

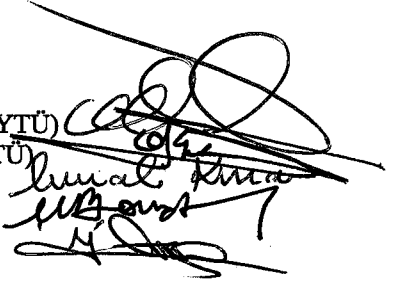
TRABZON ŞEHİRİ İÇİN KATI ATIK YÖNETİM
ALTERNATİFLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ
(CBS) DESTEKLİ OPTİMİZASYONU

Çevre Müh. Ömer APAYDIN

FBE Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Çevre Mühendisliği Programında Hazırlanan

DOKTORA TEZİ

Tez Savunma Tarihi : 10 Eylül 2004
Tez Danışmanı : Prof. Dr. M.Talha GÖNÜLLÜ (YTÜ)
Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Mustafa ÖZTÜRK (YTÜ)
: Prof. Dr. Cumali KINACI (İTÜ)
: Prof. Dr. Mehmet BORAT (İÜ)
: Prof. Dr. İzzet ÖZTÜRK (İTÜ)



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vi
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
ÖNSÖZ.....	xiv
ÖZET	xv
ABSTRACT	xvi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı	5
2. KATI ATIK YÖNETİM SİSTEMLERİNİN ANALİZİ	9
2.1 Katı Atık Oluşumu ve Bileşimi	9
2.2 Katı Atık Toplama/Taşıma İşleminin Teorisi	11
2.3 Ülkeler Bazında Katı Atık Yönetiminin Değişimi	18
2.4 Katı Atık Toplama/Taşıma ve Geri Kazanımının Ekonomisi	26
2.4.1 Toplama ve Taşıma	26
2.4.2 Madde Geri Kazanımı ve Tekrar Kullanım.....	28
2.4.2.1 Kaynakta Atık Azaltma (source reduction).....	28
2.4.2.2 Geri Kazanım (recycling).....	28
2.4.2.3 Tekrar Kullanım (reuse)	29
2.4.3 Enerji Geri Kazanma (Piroliz, Kompostlaştırma ve RDF Yakma Tesisi)	29
2.5 CBS ve Katı Atık Toplama/Taşıma Optimizasyonu	29
2.5.1 Coğrafi Bilgi Sistemi ve Katı Atık Yönetiminde Kullanımı	30
2.5.1.1 Katı Atık Yönetiminin CBS ile Entegrasyonu	31
2.6 Karar Verme İşleminde Model Kullanımı.....	35
3. TRABZON ŞEHİRİ KATI ATIK YÖNETİMİ.....	38
3.1 Trabzon İli'nin Sosyoekonomik, İklim, Nüfus ve Coğrafi Durumu	38
3.2 Trabzon'da Katı Atık Problemine Yönelik Araştırmalar	46
4. TRABZON ŞEHİRİNDE KAYIT ORTAMLI OLARAK KATI ATIK TOPLAMA/TAŞIMA YÖNETİMİNİN ARAŞTIRILMASI	55
4.1 Amaç, Hedef ve Kapsam.....	55
4.2 Kayıtlı Ortamla Güzergah İzleme İçin Materyal ve Yöntemler.....	55
4.3 Mevcut Güzergahların Tespiti ve Harita Üzerinde Gösterilmesi.....	56
4.4 Kamera Kayıtları Çözümleme Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....	69

5.	TRABZON ŞEHİRİ KATI ATIK TOPLAMA/TAŞIMA OPTİMİZASYONU....	75
5.1	Amaç, Hedef ve Kapsam.....	75
5.2	Katı Atık Toplama/Taşıma Optimizasyonu Materyal ve Metodu.....	77
5.3	Toplama İşleminin Optimizasyonu İle İlgili Çalışmalar.....	89
5.4	Toplama İşleminin Optimizasyonu İle İlgili Çalışmaların Değerlendirilmesi.....	97
6.	TOPLAMA/TAŞIMA SÜRELERİNİN MODELLENMESİ	104
6.1	Toplama İşlemi.....	104
6.1.1	Konteynerli Toplama İşlemi.....	109
6.1.2	Kaldırımdan Toplama İşlemi.....	118
6.2	Taşıma (Hauling).....	121
6.3	Duyarlılık (Sensitivity) Analizi	123
7.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	132
	KAYNAKLAR.....	141
	EKLER.....	147
	Ek 1 Konteynerli toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile uzunlukları ilişkisi.	147
	Ek 2 Kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile uzunlukları ilişkisi.	147
	Ek 3 Aynı alma noktasında konteynerli ve kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile uzunlukları ilişkisi	147
	Ek 4 Konteynerli toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı alınan katı atık miktarı ilişkisi. ..	147
	Ek 5 Kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı alınan katı atık miktarı ilişkisi. .	147
	Ek 6 Aynı alma noktasında konteynerli ve kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile alınan katı atık miktarı ilişkisi.	147
	Ek 7 Konteynerli toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile konteyner noktaları arasındaki mesafe ilişkisi.....	147
	Ek 8 Kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile katı atık alma noktaları arasındaki mesafe ilişkisi.....	147
	Ek 9 Aynı alma noktasında konteynerli ve kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile katı atık alma noktaları arasındaki mesafe ilişkisi.....	147
	Ek 10 Konteynerli toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile konteynerli katı atık alma süresi ilişkisi.	147
	Ek 11 Kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı katı atık alma süresi ilişkisi. ...	147
	Ek 12 Aynı alma noktasında konteynerli ve kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile katı atık alma süresi ilişkisi.	147
	Ek 13 Konteynerli toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile konteynerli katı atık alma amaçlı durma sayısı ilişkisi.	147
	Ek 14 Kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile katı atık alma amaçlı durma sayısı ilişkisi.	147
	Ek 15 Aynı alma noktasında konteynerli ve kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile katı atık alma amaçlı durma sayısı ilişkisi.	147
	Ek 16 Konteynerli toplamada katı atık miktarı ile alma süresi ilişkisi.	147
	Ek 17 Kaldırımdan toplamada katı atık miktarı ile alma süresi ilişkisi.	147
	Ek 18 Aynı noktada hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama durumunda alınan katı atık miktarı ile alma süresi ilişkisi.....	147
	Ek 19 Konteynerli toplamada katı atık miktarı ile güzergah süresi ilişkisi.	147
	Ek 20 Kaldırımdan toplamada katı atık miktarı ile güzergah süresi ilişkisi.	147

Ek 21 Aynı noktada hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama durumunda alınan katı atık miktarı ile araç güzergah süresi ilişkisi.	147
Ek 22 Konteynerli toplamada katı atık miktarı ile araç seyir süresi ilişkisi.....	147
Ek 23 Kaldırımdan toplamada katı atık miktarı ile araç seyir süresi ilişkisi.....	147
Ek 24 Aynı noktada hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama durumunda alınan katı atık miktarı ile araç seyir süresi ilişkisi.	147
Ek 25 Konteynerli toplamada konteyner sayısı ile katı atık alma süresi ilişkisi.....	147
Ek 26 Konteynerli toplamada aracın kat ettiği yol ile alınan katı atık miktarı ilişkisi.....	147
Ek 27 Kaldırımdan toplamada katı atık miktarı ile aracın kat ettiği yol ilişkisi.	147
Ek 28 Aynı noktada hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama durumunda alınan katı atık miktarı ile aracın katettiği yol ilişkisi.....	147
Ek 29 Konteynerli toplamada araç ortalama hızı ile katı atık alma noktaları arasında kat edilen mesafe ilişkisi.	147
Ek 30 Kaldırımdan toplamada araç ortalama hızı ile katı atık alma noktaları arasında kat edilen mesafe ilişkisi.	147
Ek 31 Aynı noktada hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama durumunda araç ortalama hızı ile katı atık alma noktaları arasında kat edilen yol ilişkisi.	147
Ek 32 Konteynerli katı atık toplama işleminde geçirilen süreler (Tg, Ta, Tga, Ts) ile aracın katettiği yol arasındaki ilişki.....	148
Ek 33 Kaldırımdan katı atık toplama işleminde geçirilen süreler (Tg, Ta, Tga, Ts) ile aracın katettiği yol arasındaki ilişki.....	148
Ek 34 Aynı katı atık alma noktasında hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama durumunda geçirilen süreler (Tg, Ta, Tga, Ts) ile aracın katettiği yol arasındaki ilişki.....	148
Ek 35 Karışık katı atık toplama durumunda geçirilen süreler (Tg, Ta, Tga, Ts) ile aracın katettiği yol arasındaki ilişki.....	148
Ek 36 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergah uzunlukları.	148
Ek 37 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta bulunan bina sayısı.....	148
Ek 38 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta bulunan hane halkı sayısı.	148
Ek 39 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta alınan katı atık miktarı.	148
Ek 40 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta katı atık alma süresi.	148
Ek 41 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta araç seyir süresi.....	148
Ek 42 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve katı atık almasız güzergah süresi.....	148
Ek 43 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta güzergah süresi.	148
Ek 44 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta toplama aracının toplam sağa/sola/geriye dönüş sayısı.....	148
Ek 45 Toplama işlemi güzergahları ve katı atık almak amaçlı durma sayısı.....	148
Ek 46 Toplama işlemi güzergahları ve bina sayısı (BS) başına birim yol uzunluğu.	148
Ek 47 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve BS başına düşen katı atık miktarı.	148
Ek 48 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve BS başına katı atık alma süresi.....	148
Ek 49 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve BS başına araç seyir süresi.	148
Ek 50 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve BS başına katı atık almasız güzergah süresi.	148
Ek 51 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve BS başına güzergah süresi.....	148
Ek 52 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve bs başına atık almalı durma sayısı.	148
Ek 53 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve hane halkı sayısı (HH) başına güzergah uzunluğu.	148
Ek 54 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve HH başına katı atık miktarı.	148
Ek 55 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta HH başına katı atık alma süresi.	148
Ek 56 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve HH başına araç seyir süresi.	148
Ek 57 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta HH başına katı atık almasız güzergah süresi.	148

Ek 58	Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve HH başına güzergah süresi.	148
Ek 59	Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve HH başına atık alma amaçlı durma sayısı. ...	148
Ek 60	Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve birim güzergah uzunluğuna düşen BS.....	148
Ek 61	Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve birim güzergah uzunluğuna düşen HH.	148
Ek 62	Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve birim uzunluğa düşen atık miktarı.	148
Ek 63	Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve birim güzergah uzunluğuna düşen katı atık alma süresi.	148
Ek 64	Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve birim güzergaha araç seyir süresi.	148
Ek 65	Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve birim güzergah uzunluğuna düşen katı atık almasız güzergah süresi.	148
Ek 66	Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve birim güzergaha düşen güzergah süresi.....	148
Ek 67	Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve birim güzergah uzunluğuna düşen katı atılma amaçlı durma sayısı.	148
Ek 68	Trabzon Kenti 1927-2002 nüfus sayım sonuçları ve gelecek nüfus projeksiyonu.	148
Ek 69	Güzergah 2: Optimize edilen güzergah (Pazarkapı-Çarşı güzergah 1).....	148
Ek 70	Güzergah 3: Optimize edilen güzergah (Pazarkapı-Çarşı güzergah 2).....	148
Ek 71	Güzergah 4: Optimize edilen güzergah (Pazarkapı-Çarşı güzergah 3).....	148
Ek 72	Güzergah 4: Optimize edilen güzergah (Pazarkapı-Çarşı güzergah 3) (devamı)	148
Ek 73	Güzergah 5: Optimize edilen güzergah (Erdoğdu 2-3).....	149
Ek 74	Güzergah 5: Optimize edilen güzergah (Erdoğdu 2-3) (devamı)	149
Ek 75	Güzergah 6: Optimize edilen güzergah (Boztepe-Yenicuma güzergah 1)	149
Ek 76	Güzergah 6: Optimize edilen güzergah (Boztepe-Yenicuma güzergah 1) (devamı)...	149
Ek 77	Güzergah 7: Optimize edilen güzergah (Boztepe-Yenicuma güzergah 2)	149
Ek 78	Güzergah 8: Optimize edilen güzergah (Yenimah-Gülbahar güzergah 1)	149
Ek 79	Güzergah 8: Optimize edilen güzergah (Yenimah-Gülbahar güzergah 1) (devamı)...	149
Ek 80	Güzergah 9: Optimize edilen güzergah (Yenimah-Gülbahar güzergah 2)	149
Ek 81	Güzergah 10: Optimize edilen güzergah (Kalkınma-Bostancı 2).....	149
Ek 82	Güzergah 10: Optimize edilen güzergah (Kalkınma-Bostancı 2) (devamı)	149
Ek 83	Trabzon Kenti için öngörülen 777 konteynerin toplanmasında Route View programı kullanılarak yapılan kısa yol optimizasyonu güzergah ayrıntı tablosun ilk 45 satırı (toplam satır sayısı: 807).	149
Ek 84	Trabzon Kenti için öngörülen 777 konteynerin toplanmasında Route View programı kullanılarak yapılan kısa yol optimizasyonu güzergah ayrıntı tablosu son 45 satırı (toplam satır sayısı: 807).	149
ÖZGEÇMİŞ		203

SİMGE LİSTESİ

C_{ijk}	X_{ijk} ton katı atığı toplama ve taşıma maliyeti, \$
AAO	Kişi başına atık atma oranı
BAO	Bina önünde atık bulunma oranı
C_1	Katı atık toplama birim maliyeti, \$/km.ton
C_2	Katı atık taşıma birim maliyeti, \$/km.ton
C_{ij}	Katı atıkların i konteynerinden C_1 maliyetini haiz toplanması maliyeti, \$/ton
C_{jk}	Katı atıkların j noktasından k depolama alanına C_2 maliyetini haiz taşınması maliyeti, \$/ton
C_p	Haftada toplama günü sayısı, gün
D_{ij}	Katı atık toplama işleminde optimize edilen güzergah mesafesi, km
D_{jk}	Katı atık taşıma işleminde optimize edilen taşıma mesafesi, km
h	Aracın bir güzergahtan boşaltma alanına ve bir sonraki güzergaha varış süresi, saat
H	Toplama aracı günlük çalışma süresi, saat
k	Araç hızıyla ilgili bir katsayı, m^{-1}
KS	Konteyner sayısı
L	Toplama/taşıma aracı maksimum hızı, km/h
LR	İşçi ihtiyacı, toplama.işçi.gün/hafta
M	Kişi başına atılan katı atık miktarı, kg/kişi/gün
M_A	Katı atık toplama/taşıma aracı kapasitesi, ton/sefer
MSW_C	Konteynerli olarak toplanan katı atık miktarı, L
MSW_K	Kaldırımdan toplanan katı atık miktarı, L
MSW_{KC}	Konteynerli ve kaldırımdan birlikte toplanan katı atık miktarı, L
n	Araçtaki katı atık toplayıcı işçi sayısı
N_d	Toplama aracının 1 günde tamamladığı güzergah sayısı
N_{KS}	Bir toplama güzergahında konteyner bulunan durma noktası sayısı
NOR	Bir Güzergahta hizmet götürülen hane halkı sayısı (Number of Residence)
NOV	Gerekli araç sayısı (Number of vehicle)
N_p	Güzergahta bulunan hane halkı (HH) sayısı
O_{DMC}	Konteynerli toplama işleminde araç durma noktaları arasındaki mesafe, m
O_{DMK}	Kaldırımdan toplama işleminde araç durma noktaları arasındaki mesafe, m
O_{DMT}	Taşıma işleminde araç durma noktaları arasındaki mesafe, m
O_{KS}	Bir toplama güzergahında konteyner noktalarındaki ortalama konteyner sayısı
P_{KS}	Her konteynere düşen nüfus yükü, kişi/konteyner
P_R	Hane halkını oluşturan kişi sayısı, kişi/HH
P_{sc}	Belli bir güzergahtaki katı atık toplama süresi, saat/güzergah
r	Toplama aracı katı atık sıkıştırma oranı
R_{cp}	Her toplama periyodu için gerekli güzergah sayısı, güzergah /gün
R_v	Güzergah için gerekli araç hacmi, m^3 /güzergah
s	Atık boşaltma alanında güzergah başına harcanan süre, saat/güzergah
SOR	Hane halkı atık atma oranı (Set-out rate)
SW_A	Araç içindeki EKA birim hacim ağırlığı, kg/m^3
SW_K	Konteynerdeki EKA birim hacim ağırlığı, kg/m^3
SW_p	Atılan katı atığın birim hacim ağırlığı, kg/m^3
t_1	Aracın garajdan hareket ederek ilk atık alma noktasına varma süresi, saat
t_2	Aracın gün sonunda son alma noktasından garaja varma süresi, saat
T_a	Toplama aracı katı atık alma süresi, s
T_d	Toplama aracı sağa/sola dönüş nedeniyle toplam geçirilen süre, s
T_g	Toplama aracı güzergah süresi, s

T_{ga}	Toplama aracı atık almasız güzergah süresi, s
T_i	Toplama aracı trafik ışıklarında toplam bekleme süresi, s
TM_c	Bir konteynerli katı atık toplama güzergahında toplam kat edilen mesafe, m
TM_K	Bir kaldırımdan toplama güzergahında toplam kat edilen mesafe, m
TM_T	Bir taşıma güzergahında toplam kat edilen mesafe, m
t_p	Hane halkı başına toplayıcı işçi sayısı, işçi.dakika/HH
T_s	Toplama aracı seyir süresi, s
T_y	Toplama aracı trafik yoğunluğu nedeniyle toplam bekleme süresi, s
V_{KS}	Konteyner hacmi, m ³
v_{ort}	Toplama işleminde araç ortalama hızı, km/h
V_R	Bir toplama güzergahında HH başına toplanan atık miktarı, m ³ /HH
V_{RP}	Bir toplama güzergahında kişi başına toplanan atık miktarı, m ³ /kişi
v_T	Taşıma işleminde araç ortalama hızı, km/h
W	Toplama işlemi dışında geçirilen süre faktörü (mola, yemek arası vb.), %

KISALTMA LİSTESİ

BRÖ	Basit Rasgele Örneklem
CAD	Bilgisayar destekli tasarım (Computer Aided Design)
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS: Geographical Information System)
ÇED	Çevresel Etki Değerlendirmesi
ÇEVKO	Çevre Koruma ve Ambalaj Atıklarının Değerlendirme Vakfı
DİE	Türkiye Cumhuriyeti Devlet İstatistik Enstitüsü
DP	Dinamik Programlama (Dynamic Programming)
EKA	Evsel Katı Atık (MSW: Municipal Solid Waste)
EPA	Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency)
EPD	Çevre Koruma Bölümü (Environmental Protection Department)
ERM	Çevresel Araştırma Yönetimi (Environment Research Management)
ERRA	Avrupa Geridönüşüm ve Gerikazanım Kurumu (European Recovery&Recycling Assosiation)
GEKA	Gerikazanılabilir Evsel Katı Atık
HGK	Harita Genel Komutanlığı
HH	Hane Halkı
İSTAÇ	İstanbul Büyükşehir Bel., Çevre Koruma ve Atık Maddeleri Değerl. A.Ş.
KAKY	Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
LP	Lineer Programlama (Linear Programming)
METAP	Akdeniz Çevresel Teknik Yardım Programı (Mediterranean Environmental Technical Assistance Programme)
MIS	Yönetim Bilgi Sistemi (Management Information System)
MIP	Karışık Tamsayılı Programlama (Mixed Integer Programming)
MRF	Madde Gerikazanım Tesisi (Material Recycling Facilities)
NWS	Milli Atık Öngörüsü (National Waste Strategy)
RCRA	Kaynak Koruma Gerikazanım Kanunu (Resource Conservation and Recovery Act)
RDF	Atıktan Enerji Üretme Tesisi (Refuse Derived Fuel)
SQL	Standart Sorgulama Dili (Standard Query Language)
SWC	Katı Atık Toplama (Solid Waste Collection)
TÇT	Tugal Çevre Teknolojileri
VTYS	Veri Tabanı Yönetim Sistemi (DBMS: Data Base Management System)

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Bir toplumda materyal akışı ve katı atık oluşumu (Tchobanoglous vd., 1993).....	9
Şekil 2.2 Katı atık yönetim sistemindeki fonksiyonel elementler (Tchobanoglous vd., 1993).....	10
Şekil 2.3 Katı atık yönetimi akım şeması (Björklund, 2000).....	10
Şekil 2.4 Belli bir maksimum araç hızında k katsayısının durma noktaları arasındaki mesafeye göre değişimi.....	16
Şekil 2.5 Bu tezde araştırılan katı atık toplama/taşıma işlemi şematik gösterimi.....	17
Şekil 2.6 Bir EPD için örnek bir MIS (Chang Ni-Bin vd. 1998).	33
Şekil 2.7 Atık toplama ekibi için örnek bir yönetim bilgi sistemi (Chang Ni-Bin vd. 1998).	33
Şekil 2.8 Atık toplama ekipleri yönetim bilgi sistemi kriterleri (Chang Ni-Bin vd. 1998).	34
Şekil 3.1 Trabzon'da aylık ortalama sıcaklıkların 67 yıllık gözlem süresi ortalaması.	39
Şekil 3.2 Trabzon'da hanelere düşen fert sayısının yıllara göre değişimi.	39
Şekil 3.3 Trabzon'da hane halkını oluşturan kişi sayısının yıllar itibari ile değişimi.....	40
Şekil 3.4 Trabzon'da bulunan binaların kullanım şeklinin yıllar itibari ile değişimi.	40
Şekil 3.5 Trabzon'da bulunan binaların kat adetlerinin yıllar itibariyle dağılımı.....	41
Şekil 3.6 Trabzon'da bulunan binaların kurulu alanlarının yıllar itibariyle dağılımı.	41
Şekil 3.7 Trabzon Kenti'ndeki mahallelere düşen hane halkı sayısı.....	42
Şekil 3.8 Trabzon Kenti'ndeki mahallelerde hane halkını oluşturan kişi sayısı.	43
Şekil 3.9 Trabzon Kenti'ndeki mahallelerde 1 hektar alana düşen kişi sayısı.....	43
Şekil 3.10 Trabzon Kenti'ndeki mahallelerde 100 m yola düşen hane halkı sayısı.....	44
Şekil 3.11 Trabzon Kenti'ndeki mahallelerde 100 m yola düşen kişi sayısı.	44
Şekil 3.12 Trabzon Kenti'ndeki mahallelerde 1 hektar alana düşen yol uzunluğu.....	45
Şekil 3.13 Trabzon Kenti'ndeki mahallelere düşen toplam yol uzunluğu.	45
Şekil 3.14 Trabzon Kenti'nde bulunan mahallelerin alanları.	46
Şekil 3.15 "Trabzon Kenti'nde yaşanan çevre sorunları"na göre HH reisi (Apaydın ve Kalender 1999).	50
Şekil 3.16 "Çöpleri toplama yöntemi"ne göre HH reisi (Apaydın ve Kalender 1999).....	50
Şekil 3.17 "Çöplerin atılma sıklıkları"na göre HH reisi (Apaydın ve Kalender 1999).	51
Şekil 3.18 "Çöplerin atıldığı yer"e göre HH reisi (Apaydın ve Kalender 1999).	51
Şekil 3.19 "Pazar alış-verişlerinde kullanılan taşıma malzemesi"ne göre HH reisi (Apaydın ve Kalender 1999).	52
Şekil 3.20 "Kaynakta ayırım uygulamasına katılım"a göre HH reisi (Apaydın ve Kalender 1999).	52
Şekil 3.21 "Eğitim durumu"na göre HH reisi (Apaydın ve Kalender 1999).	53
Şekil 3.22 Trabzon Kenti'nde "hane halkını oluşturan kişi sayısı" (Apaydın ve Kalender 1999).	53
Şekil 3.23 "Aylık ortalama gelir"e göre HH reisi (1998 yılı ücretleri) (Apaydın ve Kalender 1999).	54
Şekil 4.1 Güzergah 1: Ana caddelerde 12 m ³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç güzergahı.....	59
Şekil 4.2 Güzergah 2: Pazarkapı-Çarşı 7 m ³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç mevcut güzergahı 1.....	60
Şekil 4.3 Güzergah 3: Pazarkapı-Çarşı 7 m ³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç mevcut güzergahı 2.....	61
Şekil 4.4 Güzergah 4: Pazarkapı-Çarşı 7 m ³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç mevcut güzergahı 3.....	62

Şekil 4.5 Güzergah 5: Erdoğan 2-3 Mahalleleri 15 m ³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç mevcut güzergahı.	63
Şekil 4.6 Güzergah 6: Boztepe-Yenicuma-Gazipaşa 12 m ³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç mevcut güzergahı 1.	64
Şekil 4.7 Güzergah 7: Boztepe-Yenicuma-Gazipaşa 12 m ³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç mevcut güzergahı 2.	65
Şekil 4.8 Güzergah 8: Yenimahalle-G.Hatun 12 m ³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç mevcut güzergahı 1.	66
Şekil 4.9 Güzergah 9: Yenimahalle-G.Hatun 12 m ³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç mevcut güzergahı 2.	67
Şekil 4.10 Güzergah 10: Kalkınma-Bostancı 15 m ³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç mevcut güzergahı.	68
Şekil 5. 1 Trabzon Kenti'nde bulunan mahallelerin hane halkı gelir durumuna göre gruplandırılması.	82
Şekil 5.2 Toplanan katı atık miktarı (7 m ³ hacimli araç) ile rota süresi ilişkisi.	84
Şekil 5.3 Toplanan katı atık miktarı (12 m ³ hacimli araç) ile rota süresi ilişkisi.	85
Şekil 5.4 Toplanan katı atık miktarı (15 m ³ hacimli araç) ile rota süresi ilişkisi.	85
Şekil 5.5 Trabzon Kenti'nde bulunan 39 mahallede belirlenen ve sayısal yol haritası altlığı kullanılarak oluşturulan konteyner noktaları.	88
Şekil 5.6 Güzergah 2: Pazarkapı-Çarşı 7 m ³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç optimize güzergah 1.	89
Şekil 5.7 Güzergah 3: Pazarkapı-Çarşı 7 m ³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç optimize güzergah 2.	90
Şekil 5.8 Güzergah 4: Pazarkapı-Çarşı 7 m ³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç optimize güzergah 3.	91
Şekil 5.9 Güzergah 5: Erdoğan 2-3 mahalleleri 15 m ³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç optimize güzergah.	92
Şekil 5.10 Güzergah 6: Boztepe-Yenicuma-Gazipaşa 12 m ³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç optimize güzergah 1.	93
Şekil 5.11 Güzergah 7: Boztepe-Yenicuma-Gazipaşa 12 m ³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç optimize güzergah 2.	94
Şekil 5.12 Güzergah 8: Yenimahalle-G.Hatun 12 m ³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç optimize güzergah 1.	95
Şekil 5.13 Güzergah 9: Yenimahalle-G.Hatun 12 m ³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç optimize güzergah 2.	96
Şekil 5.14 Güzergah 10: Kalkınma-Bostancı 15 m ³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç optimize güzergah.	96
Şekil 5.15 Trabzon Kenti'nde 777 konteyner noktasının Route View ile en kısa yol optimizasyonu arayüz görüntüsü.	99
Şekil 5.16 Trabzon Kenti'nde 777 konteyner noktasının Route View ile en kısa yol optimizasyonu arayüz görüntüsü (detay).	100
Şekil 5.17 Trabzon Kenti'nde bulunan 39 mahallede belirlenen konteyner noktalarından Route View kullanılarak en kısa yol analiziyle katı atıkların toplanması/taşınması durumunda araç kapasitelerine göre maliyet ilişkileri.	103
Şekil 6.1 Farklı güzergahlarda araç seyir süresi (T _s) ile ortalama dönüş (sağa/sola/geriye) süresi (T _d) ilişkisi.	106
Şekil 6.2 Farklı güzergahlarda araç seyir süresi (T _s) ile ortalama sağa/sola/geriye dönüş sayısı (n _d) ilişkisi.	106
Şekil 6.3 Hane halkı yoğunluğu ile katı atık alma süresi ilişkisi.	107

Şekil 6.4 Bina yoğunluğu ile katı atık alma süresi ilişkisi.	108
Şekil 6.5 HHs/Bs oranı ile kişi başına katı atık alma süresi ilişkisi.	108
Şekil 6.6 HHs/Bs oranı ile hane halkı başına katı atık alma süresi ilişkisi.	108
Şekil 6.7 Konteynerler arası mesafe (KAM) ile konteyner noktası sayısının (N_{KS}) toplam toplama mesafesine (TM_c) göre değişimi.	109
Şekil 6.8 Belli bir katı atık toplama güzergah mesafesi ile nüfus yoğunluğu ilişkisi.	110
Şekil 6.9 Belli bir toplama mesafesinde a katsayısının birim yol uzunluğuna düşen nüfus (D_{100}) ile değişimi.	110
Şekil 6.10 Belli bir katı atık toplama güzergahında konteynerler arası mesafenin konteyner hacmine bağlı olarak 100 m yol uzunluğuna düşen nüfus ile değişimi.	111
Şekil 6.11 Trabzon Kenti'nde konteyner sayısı ile katı atık alma süresi ilişkisi.	113
Şekil 6.12 Katı atık bertaraf edilen alan ve komşu mahallelerin tematik haritası.	124
Şekil 6.13 Mevcut güzergahta katı atık alma noktaları arasındaki seyir süresinin dağılımı.	124
Şekil 6.14 Optimize edilen güzergahta katı atık alma noktaları arasındaki seyir süresinin dağılımı.	125

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1.1 Gelir seviyelerine göre katı atık toplama maliyetleri (Cointeau-Levine, 1994).	4
Çizelge 2.1 t _p değerleri tablosu.	14
Çizelge 2.2 Bazı Ülkelerde Evsel Katı Atık Bertaraf Yöntemleri (%) (Williams, 1999).	19
Çizelge 2.3 İngiltere’de evsel katı atık (MSW) birim maliyetleri (Williams, 1999).	20
Çizelge 2.4 Wisconsin (ABD) mevsimlik EKA bileşimi (Williams, 1999).	21
Çizelge 2.5 Wisconsin’da (ABD) nüfus sayısına göre birim katı atık miktarı (Williams, 1999).	21
Çizelge 2.6 Wisconsin’da (ABD) oluşma yerine göre birim katı atık miktarı (Williams, 1999).	22
Çizelge 2.7 Türkiye’de mevsimsel birim katı atık oluşumu [2].	24
Çizelge 2.8 Türkiye’de GEKA uygulamaları sürdürülen bazı belediyelere ilişkin veriler [2].	25
Çizelge 2.9 Türkiye’nin en büyük şehri olan İstanbul’da katı atık aktarma istasyonlarına ilişkin veriler (Baştürk vd., 2002).	26
Çizelge 2.10 Katı atık genel bertaraf maliyetleri.	27
Çizelge 3.1 Trabzon Belediyesi pilot proje uygulaması verileri (Apaydın, 1998).	48
Çizelge 4.1 Kayıtlı Ortam Çalışmasında Kullanılan Araç Gereçler ve Teknik Özellikleri.	56
Çizelge 4.2 Toplama racı güzergahında katı atık alma türüne göre bazı parametreler.	70
Çizelge 4.3 Toplama araç güzergahında atık alma türüne göre bazı parametreler arasındaki deneysel ilişkiler.	71
Çizelge 4.4 Trabzon’da bulunan 39 mahallenin her birine düşen toplam yol uzunlukları.	73
Çizelge 5.1 Trabzon Kenti’nde bulunan 39 mahallede tahmin edilen 2004 yılı nüfusu ve hane halkı sayıları.	78
Çizelge 5.2 Trabzon Şehri katı atık bileşimi.	79
Çizelge 5.3 Trabzon Kenti’nde bulunan mahallelerin gelir durumuna göre gruplandırılması.	80
Çizelge 5.4 Trabzon Kenti’nde GEKA içeriğinin gelir gruplarına göre oranları.	80
Çizelge 5.5 Trabzon Kenti’nde bulunan 39 mahalledeki gelir grubuna göre GEKA oranları	81
Çizelge 5.6 Faydalı hacmi 7 m ³ olan sıkıştırma tertibatlı toplama/taşıma araçlarında katı atık birim hacim ağırlıklarının çalışma günlerine göre durumu.	86
Çizelge 5.7 Katı atık toplama/taşıma işleminde kullanılan 7 m ³ faydalı hacimli araçların günlük sefer sayısı ve toplanan/taşınan ortalama katı atık miktarı.	87
Çizelge 5.8 Mevcut güzergahlarla optimize edilen güzergahların seyir süresi ve katedilen yol açısından karşılaştırılması.	98
Çizelge 5.9 Trabzon Kenti için belirlenen 777 konteyner noktasından katı atıkların Route View programı kullanılarak farklı kapasitedeki araçlarla en kısa yol analizi yapılarak toplanması durumunda gerekli sefer sayıları ve katedilecek toplam mesafeler.	101
Çizelge 5.10 Route View programıyla yapılan en kısa yol analizi sonucu elde edilen toplama ve taşıma maliyetlerinin araç kapasitelerine göre durumu.	102
Çizelge 5.11 Route View programıyla yapılan en kısa yol analizinde kullanılan farklı kapasitedeki araçların toplama/taşıma maliyetlerine göre kıyası.	102

Çizelge 6.1 Seyir süresi ve dönüşlerle ilgili orantı katsayılarının güzergahlara göre aldığı değerler.....	107
Çizelge 6.2 Konteyner hacmine bağlı olarak B ve C değerleri.....	111
Çizelge 6.3 Konteynerli toplama işlemi güzergahı model parametre değerleri.....	116
Çizelge 6.4 Konteynerli toplamada gözlenen güzergah süresi ile modelin kıyası.....	117
Çizelge 6.5 Güzergahlarda katı atık alma noktalarının süpürülmesi için geçen sürenin alma süresinin yüzdesi olarak durumu.....	117
Çizelge 6.6 Kaldırımdan toplamada gözlenen rotadaki model parametreleri.....	119
Çizelge 6.7 Kaldırımdan toplamada gözlenen güzergah süresi ile modelin kıyası.....	120
Çizelge 6.8 Trabzon Kenti'nde farklı 10 güzergahta yapılan gözlem ve incelemeler sonucu kaldırımdan katı atık toplama işlemi a ve b sabitleri.....	120
Çizelge 6.9 Taşıma işleminde gözlenen güzergahtaki model parametreleri.....	122
Çizelge 6.10 Taşıma işleminde gözlenen güzergah süresi ile model sürelerin karşılaştırılması.....	122
Çizelge 6.11 Çalışma alanı verisi olarak çalışılan güzergah adı, TM_C ve deneysel değişken A'nın güzergahtaki nüfus yoğunluğuna göre aldığı değerler.....	127
Çizelge 6.12 Katı atık alma süresinin $T_{ak}=A_2X+B_2$ eşitliğine bağlı olarak tahmini için belirlenen gerekli deneysel parametrelerin değerleri.....	128

ÖNSÖZ

Tez çalışmalarım süresince fikir, öneri ve desteklerini esirgemeyen tez danışmanım saygıdeğer hocam Prof.Dr. M. Talha Gönüllü bey'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tez izleme jürisi olarak çalışmalarımı inceleyerek fikir ve önerileri ile katkı sağlayan saygıdeğer hocalarım Prof.Dr. Mustafa Öztürk bey'e, Prof.Dr. Cumali Kınacı bey'e, Prof.Dr. Mehmet Borat bey'e ve Prof.Dr. İzzet Öztürk bey'e teşekkür ederim.

