDDETLİİSE	1 Derece
26) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	ORTA İSE	1 Derece
27) EĞER NAK	AZ	VE Yağmur	AZ	VE	Yol Önemi	HAFİF İSE	1 Derece

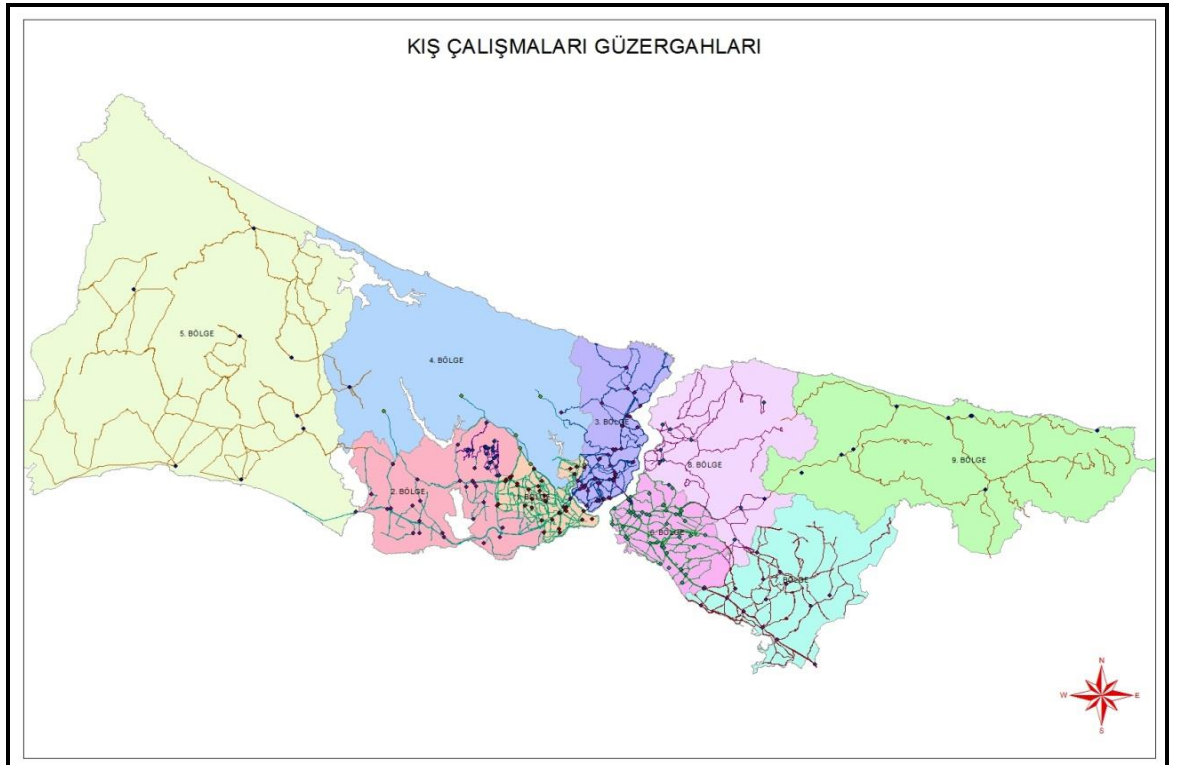
Birinci öncelikli güzergâhlarda kar küreme, tuz serpmeye aparatı ile solüsyon püskürtme (ön ıslatma yöntemi için) bulunan araçlar ile köprü, viyadük gibi sanat yapılarına solüsyon püskürtmek üzere arazözler kullanılmaktadır. Bu tarz yollar genelde bölünmüş üç ya da dört şeritli yollar olup, İstanbul'un ana omurgasını teşkil eden yollardır. Bunların genel özelliği D-100 ve TEM gibi ana yollardan ve metrobüs hattından oluşmasıdır. İstanbul'da 154 adet 1. Öncelikli güzergâh hesaplanmış ve seçilmiştir. Bu tarz yolu kullanan sürücüler sabahları iş, okul vb. çalışmalar için, akşamları ise eve dönüşte kullandıkları trafik yoğunluğunun sıklıkla her saat görüldüğü yollar olup, kar küreme araçları için sabah ve akşam olmak üzere ve yoğun trafik yönü esas alınarak iki farklı bekleme noktası seçilmiştir. Bu yollarda ortalama güzergâh uzunluğu 10-12 km seçilirken kar küreme araçları güzergâh uzunluğu içerisinde kalan kavşak, üst ya da alt geçitleri kullanacaklardır.