Çalışmalarımız esnasında karşılaştığımız problemlerin çözümünde katkılarını esirgemeyen bölüm başkanımız saygıdeğer hocam Prof.Dr.Ferruh Ertürk bey'e teşekkür ederim.

Çalışma alanında yaptığımız araştırmalar süresince yardımlarını esirgemeyen Yüksek Lisans Tez danışmanım saygıdeğer hocam Prof.Dr. Ali Kalender bey'e teşekkür ederim.

Çalışmalarımızda kullanılan programlar konusunda verdikleri destekten dolayı Başar Bilgisayar genel müdürü Alim Küçükpehlivan Bey'e teşekkür ederim.

Dr. Yaşar Avşar, Yrd.Doç.Dr. Ertan Arslankaya ve bütün mesai arkadaşlarıma ilgileri nedeniyle teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince verdikleri manevi destek ve gösterdikleri anlayıştan dolayı; sevgili anneme ve babama; değerli eşim Ayşe ve sevgili oğlumuz Furkan Metehan'a teşekkür ederim.

Ömer APAYDIN

Eylül 2004

ÖZET

Evsel katı atıkların yönetiminde, toplam bertarafın %85'lik dilimini teşkil eden toplama/taşıma maliyetlerinin, güzergah optimizasyonu yapılarak azaltılması, önemli ekonomik yarar sağlamaktadır.

Bu tezin amacı; Trabzon Şehri'nde katı atık yol ağları, demografik yapı ve atık miktarları ile ilgili veri tabanı oluşturarak, katı atık toplama/taşıma işlemlerinde güzergah optimizasyonu yapılması ve toplama/taşıma sürelerinin yerleşimlerde ikamet eden 100 m yol uzunluğuna düşen nüfusa bağlı olarak modellenmesidir.

Trabzon Şehri, Türkiye'nin Kuzey Doğusunda bulunmakta ve 2001 genel nüfus sayımına göre şehirde 185000 kişi yaşamaktadır. Şehir, milli gelirden %1 pay almaktadır. Buna göre Trabzon Şehrinde yaşayan insanlar, orta düzeyde gelirli olarak değerlendirilmektedir.

Trabzon Kentinde katı atık toplama/taşıma işlemlerinin kayıt ortamı olarak tespitinde Sony DCR-TRV145E marka dijital video kamera kullanılmıştır. Dijital kayıtların çözülmesiyle ve diğer coğrafi verilerin analiziyle toplama/taşıma süreleri modellenmiştir.

Bu tez çalışmasında, konteynerle ve kaldırımdan toplama işlemleri için katı atık toplama sürelerinin güzergahtaki nüfusa bağlı olarak tahmin edilebileceği bir model geliştirilmiştir. Hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama işlemi için katı atık alma süresi, toplama işlemi yapılacak güzergahtaki nüfusa bağlı olarak tahmin edilebilmektedir. Bir güzergahta konteyner konulacak nokta sayısı, 100 m yol uzunluğuna düşen nüfusa bağlı olarak tahmin edilebilmektedir.

Toplama/taşıma işlemlerinde optimizasyon yapılmaması durumunda kat edilecek yolların gereksiz uzatılmasına neden olunmakta ve "boşa kat edilen yol" olumsuzluğu nedeniyle maliyetler hissedilir oranda artmaktadır. Trabzon Kenti'nde bulunan 39 mahallede evsel katı atık toplama/taşıma işlemlerinin güzergah optimizasyonu için "transport modeli" kullanılmış ve "minimum masraf" hedeflenmiştir. En kısa yol güzergahlandırma işleminde optimizasyon aracı olarak Route View Pro™ programı kullanılmıştır. Bu program kullanılarak sayısal yol haritası, demografik yapı, konteyner dağılımı gibi veriler üzerinde sorgulama yapılabilmektedir. Örneğin, Trabzon Şehri sayısal yol haritası altlık olarak kullanılmış ve 39 mahalleye düşen nüfuslar dikkate alınarak 777 konteyner noktasını haiz tematik konteyner tabakası oluşturulmuştur.

Route View Pro™ programı yardımıyla, konteynerlerin mevcut araçlar kullanılarak optimum güzergahlardan toplanması durumuyla mevcut toplama kıyaslanmıştır. Tematik haritada belirtilen optimize edilmiş güzergahlardan aracın toplama işlemini yapmasıyla %4-59 mesafe, %14-65 süre tasarrufu sağlanacağı belirlenmiştir. Konteynerli sistemin kullanılması durumunda ve güzergah optimizasyonu ile toplama/taşıma maliyetlerinde %24 oranında tasarruf temin edilebileceği belirlenmiştir.

Kaldırımdan toplama işleminin kıyası için Pazarkapı-Çarşı semtindeki çalışmada, Route View Pro™ ile optimize edilen güzergahta %18 yol ve %22 zaman tasarrufu elde edilmiştir. Ayrıca, aracın güzergahta sağa/sola dönüş sayısında da %30 oranında azalma temin edilmiştir.

Bu tez çalışmasında, video kamera ile yapılan kayıt ortamı verileri analiz edilerek katı atık toplama taşıma sürelerinin tahmin edilebildiği bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen modelle toplama/taşıma süreleri yaklaşık % 95 doğrulukla tahmin edilebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Katı atık toplama/taşıma, güzergah süresi modelleme, optimizasyon, CBS, Trabzon

ABSTRACT

In a municipal solid waste management system, decreasing collection/hauling costs consisting of 85 % of total disposal expenditure can be carried out by route optimization. So a huge amount of economical benefit is getting furnished.

The objectives of this thesis are, in Trabzon City, by means of performing road net, demographics and solid waste production data, optimizing for the shortest route of collection/hauling and producing a time estimation model based on population per 100 m route length.

Trabzon City located northeast side of Turkey has about 185 thousand inhabitants in respect of Census 2001. The city shares 1% of the Gross Domestic Income in Turkey. In other words, inhabitants living in Trabzon city have moderate revenue.

In Trabzon City, a video camera marked Sony DCR-TRV145E was used in order to analyse solid waste collection/hauling process as recorded. Solid waste collection/hauling time was modeled based on data obtained records analyzed and the other GIS database.

In this thesis, a model for solid waste collection/hauling time in case curbside or container collection types have developed to be estimated based on population inhabiting through a vehicle route. Total pick-up time can be estimated based on population inhabiting through the route for two solid waste collection types. The number of containers located, and container locations could be estimated based on population inhabiting on the route.

Unless it performs shortest path optimization in solid waste collection/hauling process, costs will increase due to "empty miles" negativeness. In Trabzon City with 39 quarter districts, a shortest path model was used in order to optimize solid waste collection/hauling processes, as aimed at minimum cost. An optimization tool used was Route View ProTM software. The software provided elements such as numerical pathways, demographic distribution data, container distribution data and solid waste production data. For example, thematic container layer was containing 777 points for the entire city.

Using Route View ProTM software, the optimized route was compared with the present time route. If the optimized route in solid waste collection system is used, both distance and time will be decreased 4-59 % and 14-65 %, respectively. If it is performed in container solid waste collection process and route optimization, cost of the process will be reduced by 24 %.

When applied to Pazarkapı-Çarşı Quarters route, optimized route helped solid waste collection processes decreasing distance and time 18 % and 22 %, respectively. In addition, time for turning left and right decreased by approximately 30 %.

In the thesis, a model based field data recorded by the camera also was developed to estimate accurate time consumption during collection/hauling. The model was supplied about 95% accuracy.

Keywords: Solid waste collection/hauling, route time modelling, optimization, GIS, Trabzon

1. GİRİŞ

Katı atık yönetimine karar vermede; atıklara dair nitel ve nicel analizler ve atık akımlarının mevsimsel değişimlerinin belirlenmesine ilave olarak, toplum motivasyonunun ve duyarlılığının iyi tespit edilmesi sayesinde geri kazanım, tekrar kullanım, atık azaltma ve bertaraf gibi yönetim unsurları için potansiyel etkin çözümlerin üretilebilmesi mümkün olmaktadır. Verilere dayanarak geliştirilen çözümlerin sürdürülebilirliği ve etkinliği elde edilen verilerin kalitesine bağlıdır.

En uygun yol güzergahlandırma işlemleri ile evsel katı atıkların bertarafı sürecinde toplam bertarafının %85'lik dilimini teşkil eden (Ludwig ve Black, 1968) en büyük masrafın söz konusu olduğu toplama maliyeti yanında taşıma maliyetinin de önemli oranda azaltılacağı düşünülmektedir. Yapılan bir araştırmada (Sonesson, 2000), katı atık bertarafı sürecinde toplama işlemlerinin çevresel etkilerinin sonuçlar üzerinde taşıma işlemiyle mukayese edilmeyecek kadar fazla olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle hem çevresel hem de ekonomik etkiler açısından bakıldığında, sistemli ve optimize edilmiş toplama işlemlerinin oluşturulmasının zaruri olduğu düşünülmektedir.

Katı atık yönetimindeki beklenti ve hedefler, ülkelerin gelişmişlik düzeyi ve bununla ilgili olan ekonomik yeterliliğe sahip olmalarıyla ilişkilidir. Avrupa Topluluğu ülkelerinde, katı atıkların ayrı toplanması oranının orta vadede %15-25'e yükseltilmesi ve depolanacak atık miktarının %10 oranının altına çekilmesi (Salvia vd., 2002; Caputo ve Pelagagge, 2002), geri kazanım (recovery) oranının 2008 yılına kadar %65'e yükseltilmesi hedefleri mevcut iken (Vaillancourt ve Vaaub, 2002), Gana gibi bazı ülkelerde bulunan metropollerde nüfusun ancak %60'ına katı atık toplama hizmeti götürülebilmektedir (Nelson ve Post, 2002; Boadi ve Kuitunen, 2003).

Katı atık miktarı ve çeşitliliği ekonomik durum ve refah artışıyla birlikte artmakta ve bileşenlerin miktarları birbirlerine nazaran değişmektedir. Örneğin, İtalya'da evsel katı atık miktarı 1991 yılından 1994 yılına kadar %13.5 artarak kişi başına 350 kg'dan 398 kg'a yükselmiştir (kişi başına günlük üretim 1995'te 0.86 kg iken 1997'de %4'lük bir artışla %0.89 kg olmuştur). 1995-1997 yılları arasında organik atık miktarı %53'ten %23'e düşerken, ambalaj malzemesinden ibaret kısım (özellikle plastik ve mukavva-karton türleri) %21'den %53'e yükselmiştir. İtalya'da 1997 yılındaki geri kazanılan katı atığın hammadde olarak tekrar üretime sokulma oranının toplam katı atık miktarı içindeki payı %1,5 olmuştur. Günümüzde entegre katı atık yönetimi içinde yakma prosesinin de önemli bir yere sahip olmaya başladığı görülmektedir. İtalya'da katı atığın yakma ile bertaraf edilen kısmı %5.1,

Fransa'da %37.1, Almanya'da %27.9 ve İngiltere'de %14.3'tür (Salvia vd., 2002).

Katı atık yönetiminde maliyet optimizasyonunun toplama ve taşıma aşamasından başlamak üzere yapılması bir zorunluluk haline gelmiştir. Herhangi bir bilimsel perspektife oturtulmadan yapılan toplama ve taşıma işlemleri nedeniyle, yerel yönetimlerin ekonomik giderleri artmaktadır. Bütün dünyada yapılan çalışmalarda en az harcamayla en yüksek verim elde etme amaçlanmaktadır. Mal ve hizmet üreticileri tarafından ürünlerinin pazarlanabileceği optimum şartlar aramakta ve malların en ucuz ve etkin biçimde dağıtılması için mutlaka optimizasyona başvurulmaktadır. Katı atık bertarafı da toplama ve taşıma işlemlerinin minimum maliyetle gerçekleştirilebilmesi için bilimsel perspektifte bakılması gereken önemli bir problemidir.

Atık toplama işlemlerinde enerji ihtiyacı ve maliyet tahmini için kullanılan birçok metot bulunmaktadır. En yaygın kullanılan kabul, yakıt tüketimi kadar zaman ihtiyacının da sürüş mesafesinin bir fonksiyonu olması durumudur. Bu iki faktörün, temel çevresel etkilerin ve maliyetlerin hesaplanmasında yeterli olabileceği belirtilmektedir. Kilometre başına yakıt (Litre yakıt/km) ve harcanan zaman (zaman/km) ölçümleri,

- Yükleme
- Sıkıştırma
- Durma ve hızlanma
- Normal sürüş

gibi aracın güzergahında harcanan zamanların bir bileşimi olarak ifade edilebilmektedir. Eğer bir toplama serisinde bu bölümlerin oranı değiştirilirse (örneğin, eğer her seride durma noktaları sayısı azaltılır ve sürüş mesafesi aynı tutulursa) o zaman metodun, zaman ve yakıt tüketimi açısından birbirinden farklı sonuçlar vereceği tahmin edilmektedir.

Diğer metotlar ise toplanan birim atık için gerekli olan zaman ve yakıt gibi istatistik ölçümlerdir. Bu metotlar belirli mekanlarda ve belirli şartlar altında iyi derecede çalıştırılabilmektedir ve metotlar toplama sistemindeki değişimlere karşı duyarlıdır.

Literatürde LP, DP ve MIP gibi matematik modelleme yöntemleri kullanılarak yapılmış katı atık yönetiminin planlanması ile ilgili bir çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda toplama/taşıma işlemi (Truitt vd., 1969; Bodner, 1970; Clark ve Helms, 1972; Liebman vd., 1975; Chiplunkar vd., 1981; Everett, 1996a, 1996b, 1998a, 1998b; Wilson, 2001a, 2001b), aktarma istasyonu ve deponi yeri seçimi (Helms ve Clark, 1971; Hsieh ve Ho, 1993; Modak ve Everett, 1996; Everett ve Modak, 1996; Everett ve Riley, 1997; Chang ve Wang, 1997; Kirca ve Erkip, 1988) ve entegre katı atık yönetimi (Clark ve Helms, 1974; Fuertes vd., 1974;

Lund, 1990; Clark, 1993; Anex vd., 1996; Chang vd., 1998; Krikke vd., 1998; Chang, 1998; Tanskanen, 2000; Solano vd., 2002a, 2002b) bileşenlerinin süre/maliyet optimizasyonu amaçlanmıştır.

1997 yılına kadar yapılan modelleme işlemleriyle ilgili yayınlarda yakıt tüketimi modele dahil edilmemiştir. Modelleme işlemlerine yakıt tüketimi ilk olarak Wang (1997) tarafından dahil edilmiştir (Wang vd., 1997).

Katı atık toplama işlemlerinin optimizasyonuna yönelik olarak yapılan modelleme çalışmalarında veriler;

- Servis götürülen birim konut için işçi yükü (işçi.dakika/hane halkı)
- Servis götürülen kişi başına gerekli toplama süresi (dakika/kişi)
- Servis götürülen birim konut için gerekli toplama süresi (dakika/hane halkı)
- Toplama işleminde katedilen yol için gerekli süre (dakika/km toplama güzergahı uzunluğu)
- Toplama işleminde birim katı atık için gerekli süre (dakika/ton katı atık)

olarak belirtilmektedir. Sonesson (2000), sonuncu madde dışındaki verilerin modeli herhangi bir atık yönetim sistemi yapısındaki değişikliklere duyarlı yapacağını ifade etmektedir. Araçların tam dolması için gereken durma noktalarının sayısı azalır, toplama sürelerinin de kısalmaya başlayacaktır. Böylece “rota süresi/toplanan toplam atık” dışındaki verilerin kullanıldığı bütün modellerde abartılı zaman ihtiyacı tahmini yapılacağı düşünülmektedir. Sonuç olarak, toplam toplama zamanı “dakika/ton katı atık” olarak hesaplandığında, toplam katı atık miktarının değişmeyeceğine vurgu yapılmıştır (Sonesson, 2000).

Evsel katı atıklarının toplanması işlemlerinin modellenmesi ve analizinde ilk simülasyon modelleri 1960’lı yılların başında yapılmıştır (Quon vd., 1965, 1969; Truitt vd., 1969). Günümüze kadar önemli çalışmalar yapılmış olmasına rağmen katı atık toplama sistemlerinin işletilmesinde geliştirilmeye açık önemli alanlar olduğu görülmektedir. Yapılan bir alan çalışmasında (Eisenstein ve Iyer, 1997), toplama işlemlerinin yapılmasında kullanılan araç kapasitesinin %12-16 oranında azaltılabileceği belirlenmiştir.

Katı atık toplama işlemlerinin modellemesinde ilk hedef, belirli bir alanda gerekli olan araç ve işçi ihtiyacının belirlenmesi olarak verilmektedir. Günümüzde kullanılan katı atık toplama modelleri üç kategoride toplanabilmektedir:

- Ortalama katı atık üretimi ve atık oluşturulma oranlarına dayalı metotlar,

- Spreadsheet modeller (bu tür modeller birçok parçadan oluşan kompleks yapının değiştirilebildiği ve birleştirilebildiği bir özellik taşır) ve
- Bilgisayar simülasyon (benzeşim) modelleri

Geliştirilen modellerin aşağıdaki hedeflerden en az birini amaçlaması gerekir:

- Model açık anlaşılır olmalı ve bir teorik temel eksikliği içermemeli
- Model önemli olarak nitelendirilen parametrelerdeki değişimlere duyarsız olmamalı
- Model, halihazır maliyetlerle ilgili olmalı
- Zor olmasına rağmen modelde duyarlılık analizi veya optimizasyon kullanılmalıdır.

Toplama ve taşıma işlemi için kullanılan araç-gereçlerin maliyetinin yüksek oluşu, toplama/taşıma işlemlerinin optimizasyonunu zorunlu kılmaktadır. Artan nüfus nedeniyle ve gelir yükselişiyle katı atık bertaraf maliyetleri giderek artmaktadır. Çizelge 1.1’de ülkelerin gelir seviyelerine göre katı atık toplama maliyetleri verilmiştir (Cointeau-Levine, 1994).

Çizelge 1.1 Gelir seviyelerine göre katı atık toplama maliyetleri (Cointeau-Levine, 1994).

Parametreler	Düşük Gelirli Ülkeler	Orta Gelirli Ülkeler	Yüksek Gelirli Ülkeler
Birim toplama fiyatı (\$/ton)	15-30	30-70	70-120
Maliyetin %’si olarak işçilik, sermaye, işletme ve bakım giderleri	40	30	10
Kişi başına toplama maliyeti (\$/kişi-yıl)	3-6	9-21	42-70
Kişi başına gelirin %’si olarak katı atık toplama maliyeti	0.9-1.7	0.5-1.1	0.2-0.4

Türkiye, orta gelir grubunda sayılmaktadır. Katı atık toplama maliyeti 30-40 \$/ton-katı atık mertebesinde. Yaklaşık 1 milyon kişinin katı atığı toplanan Trabzon ve çevresindeki diğer belde ve belediyelerde kişi başına günde 1.0 kg katı atık olduğu kabul edilirse ve birim

toplama maliyeti 30 \$/ton.katı atık alınırsa, toplama maliyeti 30 bin \$/gün mertebesinde olmaktadır (1 milyon kişi x $1.0 \cdot 10^{-3}$ ton/kişi.gün x 30 \$/ton). Bu yaklaşıma göre yıllık yaklaşık 10 milyon \$ mertebesinde bir katı atı toplama maliyeti hesaplanmaktadır.

Kınacı ve arkadaşlarının İstanbul'da yaptıkları çalışmada (Kınacı vd., 2000), yaklaşık 100 milyon \$ olan yıllık katı atık toplama maliyetinin uygun bir optimizasyonla yaklaşık olarak %50 oranında azaltılabileceği belirlenmiştir.

1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu tezin amacı; Trabzon Şehri'nde katı atık yol ağları, demografik yapı ve atık miktarları ile ilgili veri tabanı oluşturarak, katı atık toplama/taşıma işlemlerinde güzergah optimizasyonu yapılması ve toplama/taşıma sürelerinin yerleşimlerde ikamet eden 100 m yol uzunluğuna düşen nüfusa bağlı olarak modellenmesidir.

Trabzon'da katı atıklar mevcut araçlarla toplanarak doğrudan halihazır depolama alanı olarak kullanılan deniz kenarına taşınmakta ve deniz doldurulmaktadır. Katı atık mevsimsel özellikleri, hane halkının çevre problemlerine yaklaşımı, mevcut katı atık toplama sistemi ve elemanları, plot tesis ve proje çalışmaları ve gelecekte uygulanacak projelerle ilgili çalışmalar devam etmektedir (Berkün, 1990; Apaydın ve Üçüncü, 1997; Kalender ve Apaydın, 1998; Apaydın, 1998; Apaydın ve Kalender 1999; Apaydın, 2000; Apaydın 2001; Apaydın ve Goncaloğlu, 2001; Apaydın vd., 2002; Apaydın vd., 2003). 1997 yılında tamamlanan fizibilite çalışması sonucu şehir dışında belirlenen yeni depolama sahasının (Merkez İlçeye 43 km mesafede) yakın bir gelecekte hizmete girmesi durumunda, biri Trabzon Şehri sınırları içinde olacak iki aktarma istasyonu kurulması planlanmaktadır (Trabzon Valiliği, 2002; Trabzon Belediyesi, 2003). Katı atıkların toplanarak belirtilen aktarma istasyonuna en ekonomik şekilde götürülebileceği güzergahların belirlenmesinin toplama masraflarında ekonomi temini için gerekli olduğu bu tez çalışması ile belirlenmiştir.

Yapılan gözlem ve inceleme çalışmalarında katı atık toplama/taşıma işlemlerinde araçların amaç dışında önemli miktarda yol kat ettiği belirlenmiştir. Toplama/taşıma işlemlerinin yapıldığı güzergahların çalışanların inisiyatifinde dolaşıldığı, bilimsel realitelere uygun bir güzergahlandırma yapılarak maliyetlerde azalma sağlanabileceği tespit edilmiştir. Bu amaçla, sayısal yol haritası üzerinde en kısa yolların belirlenebileceği inter aktif arayüzlü Route Wiew programı kullanılmış ve güzergah optimizasyonunun gerekliliği ortaya konulmuştur. Kullanılan sayısal yol haritası Trabzon Belediyesi mücavir alanının tamamını kapsamaktadır (39 mahalle ve yaklaşık 60000 konut).

Bu tez kapsamında, katı atık toplama taşıma araç güzergahlarında kayıt ortamlı çalışmalar yapılmış ve toplama/taşıma işlemlerinin mevcut durumu belirlenmiştir. Trabzon Kenti sayısal yol haritası ile kayıt ortamlı çalışmalar entegre edilerek ve halihazır haritalardan yararlanılarak toplama/taşıma işlemi sürelerinin 100 m yol uzunluğuna bağlı olarak modellenmesi sağlanmıştır.

İkinci bölümde; katı atık yönetim sistemi bileşenleri, toplama taşıma işlemleri ile ilgili teorik yaklaşımlar, yapılan katı atık model çalışmaların kavramsal içeriği, katı atık yönetimi ile coğrafi bilgi sisteminin entegre edildiği bazı çalışmalar ve burada yapılacak çalışmalara taban teşkil edebileceği düşünülen bazı araştırmalar verilmiştir.

Üçüncü bölümde; Trabzon İli ve Kenti ile ilgili coğrafi durum, iklim ve demografik özellikler, katı atık yönetimi ile ilgili günümüze kadar yapılan çalışmalar irdelenmiş ve yapılacak çalışmalarda kullanılacak bazı veriler sunulmuştur.

Dördüncü bölümde; Trabzon Şehri katı atık toplama/taşıma işlemlerini optimize edebilmek, gerekli parametreleri tespit etmek amacıyla mevcut durum, kayıtlı ortam ile Haziran-Eylül 2003 tarihleri arasında araştırılmıştır. Kayıtlı ortam araştırmasında; öncelikle katı atık toplama/taşıma araçlarının güzergahları ve güzergahlarında geçirdikleri süreler ve kat ettikleri yollar tespit edilerek; aşağıda sıralanan toplama işlemi eylem ve bileşenlerine ait süreler için tespitler yapılmıştır:

- Herhangi iki duruş arasında geçen süre (T_s : seyir süresi)
- Araç sağa/sola ve geriye dönüş süreleri (T_d : seyir süresi içinde yer alır ve seyir süresine etki eder).
- Geçilen noktalardan atık alma süresi (T_a)
- Trafik ışığında bekleme süresi (T_i)
- Trafik yoğunluğu nedeniyle bekleme süresi (T_y)
- Katı atık almasız güzergah süresi ($T_{ga}=T_s+T_i+T_y$).
- Güzergah süresi ($T_g=T_{ga}+T_a=T_s+T_i+T_y+T_a$).

Kayıtlı ortamlı çalışmalar sonucu toplama/taşıma işlemi süre değişkenleri (T_a , T_i , T_s , T_d , T_y , T_{ga} , T_g) ile çalışılan güzergahlarda aşağıdaki bileşenlerin ilişkisi araştırılmıştır:

- Hane halkı sayısı

- Bina sayısı
- Katedilen mesafe
- Katı atık alma noktası sayısı
- Trafik ışıklarında durma sayısı
- Trafik yoğunluğu nedeniyle durma sayısı
- Alınan katı atık miktarı
- Güzergahta sağa/sola/geriye dönme sayısı
- Katı atık alma çeşidi (konteynerli, kaldırımdan, karışık)

Araştırmada Çizelge 4.1’de teknik özellikleri verilen Sony DCR-TRV145E marka dijital video kamera kullanılmıştır. Kayıt ortamı olarak 8 mm’lik 60-65 dakika süreli dijital kayıt özellikli video kasetler kullanılmıştır. Kamera ile yapılan araştırmada, katı atık toplama aracının garajdan ayrılışından başlayarak, çöp depo alanına erişene kadar sürekli olarak kayıt yapılmıştır. Kayıtlar sürücü kabininde durularak gerçekleştirilmiştir. Araştırmada Trabzon’da kullanılmakta olan tüm güzergahlarda, mevcut toplama araçları ile dolaşmıştır. Araştırma esnasında, sürücü ve katı atık toplayan işçilere araştırmadan etkilenmeden normal çalışma durumlarında olmaları öğütlenmiştir.

Beşinci Bölümde; Trabzon Şehri’nde arazide yapılan yerinde tespitler göz önüne alınarak ve elde edilen diğer veriler kullanılarak toplama işleminde en kısa yol optimizasyonu yapılması ve toplama/taşıma süresi ve kat edilen yol değişkenleri açısından azalma dolayısıyla maliyetlerde tasarruf sağlanması hedeflenmiştir. Katedilen yolların minimizasyonu için Route Wiew programı kullanılmış,

- Nüfus
- Birim katı atık üretimi
- Katı atık birim hacim ağırlığı
- Konteyner kapasitesi
- Araç kapasitesi
- Araç sefer sayısı

- Katı atık toplama güzergah uzunluğu
- Katı atık taşıma güzergah uzunluğu

bileşenleri ve toplama/taşıma işleminin optimizasyonu amacıyla matematiksel modelleme türlerinden optimizasyon modeliyle (Wisniewski ve Darce, 1990) oluşturulan lineer programlama modelinde, toplama/taşıma aracının kat ettiği mesafenin optimize edilmesi sağlanmıştır. Mevcut katı atık toplama/taşıma araçları dikkate alınarak, hangi araçların hangi oranda kullanılmasıyla en ekonomik toplama/taşıma işlerliğinin gerçekleştirilebileceği de belirlenmiştir.

Altıncı Bölümde; bu tezin 2.2 başlıklı kısmında verilen literatürden farklı olarak, katı atık toplama işleminde güzergah süresinin,

- Güzergahta bulunan hane halkı yoğunluğu
- Güzergahta bulunan bina yoğunluğu
- Güzergahta bulunan nüfus yoğunluğu

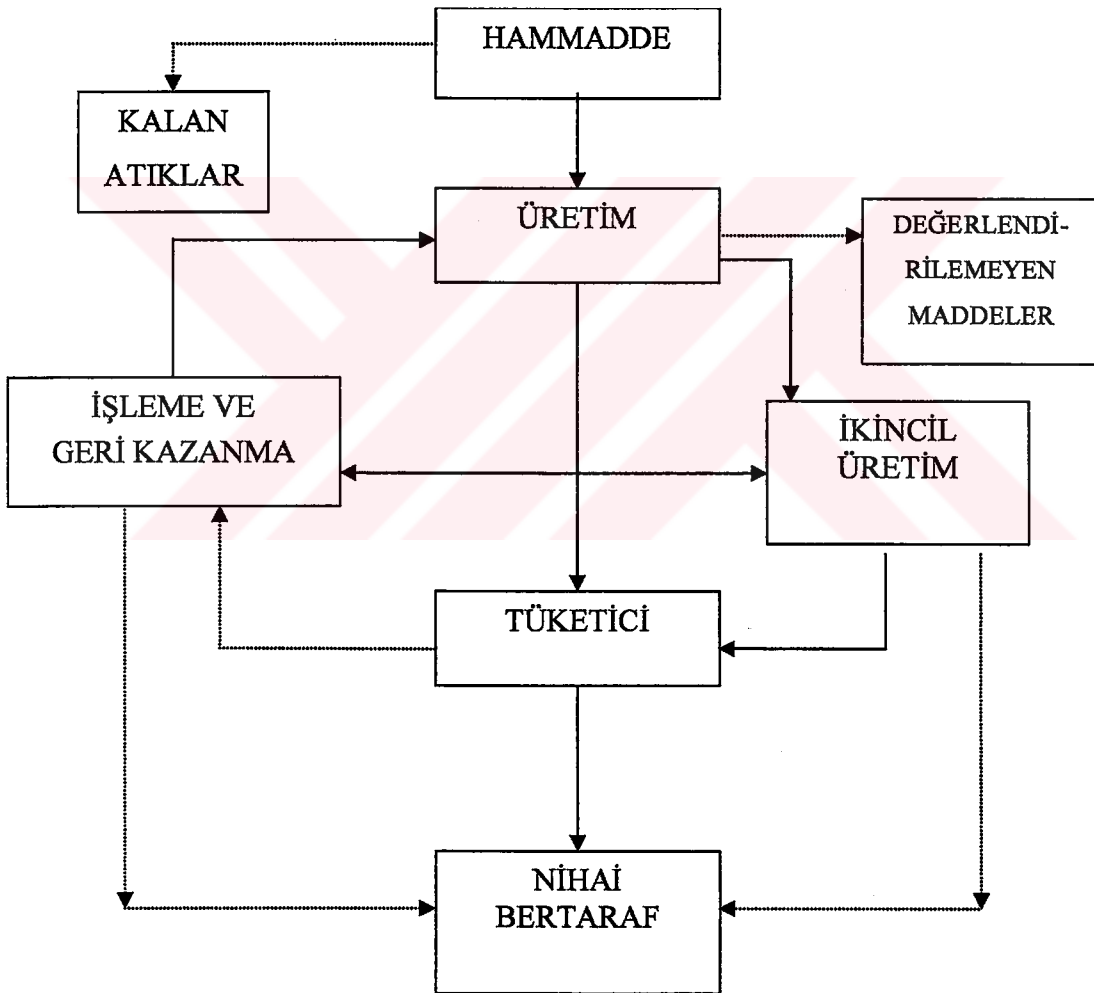
değişkenlerine göre de değişimi araştırılmıştır. Çünkü; katı atıkların toplandığı alanlarda nüfus ve binaların yoğunluğu farklıdır ve bu durum güzergah süresi (T_g), katı atık alma süresi (T_a), seyir süresi (T_s) gibi değişkenleri etkilemektedir. Her hangi bir güzergahta 100 m yol uzunluğuna düşen kişi sayısı ve güzergah uzunluğu bilindiğinde kaldırırda ya da konteynerli toplama işlemleri için güzergah süresinin tahmin edilebileceği bir model geliştirilmiştir. Model, daha önce literatürde çalışılan yaklaşımlarda belirtilen değişkenlerin çalışma sahasında özgün olarak elde edilmesiyle genişletilmiş ve dokuz farklı güzergaha uygulanarak duyarlılık analizleri yapılmıştır.

Yapılan güzergah süresi modelleme çalışmalarında araçların düz bir hat üzerinde dönüş yapmaksızın seyrettiği varsayılmaktadır. Dönüş olması durumunda ya trafik lambası olduğu ya da yoğunluk nedeniyle durulduğu farzedilmektedir. Gerçek alanlarda durum farklıdır. Sokak uzunlukları 20-25 m olan yerleşim yerlerinde katedilen 1 km'lik mesafede 30-40 defa sağa/sola/geriye dönmek gerekebilmektedir. Bu da aracın seyir süresini artırmaktadır. Bu nedenlerden dolayı Trabzon'da yaptığımız güzergah takiplerinde seyir süresi ile dönüş süre ve sayıları arasındaki ilişkiler de araştırılmıştır. Kayıt ortamı izleme çalışmalarından elde edilen verilere göre, T_s 'nin T_d ve n_d ile; T_d 'nin n_d ile orantılı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, T_s ile T_d ve T_s ile n_d ilişkisi araştırılmış ve araç seyir süresinin dönüş sayısı ve dönüş süresine bağlılığı incelenmiştir.

2. KATI ATIK YÖNETİM SİSTEMLERİNİN ANALİZİ

2.1 Katı Atık Oluşumu ve Bileşimi

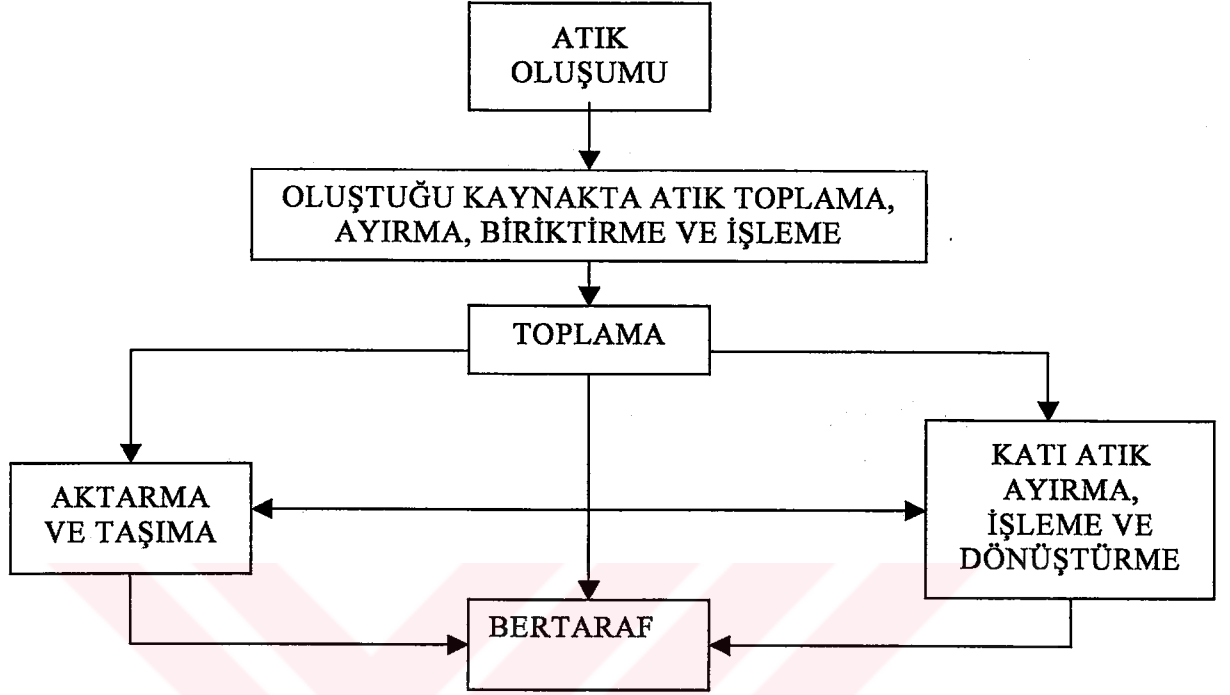
Bir toplumda; hammadde temini, malzeme üretimi, malzeme tüketimi, atık oluşumu, tekrar kullanım ve atık bertarafına ilişkin akış şeması Şekil 2.1’de verilmiştir. Şekil 2.1’de kesikli çizgiler atık materyali gösterirken diğer çizgiler hammadde, ürün ve geri kazanılan maddeleri ifade etmektedir (Tchobanoglous vd., 1993).



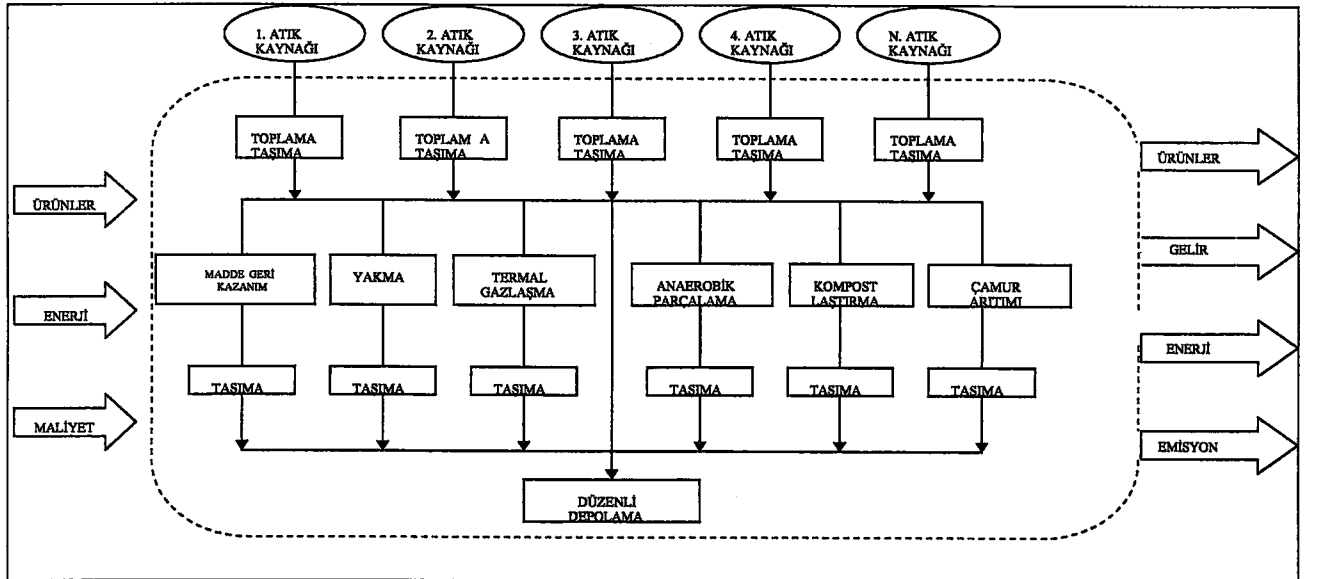
Şekil 2.1 Bir toplumda materyal akışı ve katı atık oluşumu (Tchobanoglous vd., 1993).

Katı atık yönetim sistemindeki fonksiyonel elementleri arasındaki ilişkilerin genel olarak gösterimi Şekil 2.12’de (Tchobanoglous vd., 1993) ve katı atık yönetim sistemiyle ilgili genel

akım şeması ise Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.2 Katı atık yönetim sistemindeki fonksiyonel elementler (Tchobanoglous vd., 1993).



Şekil 2.3 Katı atık yönetimi akım şeması (Björklund, 2000).

2.2 Katı Atık Toplama/Taşıma İşleminin Teorisi

Katı atık toplama işlemi maliyeti toplam bertaraf maliyetinin yaklaşık %85'lik dilimini teşkil eder (Ludwig ve Black, 1968). Katı atık toplama (collection) işlemi aracın garajdan harekete hazırlanması ve rotasındaki ilk atık alma noktasına vararak atığı alması (pick up) ve ardışık atık alma noktalarındaki atıkları alarak doluncaya dek atık alma işlemini sürdürmesi ve atık boşaltmak üzere aktarma istasyonuna (aktarmalı) ya da bertaraf alanına ulaşması (aktarmasız) ve eğer varsa bir sonraki rotadaki ilk atık alma noktasına varması olarak nitelendirilmektedir. Aracın güzergah süresinin hesaplanmasında bu süreçte geçirilen zamanların tamamı değerlendirilmelidir. Aracın günlük çalışma süresi içinde molalar ve yemek arası trafik ışıklarında durma ya da trafik yoğunluğundan dolayı bekleme olayları da dikkate alınmalıdır. Rota süresini etkileyen faktörlerin en önemlileri; katı atık alma süresi (T_a), atık alma noktaları arasındaki seyir süresi (T_s), atık toplayan işçi sayısıdır. Aracın seyir süresini etkileyen en önemli faktörler aracın ortalama hızı ve katı atık alma noktaları arasındaki mesafelerdir. Katı atık alma noktaları arasındaki mesafe arttıkça, genellikle aracın ortalama hızı artmakta ve böylece araç seyir süresi azalmaktadır. Ortalama hız aracın sağa ve sola dönüş sayısı ve süresine de bağlıdır. Çünkü araç dönüşlerde hızını azaltmak zorundadır. Güzergah süresini etkileyen önemli faktörlerden biri de toplama güzergahındaki yol eğimidir. Trabzon gibi toplama işlemlerinin yapıldığı yolların %50'sinden fazlası eğimli olan yerlerde rota süresi belirgin oranda artmaktadır.

Tchobanoglous (1993) tarafından katı atık toplama aracının yatırım, işletme, işçi ve araç-gereç maliyetleri ve güzergah süresi tahmini için önerilen yöntemle göre; herhangi bir güzergahta ilk ve son atık alma noktaları arasında geçen güzergah süresi (2.1) eşitliğindeki gibi ifade edilebilmektedir.

$$P_{scs} = \frac{H(1 - W) - (t_1 + t_2)}{N_d} - (s + h) \quad (2.1)$$

Burada;

P_{scs} : belli bir güzergahtaki katı atık toplama süresi, saat/güzergah

H: toplama aracı günlük çalışma süresi, saat/gün

W: toplama işlemi dışında geçirilen süre faktörü (mola, yemek arası vb.)

t_1 : aracın garajdan hareket ederek ilk atık alma noktasına varma süresi, saat/gün

t_2 : aracın çalışma günü sonunda son alma noktasından garaja varma süresi, saat/gün

N_d : her toplama aracının günlük tamamladığı güzergah sayısı, güzergah/gün

s: atık boşaltma alanında rota başına harcanan süre, saat/ güzergah

h: aracın bitirilen bir güzergahtan boşaltma alanına ve bir sonraki güzergaha varış süresi, saat/güzergah

Bir güzergahtaki maksimum hane halkı sayısı tahmini, (2.2) eşitliğinde verilmiştir.

$$N_p = \frac{60P_{scs}n}{t_p} \quad (2.2)$$

N_p : güzergahtaki hane halkı (HH) sayısı, HH/ güzergah

n: araçtaki katı atık toplayıcı işçi sayısı, işçi

t_p : hane halkı başına toplayıcı işçi sayısı, işçi.dakika/HH

(t_p : katı atık alma oranı ve dağılımı, işçi sayısı, konteyner sayısı, atık alma noktaları arasındaki mesafe ile değişmektedir.)

Hane halkının bir toplama güzergahında attığı atık miktarının tahmini (2.3) eşitliğinde verilmiştir.

$$V_R = \frac{MP_R C_p}{SW} \quad (2.3)$$

V_R : bir toplama güzergahında HH başına toplanan atık miktarı, m^3/HH

M: kişi başına atılan katı atık miktarı, kg/kişi/gün

P_R : hane halkını oluşturan kişi sayısı, kişi/HH

C_p : toplama periyodu arasındaki gün sayısı, gün

SW: atılan katı atığın birim hacim ağırlığı, kütle/hacim

Toplama işleminde kullanılacak gerekli araç hacmi (2.4) eşitliğinde verilmiştir.

$$R_v = \frac{V_R N_p SOR}{r} \quad (2.4)$$

R_v : gereken araç hacmi, m³/güzergah

SOR : atılan atığın atılması beklenen atığa oranı (set-out-rate)

r : araçta katı atık sıkıştırma oranı

Toplama peryodu için gerekli güzergah sayısı (2.5) eşitliğinde verilmiştir.

$$R_{cp} = \frac{NOR}{N_p} \quad (2.5)$$

R_{cp} : her toplama peryodunda yapılması gereken güzergah sayısı, güzergah

NOR : her toplama peryodunda hizmet verilmesi gereken hane halkı sayısı, HH

(2.1)-(2.5)'de verilen eşitlikler kullanılarak araç ve işçi ihtiyacı tahminleri yapılabilmektedir.

Gerekli araç ihtiyacı (2.6) ve işçi ihtiyacı ise (2.7) eşitliğinde verilmiştir.

$$NOV = \frac{R_{cp}}{N_d C_p^w} \quad (2.6)$$

burada;

NOV : toplama işleminin gerçekleştirilmesi için gerekli araç sayısı, adet araç

C_p^w : her toplama peryodu için çalışma günü sayısı, gün

$$LR = \frac{n[R_{cp} P_{scs} + R_{cp}^i (s + h) + C_p^w (t_1 + t_2)] 7 \text{ gün / hafta}}{(1 - W) HC_p} \quad (2.7)$$

Burada;

LR : işçi ihtiyacı, toplama işçisi günü/hafta

R_{cp}^i : bir toplama güzergahındaki tamsayı sayısı (integer number), güzergah. (Burada en küçük tam sayı, R_{cp} degerinden daha büyüktür.)

(2.6)-(2.7) eşitlikleri kullanılarak her hangi bir güzergahtaki araç sayısı, araç hacmi ve işçi

ihtiyacı tahmin edilebilmektedir. Bu tahminlerin yapılabilmesi için öncelikle M , P_R ve t_p parametrelerinin belirlenmesi gerekir. M yapılacak atık karakterizasyon çalışmasıyla, P_R nüfus sayım verisinden ve t_p ise çalışma alanında yapılacak gözlem ve incelemelerden yararlanılarak belirlenebilmektedir.

t_p ; katı atık toplama süresi, belirli bir rotada toplama işleminde çalışan işçi sayısı, konut ve hane halkı sayısı gibi bir çok parametrenin bir fonksiyonudur. Tipik bir toplama güzergahında EKA her konutun önüne her hane halkı tarafından her gün bırakılabilmektedir. Bu durumda t_p değeri atık atma oranından ve dağılımından etkilenmemektedir. t_p ile ilgili şimdiye kadar elde edilen değerler Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1 t_p değerleri tablosu.

t_p	Birim	Özellik	Açıklama	Referans
0.24-0.70	İşçi.dakika/HH	3 işçi/nokta	Kaldırımdan ve konteynerli karışık toplama	Apaydın (2004) (Bu tez çalışması)
2.36	İşçi.dakika/HH	3 işçi/nokta	Kompostlaşabilir atıkların	Everett ve Shahi (1996a, 1996b)
0.77	İşçi.dakika/HH	1 işçi/nokta	kaldırımdan toplanması	
0.50-0.60	İşçi.dakika/HH	1-2 konteyner/nokta	Kaldırımdan konteynerli toplama (2 işçi)	Tchobanoglous (1993)
0.92	İşçi.dakika/HH	>3konteyner/nokta		
0	İşçi.dakika	ROH: %0	ROH(Rear-of-house) ile t_p	Truitt (1969)
2.4	İşçi.dakika	ROH: %100	lineer değişiyor (2 işçi)	

Kompostlaşabilir katı atıkların kaldırımdan toplanmasında güzergah süresinin tahmini için kullanılan bir yöntem, Everett (1996a; 1996b) tarafından geliştirilmiştir. Model çalışmada araç seyir süresi, katı atık alma noktalarında geçirilen süre, trafik ışıklarında ve rotadaki istenmeyen durma durumlarında geçirilen süre tahmin edilebilmektedir. İlk atık alınan nokta

ile araç dolmadan önce son atık alınan nokta arasında toplama aracının seyir süresinin belirlenmesi için, durma noktaları arasındaki mesafe artışına bağlı olarak aracın ortalama hızının artacağı ancak belli bir mesafeden sonra artış hızında azalma olacağı ve belli bir maksimum yol uzunluğunda araç ortalama hızındaki artışın hemen hemen olmayacağı yaklaşımından hareketle bu ilişki (2.8) eşitliğinde verilmiştir.

$$v = L[1 - e^{-k(D)}] \quad (2.8)$$

v : Aracın iki durma noktası arasında seyir halindeki ortalama hızı, km/h

L : Aracın iki durma noktası arasında seyir halindeki maksimum hızı, km/h

k : Bir katsayı, m^{-1}

D : Aracın iki durma noktası arasında seyir süresince kat ettiği yol, m

(2.8)'deki k katsayısı, herhangi bir yol uzunluğunda ortalama araç hızının maksimum araç hızına yaklaşma hızını belirttiği ifade edilebilir.

(2.8) Thomas Metoduna göre çözüldüğünde [1], (2.9) elde edilir.

$$\left(\frac{D}{v}\right)^{1/3} = (2.3kL)^{-1/3} + \frac{(k/2.3)^{2/3}}{3.43L^{1/3}}D \quad (2.9)$$

(2.9) eşitliğinde; $\left(\frac{D}{v}\right)^{1/3} : y$, $(2.3kL)^{-1/3} : a$ ve $\frac{(k/2.3)^{2/3}}{3.43L^{1/3}} : b$ olarak alınırsa derecesi bir olan

(2.10) eşitliği elde edilir.

$$y = a + bD \quad (2.10)$$

L ve k ; (2.10) eşitliğindeki eğim (b) ve y -kseninin kesim noktasına (a) bağlı olarak yazılırsa (2.11) ve (2.12) elde edilir.

$$k = 6\left(\frac{b}{a}\right) \quad (2.11)$$

$$L = \frac{1}{ka^3} \quad (2.12)$$

Araç toplama ve taşıma işlemi esnasında bir noktadan hareket ederek belli bir maksimum hıza (L) ulaşmakta ve yavaşlayarak ardışık noktada durmaktadır. İki nokta arasındaki ortalama hıza (v) ve katedilen yola (D) bağlı olarak araç seyir süresi (T_s), (2.13)'te verilmiştir (Everett

ve Shahi, 1996a).

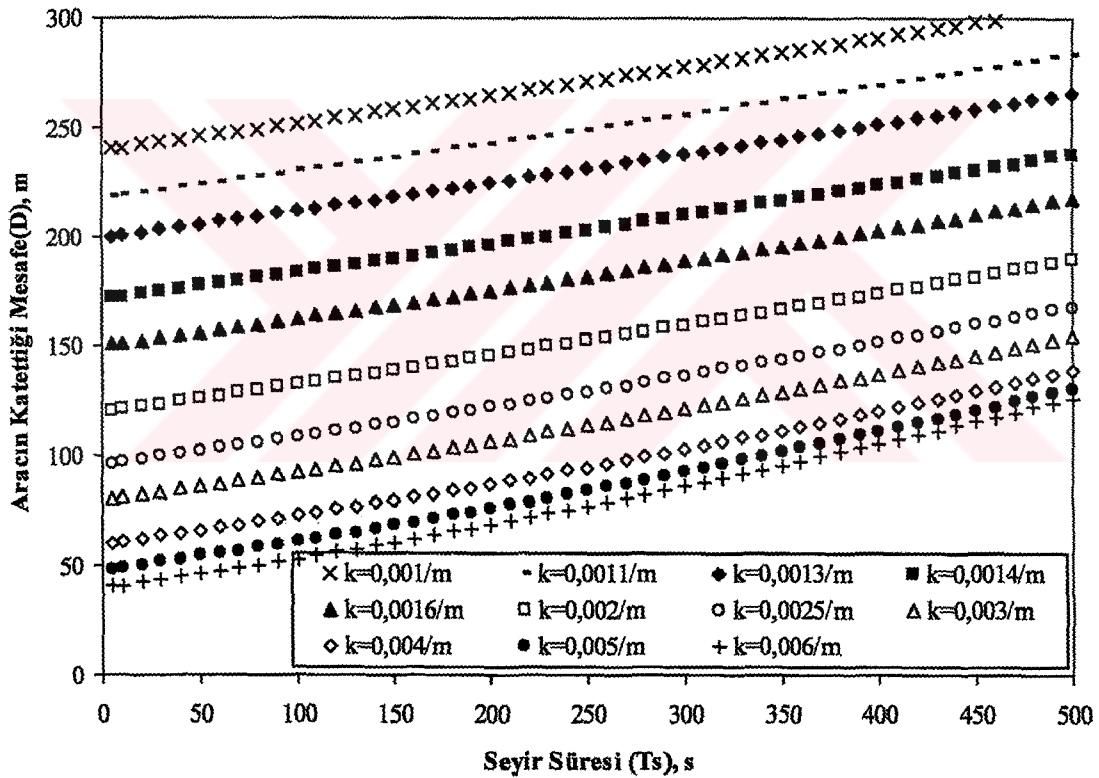
$$Ts = \frac{D}{v} = \frac{3,6D}{L[1 - e^{-k(D)}]} \quad (2.13)$$

N adet durma noktası için araç seyir süresi (Ts), (2.14)'te verilmiştir.

$$Ts = \sum_{i=1}^N \frac{3,6D_i}{L[1 - e^{-k(D_i)}]} \quad (2.14)$$

k katsayısının maksimum araç hızı ($L=15$ km/h alındı) ve durma noktaları arasındaki mesafeye (D) göre değişimi

Şekil 2.4'te verilmiştir.

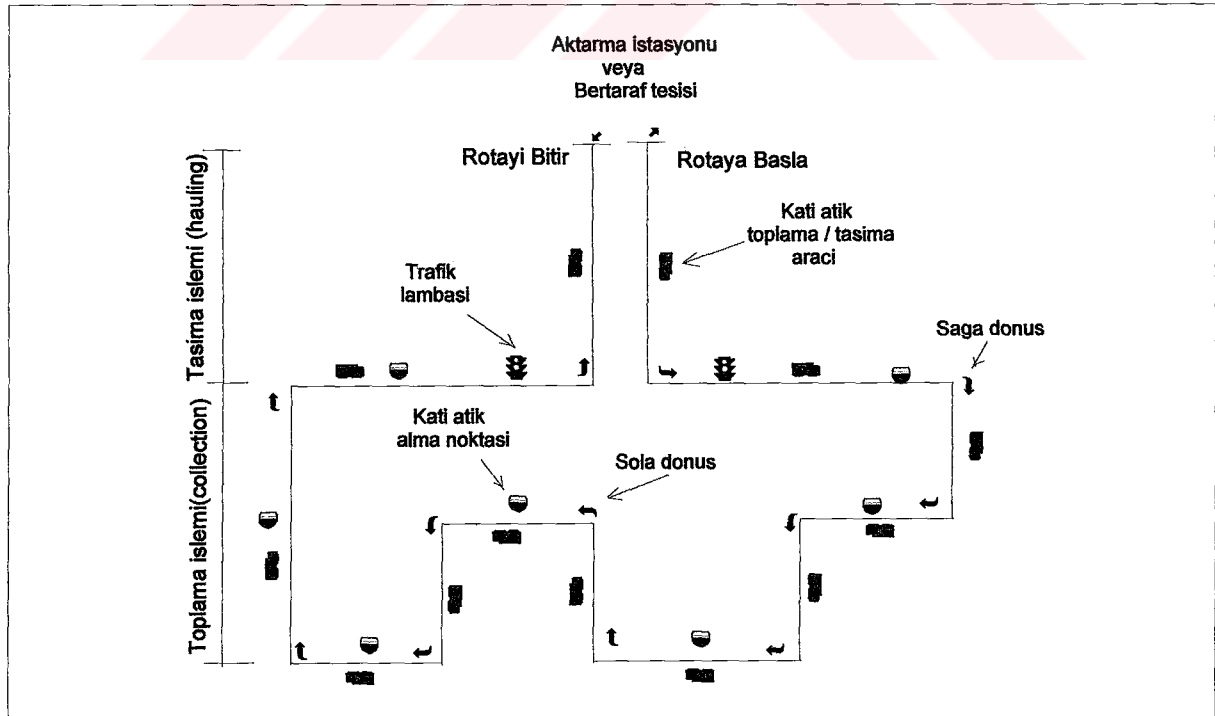


Şekil 2.4 Belli bir maksimum araç hızında k katsayısının durma noktaları arasındaki mesafeye göre değişimi.

Katı atık toplama işleminde toplama aracı, ilk noktadan başlayarak atıkları toplamakta ve en son noktadaki atığı alarak taşıma (hauling) işlemine başlamaktadır. Taşıma işlemi ya

aktarmalı (aktarma istasyonu var) veya aktarmasız (aktarma istasyonu yok) olarak yapılmaktadır. Toplama işlemi süresince araç; katı atık alma, trafik lambalarında ve trafikte bekleme ve güzergahta seyretme nedeniyle başlama ve bitiş noktaları arasını belli bir zamanda katetmektedir.

Toplama işlemi süresini tahmin için geliştirilen modelleme çalışmalarında, aracın sağa ve sola dönüş nedeniyle harcadığı süreler dikkate alınmamıştır. Trabzon kenti tarihi yerleşim birimi olması nedeniyle önemli sayıda dar sokaklara sahiptir ve bu sokakların çoğu çift yönlüdür. Toplama aracının sağa ve sola dönüşlerde çoğu zaman her hangi bir zorunluluğu yoktur. Araç belli bir D mesafesini kat ederken sağa ya da sola dönerken yavaşlaması/durması ve daha sonra seyrini sürdürmesi ve belli bir mesafe sonunda yavaşlayarak durması gerekir. Sonuç olarak, araç D mesafesini katederken sağa/sola dönüşlerde zaman harcamaktadır. Harcanan sürenin dönüş sayısına bağlı olarak dikkate alınması gerekir. Trabzon'da yapılan bu çalışmada sağa/sola dönüş sürelerini de belirleyerek toplama rotası süresini tahmin etmek için oluşturulan modelde bu değişkenin de incelenmesi düşünülmüştür. Toplama işlemini ifade eden mantıksal bir gösterim Şekil 2.5'de verilmiştir. Bu tez çalışmasında, burada verilen yaklaşımlar ve daha önce literatürde irdelenen çalışmalar da göz önüne alınarak, toplama taşıma işlemleriyle ilgili model geliştirilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 2.5 Bu tezde araştırılan katı atık toplama/taşıma işlemi şematik gösterimi.

2.3 Ülkeler Bazında Katı Atık Yönetiminin Değişimi

Atık oluşmasını “kaynakta azaltma” katı atık minimizasyonu açısından temel yaklaşımdır. Bu nedenle, birçok ülke, evsel katı atık azaltma programlarını geliştirmek için yoğun olarak yasal düzenlemeler yapmaktadır (ERRA, 1997).

Evsel katı atıkların (MSW olarak yani evsel ve ticari atıklar) bertarafında kullanılan yöntemlerin (geri kazanma, kompostlaştırma, yakma, depolama) bazı ülkelerde kullanım oranları Çizelge 2.2’de % olarak verilmiştir. Çizelge 2.2 incelendiğinde, yüzölçümü az olan ve ekonomik açıdan iyi durumdaki ülkelerde yakma alternatifinin tercih edildiği görülmektedir. Çizelge 2.2’de yer verilen 20 ülkede halihazır katı atık bertaraf yöntemlerinin ortalama değerlerine bakıldığında %58.35 depolama, %27.9 yakma, %8.6 geri kazanma, %5.05 kompostlaştırma alternatiflerinin kullanıldığı görülmektedir (Williams, 1999).

Milli Atık Stratejisi (NWS), bütün Avrupa Birliği (EU) üyesi ülkelerin üzerinde anlaştığı katı atık geri kazanım ve depolanmasıyla ilgili düzenlemeleri içeren bir belgedir. NWS’nin amaçları; (1)insan sağlığını ve çevre güvenliğini tehlikeye sokmayacak şekilde teknolojik normlara uygun olarak katı atık geri kazanım ve bertarafının emniyet altına alınması, (2)aşırı maliyetli olmayacak en uygun teknoloji ile yeterli bir iletişim ağı oluşturarak atıklarla ilgili interaktif bir databankın oluşturulması ve optimum maliyetli yeterli teknolojik normlarla katı atık bertarafı sağlayacak sistemlerin kurulması, (3)atık bertaraf sahalarında yeterli emniyetin/güvenin teminat altına alınması, (4)atık zararlarının ve üretiminin kaynağında azaltılması ve önlenmesine yönelik cesaretlendirici/teşvik edici/özendirici çalışmaların yapılması (5)tekrar kullanım, geri dönüşüm, geri iade (reclamation) ve enerji elde etme açılarından atık geri kazanımını cesaretlendirici/teşvik edici/özendirici çalışmaların yapılması olarak özetlenebilir.

Almanya’da 28 Eylül 1990’da başlatılan “Dual Sistem” uygulamasıyla, ikincil hammadde olarak kullanılmak üzere ambalaj türü atıkların geri dönüşümü cam, metal, kağıt ve plastik bileşenleri açısından Avrupa Birliği 2006 direktifini 1999 yılında sağlamıştır (Flanderka, 2002).

İngiltere’de (UK) sürdürülebilir atık yönetimi üzerine kurulu atık yönetim politikaları katı atıkları kaynakta azaltma (reduction), tekrar kullanım (reuse), geri kazanım (recovery) ve depolama (disposal) olmak üzere dört ana grupta ele alınmakta ve geri kazanım basamağı;

maddesel geri kazanım (material recycling), kompostlaştırma ve enerji geri kazanımı (energy recovery) proseslerini kapsamaktadır (Wilson vd, 2001).

Çizelge 2.2 Bazı Ülkelerde Evsel Katı Atık Bertaraf Yöntemleri (%) (Williams, 1999).

Ülke	Yakma	Depolama	Kompostlaştırma	Geri Kazanım	Toplam
Avusturya	11	65	18	6	100
Belçika	54	43	0	3	100
Kanada	8	80	2	10	100
Danimarka	48	29	4	19	100
Finlandiya	2	83	0	15	100
Fransa	42	45	10	3	100
Almanya	36	46	2	16	100
Yunanistan	0	100	0	0	100
İrlanda	0	97	0	3	100
İtalya	16	74	7	3	100
Japonya	75	20	5	0	100
Lüksemburg	75	22	1	2	100
Hollanda	35	45	5	15	100
Norveç	22	67	5	6	100
Portekiz	0	85	15	0	100
İspanya	6	65	17	12	100
İsveç	47	34	3	16	100
İsviçre	59	12	7	22	100
İngiltere	6	88	0	6	100
ABD	16	67	2	15	100

İngiltere’de katı atık yönetiminde ana hedef depolamayla bertaraf edilmeden önce geri kazanım ve geri dönüşümün mümkün olduğunca tatbik edilmesi yönündedir.

İngiltere’de yıllık oluşan katı atık miktarı yaklaşık 435 milyon ton’dur ve maliyetler nedeniyle ağırlık katı atıkların depolanarak bertarafı yönündedir. Bu atıkların yaklaşık %57’si kontrollü

olarak bertaraf edilmektedir. Katı atık yönetiminde %66 oranında özel sektör şirketlerinin sorumluluğu söz konusudur. 3000'in üzerinde şirket kontrollü olarak bertaraf edilen katı atıkların sorumluluğunu taşımaktadır. İngiltere'de 0.91-1.63 kg/kişi-gün aralığı tipik değerler olarak verilmektedir (Burnley, 2001). Evsel katı atık bertaraf maliyetleri ile ilgili bilgi Çizelge 2.3'te verilmiştir (Williams, 1999).

Çizelge 2.3 İngiltere'de evsel katı atık (MSW) birim maliyetleri (Williams, 1999).

Atık yönetim prosesi	Maliyet (£)	Açıklama
Atık toplama (West Yorkshire 'de)	19.9	Beher ton için
Depolama (West Yorkshire 'de)	16.74-20.39	Her birim hane için
Depolama geçiş ücreti	10-15	Beher ton için
Yakma (200 000 t MSW/yıl için)	22-37	Beher ton için
Enerji kazanımlı yakma (200 000 ton MSW/yıl için)	21-29	Beher ton için
MSW transfer/taşıma	7-10	Beher ton için

Evsel katı atık oluşumu, araştırmanın kaynağına bağlı olarak geniş spektrumlu bir değişim göstermektedir. ABD'de evsel katı atık 1.08-1.22 kg/kişi-gün aralığında değişmektedir. ABD'de MSW sezonluk değişimi Çizelge 2.4'te verilmiştir. Wisconsin'da (ABD), birim katı atık oluşumunun nüfus ile Çizelge 2.5'te ve oluşum yeri ile değişimi Çizelge 2.6'da verilmiştir (Williams, 1999).

ABD katı atık yönetimi 1976 yılında Rio'da yasalaştırılan ve 1984'te üzerinde düzenlemeler yapılan kanuna dayandırılan RCRA ile düzenlenmiştir. RCRA, atık bertarafının zararlarından insan ve çevre sağlığını korumaya ilave olarak çevresel açıdan sağlam (sound) bir atık yönetim uygulaması oluşturmayı, atığın oluşumunun önlenmesine dönük çalışmaları organize etmeyi ve doğal kaynakların ve enerjinin korunmasını sağlamayı gerektirmektedir (EPA, 2001). ABD'de katı atık depolama ve yakma tesisleriyle ilgili kanuni düzenlemeler federal hükümet tarafından yapılmıştır ve idaresi ve denetimi EPA'nın sorumluluğundadır.

EPA gerekirse eyaletlerdeki katı atık yönetimiyle ilgili daha sıkı düzenlemeler yapabilecek yeterliliği haizdir. MRF tesisi, geri kazanım sistemi, kompost tesisi ve transfer istasyonu konularına ilişkin federal bir düzenleme mevcut değildir.

Çizelge 2.4 Wisconsin (ABD) mevsimlik EKA bileşimi (Williams, 1999).

Atık Türü	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Ort.
<u>Organik atıklar</u>	86	86.5	87.7	89.8	87.5
Kağıt	44.7	45.7	47.5	40.3	44.5
Plastik	6.1	6.5	7	6	6.4
Bahçe atıkları	15	15.1	7.4	15	13.1
Yün	1.4	0.8	1	0.8	1
Besin atığı	15.2	14.3	18	21.5	17.3
Tekstil	1.5	1.3	1.3	2	1.5
Diğer	2.3	2.9	5.4	4.2	3.7
<u>İnorganik atıklar</u>	13.4	12.8	12.2	9.8	12.1
Metal	3	3.9	4	3.1	3.5
Cam	7	7.1	7.1	5.6	6.7
Toprak	0.9	0.4	0	0	0.3
Diğer	2.5	1.4	1.1	1.2	1.5
<u>Özel atıklar</u>	0.5	0.6	0.1	0.3	0.4
<u>Toplam</u>	100	100	100	100	100

Çizelge 2.5 Wisconsin'da (ABD) nüfus sayısına göre birim katı atık miktarı (Williams, 1999).

Nüfus (kişi)	Birim Katı atık Oluşumu (kg/kişi-gün)
<2500	0.91
2500-10000	1.22
10001-30000	1.45
>30000	1.63

Çizelge 2.6 Wisconsin’da (ABD) oluşma yerine göre birim katı atık miktarı (Williams, 1999).

Atık Kaynağı	Birim	Ortalama Değer
Müstakil Ev	kg/kişi/gün	1.22
Apartman	kg/kişi/gün	1.14
Büro	kg/işçi/gün	1.09
Lokanta	kg/işçi/gün	6.77
Eğitim Kurumu	kg/öğrenci/gün	0.23

Bu tür düzenlemeler ABD’inde eyaletler düzeyindedir. Yıllık katı atık üretimi MSW olarak 210 milyon ton ve endüstriyel katı atık üretimi ise 400 milyon tondur. MSW’nin %63’ü depolanmakta, %17’si geri kazanılmakta ve %16’sı yakılarak bertaraf edilmektedir. Yaklaşık olarak 3200 katı atık depolama tesisi vardır. Son zamanlarda atık üretilen merkezlere daha uzaklarda kurulu daha büyük kapasteli depolama alanlarına eğilim artmıştır. Depolama alanlarının çoğu yerel hükümet tarafından işletilmektedir; ancak özel sektörün de azımsanmayacak miktarda işlettiği depolama alanı mevcuttur. EPA kanuni düzenlemelerin önemli bir tetikleyicisi olarak etkin bir role sahiptir. EPA politikalarına göre katı atıklar depolanırken aynı zamanda kaynaktan azaltma, geri kazanım, geri dönüşüm ve enerji geri kazanımının birlikte yapılması gerekmektedir. Buna göre birçok eyalette kaynaktan atık azaltma programları, geri kazanılan maddelerin pazarlarının oluşturulması programları ve geri kazanım hedefini %50’nin üzerine yükseltmeye ilişkin çalışmalar mevcuttur. Tahminlere göre ABD’de geri kazanımla ilgili 500’den fazla kanun tasarısı vardır. 7300’den fazla geri kazanılabilir atıkların kaldırımından toplandığı program işlerliğini sürdürmekte ve mevcut bulunan 1400’den fazla MRF tesisinin ihtiyacı karşılanmaktadır. Endüstriyel atıkların çoğu üretildikleri işletmelerde değerlendirilmekte ve değerlendirilemeyen kısımlar dopolama alanlarında bertaraf edilmektedir (Williams, 1999).