### 4.3 BULANIK MANTIK METODUNA GÖRE YENİDEN BELİRLENMİŞ KIŞLA MÜCADELE GÜZERGAHLARI

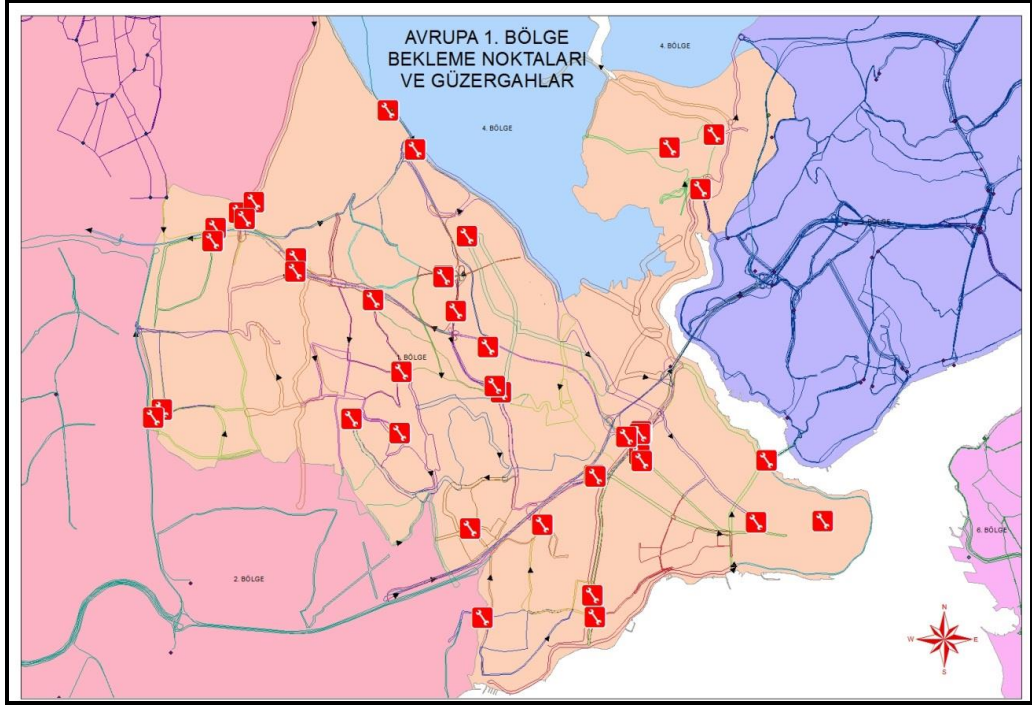
İBB, toplam uzunluğu yaklaşık 7,373 km yol ağı ve meydanlarda kışla mücadele hizmeti yürütmektedir. Plan çerçevesinde toplam 7,373 km uzunluğundaki ana ulaşım yolları, 363 adet güzergâh planı çerçevesinde kışla mücadele edilerek ulaşım açılacaktır. Öncelikli güzergâh sistemine dahil edilen 154 adet 1. Derece Öncelikli prestij yolları, köprü ve köprü kavşakları, viyadükleri ve tünelleri kapsayan güzergâhlardan, 64 adet 2. Derece öncelikli ilçelerden şehir merkezine doğru gelen yolları kapsayan güzergâhlardan ve 145 adet ise 3. Derece Öncelikli köy içi (yeni kanunla mahalle sayılan) güzergâhlardan meydana gelmektedir (bak Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9).

**Şekil 4.7: İBB kışla mücadele güzergâhları**



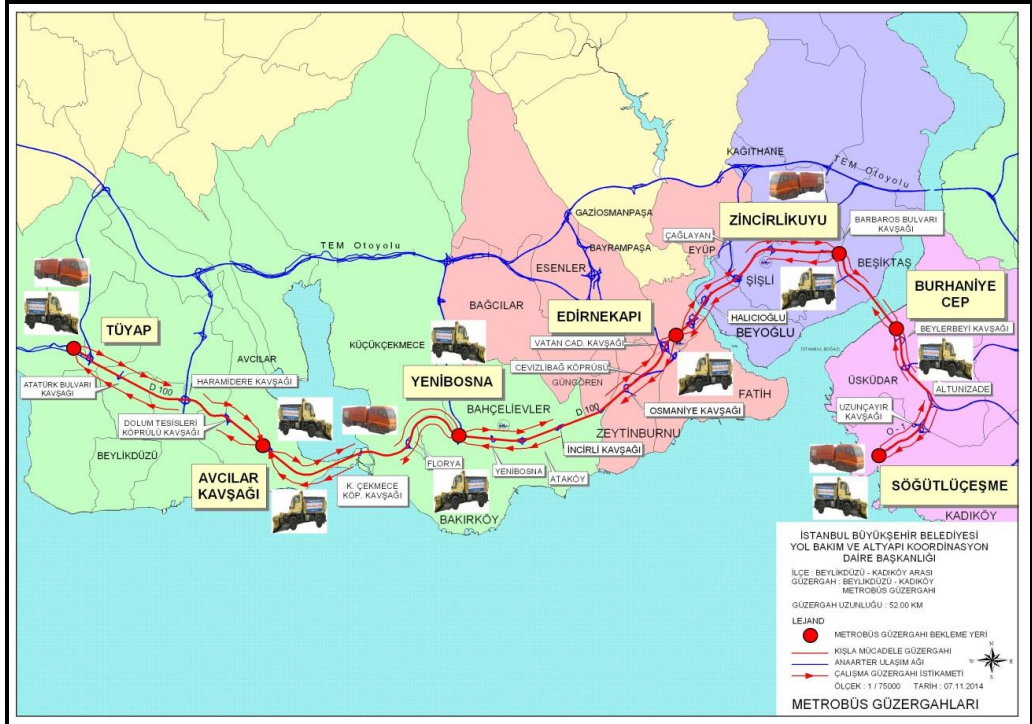
*Kaynak: İBB YBAKDB.*

Şekil 4.8: İBB kışla mücadele güzergahları bekleme noktaları



Kaynak: İBB YBAKDB.

Şekil 4.9: İBB metrobüs yolu kışla mücadele güzergâhları



Kaynak: İBB YBAKDB.

## 5. TARTIŞMA

Tezin başlangıç aşamasında kışla mücadele güzergâhının Bulanık Mantık Çıkarım modeli ile yeniden İBB için belirlenmesinin çok kolay olacağını düşünerek çıkılan yolda konuyla ilgili yeterli kaynak araştırılmış olmasına ve yıllardır bu işlerde tecrübeli biri olarak çalışmama rağmen bu yöntemin ilk kez kışla mücadele güzergâhları için uygulanıyor olması oldukça çaba harcanmasına neden oldu. Zira İBB'ye ait 363 güzergâh için her biri dört sayfadan oluşan yüzlerce soruya nüfus, araç sayısı, yol ağı vb. parametreler göz önünde bulundurularak bizzat o işte çalışan uzmanların cevaplandırması 3 aylık yaz sezonu boyunca devam etti. Aylarca süren bu yoğun mesai sonunda elde edilen sonuç İstanbul'dan başlamak üzere diğer kışla mücadele eden illere de katkı sağlayacak olması umulmaktadır.