124 milyon nüfusa sahip olan ve toplam yüzölçümünün sadece %10’unu yerleşim amacıyla kullanabilen Japonya, katı atık bertaraf alanlarının yetersizliği nedeniyle atık azaltmaya dayalı bir katı atık politikası benimsemiştir. Atık bertarafı ağırlıklı olarak MRF’li ya da MRF’siz yakma tesisleri ağırlıklıdır. Japonya’da katı atıklar evsel ve endüstriyel olmak üzere iki ana gruba ayrılmıştır. Endüstriyel atıklar genellikle demir-çelik endüstrisi kaynaklıdır. Bu tür atıkların bertarafı üreticinin sorumluluğundadır. Yılda yaklaşık 300 milyon ton endüstriyel

atık oluşur (demir-çelik, hayvansal atık çamuru, madencilik ve yapı atıkları) ve bu atıkların %50'si orta derecede arıtmadan geçirilir, önemli bir kısmı geri kazanılır ve geri kalan atıklar düzenli depolamayla bertaraf edilir. EKA ise evsel ve ticari olmak üzere iki kısımda incelenir. Evsel katı atık asıl yekünü teşkil eder. Yılda 50 milyon ton EKA oluşur ve oluşan katı atığın %74.4'ü yakılarak bertaraf edilirken, %20.4'ü depolanır ve %5.2'si geri kazanılır. 2.7 milyon tondan fazla evsel katı atık, hane halkı tarafından toplama öncesi geri kazanılır. Kaynakta ayırma işlemi yanabilir ya da yanamaz veya geri kazanılabilir (cam, metal, kağıt v.s.) şeklinde HH tarafından çok iyi uygulanmaktadır. Ayrılan materyal ayda bir ya da iki kez toplanarak materyal geri dönüştürme tesisine götürülür. Yeşil atıklar 26 kompostlaştırma tesisinde değerlendirilmektedir. Atık toplama, sokakların dar olması ve daha hızlı hareket edilebilmesi amacıyla 1-2 tonluk araçlarla haftada 3-4 defa yapılmakta, bazı belediyeler her evin katı atıklarını tekil olarak toplarken çoğunlukla 10-20 sakinin ortak olarak kullandıkları ve sadece Tokyo'da 240 bin olan noktalardan toplanmaktadır. Japonya'da 1873 EKA yakma tesisi vardır ve oluşan küller depolama alanlarına verilmektedir. Kullanımda olan 2336 depolama alanı vardır ve bu tesislerin 1500'den fazlasını özel sektör işletmektedir. Depolama alanı kıtlığı yüzünden kıyıdan uzak yerlerde (denizde) depolama alanı yapılması konusundaki çalışmalar sürdürülmektedir. Katı atık bertarafında kullanılan teknoloji Avrupa ile aynıdır (Williams, 1999).

Türkiye'de Devlet İstatistik Enstitüsü tarafından 1993 yılında yapılan araştırmayla yıllık evsel ve endüstriyel katı atık miktarları ile bu katı atıkların kompozisyonu belirlenmiştir. Bu araştırmaya göre günlük evsel atık miktarının mevsimlere, ülkenin bölgesel ve sosyo-ekonomik özelliklerine göre farklılıklar gösterdiği ortaya çıkmıştır. Çizelge 2.7'de görüldüğü gibi Türkiye'de yaz mevsiminde kişi başına günlük evsel atık miktarını 0.2–0.9 kg ve kışın ise 0.18–0.8 kg arasında değişmektedir.

Buradan hareketle ülkemizde kişi başına ortalama yıllık evsel atık miktarının 187 kg, toplam evsel atık miktarının ise yaklaşık 11–12 milyon ton olduğunu söylemek mümkündür. Belediye atığı olarak adlandırılan ve toplanıp bertaraf edilme sorumluluğu Belediyeler ait olan atıklara küçük işyerleri ve ticarethanelerden çıkan atıklar da dahil olduğundan küçük işletmeler ve ticarethanelerden çıkan yıllık 9–10 milyon ton atığı da göz önünde bulundurmak gerekmektedir.

Çizelge 2.7 Türkiye’de mevsimsel birim katı atık oluşumu [2].

Parametre	Yaz	Kış
Katı atık oluşumu (kg/kişi-gün)	0.6	0.47
Organik madde	80.25	50.31
GEKA	15.84	8.64
Kül ve cüruf	3.9	41.06

Bu durumda Belediye atıklarının yıllık toplamı 19–20 milyon ton olmaktadır. Evsel atıklar içindeki cam, metal, plastik, kağıt ve karton gibi geri kazanılabilir atıkların payı yaz aylarında % 8.5–22.9, kış aylarında ise % 3.7–15.6 arasında değişim göstermektedir. Bu rakamlar çerçevesinde ülkemizdeki cam, metal, plastik, kağıt ve karton gibi geri kazanılabilir atık miktarının yıllık 2–2.5 milyon ton olduğu belirlenmiştir.

Türkiye’de atıkların geri kazanımı konusundaki yasal zorunluluk 1991 yılında Çevre Bakanlığı tarafından yayınlanan Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ile yürürlüğe girmiştir. Yıllık 2–2.5 milyon ton geri kazanılabilir atığın yalnızca 300 bin tonu bu yönetmelik kapsamındadır. Ülkemizde yılda yaklaşık 800 bin ile 1 milyon ton atık geri kazanılmaktadır. Bu miktarın büyük bir kısmı çöp dökme sahalarından ve sokaklardan ilkel ve sağlıksız koşullarda toplanmaktadır. Ancak bu şekilde toplanan atıkların bir kısmı yaş çöple karıştığı için değerlendirilememektedir. Daha sağlıklı ve verimli bir geri kazanım sistemi oluşturmanın temel koşulu geri kazanılabilir atıkların kaynağında yani konutlarda, işyerlerinde, okullarda, otel ve tatil köylerinde çöpten ayrı toplanmasıdır. Bu şekilde daha temiz ve fazla miktarda atık daha ekonomik bir şekilde toplanabilir. Bu sistemin oluşturulabilmesinin temel koşulu Belediye–Tüketici–Geri Dönüşüm Sanayinin aktif bir şekilde sistemin içinde yer alması ve sorumluluk üstlenmesidir. Doğru bir geri kazanım sisteminde tüketicinin sorumluluğu geri kazanılabilir atıkları kaynağında çöpten ayrı biriktirmektir. Belediye ise tüketicinin ayırdığı bu atıkları çöpten ayrı temiz bir şekilde toplamak ve cinslerine göre ayırmakla sorumludur. Sanayi sorumluluğu ise Belediyenin topladığı ve cinslerine göre ayırdığı bu atıkları alıp geri dönüştürmektir (ÇEVKO, 1991). Çevko Vakfı-Belediye işbirliği ile çok sayıda proje uygulanmakta ve bu proje bilgileri düzenli olarak takip edilmektedir. Bursa-Osmangazi bölgesinde bu değer 0.465 kg/konut.hafta iken İstanbul-Beşiktaş bölgesinde 1.57 kg/konut.hafta’dır. Halen devam eden belediye geri kazanım uygulamalarında ortalama 0.6

kg/konut-hafta'lık bir verimliliğe ulaşmış olup iki yıl boyunca haftalık toplama rakamlarının bir araya getirilmesi ile elde edilen sonuçtur. Toplanan atıkların kompozisyonlarına bakıldığında ağırlıklı olarak cam, kağıt ve karton türü atıkların yer aldığı görülmektedir. Geri kazanım uygulamalarını sürdüren bazı belediyelerin topladığı atıkların kompozisyonları Çizelge 2.8'de verilmiştir [2].

Çizelge 2.8 Türkiye'de GEKA uygulamaları sürdürülen bazı belediyelere ilişkin veriler [2].

Malzeme Cinsi	Bakırköy Bahçelievler	Beşiktaş	Eskişehir	Marmaris
Kağıt-Karton	% 38	% 52	% 38	% 37
Cam	% 32	% 24	% 33	% 25
Metal	% 9	% 6	% 12	% 5
Plastik	% 21	% 18	% 17	% 33
TOPLAM	% 100	% 100	% 100	% 100

Türkiye'de bulunan 3215 belediyeden 11'inde katı atıklar düzenli depolama yöntemiyle bertaraf edilmektedir [3].

İstanbul'daki katı atık transfer istasyonları ile ilgili bilgiler Çizelge 2.9'da verilmiştir. Türkiye'nin en fazla nüfuslu şehri olan İstanbul'da oluşan katı atık miktarı ortalama 9000 ton/gün'dür. İstanbul'da hem Avrupa (Odayeri) hem de Asya yakasında (Kömürcüoda) katı atık düzenli depolama tesisi bulunmaktadır. 24 ton/gün kapasiteli hastane atıklarının 900-1200 °C'de işleme alındığı yakma tesisi (Odayeri) ve 1000 ton kapasiteli GEKA ayırma ve kompostlaştırma tesisi (Kısırmandıra) ve aktarma istasyonları mevcuttur. Avrupa (Baruthane, Yenibosna, Halkalı) ve Asya yakasında (Aydınlı, Hekimbaşı) işletilen katı atık aktarma istasyonları ile ilgili planlanan ve izlenen veriler Çizelge 2.9'da görülmektedir (Baştürk vd., 2002).

Çizelge 2.9 Türkiye'nin en büyük şehri olan İstanbul'da katı atık aktarma istasyonlarına ilişkin veriler (Baştürk vd., 2002).

Transfer İstasyonları	Baruthane	Y.Bosna	Halkalı	Aydınlı	Hekimbaşı	Toplam
Planlanan kapasite (ton/gün)	700	1500	1500	1500	1500	6700
Maksimum kapasite (ton/gün)	1400	2500	2500	2500	2500	11400
Kullanılan kapasite (ton/gün)	1600	2050	1900	1100	1700	8350
Platform sayısı	5	10	10	10	10	45
Toplama araçlarının geliş sayısı (1/gün)	340	310	250	180	280	1360
Konteyner sayısı (32 m ³ kapasiteli)	75	80	70	57	75	357
Treyler sayısı	21	31	21	19	22	114

2.4 Katı Atık Toplama/Taşıma ve Geri Kazanımının Ekonomisi

MSW yönetim uygulamaları atık azaltma (source reduction), geri kazanma (recycling), kompostlaştırma, yakma (combustion) ve depolama (landfill) biçimindedir. Hangi katı atık bertarafı uygulanırsa uygulansın öncelikle toplama ve taşıma işleminin yapılması gerekmektedir (Baştürk, 1993). Toplama/taşıma ve aktarma maliyetleriyle ilgili literatür ve bu tez kapsamında yapılan çalışmalardan elde edilen bilgiler Çizelge 2.10'da verilmiştir.

ABD'nde oluşan katı atıkların %28'i geri kazanılarak veya kompostlaştırılarak, %15'i yakılarak (enerji eldesi var) ve %57'lik kısmı ise depolanarak bertaraf edilmektedir [4].

2.4.1 Toplama ve Taşıma

Indiana Eyaletinde (USA) 240 yerleşimde yapılan çalışmalarda mevcut kaldırımdan toplama taşıma ve bertaraf maliyeti yerel işçilerle 82.12 \$/t ve özel sektör işçileriyle 99.47 \$/t olduğu belirlenmiştir. Geri kazanım işlemli olarak kaldırımdan toplama/taşıma ve bertaraf toplam maliyeti yerel işçilerle 294.49 \$/t, özel sektör işçileriyle 299.62 \$/t olduğu belirlenmiştir [5].

Çizelge 2.10 Katı atık genel bertaraf maliyetleri.

İŞLEM	KAPASİTE	MALİYET	REFERANS
Toplama	Trabzon Kenti	0.04-0.06 \$/km.ton	Apaydın, 2004
	(57000 konut)	9,3\$/ton	(Bu tez çalışması)
	(İstanbul'daki ilçeler ortalaması)	18,1\$/ton	Karadağ ve Şakar, 2003
	5000 konut	0.07-0.21 \$/km.ton	Modak ve Everett, 1996
	-	7.96 \$/ton	Agunwamba, 1998
Taşıma	Trabzon Kenti	0.02-0.04 \$/km.ton	Apaydın, 2004
	(57000 konut)	4,3\$/ton	(Bu tez çalışması)
	5000 konut	0.03-0.10 \$/km.ton	Modak ve Everett, 1996
	-	25.0-37.9\$/ton	Dilek vd, 2002
Toplama/Taşıma	Tayland	2.9-10.4 \$/ton*	Dnteravanich ve Siriwong, 1998
	İsveç	21 \$/ton*	Ljungren, 1996
		105 \$/ton**	
Transfer İstasyonu	(İstanbul ortalaması)	5 \$/ton	İSTAÇ, 1997
	698400 ton/yıl	9.4 \$/m ³	Modak ve Everett, 1996
	95200 ton/yıl	3.1 \$/m ³	
	22509 ton/yıl	5 \$/ton	Movasaghi, 1993
	-	2.35 \$/ton	Güllü, 1990
Toplama/Taşıma ve Depolama	İndiana, ABD	82.12-99.47 \$/ton	[5]
	New York, ABD	143 \$/ton	Clark, 1993
	Kuveyt	24 \$/ton	Koushki vd., 2004; [7]
GEKA Toplama/Taşıma ve Depolama	İndiana, ABD	294-299 \$/ton***	[5]
		132-155 \$/ton****	

* Aktarma istasyonu var

** Aktarma istasyonu yok

*** Katı atık toplama işlemi sırasında GEKA içeriğinin aynı araçla eş zamanlı olarak alınarak ayrı olarak toplanması durumu

**** Diğer atık bileşenlerinden ayrı olarak sadece GEKA içeriğinin müstakil bir araçla toplanması durumu

2.4.2 Madde Geri Kazanımı ve Tekrar Kullanım

Daha az atık oluşturma'nın üç yolu kaynaktan azaltma (source reduction), geri kazanım (recycle) ve tekrar kullanım (reuse) olarak verilebilir. Maddesel geri kazanım, üretim aşamasından başlayarak minimum atık oluşturacak teknolojilerin kullanılmasıyla etkili bir şekilde yapılabilir. Üretilen maddeler tekrar kullanılabilir ya da onarılabilecek maddelerden yapılır ve toksik maddeler içermeyecek şekilde üretilirse, geri kazanım, tekrar kullanım gibi madde korunumu sağlayan teknolojilerin uygulama olanakları artırılmış olacaktır.

2.4.2.1 Kaynaktan Atık Azaltma (source reduction)

En etkili atık azaltma yöntemidir. Genel olarak tüketimin dolayısıyla da atık miktarının azaltılması şeklinde bilinir. Burada hedef atığın üretim noktasında azaltılmasıdır. Uzun ömürlü ve tekrar kullanılabilir ambalajlar içeren ürünlerin alınmasını kapsar. Uygulamada grasscycling, bahçe atıklarının kompostlaştırılması, kağıtların iki yüzeyinin de kullanımı ve endüstriyel ürünleri taşımada kullanılan paketleme işlemlerinin azaltılması etkili ve sürdürülebilir atık önlemeye önemli katkı sağlamaktadır.

2.4.2.2 Geri Kazanım (recycling)

Geri kazanım işlemi ile, sürdürülebilir katı atık yönetimi sağlanabilmekte ve “Doğal kaynaklar bize atalarımızdan miras değil, çocuklarımızdan emanettir” veciz sözü ile örtüştürülmektedir. Geri kazanım işleminde cam, metal, plastik ve kağıt türü atıklar ayrılmakta ve yeni ürün elde etmek üzere işlem görmektedir. Bu yönüyle tekrar kullanımdan (reuse) tamamen farklıdır.

ABD’nde kompostlaştırmayı da içeren geri kazanım işlemiyle yakma ve depolama işlemlerine maruz kalması önlenen katı atık, 1990 yılında 34 milyon ton iken 1999 yılında bu rakam 64 milyon ton değerine yükselmiştir. Tipik olarak piller %96.9, kağıt ve karton %41.9 ve avlu atıkları %45.3 oranında geri kazanılmaktadır. Bu atıkların toplanması; (1)kaldırımdan toplama programları (curbside programs), (2)toplama merkezleri yoluyla toplama (drop-off centers), (3)buy-back programları ve (4)depozito uygulamaları yöntemleriyle yapılmaktadır. 1996 yılında greenhouse oluşturan gaz emisyonlarından karbondioksit eşdeğeri 33 milyon ton katı atık geri kazanılmıştır [4].

Indiana’da (ABD) 240 şehir/kasabada yapılan çalışmalarda katı atık toplama/taşıma/bertaraf maliyeti kamu işçileriyle 155.41 \$/t ve özel sektör işçileriyle ise 132.31 \$/t olduğu

belirlenmiştir [5].

Geri kazanımın yararlarını; (1)çocuklarımızın geleceği için doğal kaynakların korunması, (2)bir çok greenhouse gaz emisyonunun ve su kirleticilerinin önlenmesi, (3)enerji korunumu, (4)değerli maddelerin endüstriye kazandırılması, (5)yeşil dostu teknolojilerin desteklenmesi ve (6)depolama ve yakma ihtiyaçlarının azaltılması olarak verilebilir.

2.4.2.3 Tekrar Kullanım (reuse)

Reuse, recycle'e tercih edilir çünkü burada tekrar kullanım için tekrar üretim gerekmemektedir. Bir ürünün aynı ya da farklı amaçlar için tekrar kullanımını ifade eder. Bu tür kullanımda malzemeler tamir edilerek tekrar kullanılabilir, satılabilir, toplumun diğer üyelerine verilebilir. Tekrar kullanım yöntemlerini; (1)tekrar doldurulabilir kalem satın alma, (2)sürekli kullanımlar için kulplu bardak alma, (3)Boş kavanozların yemek artıklarını koymak için kullanımı, (4)şişelerin tekrar kullanımı, (5)eski dergi ve üretim fazlası malzemelerin bağışlanması, (6)kumaş mendil ve havlu kullanımı ve bir boya toplama ya da tekrar kullanılacak malzemelerle ilgili kampanyalara katılım şeklinde verebiliriz.

2.4.3 Enerji Geri Kazanma (Piroliz, Kompostlaştırma ve RDF Yakma Tesisi)

Kompostun faydaları; (1)organik maddelerin depolama alanlarına gömülmesini önleme, (2)toprağın nütrient açısından zenginleşmesi, (3)yararlı toprak organizmalarının artışı, (4)gübre ve pestisit ihtiyacında azalma, (5)toprak erozyonunda azalma ve (6)kirillik azaltma çalışmalarına yardımcı olma olarak sıralanabilir.

2.5 CBS ve Katı Atık Toplama/Taşıma Optimizasyonu

21. asrın ilk yıllarıyla birlikte çevresel duyarlılıkta daha önemli adımlar atılmaya, metinlerden ibaret olan çevresel duyarlılık fiili hayata geçirilmeye, doğal kaynakların optimum kullanımına ve yapılacak çalışmaların sürdürülebilir olmasına ehemmiyet verilmeye artan bir hızla devam edilmektedir. Üreticilerin çevre dostu ürünlere yönelmeleri tüketicilerin bu yöndeki tercihleriyle ilintili olarak artmakta, uzun vadeli planlama yapan üreticiler tüketicilerin bilincini göz önüne alarak yatırımlarını yönlendirmektedir.

Coğrafi konum verilerini depolayarak analiz etmek için tasarlanmış bilgisayar tabanlı sistemler, 25 yıldan fazla bir geçmişe sahiptir. Coğrafi Bilgi Sisteminin ortaya çıkışı hükümetlerin arazi kullanım planlamasına ilgilerinin artması sonucu zamana bağlı konumsal verilerin elde edilme ihtiyacı, bilgisayar ve ona bağlı çevresel ünitelerin gelişmesi sonucudur.

İlk CBS 1960'larda Kanada'da geliştirilmiştir. O zaman üzerinde durulan nokta geleneksel grafik verilerin sayısal yöntemlerle elde tutulmasındaki teknik problemlerin üstesinden gelmekti. Haritaların bilgisayar ortamına aktarılması, günümüz standartlarına göre yavaş ve hantaldı.

1960'larda Kanada, belki de dünyada doğal kaynakların sınırsız olmadığını fark eden tek ülkeydi. Kırsal nüfus hızla azalmakta, ticari arazi bölgeleri de dahil olmak üzere potansiyel arazi kullanımında hızla artan bir yarış görülmekteydi. Özel bir komite kurularak Kanada'daki arazi kullanımı incelenmeye başlandı. Halihazır arazi kullanımı; arazinin tarım, orman ve vahşi hayata uygunluğu araştırılarak haritalanması gerekliliği, arazi yönetimi planlamasında ve doğal kaynakların korunmasında büyük rol oynadığı belirlendi ve hükümet tarafından benimsendi.

Kanada varlıklı bir ülke olarak veri toplama ve harita üretmede problem yaşamadı. Ancak klasik yöntemlerle haritaların analiz edilmesi, eğitilmiş insan gücü ile yoğun bir çalışma ve uzun zaman gerektiriyordu. Zamanın çok değerli oluşu ve eğitilmiş insan gücünün yeterli olmayışı çalışmaları başka bir yöne sevk etti. Önemli olan, haritaların bilgisayar ortamına geçirilmesi, şekil ve görüntülerin sayılara dönüştürülerek bilgisayar ortamında kullanılabilmesiydi.

2.5.1 Coğrafi Bilgi Sistemi ve Katı Atık Yönetiminde Kullanımı

Katı atık yönetiminde yerleşim yerlerinden uzaklaştırılması gereken atıklarla ilgili bir çok bilgiye gereksinim vardır. Katı atık özellikleri nüfus, iklim, eğitim, gelir, coğrafi konum, alışkanlıklar gibi bir çok faktöre göre değiştiğinden bertaraf alternatiflerinin belirleyici kriterleri de bu özelliklere dayandırılmalıdır. Demografik yapı ve her hangi bir mekan ve orada ikamet eden insanlarla ilgili bilgilerin güncellenmesi, bir merkezde toplanması ve kullanıma hazır hale getirilmesi günümüz teknolojisiyle ancak bilgisayar, uydu ve diğer bilginin işlendiği ve sağlandığı kaynakların kullanımıyla hızlı ve etkin biçimde mümkün olabilir. Bilginin etkin kullanımı düzenli depolama, yakma, kompostlaştırma, geri kazanım gibi katı atık bertaraf yöntemlerine karar vermede karar vericilere kolaylık sağlar. Karar vericilerin isabetli kararlar vermelerine yardımcı olur ve hızlı bir karar verme pratiği sağlar. Mevcut ve üretilen bilgilerin güncellendiği bir bilgi sistemi mevcudiyetinde çok daha hızlı ve objektif olunabilir ve halkın katılımıyla da uzlaşılı, isabetli ve etkin potansiyel çözümler üretilebilir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Geographical Informatin Systems (GIS) ifadesinin dilimize

çevirisidir ve çok farklı disiplinlerden kullanıcılarının olması nedeniyle literatürde değişik şekillerde tanımlanmaktadır. Dünyada konumsal bilgi ile ilgilenen kişi kurum ve kuruluşlar arasında farklı uygulama ve fikirler, gelişmelerdeki hızlı değişimler ve ticari beklentiler standart bir CBS tanımının yapılamamasında önemli etkenler olarak bilinmektedir. CBS ile ilgili bilgi, veri (vektörel veraster), öznitelik, coğrafya, coğrafi veri ve sistem gibi terimler tanımlanmaktadır (ESRI, 1990; Şeker, 1996a, 1996b; MapInfo, 1998; [6]; Yomralıoğlu, 2002; Peng ve Tsou, 2003).

Yeryüzüne ait bilgileri, coğrafi manada birbiriyle ilişkilendirilmiş tematik harita katmanları gibi saklaması CBS'nin çalışma prensibine örnek olarak verilebilir. Bu basit gibi görünmekle birlikte konumsal bilgilerin değerlendirilmesi açısından güçlü bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Bu yaklaşım dağıtım ya da toplama görevi üstlenmiş taşıma araçlarının optimum verimi, planlamaya dayalı uygulamalarla ilgili detay kayıtları, atmosferik olayların değişiminin modellenmesi gibi birçok gerçek dünya probleminin çözümünde kolaylık sağlamaktadır.

CBS'nin sağlıklı ve etkin bir şekilde çalışması veri toplama, veri yönetimi, veri işleme ve veri sunumu işlevlerine bağlıdır. CBS; Çevre Yönetimi (katı atık yönetimi, çevre düzenleme planları, çevre koruma alanları, ÇED raporu hazırlama, göl-gölet-sulak alan tespiti, çevresel izleme, hava-gürültü kirliliği, kıyı yönetimi, meteoroloji), doğal kaynak yönetimi, mülkiyet idare yönetimi, bayındırlık hizmetleri, eğitim, sağlık yönetimi, belediye faaliyetleri, ulaşım planlaması, turizm, orman ve tarım, ticaret ve sanayi, savunma ve güvenlik gibi alanlarda uygulanabilmektedir.

2.5.1.1 Katı Atık Yönetiminin CBS ile Entegrasyonu

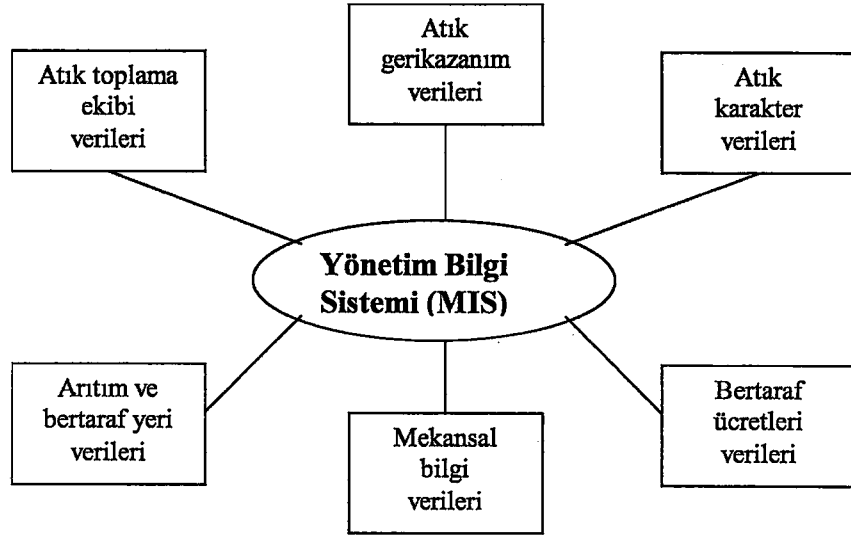
Katı atık yönetimi; su, toprak, hava kirliliğine neden olunmaması, insan sağlığını tehdit edebilecek olumsuzlukların ortadan kaldırılması, optimum toplama, taşıma ve bertaraf alternatiflerinin bütün yönleriyle belirlenmesi, nüfus, iklim, insanların sosyo-ekonomik ve demografik yapısının dikkate alınarak mekana dayalı çok yönlü planlama ve eldeki verilerin sürekli güncellenmesini gerektiren sistemler bütünüdür.

Mekana bağlı veri akışının ve veri koordinasyonunun sağlanması, yörenin çevre envanteri bilgilerinin ulaşılabilir ve irdelenebilir bir ortamda toplanması, etkin çözümler üretilmesi ve karar vericilerin isabetli kararlar alabilmesi için güncellenmiş verilerin kısa sürede sorgulanabileceği ortamlarda bulundurulması gerekmektedir.

Günümüz dünyasında çevre kontrol sistemleri ayrı birer unsur olarak ele alınmamaktadır. Hava, su, toprak ve bütün ekolojik unsurlar bir bütünün parçaları olarak algılanmaktadır. Tabii olaylar ve antropojenik kaynak etkili nedenlerle arazi yapısı değişmekte her hangi bir kirleticinin hangi mekansal noktada hangi zaman diliminde hangi miktarda bulunduğu ve zamanla hangi alanları ne kadar etkilediği ve/veya etkileyeceği ile ilgili olarak net verilere olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır.

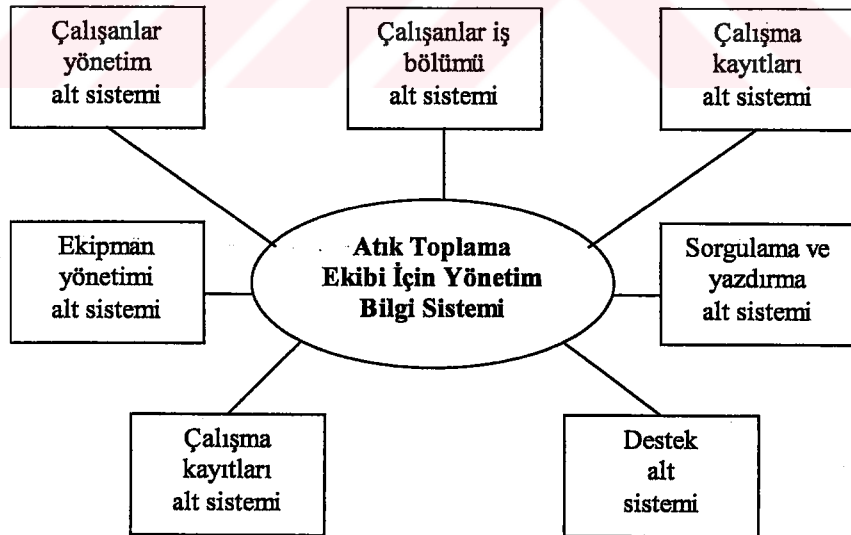
Çevresel olayların global olarak algılanması gerektiğinden hareketle, lokal her hangi bir etkinin çevreye verebileceği olumlu-olumsuz tesirlerinin en kısa sürede belirlenebilmesi ve ilgili önlemlerin ivedilikle alınabilmesi, eldeki ve elde edilecek verilerin jeokodlu olarak ifade edilebilirliğiyle ilintilidir. Veriler coğrafi koordinatlı olarak derlenerek bu formatta bir database'de toplanmalı, sürekli güncelleştirilmeli, karar vericilere çevresel planlamalarda isabetli ve hızlı kararlar verebilme imkanı sunulmalıdır.

Chang Ni-Bin. ve diğerleri (1998) Taiwan'da yaptıkları çalışmada, coğrafi bilgi sistemine (GIS) entegre edilebilecek yönetim bilgi sistemlerinin nasıl kurulacağı ve katı atık yönetim sisteminde karar vericilere kolaylık sağlayacak veri akışının nasıl sağlanacağını ortaya koymayı amaçlamışlar ve günlük, aylık ve yıllık verilerin hızlı bir şekilde girileceği ve istenildiğinde ulaşılabilceği bir bilgisayar ağı oluşturmuşlardır. Bu bilgisayar ağı lokal ve bölgesel verifikasyonu sağlamakta ve bölgedeki EPA merkeziyle de bağlantısı bulunmaktadır. Oluşturulan bu sistemle katı atık yönetiminde katı atık bertaraf yöntemlerine karar verme ve alınacak tedbirlerin isabetli ve hızlı olmasının sağlanması amaçlanmaktadır. Bu çalışmada Visual Foxpro paket bilgisayar yazılım programı kullanılarak katı atık toplama, ve en uygun yollardan bertaraf sahasına taşıma alternatiflerini veren protatip bir model geliştirilmiştir. Bu çalışma bünyesinde de bulunan, bir çevre koruma birimindeki (EPD) yönetim bilgi sistemi şeması (MIS) Şekil 2.6'da verilmiştir.

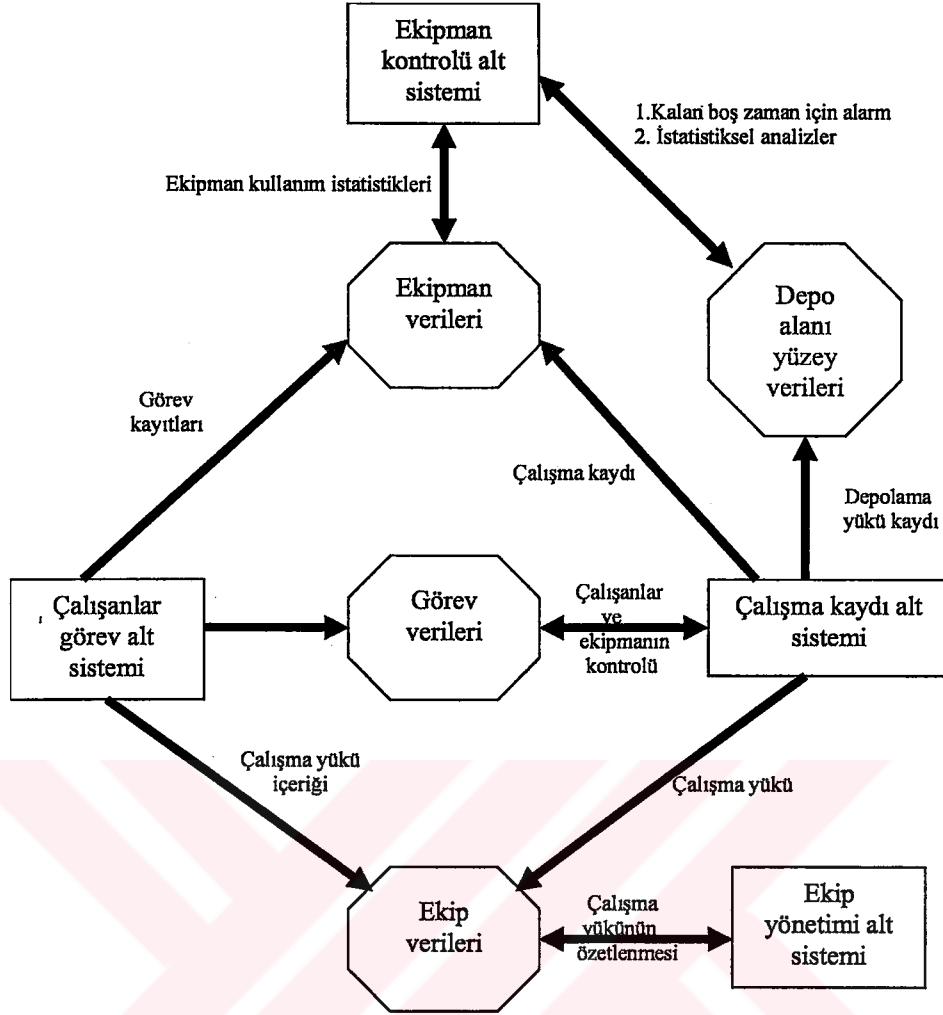


Şekil 2.6 Bir EPD için örnek bir MIS (Chang Ni-Bin vd. 1998).

Atık toplama ekibi yönetim bilgi sistemi için örnek bir illüstrasyon Şekil 2.7’de ve lokal atık toplama ekipleri için örnek bir yönetim bilgi sistemi dizayn kriterleri şeması Şekil 2.8’de verilmiştir.



Şekil 2.7 Atık toplama ekibi için örnek bir yönetim bilgi sistemi (Chang Ni-Bin vd. 1998).



Şekil 2.8 Atık toplama ekipleri yönetim bilgi sistemi kriterleri (Chang Ni-Bin vd. 1998).

Kao ve diğerleri Tayvan'da yaptıkları çalışmada (1997), kompleks MSW depolama alanı seçimindeki prosedürün etkinliğini artırmak, yerel EPA birimlerine CBS oluşturma konularında yardımcı olmak, MSW depolama yeri seçimiyle ilgili olarak halkın aydınlatılmasını sağlamak ve merkezi EPA birimine seçilen yerel bir MSW depolama alanının yönetimi, inşaatı, işletilmesi ve geliştirilmesi gibi konularda yardımcı olmak amaçlanmıştır. Çalışma Tayvan'ın orta bölgelerinde bulunan 1820 km²'lik yarı dağlık alanda faal haldeki 17 depolama alanı üzerinde yapılmıştır. Bölgenin nüfusu 560 bin kişi, nüfus yoğunluğu 310 kişi/km², katı atık üretimi 500 t/gün ve yıllık ortalama sıcaklık 20 °C'dir. Bölge için oluşturulan haritalardaki tabakalar çevresel, sosyo-kültürel ve mühendislik-ekonomi etkilerinin irdelendiği 3 ayrı grup altında toplanmıştır. Her tabaka bir multimedya dokümanı içersine entegre edilmiştir ve diğer alt sistemlerle (yer altı suyu kirliliği v.d.) bağlantılı hale getirilmiştir. Her atık sahası alternatifleri belirtilen kategoriler açısından CBS harita analiz fonksiyonlarıyla analiz edilebilmekte ve en uygun bertaraf alanlarının

belirlenmesi sağlanabilmektedir. Bu işlemler yüklü bilgilerin bir kaç kalifiye eleman tarafından yapılabilmesi mümkün olmakta, fazla eğitilmiş insana gereksinim duyulmamakta, bilgisayar başında sorgulamaların yapılması mümkün olabilmektedir. Her hangi bir yerden internet ortamındaki haritalar üzerinde çalışılabilmekte gerekli işlemler zaman tasarrufu sağlanarak yerine getirilebilmektedir.

2.6 Karar Verme İşleminde Model Kullanımı

Bilinen matematik modelleri anlamak önemli olmakla birlikte karar verme işlemi bu modellerin sadece bir kısmını ifade eder. Önemli olan modellerin ve oluşturulan verilerin karar verme işlemine uygun bir şekilde yerleştirilmesinin sağlanabilmesidir. Karar verme işlemi tam olarak anlaşılamazsa, kendisi problemin odağında olur ve araştırılacak problemin gözden kaçırılması olumsuzluğu meydana gelir. Karar verme işlemi bir dizi aşamalar halinde ele almak mümkündür (Wisniewski ve Dacre, 1990; Sezginman, 2001):

Aşama 1. Problemin varlığının kavranması (recognition that a problem exist): bu aşama her hangi bir yönetime karar verme işleminde ilk aşama olarak bilinir. Fakat pratik açıdan düşünüldüğünde, zamanlaması kritik olabilir. Bazı sistemler iş aktivitesi izlenmesi için mevcut olmalıdır. Bazan ya var olan bir problemin tekrar çözümü ya da tahmin edilen bir problemin önceden davranıp önlenmesini (forestall) gerektirebilecek bir karar verme mevcut olabilecektir. Karar verme işlemlerinde aynı zamanda bir problem ve sebeplerinin bulguları (symptoms) arasındaki ayrımı (distinguish) yapabilecek beceriye sahip olmalıyız.

Aşama 2. Problem formülasyonunun yapılması (explicit problem formulation): Problem bir kez belirlendiğinde ve çözüm gerekliliği hasıl olduğunda, açık bir şekilde formüle edilmelidir: (1)Problemin sınırlarının belirlenmesi, (2)Araştırmanın amaçları, (3)Amaçların tanımlanan özelliklerinin (rollerinin) araştırma içine entegrasyonu, (4)Oluşturulan değişkenlerin karar verme probleminin kontrolünde olup-olmama durumu

Aşama 3. Model yapısı (model construction): Burada açıkça ifade edilmesi gereken şey, bu aşamaya geçmek için ikinci aşamanın tamamlanmış olması gerekliliğidir. Problemi tam olarak anlayınca ve hangi modelin problemin çözümüne uygun olabileceğine karar verilinceye dek araştırmaya devam edilir. Probleme uygun modelin bir formülasyonu ve uygun modelin seçimi hem matematiksel hem de yönetsel beceriler gerektirir.

Aşama 4. Veri toplama (data collection): Her hangi bir akademik veya teknik uygulamada bu aşama genel olarak bir hak olarak görülür. Ders kitapları, bir modelin gerektirdiği verilerin

tam doğru yapı ve detayda elde edilebilirliğini varsayar. Paratikte çoğunlukla bu varsayım doğru değildir. Uygun verilerin toplanması araştırmacı açısından genellikle önemli zorluklar meydana getirir. Bilindiği gibi matematiksel programlama teknikleri çok fazla veriye gereksinim duyarlar (data hungry). Matematiksel modellemede çok fazla veriye gereksinim vardır ve bu verilerin özellikle hızlı bir şekilde elde edilmesi zarureti vardır. Bu tür veriler olmaksızın söz konusu tekniklerin kullanılması mümkün değildir.

Aşama 5. Model çözümü (model solution): Bu aşama şimdiye kadar anlatılanların en kolayıdır. Bütün işlemler gözden geçirildiğinde ve bilgisayar destekli çalışıldığında en kolaydır. Belirli bir modelin çözümü -özellikle matematiksel progama konteksinde- özellikle bilgisayar destekli çözüm yöntemleri kullanıldığında genellikle berraktır.

Aşama 6. Model geçerliliği ve yorumu (model validation and interpretation): Bir önceki aşama apaçık olsa da elde edilen matematiksel çözümler araştırılan probleme gerçekte uygun çözümler olmayabilir. Beki de orijinal modelin uygun olmayan bir formülasyonu yüzünden bazı değişkenlerin sonuçlarını “saçma” olarak nitelendirilebilir olarak elde edebiliriz. Çözümün geçerliliği için problem içeriğinin mantığına uygun cevapların oluştuğundan emin olmamız gerekir. Bu aşamada eğer alternatif model gereksinimi varsa üçüncü, alternatif veya ilave veri gerekiyorsa dördüncü aşamaya dönmek sıklıkla olabilir. Matematiksel programlama modellerinin kompleksliği nedeniyle, böyle iterativ işlemler yaygındır. Model çözümleri kabul edilebilir olsa bile, yorum ya da açıklama genellikle gerekmektedir. Elde edilen çözümler karar vericilerin anlayabileceği ve uygulayabileceği forma eğer istenirse dönüştürülür.

Aşama 7. Karar verme (decision-making): Model çözümlerle ilgili bilgiler elde edildiğinde ve değerlendirildiğinde, bu bilgilerin uygulanması hasıl olur. Burada amaç karar vericilere yardımcı olacak öngörülerini sağlamaktır. Karar verici, problemle ilgili olarak diğer kaynaklardan da elde edilen bilgilerle model çözümlerini birlikte analiz ederek vereceği kararların daha olumlu olmasını sağlar.

Aşama 8. Kararı izleme ve orijinal problem (monitoring the decision and the original problem): Burada, hem alınan kararların etkisinin görülmesinin sağlanması hem de orijinal problemin ortadan kalkmasının garanti edilmesi için izleme sisteminin kurulması esastır. Yalnız bu şekilde iş organizasyonları için matematiksel modelleme tekniklerinin uygunluğunu değerlendirmek ve yeni bir problemin varlığını kavrayabilmek mümkün olur.

Katı atık yönetiminin temel amaçları; atıkların güvenli, verimli ve ekonomik olarak

toplanması, taşınması, işlenmesi ve bertarafı olarak verilebilir. Katı atık yönetiminde gelecekte olabilecek değişimlerle ilgili projeksiyonların yapılması da söz konusudur. Katı atık yönetim sisteminde arazi kullanımı, maliyetler, çevresel etkiler gibi kısıtların göz önüne alınmasıyla geliştirilmiş bir planlama zaruridir.

Toplam bertaraf maliyeti atıkların toplanması, taşınması arıtımı ve uzaklaştırılmasını içermelidir. Katı atık stratejilerini belirleme dört farklı şekilde yapılabilir:

1. Atığın kaynaktan alınıp doğrudan uzaklaştırma tesisine ulaştırıldığı “basit taşıma” durumu
2. Transfer istasyonu veya diğer başka bir tesis vasıtasıyla kaynaktan atığın alınarak son uzaklaştırma tesisine iletilmesini kapsayan “aktarmalı taşıma” durumu
3. Uzaklaştırılması gereken atığın aktarma tesislerinde veya başka tesislerde işlenerek ağırlık veya hacminin değiştirildiği “atık azaltmalı aktarmalı taşıma” durumu
4. Kaynakta geri kazanıma dayalı tesisler. Son uzaklaştırma için bir atık çıkışı ve satış için bir ürün çıkışına sahiptir. İkincil ürünler için satış çıktıları, bunların maliyet fonksiyonları ve kapasite sınırlarıyla ilave son azaltımlar olarak tanımlandığı “geri kazanmalı aktarmalı taşıma” durumu.

Karar verme problemlerinin çözümünde genel olarak taşıma miktarına bakılmaksızın “birim ton/km” ya da “birim ton/dakika” için atık taşıma birim maliyeti sabittir. Temel değişken ya “mesafe” ya da “zaman”dır.

3. TRABZON ŞEHİRİ KATI ATIK YÖNETİMİ

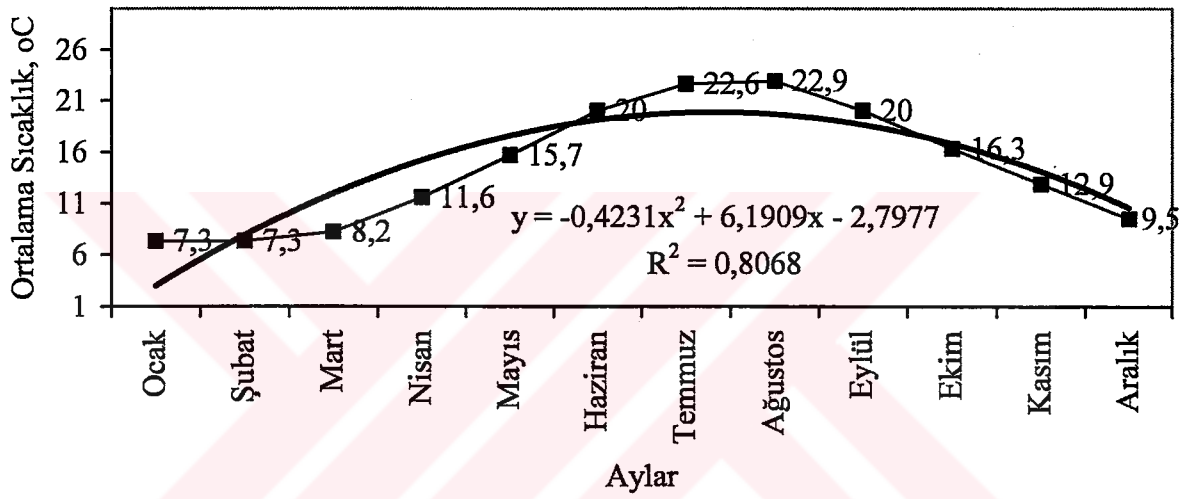
Trabzon Şehri, tarihi, kültürel ve turistik yönleriyle ülkemizin önde gelen şehirlerinden biridir. Çevre problemlerinden biri olarak katı atıklar, şehirdeki ve bölgedeki yaşamı olumsuz yönde etkilemektedir. Katı atık depolama yükünü hafifletmek, ekonomik değeri olan maddeleri zayi etmemek ve ekonomiye katkı sağlamak amacıyla, kaynakta ayırım ve düzenli depolama sürecine hız vermek gerekmektedir. Bütün dünyada en ekonomik katı atık bertaraf yöntemi olarak kabul görmüş “katı atıkların düzenli depolanarak bertarafı” Doğu Karadeniz gibi düz arazinin kıt olduğu bölgelerde tek başına köklü bir çözüm getirememektedir. Bu bölgede katı atıklar “deniz dolgu maddesi bileşeni” olarak kullanılmakta, sahil genişletme çalışmaları aralıksız devam etmektedir. Günlük katı atık sahil şeridinde “moloz” olarak isimlendirilen 2 ha alana dökülerek sıkıştırılmakta ve oluşturulan bu alanlar daha sonra rekreasyon amaçlı kullanıma açılmaktadır. Şehirde oluşan hastane, mezbaha, eczane ve laboratuvar atıkları da belirtilen alanda depolanmaktadır (Apaydın, 1998).

3.1 Trabzon İli'nin Sosyoekonomik, İklim, Nüfus ve Coğrafi Durumu

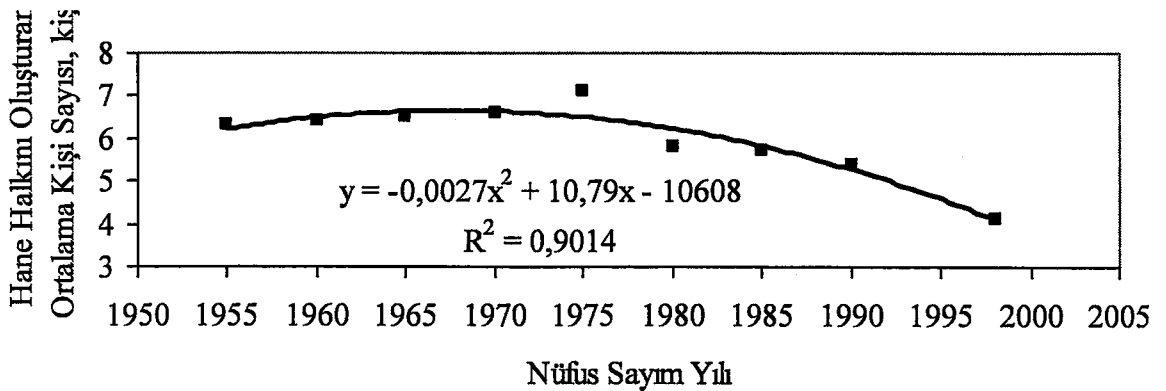
Trabzon ili, Doğu Karadeniz Bölgesinde Karadeniz boyunca uzanan, doğusunda Rize batısında Giresun ve güneyinde Gümüşhane ile komşudur. $39^{\circ} 10' 30''$ ve $40^{\circ} 25' 10''$ Doğu boylamları ile $40^{\circ} 30' 10''$ ve $41^{\circ} 07' 07''$ Kuzey enlemleri arasındadır ve 4685 km^2 alana sahiptir. Deniz seviyesinden başlayarak güneye doğru artan yükseklik, Çaykara ilçesinin güneyinde bulunan Hardizan Dağı (3325 m) ile en büyük sayısal değerine ulaşır. Kıyı çizgisi uzunluğu 114 km ve genişliği 0-350 m'dir. İl topraklarının %30'u dağlık, %60'ı kıyıda güneye doğru %25-%30 eğimlidir. Sadece toplam yüzey alanın %10'u düzlüklerden oluşmaktadır (Ersoy, 1996). Trabzon, uluslararası liman ve havaalanına sahiptir. Merkez İlçe, Karadeniz kıyı çizgisi boyunca uzanan ve arazi şartlarından ötürü iç kısımlara doğru genişlemesi sınırlı olan bir görünüme sahiptir ve Karadeniz'in yumuşatıcı etkisi nedeniyle ılıman iklim özellikleri baskındır. Yıllık ortalama sıcaklık 14.6°C ve ortalama yağış $830,8 \text{ mm/m}^2$ 'dir. Aylara göre çok farklılık göstermeyen rüzgar hızı ortalama 1,6 m/s ve en etkili rüzgar ise Kuzey-batıdan esen karayeldir. 67 yıllık gözlem verisi olarak aylık ortalama sıcaklık değerleri

Şekil 3.1'de verilmiştir (DİE, 2001). İl genel nüfusu 846876 kişi ve Merkez İlçe nüfusu 182552 kişidir. Trabzon'da hanelere düşen fert sayısının yıllara göre değişimi Şekil 3.2'de

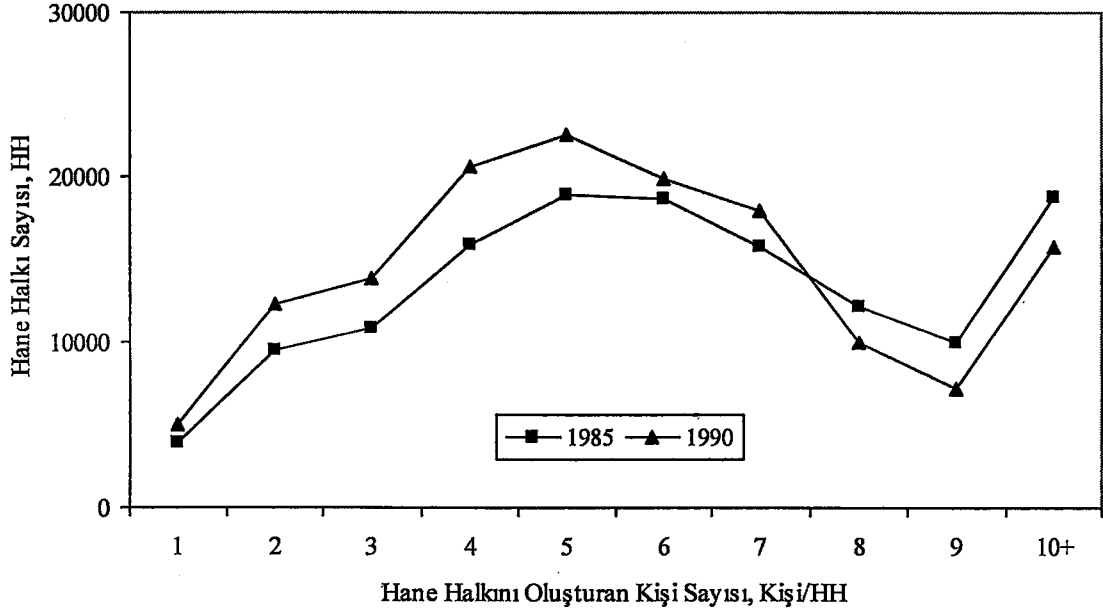
(DİE, 2002), haneleri oluşturan kişi sayısı ile hane halkı sayısı arasındaki değişim Şekil 3.3'te, binaların kullanım durumu Şekil 3.3'te, bina kat adedi değişimi Şekil 3.5'te ve bina taban alanı değişimi Şekil 3.6'da verilmiştir (DİE, 2001). Gayri Safi Milli Hasıladan %1 pay alan Trabzon orta derecede gelişmiş bir şehirdir (DİE, 1999). Trabzon, 50 yılı aşkın bir süredir öğretim hizmeti veren Karadeniz Teknik Üniversitesi ile birlikte teknik kültürel ve turistik değerleriyle dünyaya açılan bir görünüm kazanmıştır. Sınırlı tarımsal alanlar ve bölge halkına iş imkanı sağlayacak endüstriyel aktivite kısırlığı sebebiyle şehir, devamlı göç verme eğilimindedir. Ayrıca Trabzon; eski bir yerleşim merkezi olması, kültürel aktiviteler, daha iyi sosyal imkanlar, eğitim imkanları gibi nedenlerle çevre illerden yoğun göç almaktadır.



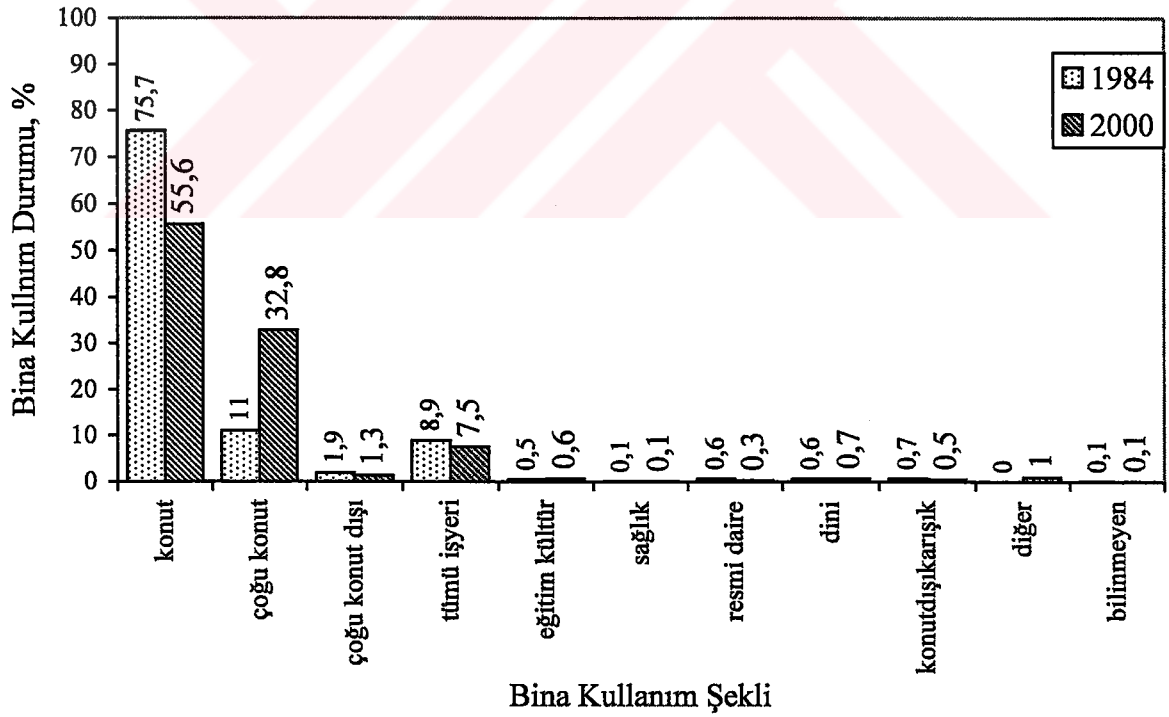
Şekil 3.1 Trabzon'da aylık ortalama sıcaklıkların 67 yıllık gözlem süresi ortalaması.



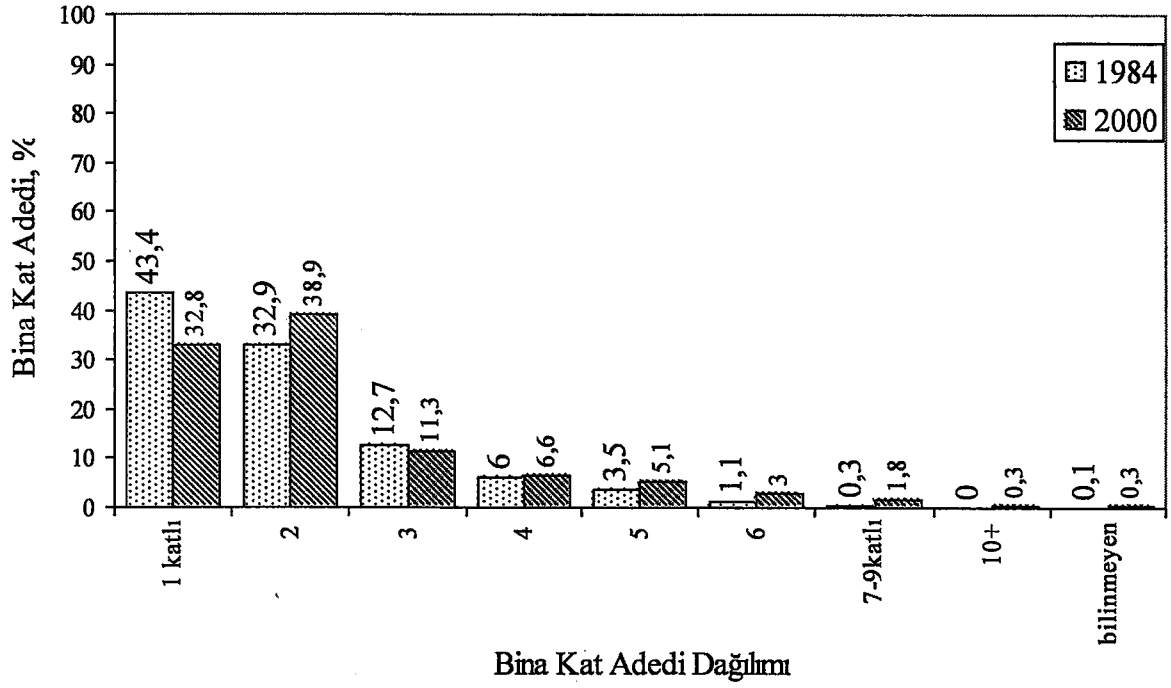
Şekil 3.2 Trabzon'da hanelere düşen fert sayısının yıllara göre değişimi.



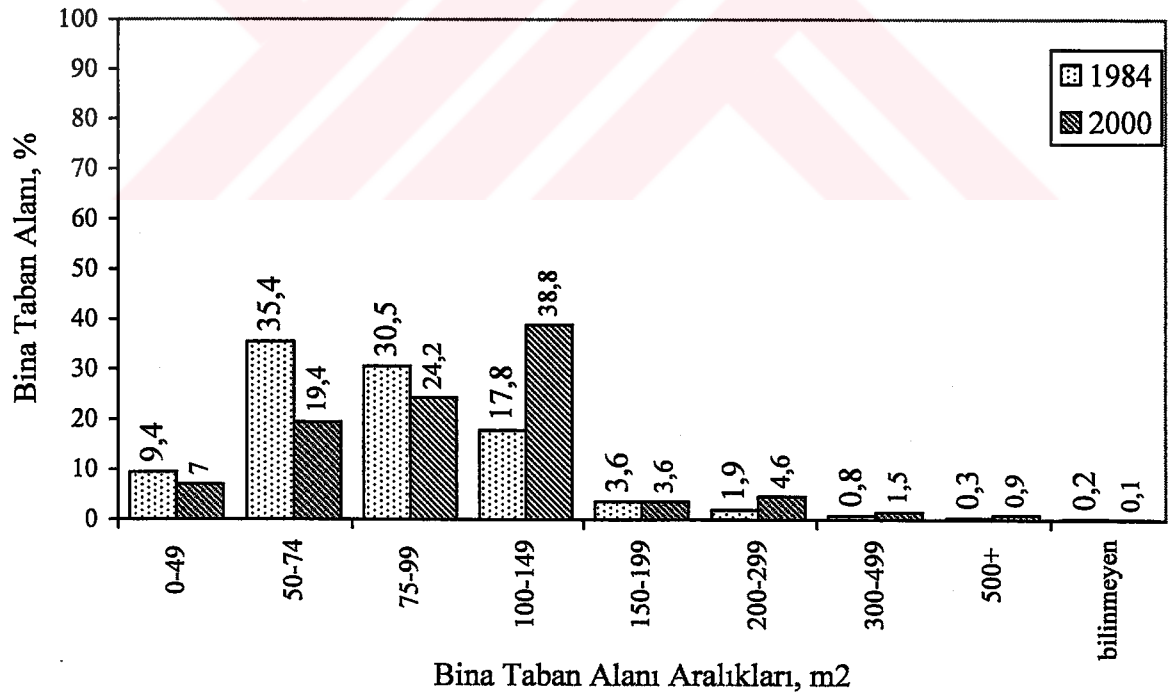
Şekil 3.3 Trabzon'da hane halkını oluşturan kişi sayısının yıllar itibari ile değişimi.



Şekil 3.4 Trabzon'da bulunan binaların kullanım şeklinin yıllar itibari ile değişimi.



Şekil 3.5 Trabzon'da bulunan binaların kat adetlerinin yıllar itibariyle dağılımı.

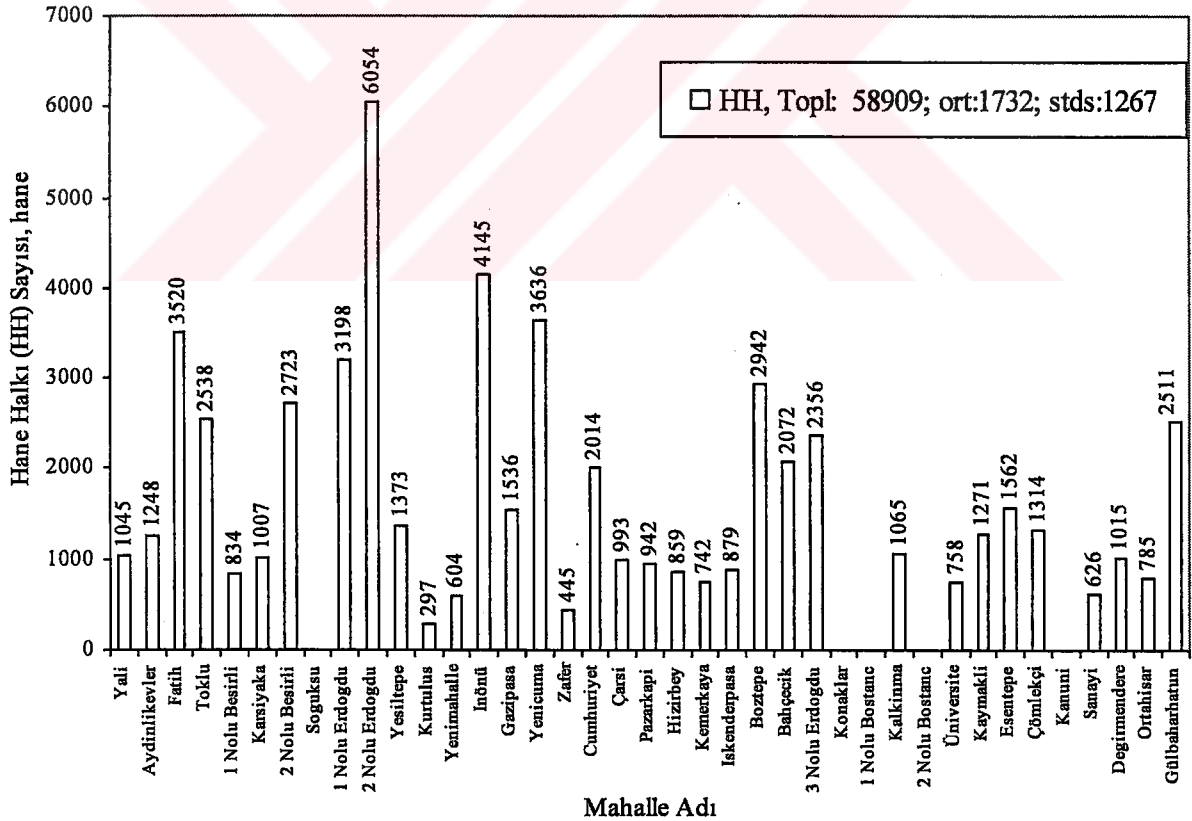


Şekil 3.6 Trabzon'da bulunan binaların kurulu alanlarının yıllar itibariyle dağılımı.

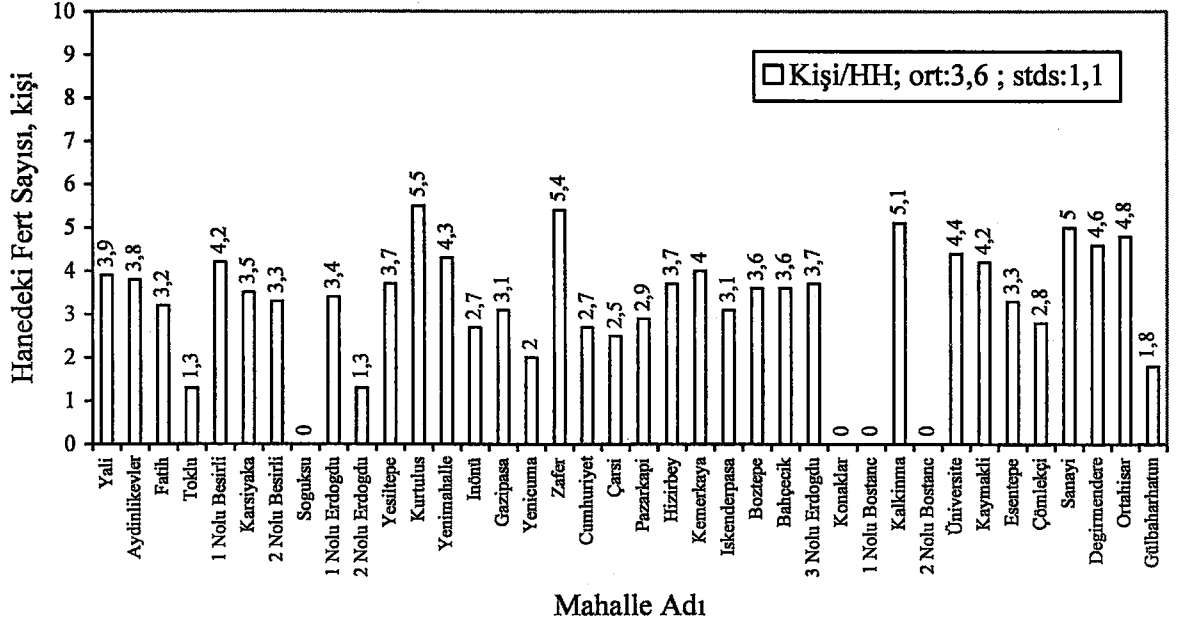
Trabzon şehrinde mahallelere göre nüfus, hane halkı sayısı, yol uzunluğu ve mahalle alanı ilişkileri:

Trabzon'da bulunan 39 mahalleye düşen hane halkı sayısı Şekil 3.107'de, HH başına düşen kişi sayısı (P_R) Şekil 3.108'de, 1 ha alana düşen kişi sayısı Şekil 3.109'da, 100 m yol uzunluğu başına düşen hane halkı sayısı Şekil 3.10'da, 100 m yol uzunluğu başına düşen kişi sayısı Şekil 3.11'de, 1 ha alana düşen yol uzunluğu Şekil 3.12'de, toplam yol uzunlukları Şekil 3.13'te, mahalle alanları Şekil 3.14'te görülmektedir (buradaki grafikler, bu tez çalışmasında standart sorgulama dili kullanılarak elde edilen verilerden oluşturulmuştur).

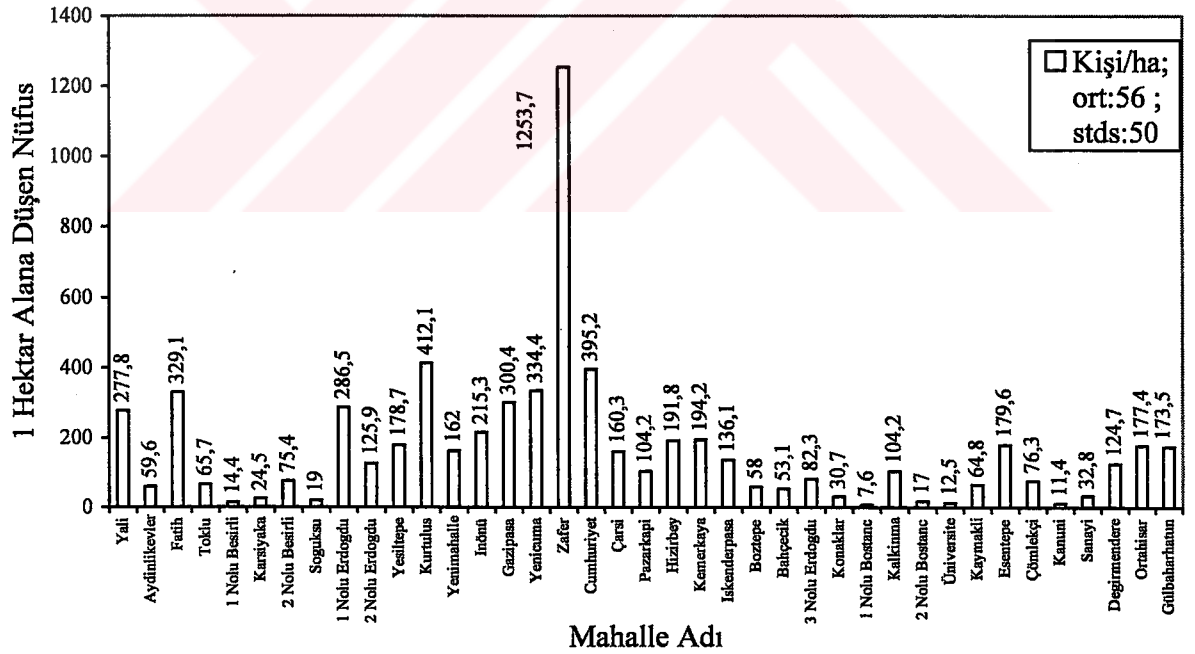
En uzun yol ağı 22768 m ile endüstriyel çalışma mekanlarının yoğun olduğu Sanayi Mahallesinde ve en kısa yol uzunluğu ise 930 m ile Kurtuluş Mahallesinde bulunmaktadır. Üniversite Mahallesi 2683269 m² alanla en büyük, Zafer Mahallesi 19063 m² alanla en küçük alanlı mahallelerdir.