Her güzergah için standart hazırlanmış soruların cevapları biriktikçe, öncesinde 1. Derece önemli güzergah olan yolun bu çalışma sonucunda da aynı sonucu verecek mi endişesi her güzergah çizimi ve modeli sonucunda yerini doğrulanmış ve standart haline getirilecek güzergaha bırakmıştır. Bu çalışma ile soğuk havalarda sürücülerin yollarını açmaya çalışan isimsiz kahramanların tecrübelerinin doğrulanmış olması ve sonuçları kendilerinin de onaylaması bundan sonraki çalışmalara ışık tutacaktır.

Güneş ve yağmurlu günlerde artan akım hacmi hızlarda azalmaya neden olduğu yönünde ilişkiler ortaya çıkarken, kar yağışı altında durum tam tersi çıkmıştır. Bunun birçok nedeni olabilir ama asıl sebebi elimizde az karlı gün verisinden kaynaklı olabilir. Daha çok karlı gün verisi olsa bu ilişki de diğerleri gibi çıkabilir. Ama bu haliyle bile kar yağışındaki regresyon bize bir şey kaybettirmemiş olup, kar yağışı ayrı bir durum gibi değerlendirilmelidir. Kar yağışlı günlerde İstanbul halkının toplu taşıma araçlarını tercih ettiğini, zorunlu kalmadıkça dışarı çıkmadıklarını trafiğin rahat seyrettiği için sonucun güneşli gün ve yağmurun aksine çıktığını söyleyebiliriz.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında kışla mücadele güzergâhlarının belirlenmesinde tecrübeli insanların görüşleri, ilçe nüfus sayısı, araç sayısı, güzergâha ait yolun önemi, kavşak bağlantısı ve eğimi ile hava koşulları (güneşli, yağmurlu ve karlı) göz önünde bulundurularak Bulanık Mantık Çıkarım modeli ile yeniden belirlenmiş ve standart haline getirilmiştir.

Çalışma kapsamında dünyanın gelişmiş 10 ülkesindeki kışla mücadele yöntemleri ile ülkemizdeki durumun karşılaştırılması yapılmıştır. Tez çalışması sonunda İBB için 30 sayfalık “Kışla Mücadele Eylem Planı” hazırlanarak çalışmanın standart ve kalıcı hale getirilmesi sağlanmıştır. İBB Kışla Mücadele Eylem Planı çerçevesinde; Yeni oluşturulan güzergahlar ile BEUS, Kar ve Tuz Serpme araçlarındaki ATS, İstanbul ölçeğindeki ana ulaşım yollarındaki sabit 360 derece dönebilen ve yakınlaştırma özelliği bulunan 600 trafik ve acil durumlarda da kullanılabilen kameraların kışla mücadeledeki önemi, bunun yanı sıra araç içi kameralar, kışla mücadele araçlarının kabiliyet ve kapasitelerine göre uygun yol ağına yerleştirilmesi, yollar dışında kalan kaldırımlar, meydanlar, hastane ve okul önleri, üst geçitler, otobüs, metro, metrobüs durakları gibi halkın yoğun kullandığı alanlarda kar ve buzlanma ile mücadele yöntemlerinin süreçleri ile İBB içindeki hangi birimlerce yapılacağı ayrıntılı olarak hazırlanmıştır.

Bu tez çalışması sonuçlarına göre, 4000 km uzunluğundaki İBB'nin sorumluluğundaki ana ulaşım yolları için, 363 adet yeni güzergâh belirlenmiş olup, kışla mücadele çalışmalarında bu güzergâhların kullanılması idareye tavsiye edilmiş ve kabul görmüştür. Bu kapsamda; İstanbul genelindeki güzergahların 154 adedi 1. Derece Öncelikli (prestij yolları, köprü ve köprü kavşakları, viyadükleri ve tünelleri kapsayan güzergahlardan), 64 adedi 2. Derece Öncelikli (ilçelerden şehir merkezine doğru gelen yolları kapsayan güzergahlardan) ve 145 adedi ise 3. Derece Öncelikli (köy içi yeni kanunla mahalle sayılan) güzergahlar oluşturulmuştur.