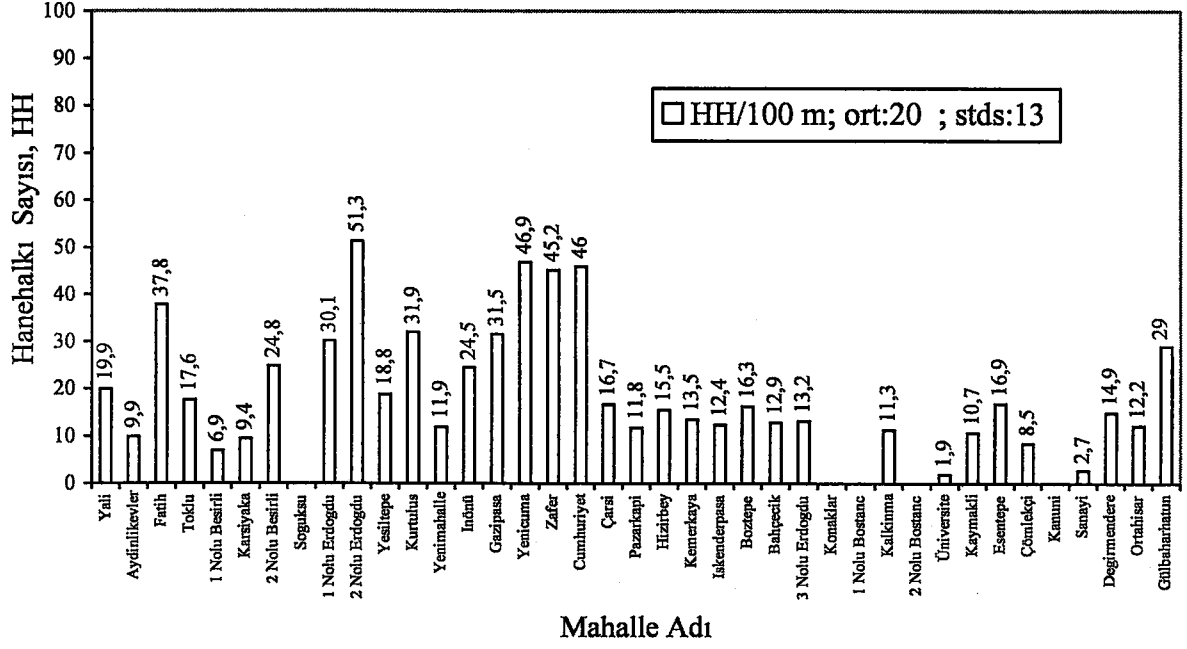
Şekil 3.7 Trabzon Kenti'ndeki mahallelere düşen hane halkı sayısı.



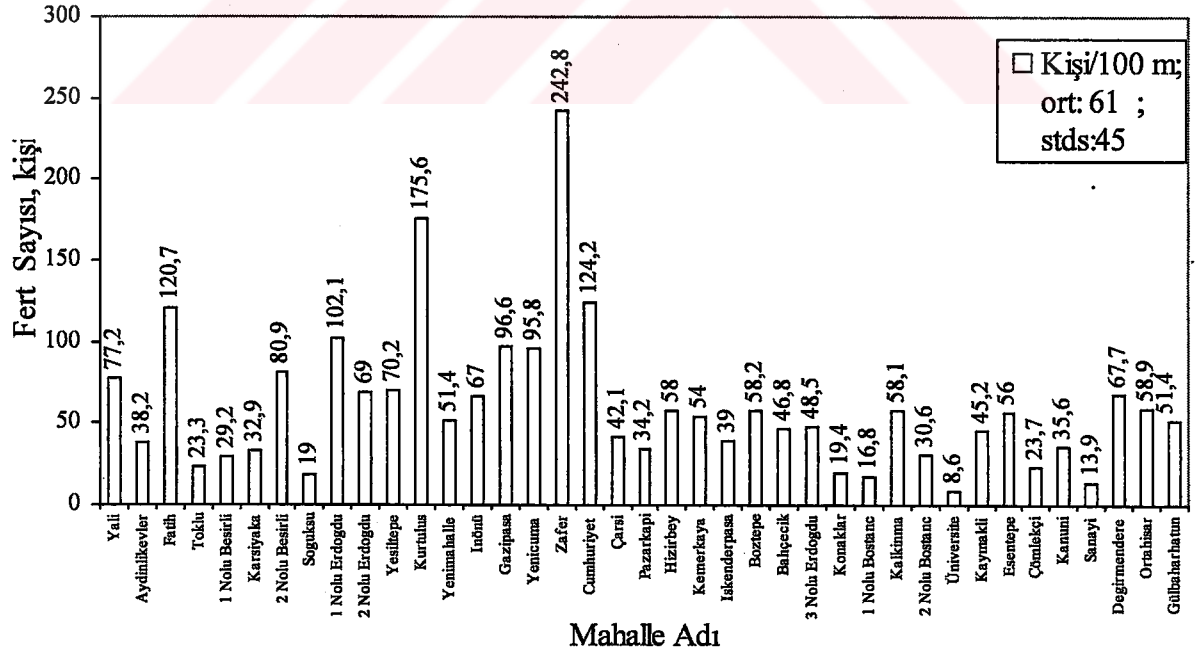
Şekil 3.8 Trabzon Kenti'ndeki mahallelerde hane halkını oluşturan kişi sayısı.



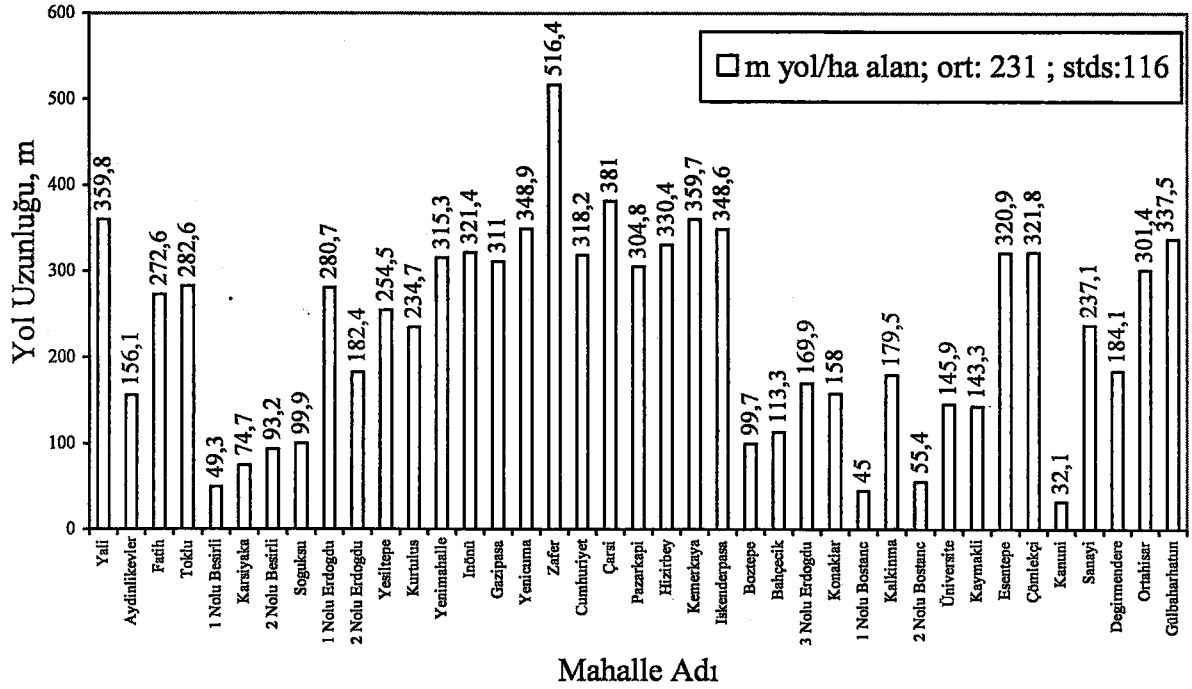
Şekil 3.9 Trabzon Kenti'ndeki mahallelerde 1 hektar alana düşen kişi sayısı.



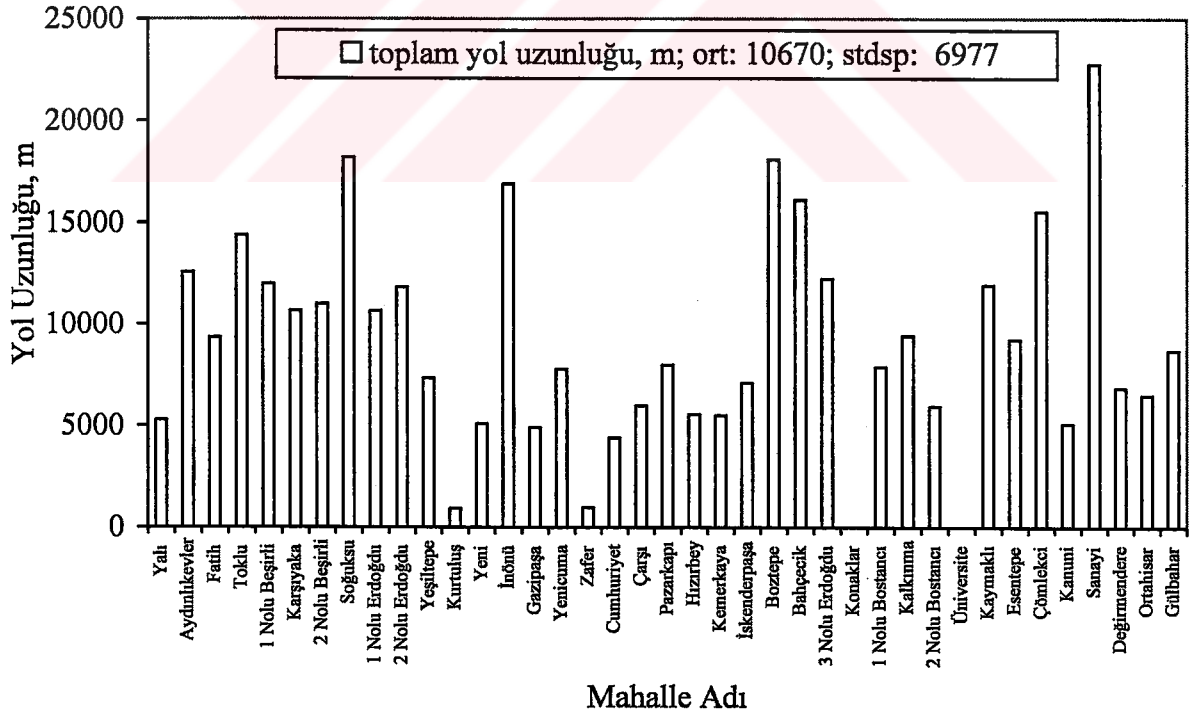
Şekil 3.10 Trabzon Kenti'ndeki mahallelerde 100 m yola düşen hane halkı sayısı.



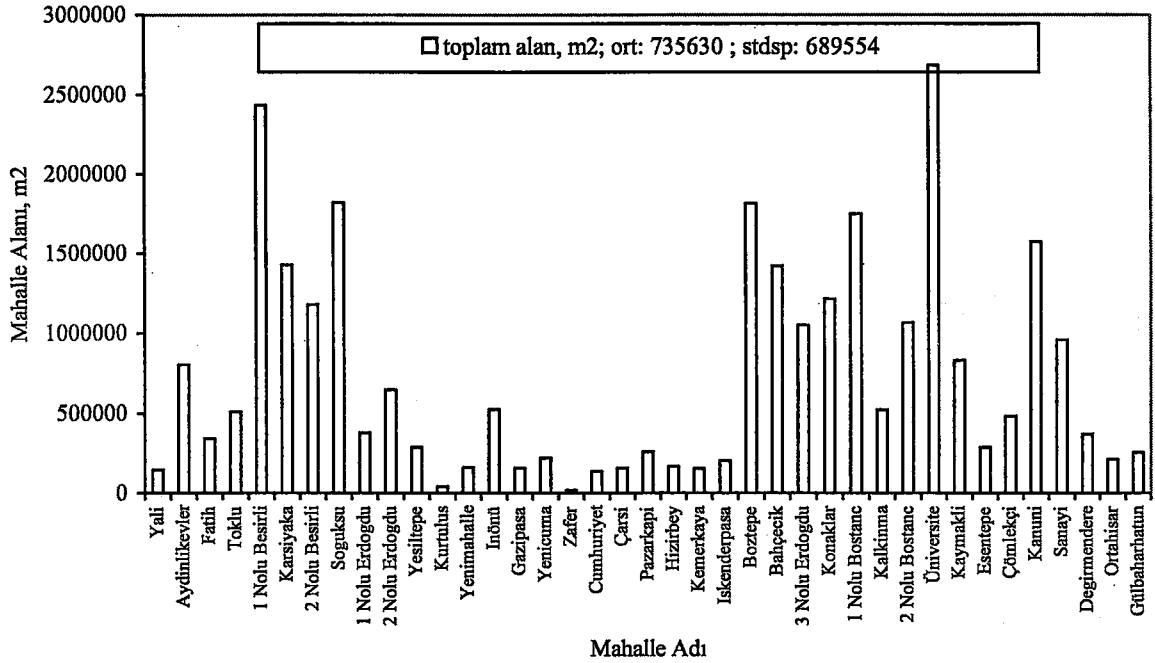
Şekil 3.11 Trabzon Kenti'ndeki mahallelerde 100 m yola düşen kişi sayısı.



Şekil 3.12 Trabzon Kenti'ndeki mahallelerde 1 hektar alana düşen yol uzunluğu.



Şekil 3.13 Trabzon Kenti'ndeki mahallelere düşen toplam yol uzunluğu.



Şekil 3.14 Trabzon Kenti'nde bulunan mahallelerin alanları.

Trabzon'da hane halkı sayısı yaklaşık 58 bindir. Toplam hane halkı sayısının yaklaşık %1'inin HH reisiyle yapılan anket çalışmasında haftalık olarak atılan katı atık hacminin 20 ile 90 L arasında değiştiği ve ortalama 43.3 L olduğu belirlenmiştir (Apaydın vd., 2002). Ayrıca çalışma alanında 2003 yılı içinde toplanan katı atık miktarı ve nüfus dikkate alınarak yapılan çalışmada katı atık üretimi 0.65 kg/kişi-gün olarak belirlenmiştir.

3.2 Trabzon'da Katı Atık Problemine Yönelik Araştırmalar

Trabzon Şehrinde katı atıkların toplanması, taşınması, bertarafı Trabzon Belediyesi Çevre ve Temizlik İşleri Müdürlüğü vasıtasıyla yapılmaktadır. Çevre ve Temizlik İşleri Müdürlüğü bünyesinde müdür ile birlikte 9 kontrol görevlisi, 34 şoför ve 153 işçi olmak üzere toplam 197 kişi çalışmaktadır. Katı atıkların toplanması ve taşınmasında ortalama 20 araç kullanılmaktadır ve 16 araç sıkıştırma tertibatlı arkadan yüklemeli ve 7 m³ faydalı hacimli ve 6 araç sıkıştırma tertibatlı arkadan yüklemeli 15 m³ faydalı hacimlidir. Diğer araçlar sokakların süpürülmesinde ve acil durumlarda kullanılmaktadır. Sıkıştırılmalı ve sıkıştırmasız araçlarla karışık olarak toplanan katı atıklar 2002 yılı başından itibaren Trabzon sahil şeridinde, doğu ve batı kenarları tahkimatlarla ve kuzeyi de yeni yapılmakta olan şehirler arası

yol ile çevrili olup 1.5-2 Ha alana dökülmektedir. Bu durumun 1-2 yıl daha belirtilen şekilde devam edeceği ve Trabzon'da oluşan katı atığın daha sonra Erzurum yolu üzerinde bulunan taşocağı sahası aktarma merkezli olarak Sürmene sınırları içindeki belirlenen katı atık depolama alanına taşınacağı düşünülmektedir.

Ayrıca katı atık analizlerinde ortalama olarak pH 7, C/N oranı 88, su içeriği %76 ve alt kalorifik değer 1700 kJ/kg-katı atık olarak belirlenmiştir (Berkün, 1994).

METAP Projesi; Dünya Bankasının finansörlüğünü yaptığı, Çevre Bakanlığı'nın destekleyip uyguladığı ERM (Environment Research Management) ve TÇT (Tugal Çevre Teknolojileri) firmalarının birlikte yürüttüğü, Türkiye'deki Katı Atık Uygulamaları ile ilgili eksikliklerin açığa çıkarılması ve tamamlanmasına yönelik çalışmaları içermektedir. Çalışma iki kısımdan oluşmaktadır; METAP'ın finansörlüğünü yaptığı, "Ulusal Katı Atık Stratejisi" 'nin belirlenmesine ilişkin çalışmalar Ocak 1995'de başlamış ve nihai rapor Nisan 1996 'da sunulmuştur. İkinci kısım ise Karadeniz kıyısında bir veya daha fazla pilot projenin uygulamaya geçirilmesini içermektedir. Ocak 1996'da başlayan ve "Katı Atık Yönetimi" ne temel teşkil edeceği umulan projenin Ocak 1997'de nihai raporu sunulmuştur. Maliyeti 500000 \$ (Birinci kısım için 300000\$ ve ikinci kısım için 200000\$) olan bu projede ülkemizin tüm çevresel durumunun belirlenmesi, nüfus sıklığı ve güvenliği, yüzey suları ve yeraltı sularının kalitesinin ortaya konulması çalışmaları öngörülmüştür. Projenin hedefleri ise hükümetin katı atık politikasına güç katmak, teknik kurumsal yaptırımsal ve finansal değerlendirme ile mevcut problemlerin belirlenmesi ve problemlerin çözümü için pilot projelerin geliştirilmesidir. METAP Projesi kapsamında Trabzon ve Rize illerinin Karadeniz kıyısında olan merkez ve ilçelerini kapsayan ve katı atık problemine çözüm bulmayı amaçlayan fizibilite çalışması yapılmıştır. Çalışma kapsamında Darıca, Kavaklı, Akçaabat, Söğütlü, Yıldızlı, Akyazı, Trabzon, Maçka, Çukurçayır, Yalınca, Yomra, Arsin, Araklı, Sürmene, Yeniyay, Çamburnu, Of, Kırıccık, İyidere, Der pazarı, Rize ve Gündoğdu belediyelerinin mücavir sahalarında yapılan araştırmalarda; Trabzon ve Rize'de birer aktarma istasyonu kurularak belirtilen ilçe belediye katı atıklarının Çamburnu'da bulunan eski taşocağı sahasında düzenli depolama ile bertaraf edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada yaklaşık 1.5 milyon kişinin oluşturduğu katı atıkların bertarafı hedeflenmiştir. Düzenli depolama alanı olarak düşünülen taşocağı sahasının Trabzon ve Rize merkezlerine uzaklığı yaklaşık 43'er km, rakımı 500 m ve Karadeniz sahiline uzaklığı 3.7 km'dir. Halen Karadeniz sahilindeki belirtilen belediyelerin katı atıkları deniz sahiline (%88.2), derelere (%1.5) ve boş arazilere (%10.3) dökülmektedir (Trabzon Valiliği, 2002; Trabzon Belediyesi, 2003).

1994 yılında yapılan çalışmada bir yıl süreyle katı atık bileşimi incelenmiş ve bertaraf ile ilgili alternatifler araştırılmıştır. Bölgedeki katı atıkların mevcut teknolojilerle yakma ve kompostlaştırmanın ekonomik olmayacağı sonucuna varılmıştır (Berkün, 1994). Trabzon Belediyesi'nin 1996 yılından başlayarak bir yıl süreyle uyguladığı tüketiciye getirtme yöntemiyle katı atıkların bileşenlerine ayrılması (Apaydın, 1998) ile ilgili bir çalışma yapılmıştır. HH için üç farklı konteyner belirlenmiştir: Birinci konteynere sadece kağıt türü atıklar atılacak, ikinci konteynere cam, plastik ve metal atıklar birlikte atılacak ve son konteynere sadece organik ve kül atıklar atılacaktır. Yapılan kontrollerde kağıt (K), metal (M), cam (C) ve plastik (P) atıkların belirtilen yerlere atılmadığı belirlenmiştir. Yapılan kontrollerin sonucuna göre Soğuksu Sitesi dışındaki yerlerde bulunan konteynerlerde %50'nin altında bir uyum gözlenmiştir. İnsanlar atıkları karışık atma eğilimi göstermektedirler. Çalışmalar sürekli yapılırsa uyum sağlanabileceği düşünülmüştür. Tüketiciye getirtmek yerine kaynakta katı atıkların ayrılması ve belediye tarafından toplanmasıyla çok daha olumlu sonuçlar alınacağı belirlenmiştir. İlgili sonuçlar Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Trabzon Belediyesi pilot proje uygulaması verileri (Apaydın, 1998).

Konteynerin Bulunduğu Yer	Konteyner Sayısı	Konteynerde Uygunluk(%)		
		K	C, M ve P	Evsel Atık
Üniversite Mahallesi	18 K, 18 CMP	46	27	20
İskenderpaşa Mah.	8 K, 8 CMP	21	0.0	0.0
Atakent Sitesi (3 Nolu Erdoğan)	5 K, 5 CMP	45	33	20
Soğuksu Sitesi (3Nolu Erdoğan)	1 K, 1 CMP	100	100	-

1998'de Trabzon'da yaşayan insanların tüketim ve katı atık oluşturma alışkanlıklarını ve "kaynakta ayırım" çalışmalarına ilgilerini belirlemek amacıyla bir anket çalışması yapılmıştır. Anket çalışması basit rast gele örnekleme istatistiksel yöntemi ile Trabzon belediyesi sınırları içinde bulunan 34 mahallede; 225 HH ile "soruların yüz yüze okunarak cevapların işaretlenmesi", 175 HH ile ise "anket formunun sunulması ve belirlenen bir günde kontrol edilerek geri alınması" yöntemi ile toplam 400 HH'nın katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Basit rast gele örnekleme istatistiksel yöntemi gereği hareket edilmiş, ayrıca her HH ile tek anket

yapılmıştır. Anket çalışması esnasında Trabzon'da 56738 HH olduğu dikkate alınmıştır (Apaydın, 1998). Anket çalışmaları Trabzon belediyesi mücavir alanlarında bulunan bütün mahallelerde yapılmıştır. Trabzon Belediyesi mücavir alanlarındaki 34 mahallede (daha sonra bazı mahalleler bölünerek sayı 39'a yükseltildi) anket çalışması toplam 56738 hane halkı (HH)'nın yaklaşık %1'i ile yapılmıştır (Kalender ve Apaydın, 1998). Mahallelerde ikamet eden HH sayılarının toplam HH sayısına oranı dikkate alınarak toplam 527 anket yapılması hedeflenmiş ancak değerlendirmeye alınabilen sayı 400 olarak gerçekleşmiştir. Burada amaçlanan şehri mümkün olduğu kadar iyi temsil edebilecek HH ile temas sağlamaktır. İstatistiksel olarak basit rasgele örnekleme (BRÖ) yöntemine göre yapılan bu çalışmada önce bütün mahallelerde 290 adet anket yapılarak %95 güven limiti ile örneğin kitleyi temsil edebilmesi için daha ne kadar anket yapılması gerektiği belirlendi ve bu güven aralığını sağlamak için en az 350 anket yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak BRÖ istatistiksel yöntemine göre 400 örnek 56738 örnekli kitleyi temsil edebilir bulunmuştur ($\alpha=0.05$ ve $t=1.965$).

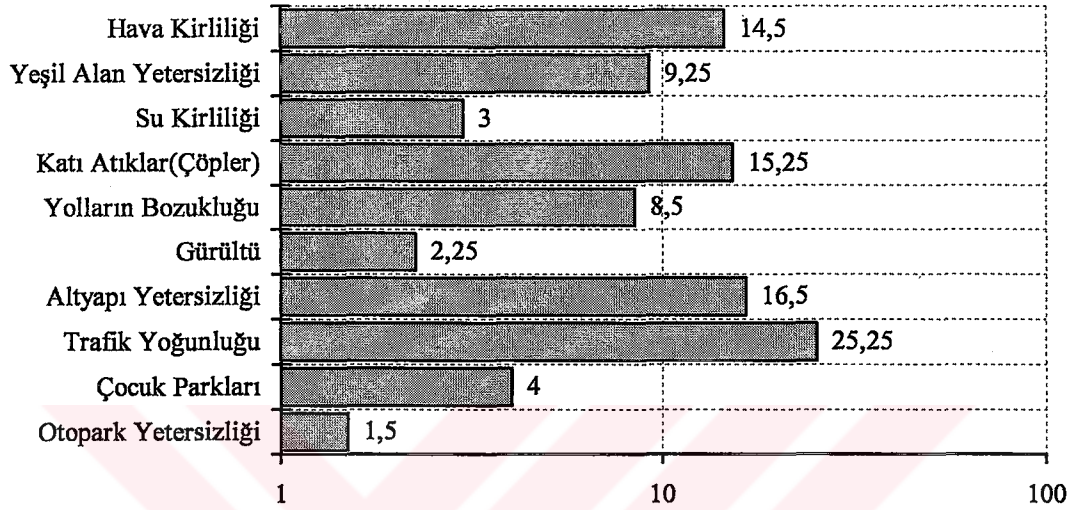
Coğrafi yapısı itibarıyla çöpün düzenli depolanacağı arazi darlığı çekilen bu bölgede "kaynakta ayırım" yapılması suretiyle geri kazanılabilir katı atıkların "ayrı toplanması", organik maddelerin kompostlaştırılma sürecine sokulması ve "vahşi depolama" yükünün hafiflemesi mümkün olacaktır. Bölgede katı atık probleminin çözümüne yönelik yapılan METAP (Mediterranean Environmental Technical Assistance Programme) Projesi hayata geçirildiğinde, sistematik bir katı atık bertarafının sağlanabileceği beklenmektedir (Apaydın ve Üçüncü, 1997).

Trabzon İlinde HH okuma-yazma durumu %81.08, GSMH 2272 USD ve nüfus 851000 kişidir (DİE, 1999). Trabzon'da geri kazanılabilir katı atık ayırım çalışmasının kaynakta yapılması halinde HH katılımının minimum %75.50 olacağı belirlenmiştir (Apaydın ve Kalender, 1999).

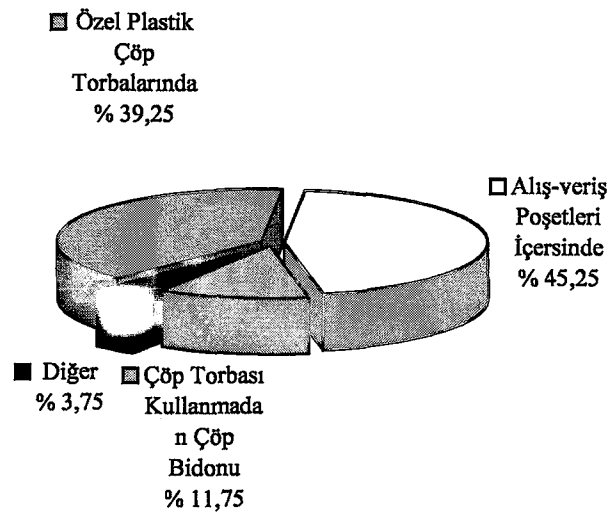
Yapılan anket çalışmasında; eğitim seviyesi arttıkça; metalleri tekrar kullanıp çöpe atma durumunun azaldığı, camları tekrar kullanma durumunun azaldığı, katı atık biriktirmek için yalnızca çöp kabı kullanım durumunun azaldığı, katı atıkları plastik alışveriş poşetlerinde biriktirme durumunun arttığı, GEKA'ları toplama sandığına atma durumunun azaldığı, GEKA'ları gönüllü olarak ayrı biriktirme durumunun azaldığı belirlenmiştir. Yine aynı çalışmada elde edilen önemli sonuçlardan biri de GEKA kampanyalarına katılım oranının eğitim seviyesiyle arttığıdır (Apaydın, 2001).

Trabzon'da yapılan anket çalışmasında hane halkının eğitim durumu, gelir durumu, her

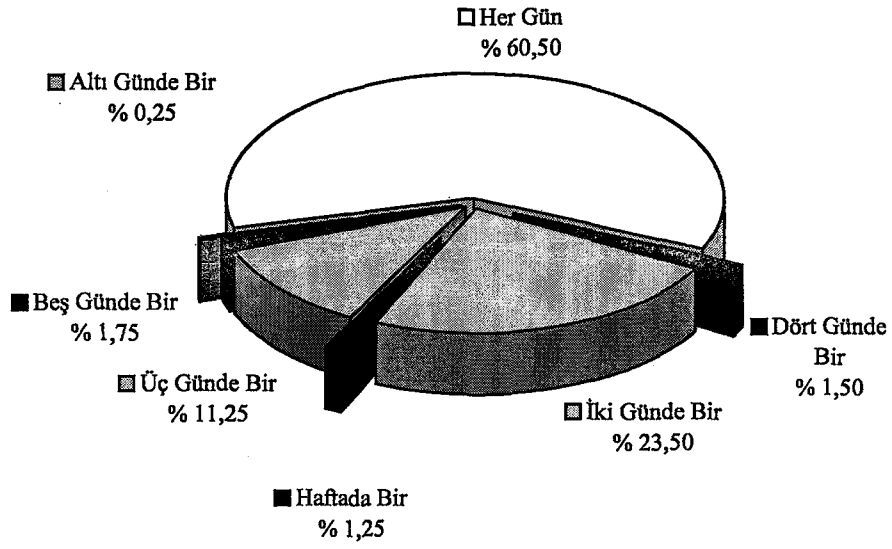
hanede yaşayan kişi sayısı, en önemli olarak düşündükleri çevre problemi ve benzeri özellikler belirlenmiştir. Çalışma ile ilgili sonuçlar Şekil 3.15 ila Şekil 3.23'te verilmiştir (Apaydın ve Kalender 1999). Bu belirlenen özelliklerden hareketle gelecekte yapılacak çalışmalara bilgi sağlanması ve toplumun davranış özelliklerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.



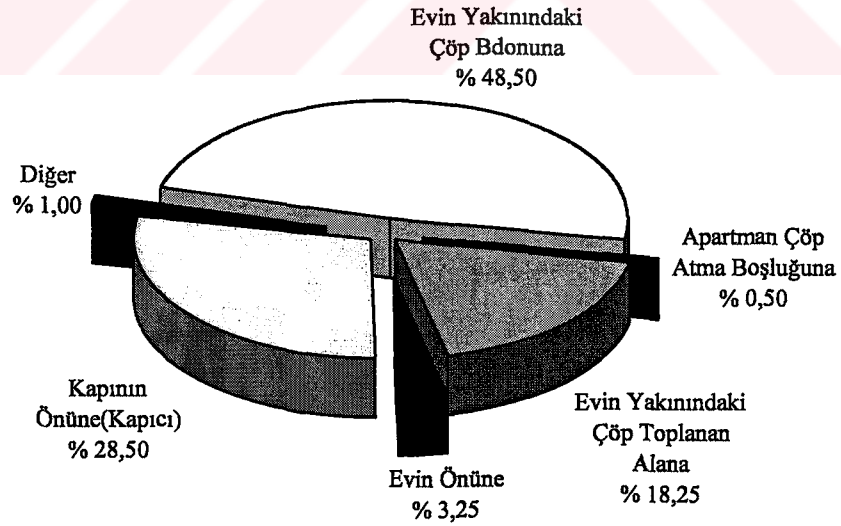
Şekil 3.15 “Trabzon Kenti’nde yaşanan çevre sorunları”na göre HH reisi (Apaydın ve Kalender 1999).



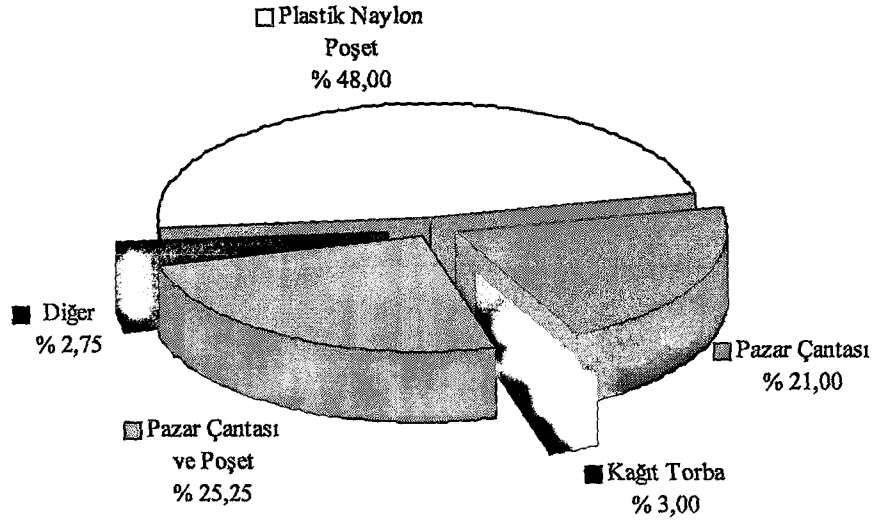
Şekil 3.16 “Çöpleri toplama yöntemi”ne göre HH reisi (Apaydın ve Kalender 1999).



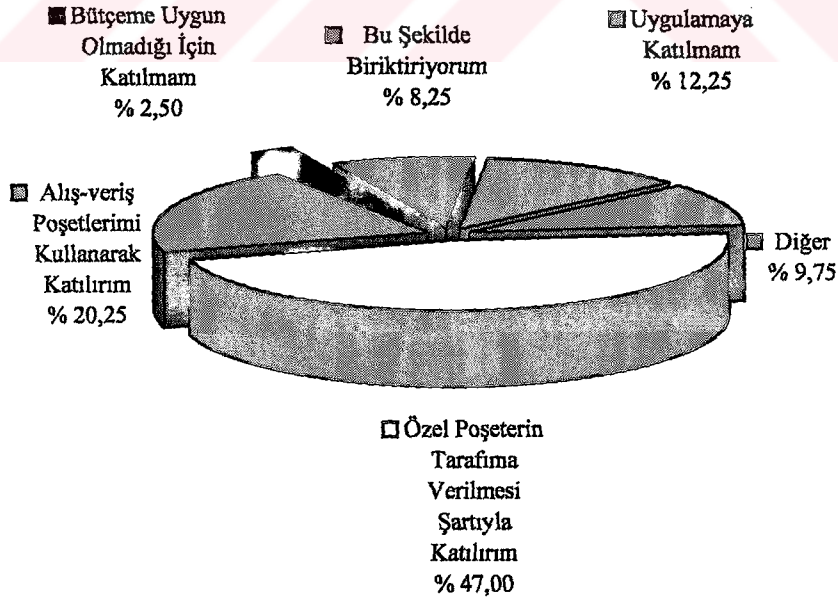
Şekil 3.17 “Çöplerin atılma sıklıkları”na göre HH reisi (Apaydın ve Kalender 1999).



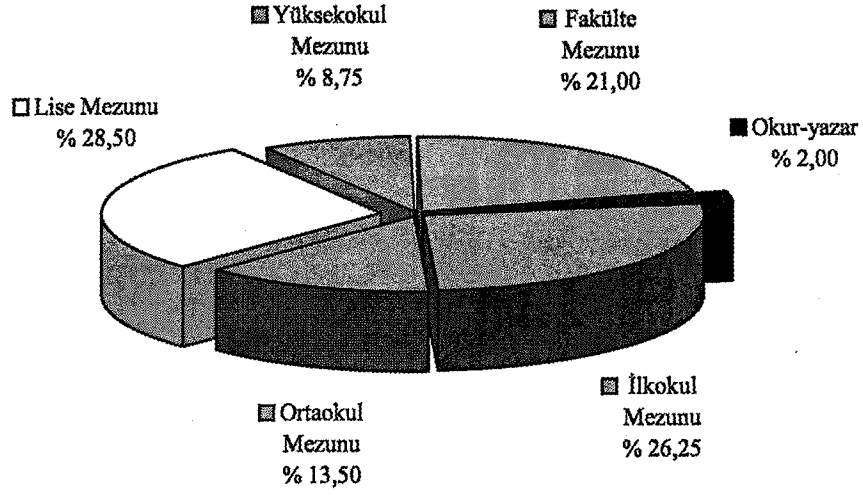
Şekil 3.18 “Çöplerin atıldığı yer”e göre HH reisi (Apaydın ve Kalender 1999).



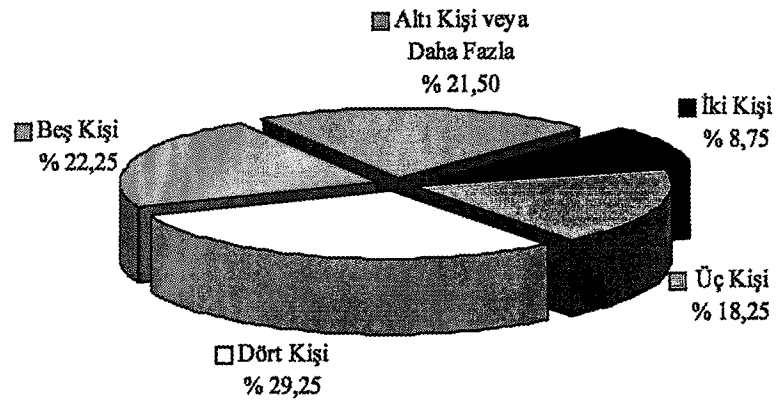
Şekil 3.19 “Pazar alış-verişlerinde kullanılan taşıma malzemesi”ne göre HH reisi (Apaydın ve Kalender 1999).



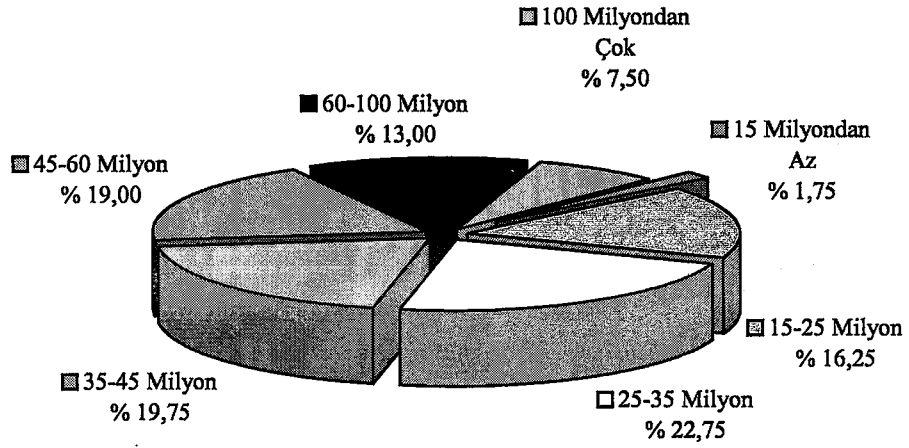
Şekil 3.20 “Kaynakta ayırım uygulamasına katılım”a göre HH reisi (Apaydın ve Kalender 1999).



Şekil 3.21 “Eğitim durumu”na göre HH reisi (Apaydın ve Kalender 1999).



Şekil 3.22 Trabzon Kenti’nde “hane halkını oluşturan kişi sayısı” (Apaydın ve Kalender 1999).



Şekil 3.23 “Aylık ortalama gelir”e göre HH reisi (1998 yılı ücretleri) (Apaydın ve Kalender 1999).

Trabzon’da üretilen kısa vadede sahil dolgu malzemesi bileşeni olma dışında bertaraf etme olasılığı gözükmeyen ortalama 200 ton/gün katı atığın miktarını azaltmak ve sahilin yükünü hafifletmek gerekmektedir. Bu nedenle, katı atıkları bileşenlerine kaynaktan ayırmak suretiyle depolanması gerekli atık miktarının azaltılabileceği düşünülmektedir. Yapılan ankette, "tüketiciden alma" yöntemiyle kaynaktan ayırma yapılması durumunda uygulamaya katılamayacağını belirten HH’nın sadece %12,25 olduğu belirlenmiştir. Katı atıkların düzenli depolanarak bertarafı, mevcut uygun bertaraf teknolojilerinin en ekonomik olanı olduğundan; katı atık depolama yükünü hafifletmek, ekonomik değeri olan maddeleri zayi etmemek ve ekonomiye katkı sağlamak amacıyla, kaynaktan ayırma ve düzenli depolama sürecine ivedili olarak hız vermek gerekmektedir. HH eğitim durumu arttıkça GEKA ayırma çalışmalarına katılım eğiliminin arttığı, ancak gönüllü olarak kaynaktan GEKA ayırma eğiliminin azaldığı sonuçları bizi çevreye duyarlılığın sadece eğitimle değil kültürel birikimle ilgili olduğu sonucuna götürmektedir. Hane halkının periyodik olarak ilgili konularda bilgilendirilmesi zorunluluğu kaçınılmazdır. Entegre katı atık yönetiminin en önemli ayaklarından birinin de HH olduğu gerçeğini gözardı etmemeliyiz.

4. TRABZON ŞEHİRİ'NDE KAYIT ORTAMLI OLARAK KATI ATIK TOPLAMA/TAŞIMA YÖNETİMİNİN ARAŞTIRILMASI

4.1 Amaç, Hedef ve Kapsam

Trabzon şehrinde mevcut katı atık toplama/taşıma işlemlerini optimize edebilmek için gerekli parametreleri tespit etmek için, mevcut durum, kayıtlı ortam ile Haziran-Eylül 2003 tarihleri arasında araştırılmıştır. Kayıtlı ortam araştırmasında; öncelikle katı atık toplama/taşıma araçlarının güzergahları ve güzergahlarında geçirdikleri süreler ve kat ettikleri yollar tespit edilerek; aşağıda sıralanan toplama işlemi eylem ve bileşenlerine ait süreler için tespitler yapılmıştır:

Ts: Herhangi iki duruş arasında geçen süre, seyir süresi

Td: Araç sağa/sola ve geriye dönüş süreleri (seyir süresi içinde yer alır ve seyir süresine etki eder).

Ta: Noktadan atık alma süresi

Ti: Trafik ışığında bekleme süresi

Ty: Trafik yoğunluğu nedeniyle bekleme süresi

Tga: Katı atık alma noktaları arasında geçen süre, katı atık almasız rota süresi ($Tga=Ts+Ti+Ty$).

Tg: Katı atık alma noktaları arasında geçen toplam süre, güzergah süresi ($Tg=Tga+Ta=Ts+Ti+Ty+Ta$).

4.2 Kayıtlı Ortamla Güzergah İzleme İçin Materyal ve Yöntemler

Araştırmada Çizelge 4.1'de teknik özellikleri verilen Sony DCR-TRV145E marka dijital video kamera kullanılmıştır. Kayıt ortamı olarak 8 mm'lik 60-65 dakika süreli dijital kayıt özellikli video kasetler kullanılmıştır. Kamera ile yapılan araştırmada, katı atık toplama aracının garajdan ayrılışından başlayarak, çöp depo alanına erişene kadar sürekli olarak kayıt yapılmıştır. Kayıtlar sürücü kabininde durularak gerçekleştirilmiştir. Araştırmada Trabzon'da kullanılmakta olan tüm güzergahlarda, mevcut toplama araçları ile dolaşmıştır. Araştırma esnasında, sürücü ve katı atık toplayan işçilere araştırmadan etkilenmeden normal çalışma

durumlarında olmaları ögütlenmiştir.

Kamera ile yapılan görüntülü kayıtlar çözümlenerek değerlendirilmiştir .

Çizelge 4.1 Kayıtlı Ortam Çalışmasında Kullanılan Araç Gereçler ve Teknik Özellikleri

1.Video kamera

SONY DCR-TRV145E Digital Handycam video kamera

2.Güç kaynakları:

SONY AC POWER ADAPTOR: AC-L15A (GİRİŞ: 100-240 V 50/60Hz, ÇIKIŞ: 8.4V 1.5A)

Tekrar şarj edilebilir Li-ion piller:

SONY NP-FM30; 7.2 V 5 Wh, en az 85 dakika en çok 115 dakika süreli güç vermektedir

SONY NP-QM71; 7.2 V 19.9 Wh en az 340 ve en çok 445 dakika süreli güç vermektedir

3.Kayıt ortamı: Kasetler

SONY Digital 8 (8 mm), 60-65 dakika dijital kayıt yapılabilmektedir

TDK Digital 8 (8 mm), 60-65 dakika dijital kayıt yapılabilmektedir

4.3 Mevcut Güzergahların Tespiti ve Harita Üzerinde Gösterilmesi

Katı atık toplama işleminde kullanılan araçlar arkadan yüklemeli ve atık sıkıştırma (presleme) düzeneklerine sahiptir. Kullanılan araçlarla hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama işlemleri eş zamanlı olarak yapılabilmektedir. Toplama işleminde güzergah takibi yapılan araçların hepsinde 1 şoför 2 işçi toplam 3 personel görev yapmaktadır. Bütün personel, ilk katı atık alma noktasına kadar aracın şoför kabininde birlikte seyahat etmektedir. Katı atık alma işleminin başlamasıyla işçiler ya aracı yürüyerek takip etmekte ya da aracın arkasında ayakta ve tutunarak seyahat etmektedirler. Aracın dolmasıyla birlikte toplama işlemi de bitmektedir. Deponiye bütün araç personeli şoför kabininde birlikte gitmektedir. Deponide araç boşaltılırken işçiler araçtan inmekte ve sıkıştırma tertibatlı aracın boşaltılmasına yardımcı olmaktadır. Konteynerli toplama işleminde kullanılan konteynerlerin hepsi 4 tekerlekli ve çoğunluğu 300 L kapasitelidir. Konteynerli toplama işleminde işçiler, konteynerleri araca birlikte yaklaştırmaktadır. Konteynerler, katı atık toplama aracının kaldırma düzeneğinin işçilerden biri tarafından kullanılmasıyla araca boşaltılmaktadır. Konteyner aynı

mekanizmayla yere indirilmekte ve alındığı yere götürülmektedir. Konteyner aracın arkasında bulunan kaldırma düzeneğine iki işçi tarafından takıldıktan sonra işçilerden biri konteynerin boşaltılması ile ilgilenirken diğeri de ya diğerk noktada bulunan konteynerle ilgili hazırlık yapmakta ya da yerlere dökülen katı atıkları süpürerek o noktanın temiz bırakılmasını sağlamaktadır.

Arazide gerçekleştirilen ve tüm şehri kapsayan kayıt ortamlı güzergah araştırmaları esnasındaki gözlemler, kamera kayıtları ve 1/1000 ölçekli halihazır haritalar da göz önünde tutularak Şekil 4.1 ila Şekil 4.10'da görüldüğü gibi toplam 10 güzergah kısayol programı da kullanılarak sayısal yol haritasında gösterilmiştir.

Güzergah 1: Katı atık toplama işlemlerinin günde 7-8 defa yapıldığı ticari aktivitenin ve trafiğin yoğun olduğu ana caddeler (Şekil 4.1).

Güzergah 2: Tarihi binaların yoğun olduğu, iş yoğunluğunun olduğu, dar sokakların bulunduğu orta düzeyde gelirli hane halkının ikamet ettiği alanlar (Şekil 4.2).

Güzergah 3: Tarihi binaların yoğun olduğu, iş yoğunluğunun olduğu, dar sokakların bulunduğu düşük gelirli hane halkının ikamet ettiği alanlar (Şekil 4.3).

Güzergah 4: Tarihi binaların yoğun olduğu, iş yoğunluğunun bulunduğu, dar sokakların olduğu yüksek gelirli hane halkının ikamet ettiği alanlar (Şekil 4.4).

Güzergah 5: Yeni yerleşim alanı, müstakil ev, apartman ve sitelerin olduğu , geniş cadde ve sokak, orta ve yüksek gelirli HH ikamet eden alanlar(Şekil 4.5).

Güzergah 6: Tarihi dokunun korunarak yeni yerleşim alanlarıyla takviye edildiği, yüksek gelirli HH ikamet alanları (Şekil 4.6).

Güzergah 7: Tarihi dokunun korunarak yeni yerleşim alanlarıyla takviye edildiği, orta gelirli HH ikamet alanları (Şekil 4.7).

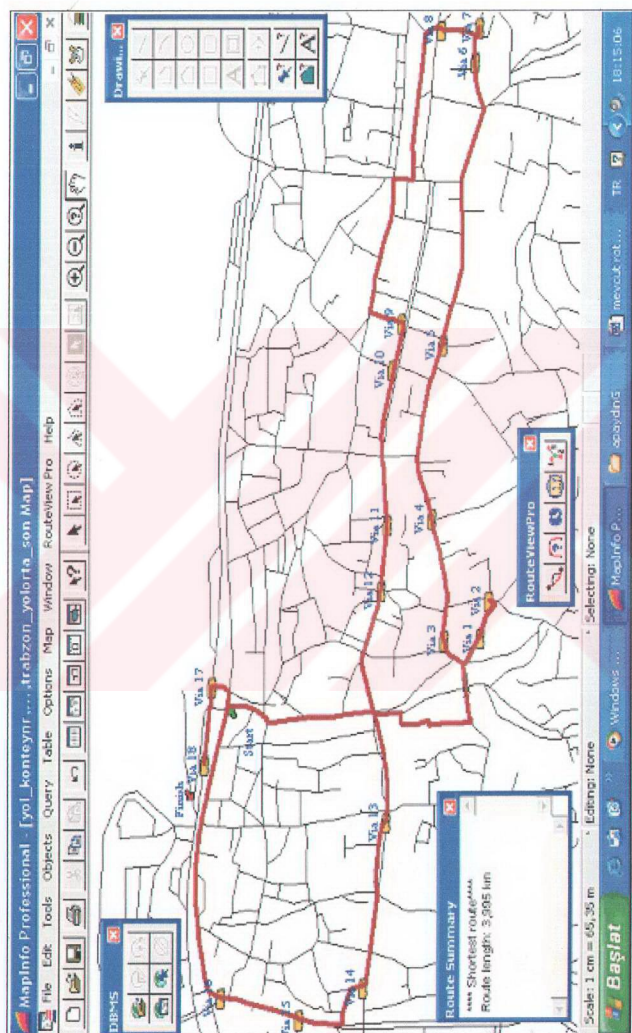
Güzergah 8: Yeni yerleşim, katlı blokların olduğu, geniş cadde ve sokak, yüksek gelirli HH ikamet alanları (Şekil 4.8).

Güzergah 9: Yeni yerleşim, müstakil 2-3 katlı bahçeli evlerin olduğu, geniş cadde ve sokak, yüksek gelirli HH ikamet alanları (Şekil 4.9).

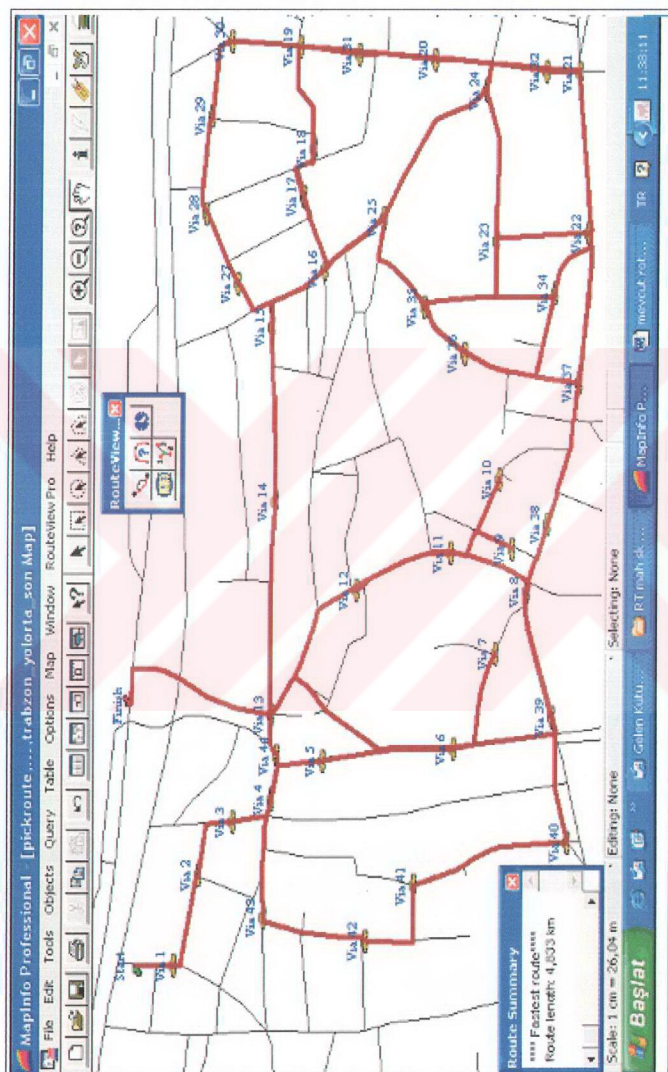
Güzergah 10: Yeni yerleşim, kat adedi 2-5 olan müstakil evlerin yoğun olduğu, geniş cadde ve sokak, orta ve düşük gelirli HH ikamet alanları (Şekil 4.10).

Güzergah 1’de, katı atık toplama işlemlerinin günde 7-8 defa yapıldığı ticari aktivitenin ve trafiğin yoğun olduğu ana caddeler yer almaktadır. Bu güzergahtaki yolların büyük bölümü bölünmüş yol niteliklidir. Cadde kenarlarında 8-10 katlı binalar ve iş merkezleri bulunmaktadır. Burada katı atık toplama işlemi hem konteynerli hem de kaldırımdan yapılmaktadır. Konteyner noktalarında 1-4 konteyner bulunmaktadır. Hane halkı katı atıklarını günün her hangi bir anında konteynerlere bırakabilmektedir. Kaldırımdan alınan katı atıklar burada çoğunlukla işyerleriyle sınırlıdır. Konteyner noktalarına ulaşmak, park eden araçlar nedeniyle yer yer zor olmaktadır. Maraş Caddesinde bulunan bazı konteyner noktalarının toplama aracına 15-20 m mesafede olduğu tespit edilmiştir. Araç, konteynere en yakın noktada durmakta ve tekerlekli konteynerler işçiler tarafından bulundukları noktadan aracın yanına getirilmektedir.

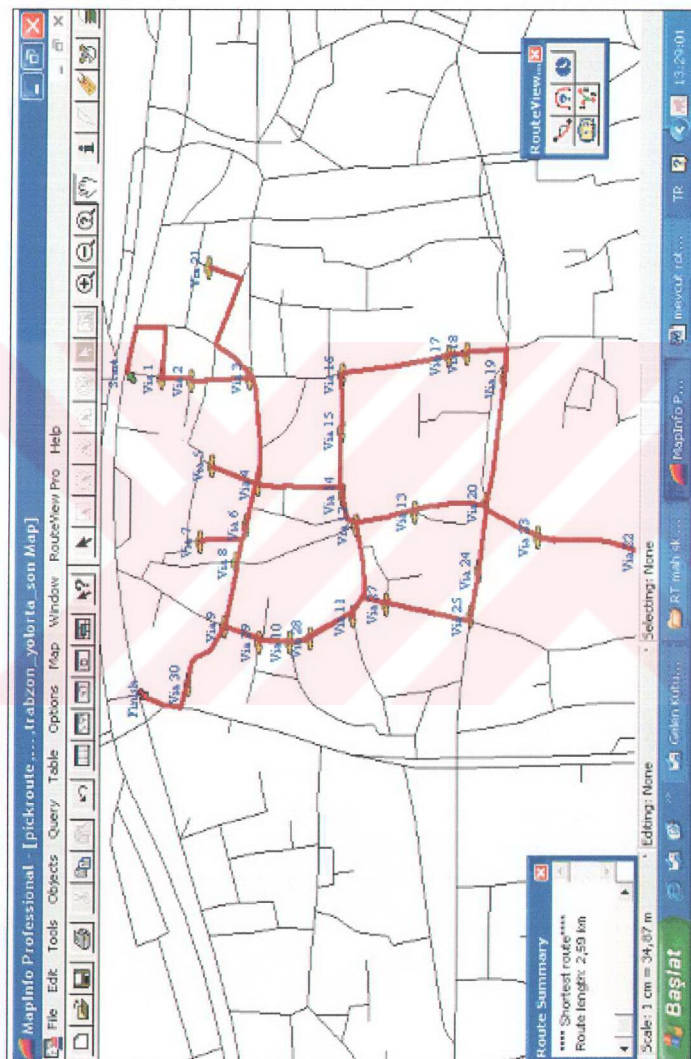




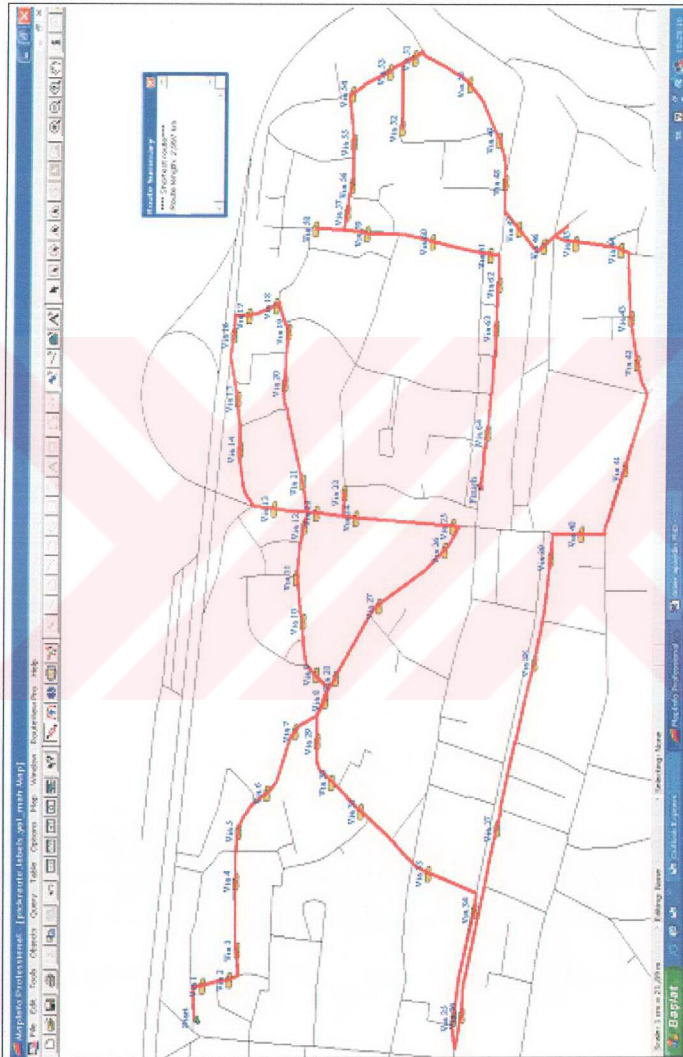
Şekil 4.1 Güzergah 1: Ana caddelerde 12 m³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç güzergahı



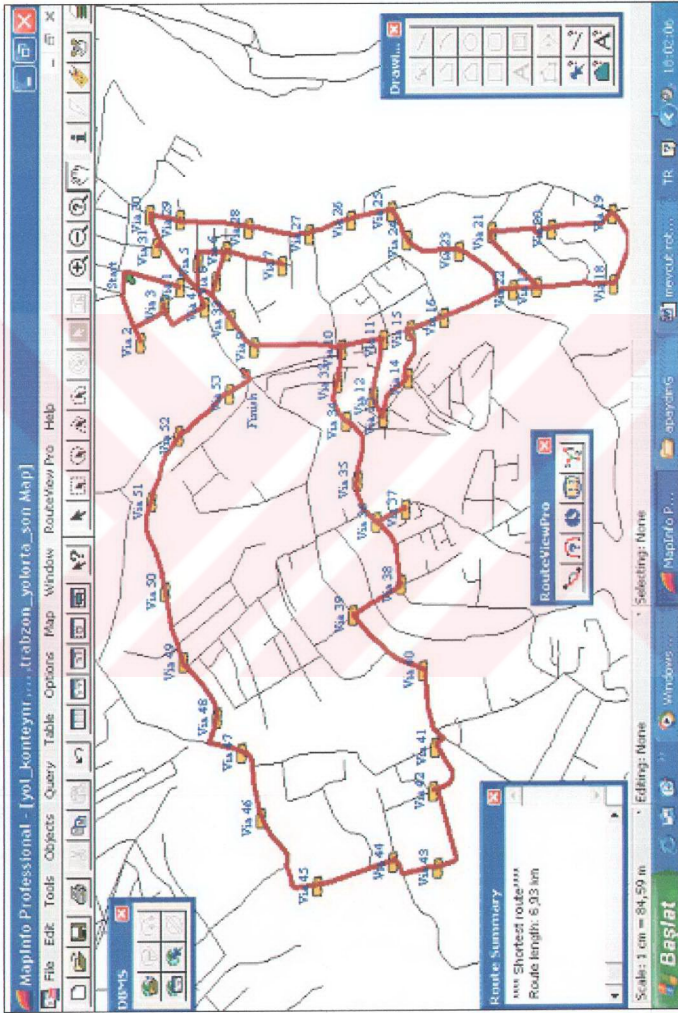
Şekil 4.2 Güzergah 2: Pazarkapı-Çarşı 7 m³ arkadan yüklemeli sıkıştırmalı araç mevcut güzergahı 1.



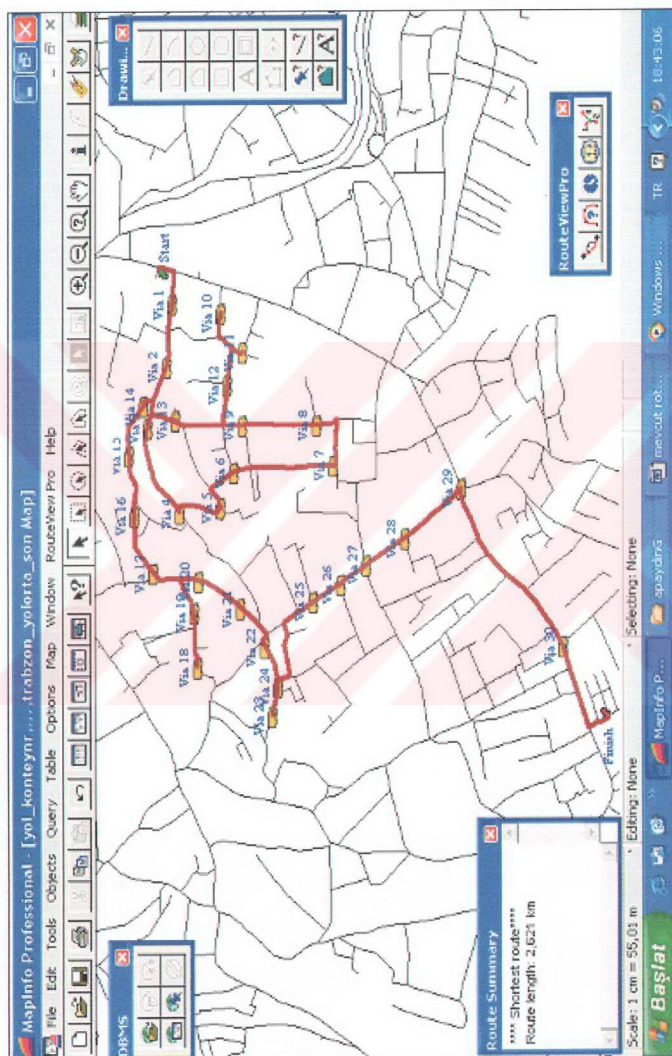
Şekil 4.3 Güzergah 3: Pazarkapı-Çarşı 7 m³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç mevcut güzergahı 2.



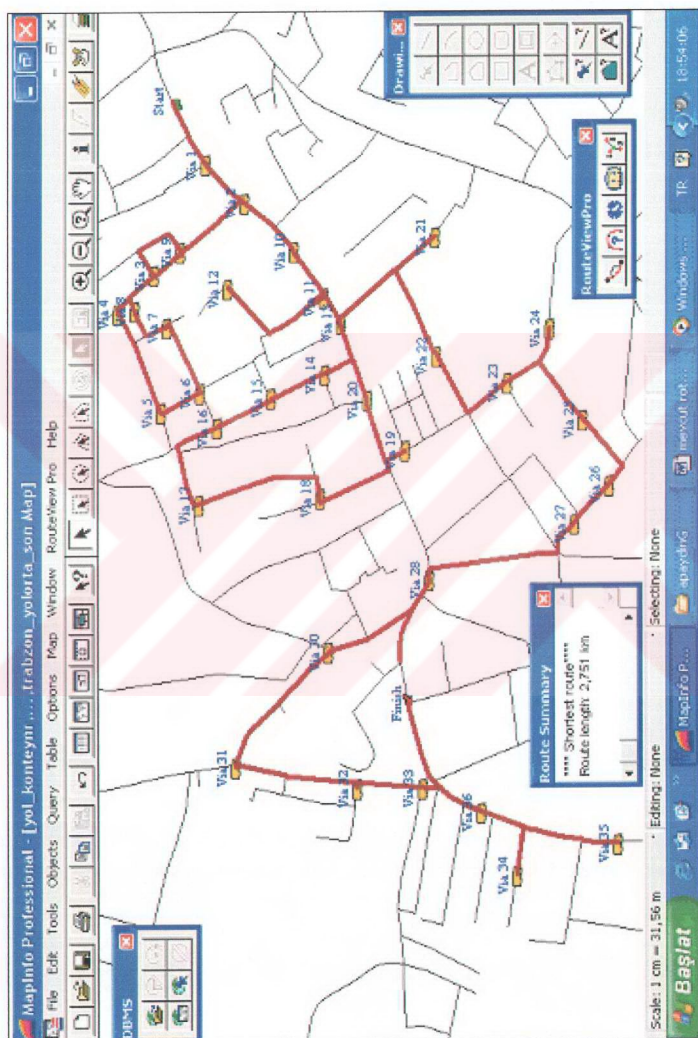
Şekil 4.4 Güzergah 4: Pazarkapı-Çarşı 7 m³ arkadan yüklemeli sıkıştırmalı araç mevcut güzergahı 3.



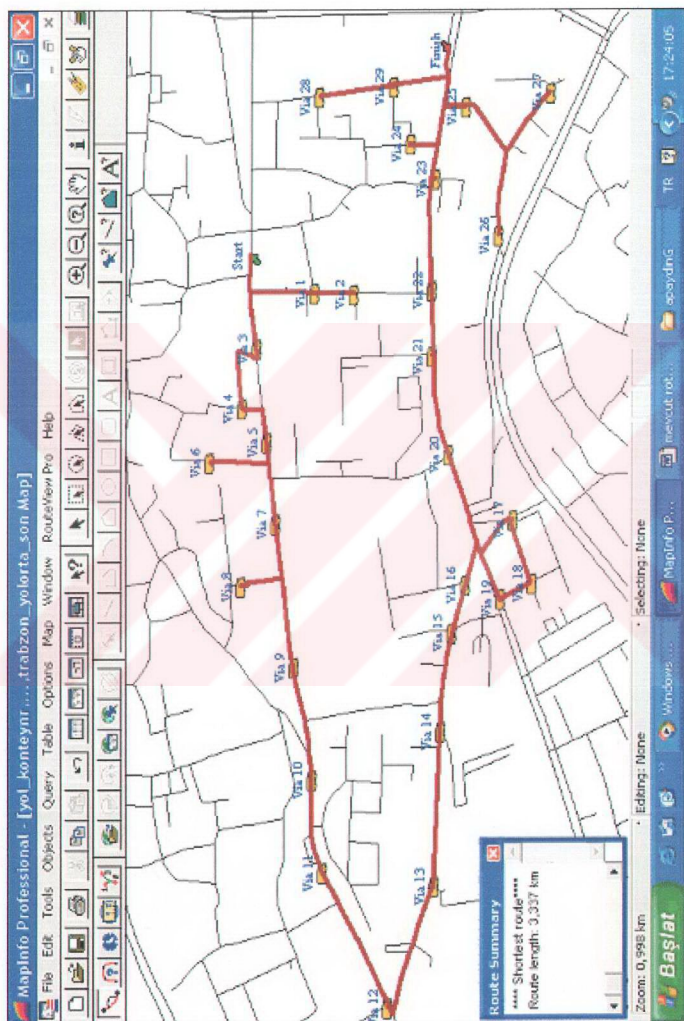
Şekil 4.5 Gütergah 5: Erdoğdu 2-3 Mahalleleri 15 m³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç mevcut güzergahı.



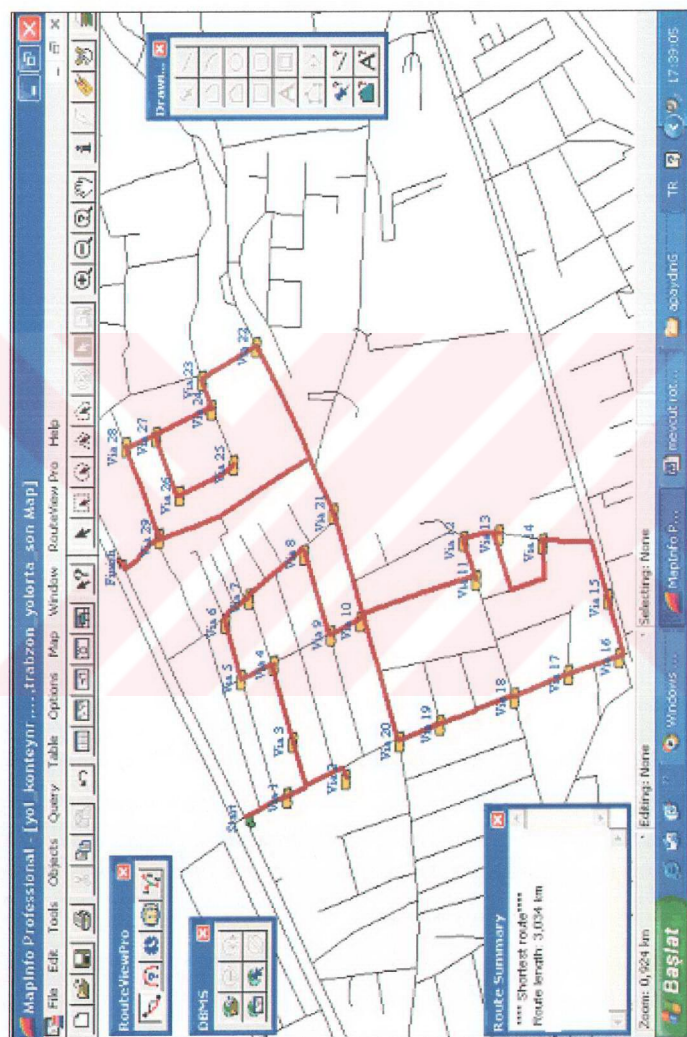
Şekil 4.6 Güzergah 6: Boztepe-Yenicuma-Gazipaşa 12 m³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç mevcut güzergahı 1.