PIARC, AB ülkelerinin büyük bölümü ile dünyanın gelişmiş ülkelerinin aktif olarak faaliyet gösterdiği dünya yol teşkilatı olup, farklı ülkelerde düzenlenen seminer, kongre,

sempozyum, ekstrem olaylar, afetler, iklim değişikliği, karayolu ve ulaşım güvenliği, kışla mücadele çalışmalarını ve planları, ekipman ve ürünler, kentsel alanlarda kış hizmetleri, tüneller ve köprüler vb. birçok alanda işbirliği içerisinde çalışılmaktadır. PIARC 2016-2019 stratejik planı ile geleneksel yöntemlerin önüne geçip modern organizasyonlar ve operasyonları hedeflenmektedir. Bu tez çalışması ile birliğin standartlarına uygun olarak hazırlanan Kışla Mücadele Eylem Planı İBB'ye teslim edilmiş olup, idare İstanbul ve ülkemiz adına birliğe başvuruda bulunacağını beyan etmiştir.

Bu tez çalışmasında 2015 yılı içerisinde 176 nolu trafik algılayıcısı güzergâhında güneşli, yağmurlu ve kar yağışlı günlerdeki akım hacmi incelenmiştir. Güneş ve yağmurlu günlerde artan akım hacmi hızlarda azalmaya neden olurken kar yağışlı günlerde durum tam tersi çıkmıştır. Bunun nedeni 2015 yılında yağın toplam 11 karlı gün verisinin az oluşu olabilir. Karlı gün verisinin daha fazla olduğu yıllarda bu çalışmanın tekrarlanması önerilir. Ayrıca bir başka etkende kar yağışlı günlerde İstanbul halkının toplu taşıma araçlarını tercih ettiği, mümkün mertebe karlı günlerde zorunlu kalmadıkça dışarı çıkmadıkları için trafiğin güneşli gün ve yağmurun aksine az çıktığını söyleyebiliriz. Her hava koşulundaki kapasite değerinin belirlenmesi için literatürde sıkça karşılaşılan en büyük yüzde 3'lik akım hacminin ortalaması kullanılmıştır. Bu durumda güneşli günler için gözlemlenen en büyük yüzde 3'lük akım hacminin ortalaması 2037 taşıt/s/şerit, yağmurlu günler için 1852 taşıt/s/şerit, karlı günler içinse 2203 taşıt/s/şerit olarak bulunmuştur. Yapılan çalışmada güneşli günler için ortalama hızın 112.53 km/s, yağmurlu günler için 104.17 km/s, karlı günler için ise 82.92 km/s olduğu sonucunda ulaşılmıştır. Ayrıca, gözlemlenen en büyük ve en küçük hızlar arasındaki farkın artması da trafik akımı üzerinde kararsızlığa yol açtığından, olumsuz hava koşullarının etkisi daha da artmaktadır.

Hava durumunun trafik akımı üzerinde yarattığı etkinin daha ayrıntılı incelendiği, kapasite ve serbest akım hızı hesaplarında elverişsiz hava şartlarının doğurduğu değişimleri dikkate alan hesap yöntemlerinin geliştirilmesinin gerekliliği anlaşılmaktadır. Burada bulunan sonuçlara göre, hava olaylarının trafik akımı üzerinde belirgin bir değişime yol açtığı görülmekte, bu değişimin anlaşılabilmesiyle alınabilecek önlemler geliştirmenin de gerekliliği anlaşılmaktadır.

## KAYNAKÇA

### *Kitaplar*

Aksoy, G. (2016) Karşılıklı kişisel görüşme

Güçlü, Y. S. (2016) Karşılıklı kişisel görüşme

Sensoy S., Demircan, M., Ulupınar, Y., ve Balta, İ., (2004). Türkiye İklimi. *MGM Klimatoloji Kitabı ve Raporu*. Ankara: Meteoroloji Genel Müdürlüğü Matbaası, ss. 146-150

Şen, Z., (2002). *Bulanık mantık ve modelleme ilkeleri*. İstanbul: Bilge Kültür Sanat.

Şen, Z., (2016). Karşılıklı kişisel görüşme.

Umar, F. ve Ağar, E., (1991). *Yol Üstyapısı*. İstanbul: İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası.

Yılmaz, S., 2006. *Bulanık mantık ve mühendislik uygulamaları*. Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi Yayınları.

### ***Sürekli Yayınlar***

- Agar, E. & Kutluhan, S., 2005. Karayollarında Kış Bakımı Kar ve Buz Kontrolü. *TMMOB İstanbul Bülten*. **76**, ss. 10-16.
- Hinkka, V., Pilli-Sihvola, E., Mantsinen, H., Leviäkangas, P., Aapaoja, A., & Hautala, R., 2016. Integrated winter road maintenance management—New directions for cold regions research. *Cold Regions Science and Technology*. **121**, pp. 108-117.
- Kwon, T., Fu, L., & Jiang, C., 2013. Effect of winter weather and road surface conditions on macroscopic traffic parameters. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. **2329**, pp. 54-62.
- Linton, M. A., & Fu, L., 2015. Winter road surface condition monitoring: field evaluation of a smartphone-based system. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. **2482**, pp. 46-56.
- Seferoğlu, A. G., Seferoğlu, M. T., & Akpınar, M. V., 2015. Karayolu ve havayolu kaplamalarında kullanılan kar ve buzla mücadele yöntemlerinin mali analizi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*. **3**(1), ss. 407-416.

## ***Diğer Yayınlar***

- Aksoy, G (2012)., Bağ Yolculuk Sürelerinin Ölçüm Ve Modelleme Kapsamında İrdelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- CATT Laboratory, 2015. RITIS Platform (Enabling Decision Making & Effective Communication). University of Maryland.
- Demmer, R., 2014. Vision on winter road maintenance. AkzoNobel, [https://www.akzonobel.com/roadsalt/system/images/AkzoNobel\\_Vision\\_on\\_winter\\_road\\_maintenance\(1\)\\_tcm127-34522.pdf](https://www.akzonobel.com/roadsalt/system/images/AkzoNobel_Vision_on_winter_road_maintenance(1)_tcm127-34522.pdf), Erişim tarihi: 09.09.2016.
- Dağdelen, U., (1996). Bulanık mantık ile adım motor kontrolü. *Yüksek Lisans Tezi*. Kayseri: Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Fu, T., Heydari, S., Miranda-Moreno, L. F., & Fu, L., 2014. Direct and Lagged Effects of Adverse Winter Weather Conditions on Operating Speed in Urban and Rural Highways: A Time-Series Analysis. In *Transportation Research Board 93rd Annual Meeting* (No. 14-1792).
- Gökdemir, T., (2013). Buzlanma Erken Uyarı Sistemi Uygulamaları ve İstanbul Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- İyınam, Ş., & İyınam, A.F., 2006. Snow and Ice Control in Highways. *Seventh International Congress on Advances in Civil Engineering*, İstanbul.
- Kadıoğlu, M., Apaydın, N., Köse, A., Tunç, M., & Özmen, S., 2013. Asma köprülerde rüzgârın trafik akışına etkisi ve kritik değerlerde alınması gereken tedbirler. 6. *ATMOS*, 24-26 Nisan 2013, İstanbul.
- Karadayı, E., 2002. Türkiye deki Trafik Kazalarının Oluşma Sebeplerinin Araştırılması ve Eskişehir-Bozüyük Karayolunun Geometrik Standartlarının Yol Güvenliği ile Olan İlişkisinin İncelenmesi. *II. Uluslararası Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi*, 8-12 Mayıs 2002, Ankara, s. 108.
- Konečný, D., 2014. Advances in winter maintenance decision support in the Czech Republic. *SIRWEC 2014*, January 30-February 1, Andorra, ID:40.
- MDOT Storm Water Management Team, 2006. Emerging Technologies in Winter Road Maintenance-Improving Safety While Minimizing Environmental Impacts. Tetra Tech.



- Nixon, W. A., & Nelson, R., 2015. Developing a " Top Ten List" for Winter Highway Maintenance. In *Transportation Research Board 94th Annual Meeting* (No. 15-1199).
- Nixon, W. A., Nelson, R., DeVries, R. M., & Smithson, L., 2012. Sustainability in winter maintenance operations: a checklist. In *Transportation Research Board 91st Annual Meeting* (No. 12-3485).
- Pukhlov, I., (2014). Road maintenance in Russia and Finland. *Civil and Construction Engineering Thesis*. Lappeenranta, Finlandiya: Saimaa University of Applied Sciences.
- Sönmez, İ., Kalkancı, Ç., Gökdemir, T., Köse, A., & Çaylak, O., 2013. Kış çalışmalarında kullanılan tuzun yoldaki etki süresi ve buzlanma erken uyarı sistemi İstanbul uygulamaları. 6. *ATMOS*, 24-26 Nisan 2013, İstanbul.
- Stöckner, I. M., de Jong, E. R., Demmer, R. L. M., Skakuj, M., Balck, H., & Opara, K. R., 2015. Defy Winter: A New Approach to Road Winter Damage Prevention. In *Transportation Research Board 94th Annual Meeting* (No. 15-4077).
- Trafik Güvenliği Dairesi Başkanlığı, 2016. Trafik Kazaları Özeti - 2015. *Erişim: <http://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Trafik/TrafikKazaOzet.pdf>, Erişim Tarihi: 07.12.2016.*
- URL 1: <http://www.bilgiustam.com/turkiyede-ulasim/>, Erişim tarihi:11.09.2016.
- URL 2: <http://trafikkort.vejdirektoratet.dk/>, Erişim tarihi:12.09.2016.
- URL 3: [http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/33619/Komulainen\\_Ville.pdf](http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/33619/Komulainen_Ville.pdf), Erişim tarihi: 13.09.2016.
- URL 4: <http://www.autoroutes.fr/en/Realtime-traffic-information.htm>, Erişim tarihi: 13.09.2016.
- URL 5: [http://www.bast.de/DE/Home/home\\_node.html](http://www.bast.de/DE/Home/home_node.html), Erişim tarihi: 09.08.2016.
- URL 6: <http://www.ops.fhwa.dot.gov>, Erişim tarihi:10.08.2016.
- URL 7: <http://www.trafficengland.com/>, Erişim tarihi:10.08.2016.
- URL 8: <http://www.vegvesen.no/en/Traffic/On+the+road/Norwegian+Traffic+information>, Erişim tarihi: 12.08.2016.
- URL 9: <http://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation>, Erişim tarihi: 11.08.2016.
- URL 10: <http://www.vti.se/>, Erişim tarihi: 10.08.2016.
- URL 11: <http://www.road.is/>, Erişim tarihi: 12.08.2016.

URL 12: [http://www.oib.gov.tr/arac\\_muayene/istanbul.htm](http://www.oib.gov.tr/arac_muayene/istanbul.htm), Erişim tarihi: 11.08.2016.

URL 13: <http://www.nufusu.com/ilceleri/istanbul-ilceleri-nufusu>, Erişim tarihi:

12.08.2016.

Varış, M., (2008). Karayolları esnek üstyapılarında buzlanma ile mücadele yöntemleri.

*Doktora Tezi*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.