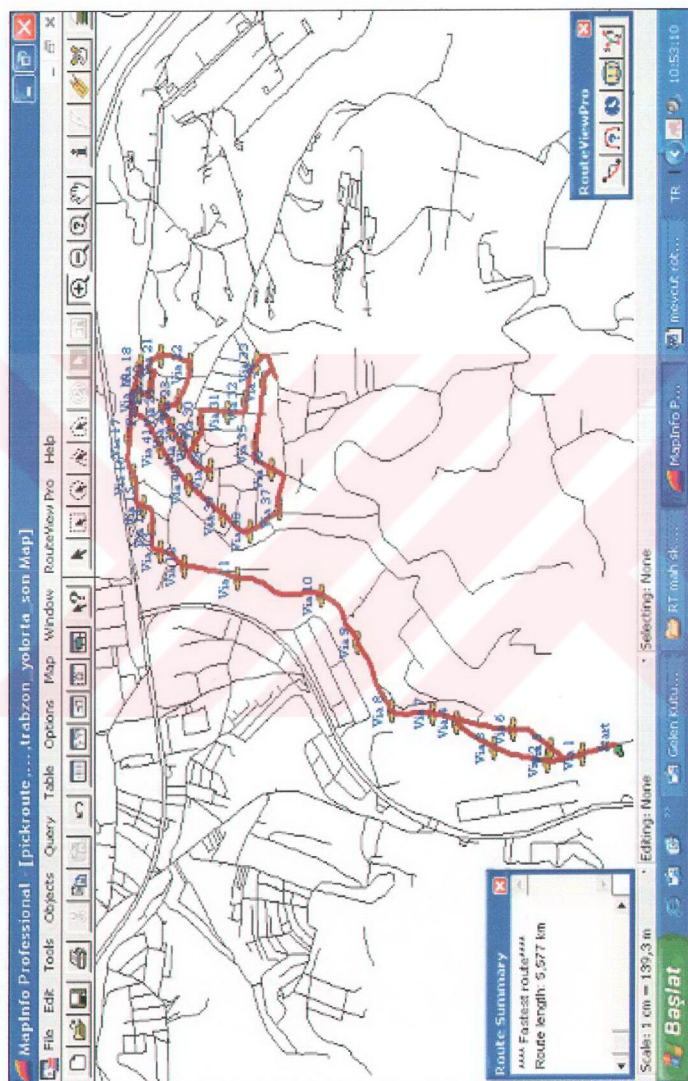
Şekil 4.7 Güzergah 7: Boztepe-Yenicuma-Gazipaşa 12 m³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç mevcut güzergahı 2.



Şekil 4.8 Güzergah 8: Yenimahalle-G.Hatun 12 m³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç mevcut güzergahı 1.



Şekil 4.9 Güzergah 9: Yenimahalle-G.Hatun 12 m³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç mevcut güzergahı 2.



Şekil 4.10 Güzergah 10: Kalkınma-Bostancı 15 m³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç mevcut güzergahi.

4.4 Kamera Kayıtları Çözümleme Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Görüntü çözümleme ile elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda, elde edilen bulgular ve istatistiki değerlendirmeler burada başlıklar halinde ve ayrıntılı olarak sıralanmıştır.

a) Toplama işleminin yapıldığı güzergahlarda incelenen bileşenlerin cadde/sokaklara göre değişimi:

Sokak/cadde uzunluklar, atık miktarı, na, ta, Sokak ve cadde büyüklüklerinin değişimi Şekil Ek , Şekil Ek 2 Kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile uzunlukları ilişkisi.

ve **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**'te; toplama işleminde alınan katı atık miktarının cadde/sokaklara göre değişimi Şekil Ek , Şekil Ek ve Şekil Ek 'da; katı atık alma noktaları arasındaki mesafelerin cadde/sokaklara göre değişimi Şekil Ek , Şekil Ek ve Şekil Ek 'da; katı atık alma sürelerinin cadde/sokaklara göre değişimi Şekil Ek , Şekil Ek ve Şekil Ek 'de; katı atık alma amaçlı durma sayılarının cadde/sokaklara göre değişimi Şekil Ek , Şekil Ek ve Şekil Ek 'te verilmiştir. Belirtilen ilişkilerle ilgili toplu değerlendirme Çizelge 4. 2'de verilmiştir.

b) Toplama işleminin yapıldığı güzergahlarda yol, hız, atık miktarı gibi bileşenler arasındaki ilişki:

Katı atık toplama işleminde alma noktasında bulunan toplam katı atık miktarı ile alma süresi arasındaki ilişki Şekil Ek , Şekil Ek ve Şekil Ek 'de; güzergah süresi ile alınan katı atık miktarı arasındaki ilişki Şekil Ek , Şekil Ek ve Şekil Ek 'de; araç seyir süresi ile alınan katı atık miktarı arasındaki ilişki Şekil Ek , Şekil Ek ve Şekil Ek 'te; konteyner sayısı ile katı atık alma süresi arasındaki ilişki Şekil Ek 're; alınan katı atık miktarı ile aracın katettiği yol arasındaki ilişki Şekil Ek , Şekil Ek ve Şekil Ek 'de; aracın kat ettiği yol ile araç ortalama hızı arasındaki ilişki Şekil Ek , Şekil Ek ve Ek 31'de verilmiştir. Belirtilen kriterler ile ilgili deneysel ilişkiler Çizelge 4. 3'te verilmiştir.

Çizelge 4. 2 Toplama racı güzergahında katı atık alma türüne göre bazı parametreler.

Parametreler		Toplama aracı güzergahında katı atık alma türü		
		konteyner*	kaldırım**	karışık***
Cdde/sokak uzunluğu, m	maks.	1053	2420	510
	ort.	88	131	160
	min.	9	20	20
	cadde/sokak sayısı	154 (Ek 1)	114 (Ek 2)	34 (Ek 3)
Katı atık miktarı, L	maks.	2100	2500	3800
	ort.	518	326	1064
	min.	300	16	330
	cadde/sokak sayısı	154 (Ek 4)	114 (Ek 5)	34 (Ek 6)
Katı atık alma noktaları arasındaki mesafe, m	maks.	533	177	200
	ort.	79	54	61
	min.	10	10	20
	cadde/sokak sayısı	154 (Ek 7)	114 (Ek 8)	34 (Ek 9)
Katı atık alma süresi (Ta), s	maks.	309	882	746
	ort.	70	94	185
	min.	10	5	16
	cadde/sokak sayısı	154 (Ek 10)	114 (Ek 11)	34 (Ek 12)
Araç katı atık alma amaçlı durma sayısı	maks.	4	22	11
	ort.	1.1	2.9	3.2
	min.	1	1	1
	cadde/sokak sayısı	154 (Ek 13)	114 (Ek 14)	34 (Ek 15)

* Katı atık alma noktasında sadece konteyner(ler) bulunmaktadır ve şoför haricinde bir işçinin operatörlüğünde konteynerler araca boşaltılmaktadır.

** Katı atık alma noktasına herhangi bir kap ile bırakılmış katı atıkların işçiler tarafından alınarak araca konulmaktadır/boşaltılmaktadır.

*** Katı atık alma noktasında hem konteyner(ler)de hem de kaldırımda katı atık bulunmaktadır. Burada konteynerli ve kaldırımdan toplama aynı noktada birlikte gerçekleştirilmektedir.

Çizelge 4. 3 Toplama araç güzergahında atık alma türüne göre bazı parametreler arasındaki deneysel ilişkiler.

Parametreler	Birim	Toplama araç güzergahında katı atık alma türü		
		konteyner	kaldırım	karışık
Katı atık alma süresi (T_a) ile miktarı (MSW) ilişkisi	T_a : s	$T_{ac}=0.15(MSW_C)-9.7$ (Ek 16)	$T_{ak}=0.25(MSW_K)+11.4$ (Ek 17)	$T_{akc}=0.17(MSW_{KC})+0.4$ (Ek 18)
Güzergah süresi (T_g) ile katı atık miktarı (MSW) ilişkisi	T_g : s, MSW: L_g	$T_{gc}=0.17(MSW_C)+28.6$ (Ek 19)	$T_{gk}=0.35(MSW_K)+33.4$ (Ek 20)	$T_{gkc}=0.31(MSW_{KC})-35.3$ (Ek 21)
Araç seyir süresi (T_s) ile katı atık miktarı (MSW) ilişkisi	T_s : s	(Ek 22)	$T_{sk}=0.10(MSW_K)+22.1$ (Ek 23)	$T_{skc}=0.13(MSW_{KC})-38.6$ (Ek 24)
Konteyner sayısı (KS) ile alma süresi (T_{ak}) ilişkisi	KS: adet	$T_{ac}=46.02(KS)-9.7$ (Ek 25)	-	-
Katı atık miktarı (MSW) ile katedilen yol (D) ilişkisi	D: m	(Ek 26)	$MSW_K=2.23(D)+65.1$ (Ek 27)	$MSW_{KC}=2.32(D)+691.6$ (Ek 28)
Araç ortalama hızı (V) ile katedilen yol (D) ilişkisi	V : km/h	$V_c=5.79Ln(D)-10.7$ (Ek 29)	$V_k=7.29Ln(D)-10.9$ (Ek 30)	$V_{kc}=2.04Ln(D)-1.8$ (Ek 31)

c) **Toplama işleminde T_g , T_a , T_{ga} , T_s sürelerinin aracın kat ettiği mesafeye göre değişimi:**

Konteynerli katı atık toplama işleminde geçirilen süreler (T_g , T_a , T_{ga} , T_s) ile aracın kat ettiği yol arasındaki ilişki Şekil Ek 'de; kaldırımdan katı atık toplama işleminde geçirilen süreler (T_g , T_a , T_{ga} , T_s) ile aracın kat ettiği yol arasındaki ilişki Ek 33'te; aynı katı atık alma noktasında hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama işlemi yapılması durumunda geçirilen süreler (T_g , T_a , T_{ga} , T_s) ile aracın kat ettiği yol arasındaki ilişki Şekil Ek 'te; karışık katı atık toplama işleminde geçirilen süreler (T_g , T_a , T_{ga} , T_s) ile aracın kat ettiği yol arasındaki ilişki Ek 35'te verilmiştir.

Çalışma alanında yapılan kayıt ortamı incelemeler neticesi olarak elde edilen süre-mesafe

verilerine göre, katı atık toplama aracının belli mesafeleri katetmesi esnasında geçirilen süre ile mesafe arasında logaritmik ilişki görülmektedir. Katı atık toplama aracının katettiği yol artışına bağlı olarak süre de artan hızlı olarak artmakta ve belli bir noktadan sonra azalan hızlı olarak artışını sürdürmektedir.

Burada, çalışma alanındaki mevcut katı atık toplama işlemlerinde $T_g > T_a > T_{ga} > T_s$ olduğu görülmektedir. Katı atık toplama işlemi göz önüne alındığında amaca uygun bir sonuç olarak nitelendirilebilir. Amaç katı atık toplamak olduğuna göre, güzergahta geçirilen sürelerin en büyük kesrini “katı atık alma süresi”nin teşkil etmesi istenen bir durumdur.

Güzergah süresi (T_g), katı atık almasız güzergah süresi dışındaki sürelerin toplamını ifade etmektedir. Burada verilen bütün şekillerde güzergah süresi eğrisi, beklendiği üzere, katedilen yola bağlı olarak en büyük zaman değerlerini haizdir.

Katı atık alma süresi (T_a), toplama güzergahında güzergah süresinin en büyük kesri olarak görülmektedir. Aracın güzergahtaki seyri katı atık toplamak olduğundan bu durum beklenen ve istenen sonuç olarak kabul edilmektedir.

Katı atık almasız güzergah süresi (T_{ga}), katı atık alma işlemi esnasında geçirilen sürelerin toplamı olarak ifade edilmektedir. Katı atık alma süresinden küçük olması beklenen ve istenen bir sonuçtur ve çalışma alanı verisi bu durumla uyumluluk göstermektedir.

Katı atık toplama aracı seyir süresi (T_s), güzergah boyunca aracın hareket halinde olduğu süreleri ifade etmektedir. Araç seyri esnasında “empty miles” olarak ifade edilen “boşa katedilen yollar”ı da içermektedir. Kat edilen yolların optimize edilmesiyle minimize edilmesi mümkün olmaktadır. Çalışma alanında güzergahlarda geçirilen sürelerin en küçüğü olması istenen ve beklenen bir sonuçtur.

d) Toplama işlemi yapılan güzergahların TM, HH, BS, T_a , T_s , T_{ga} , T_g , n_a , n_d gibi değişkenler yönüyle karşılaştırılması:

Sayısal yol haritasından yararlanarak Trabzonda bulunan 39 mahallenin her birine düşen toplam yol uzunlukları Çizelge 4.4’te verilmiştir.

Çizelge 4.4 Trabzon'da bulunan 39 mahallenin her birine düşen toplam yol uzunlukları.

Mahalle NO	Mahalle Adı	Toplam Yol Uzunluğu, m	Mahalle NO	Mahalle Adı	Toplam Yol Uzunluğu, m
1	Yalı	5264	22	Kemer kaya	5487
2	Aydınlıkevler	12562	23	İskenderpaşa	7082
3	Fatih	9324	24	Boztepe	18087
4	Toklu	14392	25	Bahçecik	16104
5	1 Nolu Beşirli	12003	26	3 Nolu Erdoğdu	17881
6	Karşıyaka	10658	27	Konaklar	19207
7	2 Nolu Beşirli	10982	28	1 Nolu Bostancı	7857
8	Soğuksu	18190	29	Kalkınma	9416
9	1 Nolu Erdoğdu	10641	30	2 Nolu Bostancı	5930
10	2 Nolu Erdoğdu	11810	31	Üniversite	39148
11	Yeşiltepe	7311	32	Kaymaklı	11923
12	Kurtuluş	930	33	Esentepe	9224
13	Yenimahalle	5076	34	Çömlekci	15542
14	İnönü	16904	35	Kanuni	5057
15	Gazipaşa	4881	36	Sanayi	22768
16	Yenicuma	7753	37	Değirmendere	6827
17	Zafer	984	38	Ortahisar	6459
18	Cumhuriyet	4374	39	Gülbahar	8672
19	Çarşı	5953		Toplam	416146
20	Pazarkapı	7954		Ortalama	10670
21	Hızırbey	5529		Standart Sapma	6977

Çizelge 4.4'e göre, Trabzon Kenti sayısal yol haritasında mahallelere düşen yol uzunlukları minimum 930 m (Kurtuluş Mahallesi), maksimum 39148 m (Üniversite Mahallesi), ortalama 10670 m ve toplam 416146 m olmaktadır.

e) Katı atık toplama güzergahlarının TM, HH, BS, Ta, Ts, Tga, Tg, na, nd gibi değişkenlere göre analizi:

Kayıt Ortamlı çalışmalar ve coğrafi verilerin değerlendirilmesi neticesi olarak katı atık toplama güzergahlarının TM, HH, BS, Ta, Ts, Tga, Tg, na, nd gibi değişkenlere göre durumu Şekil Ek ıla Şekil Ek aralığında verilmiştir. Katı atık toplama güzergahı toplam uzunluğu

(TM) minimum 1352 m ve maksimum 6895 m olarak belirlenmiştir. Toplama güzergahında bulunan bina sayısı (BS) minimum 208 ve maksimum 625; hane halkı sayısı (HS) minimum 897 ve maksimum 3304, katı atık miktarı minimum 5230 L ve maksimum 47350 L; katı atık alma süresi (Ta) minimum 1006 s ve maksimum 4529 s, katı atık almasız güzergah süresi (Tga) minimum 557 s ve maksimum 4609 s; güzergah süresi (Tg) minimum 2198 s ve maksimum 9938 s; araç dönüş sayısı (nd) minimum 6 ve maksimum 41; katı atık alma noktası sayısı (na) minimum 26 ve maksimum 108 s; birim bina sayısına düşen güzergah uzunluğu minimum 5,28 m ve maksimum 25,2 m; bina sayısı başına düşen katı atık miktarı minimum 14,8 L ve maksimum 92,2 L; bina başına katı atık alma süresi minimum 3,9 s ve maksimum 22,5 s; bina sayısı başına düşen seyir süresi minimum 1,9 s ve maksimum 8,8 s; bina başına düşen katı atık almasız güzergah süresi minimum 2,2 s ve maksimum 9,3 s; bina başına düşen güzergah süresi minimum 6,9 s ve maksimum 31,8 s; bina başına düşen katı atık alma sayısı minimum 0,1 ve maksimum 0,4; hane halkı sayı başına düşen güzergah uzunluğuna minimum 1,1 ve maksimum 3,8; hane halkı başına düşen katı atık miktarı minimum 3,1 L ve maksimum 14,3 L; hane halkı başına düşen katı atık alma süresi minimum 0,95 s ve maksimum 2,11 s; hane halkı başına düşen araç seyir süresi minimum 0,44 s ve maksimum 2,29 s; hane halkı başına düşen katı atık almasız güzergah süresi minimum 0,44 s ve maksimum 2,29 s; hane halkı başına düşen güzergah süresi minimum 1,42 s ve maksimum 4,16 s; hane halkı başına düşen katı atık alma noktası sayısı minimum 0,017 ve maksimum 0,049; birim güzergah uzunluğuna düşen bina sayısı minimum 0,03 ve maksimum 0,18; birim güzergah uzunluğuna düşen hane halkı sayısı minimum 0,26 ve maksimum 0,87; birim güzergah uzunluğuna düşen katı atık miktarı minimum 1,3 L ve maksimum 6,8 L; birim güzergah uzunluğuna düşen katı atık alma süresi minimum 0,25 s ve maksimum 1,21 s; birim güzergah uzunluğuna düşen araç seyir süresi minimum 0,31 s ve maksimum 1,07 s; birim güzergah uzunluğuna düşen katı atık almasız güzergah süresi minimum 0,34 s ve maksimum 1,07 s; birim güzergah uzunluğuna düşen güzergah süresi minimum 0,59 s ve maksimum 1,94 s; birim güzergah uzunluğuna düşen katı atık alma noktası sayısı minimum 0,011 ve maksimum 0,036 olarak belirlenmiştir.

5. TRABZON ŞEHİRİ KATI ATIK TOPLAMA/TAŞIMA OPTİMİZASYONU

5.1 Amaç, Hedef ve Kapsam

Tez çalışmasının bu bölümünde, Trabzon şehrinde arazide yapılan yerinde tespitler göz önüne alınarak ve bu bölümde verilecek diğer veriler kullanılarak toplama işleminde en kısa yol optimizasyonu yapılması ve toplama/taşıma süresi ve kat edilen yol değişkenleri açısından azalma dolayısıyla maliyetlerde tasarruf sağlanması hedeflenmiştir.

Toplama/taşıma işleminin optimizasyonu amacıyla matematiksel modelleme türlerinden optimizasyon modeli kullanılmıştır (Wisniewski ve Darce, 1990). Optimizasyon için kullanılan lineer programlama modeli, belirli kısıtlar altında amaç fonksiyonunun (z) minimum yapıldığı problemidir. Burada oluşturulan lineer programlama modelinde, toplama/taşıma aracının kat ettiği mesafenin optimize edilmesi temel amaçtır.

Katı atık toplama modeli için kabuller :

- Katı atıklar konteynerlerden toplanarak depolama merkezine götürülmektedir.
- Toplama/taşıma maliyetleri toplanan katı atık ve toplama/taşıma mesafesinin bir fonksiyonudur.
- Depolama alanının kapasitesi sınırlı değildir. Katı atık toplama alanından doğrudan depolama alanına götürülmektedir.
- Her konteynerin diğer konteynerler ve depolama alanlarına tek yol bağlantısı vardır (optimize edilen yol, en kısa yol)

Minimizasyon: Konteynerli toplama işlemi için toplama araçlarının kat ettiği yol, birim katı atık toplama/taşıma maliyetleri, araç kapasitesi, depolama alanı kapasitesi ve sayısı değişkenlerine bağlı olarak genel amaç fonksiyonu (5.1)'de verilmiştir.

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p C_{ijk} X_{ijk} \quad (5.1)$$

Burada;

m: konteyner sayısı

n: katı atık toplama aracının toplama işlemini bitirdiği nokta sayısı

p: depolama yeri sayısı

C_{ijk} : X_{ijk} ton katı atığı toplama ve taşıma maliyetidir, değeri (5.2-5.4)'te verilmiştir.

$$C_{ijk} = \sum_{i=1}^m C_{ij} + \sum_{j=1}^n C_{jk} \quad (5.2)$$

$$C_{ij} = c_1 \sum_{i=1}^m D_{ij} \quad (5.3)$$

$$C_{jk} = c_2 \sum_{j=1}^n D_{jk} \quad (5.4)$$

Amaç fonksiyonunun minimizasyonu amacıyla çalışma alanı verisi olarak ilgili kısıtlar (5.5-5.6)'da verilmiştir.

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^m X_{ijk} \leq M_A \quad (5.5)$$

$$X_{ijk} \geq 0, \quad i=1,2,\dots,m; \quad j=1,2,\dots,n; \quad k=1,2, \dots,p \quad (5.6)$$

Burada,

M_A : Katı atık toplama/taşıma aracı kapasitesi, ton/sefer

C_{ij} : katı atıkların i konteynerinden C_1 maliyetini haiz toplanması maliyeti, \$/ton

C_{jk} : katı atıkların j noktasından k depolama alanına C_2 maliyetini haiz taşınması maliyeti, \$/ton

C_1 : Katı atık toplama birim maliyeti (çalışma alanı verisi), \$/km.ton

C_2 : Katı atık taşıma birim maliyeti (çalışma alanı verisi), \$/km.ton

D_{ij} : Katı atık toplama işleminde optimize edilen güzergah mesafesi, km

D_{jk} : Katı atık taşıma işleminde optimize edilen taşıma mesafesi, km

5.2 Katı Atık Toplama/Taşıma Optimizasyonu Materyal ve Metodu

Trabzon Şehri katı atık toplama/taşıma işlemi optimizasyonu amacıyla kullanılan araç gereçler ve yapılan çalışmalar burada verilmiştir.

Trabzon Şehri sayısal yol haritasının hazırlanması

Burada, Trabzon Belediyesinden temin edilen 1/1000 ölçekli 250 paftadan müteşekkil halihazır haritaların sayısallaştırılması, paftaların birleştirilmesi, yol orta noktalarının belirlenmesi, yolların çift ya da tek yönlü oluşlarının güncellenmesi, mahalle sınırlarının belirlenmesi, mahalle alanlarının tespiti yapılmıştır. Kullanılan sayısal yol haritasının projeksiyonu Turkish Coordinate System [(GK 3 Degree k=1-ED50] ve Category Members: GK Central Meridian 39 [ED50] olarak ayarlanmıştır. Yol haritası altlık olarak kullanılmış ve diğer tabakalar da aynı projeksiyonda üretilmiştir.

Sayısal yol haritası üzerinde sorgulamaları yaparken kullanılmak üzere 1/1000 ölçekli Trabzon halihazır haritaları kullanılarak MapInfo™ üzerinde yeni tematik haritalar hazırlamıştır. Sayısal yol haritasına ilave olarak hazırlanan tabakalar (layer) yol eğimi, konteyner noktaları, bina sayısı, hane halkı sayısı, cadde ve sokak için rota süresi, cadde ve sokak için seyir süresi, katı atık alma süresi, trafik nedeniyle durma süresi, trafik ışık noktaları, sola ve sağa dönüş süreleri şeklinde sıralanabilir ve 11 adettir.

Trabzon Şehri nüfus tahmini

DİE kaynaklarından elde edilen verilere göre, 1927 ile 2000 yılları dahil yapılan 15 nüfus sayımına göre Trabzon İl genel nüfusu yıllık ortalama %1.28 artmıştır. En düşük nüfus artışının %0.24 olarak 1940-1945 yılları arasında en yüksek nüfus artış hızı ise 1927-1935 yılları arasında %2.9 olarak gerçekleşmiştir. Trabzon Kenti ile ilgili 1927-2000 yılları arasında yapılan 15 nüfus sayımı değerlendirildiğinde, yıllık nüfus artış hızının en yüksek olduğu yılların 1955-1960 arası %5.2 oranıyla gerçekleştiği görülmektedir. Nüfusun kırsal yerleşim yerlerine ve diğer illere göçü gibi nedenlerle 1940-1945 arasında Trabzon Kenti nüfusu %1.8 oranında azalarak 5 yılda 32728 kişi olan nüfus 29824 kişiye azalmıştır. 1940-1945 yılları dışında Trabzon Kenti nüfusu yıllık ortalama %2.8 artarak 2000 yılı DİE resmi verilerine göre 183968 kişiye ulaşmıştır. 73 yıllık zaman diliminde elde edilen DİE verileri kullanılarak 2004 Trabzon Kenti tahmini nüfusu belirlenmiş ve Şekil Ek 'de verilmiştir.

1997 yılında Trabzon Belediyesi'nin yaptığı Hane halkı sayımı kullanılarak gelecek nüfuslar mahallelere oranlanmıştır. Böylece Trabzon Kentinde bulunan 39 mahallenin 2004 nüfusları tahmin edilerek Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Trabzon Kenti'nde bulunan 39 mahallede tahmin edilen 2004 yılı nüfusu ve hane halkı sayıları.

MAHALLE ADI	ID	NÜFUS 2004	HH 2004	MAHALLE ADI	ID	NÜFUS 2004	HH 2004
1 NOLU BEŞİRLİ	5	5146	834	İSKENDERPAŞA	23	3055	879
1 NOLU BOSTANCI	31	691		KALKINMA	32	6829	1065
1 NOLU ERDOĞDU	9	11516	3198	KANUNİ	39	529	
2 NOLU BEŞİRLİ	7	10232	2723	KARŞIYAKA	6	3236	1007
2 NOLU BOASTANCI	33	1502		KAYMAKLI	36	5795	1271
2 NOLU ERDOĞDU	10	8808	6024	KEMERKAYA	22	2367	742
3 NOLU ERDOĞDU	26	10437	2356	KONAKLAR	29	3215	
AYDINLIKEVLER	2	6769	1248	KURTULUŞ	12	1368	297
BAHÇECİK	25	8665	2072	ORTAHIŞAR	42	3359	
BOZTEPE	24	12187	2942	PAZARKAPI	20	2774	942
CUMHURİYET	18	5186	340	SANAYİ	40	3045	626
ÇARŞI	19	2083	993	SOĞUKSU	8	5908	
ÇÖMLEKÇİ	38	4174	1314	TOKLU	4	8646	2538
DEĞİRMENDERE	41	5085	1015	ÜNİVERSİTE	34	6376	758
ESENTEPE	37	4897	1562	YALI	1	4045	1045
FATİH	3	11593	3520	YENİCUMA	16	8313	3636
GAZİPAŞA	15	5221	1536	YENİMAHALLE	13	2306	604
GÜLBAHARHATUN	43	4731	2511	YEŞİLTEPE	11	6419	1373
HIZIRBEY	21	3133	859	ZAFER	17	1876	445
İNÖNÜ	14	14194	4145				
TOPLAM				39 Mahalle	-	215711 kişi	56420 HH

Trabzon Şehrinde oluşan katı atık miktarının ve bileşiminin belirlenmesi ve hane halkı gelir durumuna göre mahallelerin gruplandırılması

Trabzon'da aylık ortalama sıcaklık değerinin 15 °C'nin altına düştüğü aylar (Şekil 3.1) kış mevsimi (Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan) ve diğer aylar Yaz mevsimi (Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim) olarak alınarak katı atık niceliğini gruplandırabiliriz. Çünkü Trabzon'da kül atığı oluşturan ısınma alternatifleri yoğun olarak kullanılmaktadır. 1998 yılında yapılan çalışmada (Kalender ve Apaydın, 1998) konutlarda odun ve kömür türü kül oluşturan maddeleri ısınma kaynağı olarak kullanma oranı %62.3 olarak belirlenmiştir. Trabzon'da bulunan yaklaşık 37000 konutta ısınma amaçlı olarak odun ve kömür kullanılmaktadır (Trabzon Şehrinde yaklaşık 58000 konut bulunmaktadır). Trabzon şehri katı atık kantitatif analiz ortalama sonuçları Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2 Trabzon Şehri katı atık bileşimi.

Katı Atık Bileşeni	KIŞ MEVSİMİ		YAZ MEVSİMİ	
	Atık Bileşimi,%		Atık Bileşimi,%	
	Berkün, 1994		Apaydın, 1998	Haziran-Eylül 2003
Kağıt ve karton	5.9	6.2	4.83	9.7
Plastik	0.9	1	5.93	7.8
Metal	0.4	0.8	2.01	2.9
Cam	0.7	0.6	1.91	2.1
GEKA toplamı	8	8.6	16.89	22.6
Organik	56	59	-	65.0
Kül	9.1	0.4	-	0.5
Diğer	27	32	83.11	12.0

Trabzon 4000 yıllık geçmişi olan tarihi bir kenttir ve her gelir grubundan hane halkı hemen hemen her mahallede yaşayabilmektedir. Bu nedenle Trabzon'da bulunan mahalleler binaların durumuna bakılarak Trabzon Belediyesi tarafından üç gruba ayrılmıştır: yüksek gelirli, orta gelirli ve düşük gelirli. Mahallelerin hane halkı gelir durumuna göre gruplandırılması Çizelge 5.3'te ve coğrafi yerleşimi Şekil 5. 1'de verilmiştir.

Çizelge 5.3 Trabzon Kenti’nde bulunan mahallelerin gelir durumuna göre gruplandırılması.

Gelir Durumuna Göre Gruplandırma			
Yüksek	Orta		Düşük
Cumhuriyet	Boztepe	Aydınlıkevler	Bostancı1
Çarşı	Çömlekçi	Erdoğdu 1	Değirmendere
Gazipaşa	Kalkınma	Erdoğdu 2	Esentepe
İskenderpaşa	Kemer kaya	Erdoğdu 3	Kaymaklı
Üniversite	Konaklar	Fatih	Sanayi
Beşirli 1	Ortahisar	Karşıyaka	Zafer
Beşirli 2	Pazarkapı	Kurtuluş	Kanuni
Gülbaharhatun	Yenicuma	Toklu	Bostancı2
Hızırbey	Bahçecik	Yalı	
İnönü	Soğuksu		
Yenimahalle	Yeşiltepe		

Çizelge 5.3’te görüldüğü gibi Trabzon şehrinde bulunan 39 mahallenin 11’i yüksek, 20’si orta ve 8’i düşük gelir grubunda değerlendirilmektedir.

Trabzon Belediyesi Temizlik işleri Müdürlüğü bünyesinde yapılan çalışmalar neticesi olarak güzergahlara göre 2000 yılı ikinci yarısında elde edilen GEKA verilerinin bu tez çalışmasında yapılan analizler ve düzenlemeler sonucu elde edilen verilerin GEKA içeriğinin gelir gruplarına göre durumu Çizelge 5.4’te ve ayrıntılı olarak ise Çizelge 5.5’te verilmiştir.

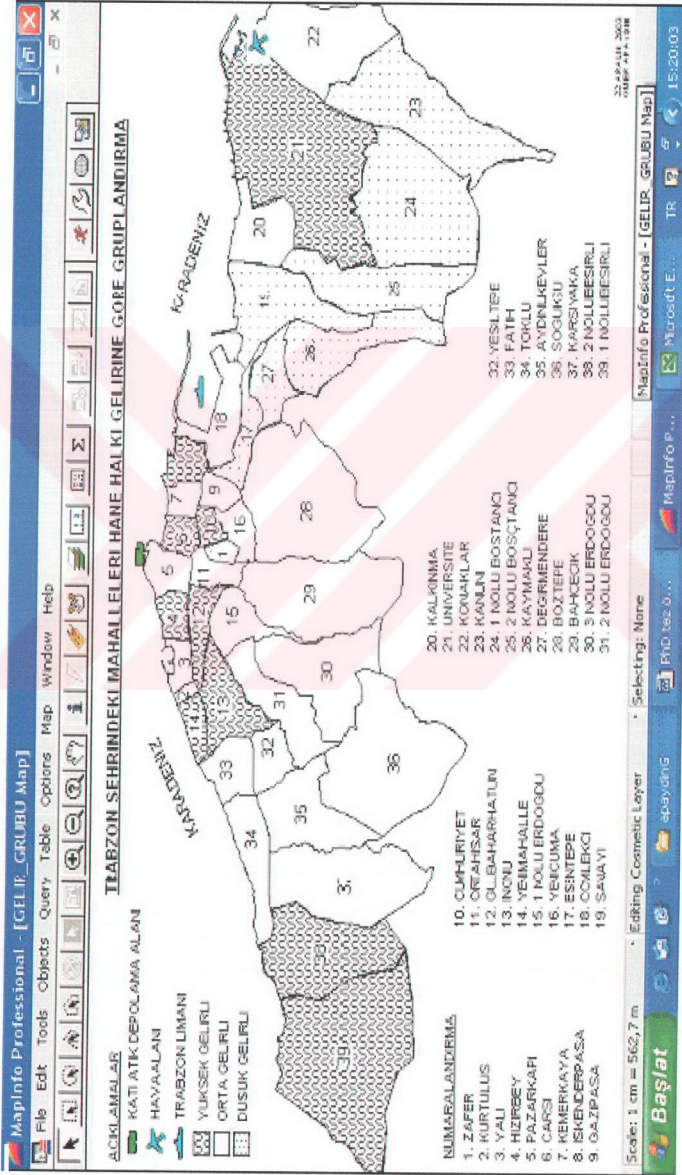
Çizelge 5.4 Trabzon Kenti’nde GEKA içeriğinin gelir gruplarına göre oranları.

Katı Atık Bileşeni (%)	Gelir Durumu		
	Yüksek	Orta	Düşük
Kağıt ve karton	11.1	10.4	8.1
Metal	3.6	2.8	2.2
Cam	3	2.7	1.7
Plastik	7.8	7.5	7.3
Toplam GEKA	25.5	23.4	19.3

Çizelge 5.5 Trabzon Kenti'nde bulunan 39 mahalledeki gelir grubuna göre GEKA oranları

MAHALLE ADI	Gelir ⁽¹⁾	s.no	ID	Yaş Ağırlık Yüzdesi Olarak Atık Bileşeni (%)				
				Kağıt ve karton	Metal	Cam	Plastik	GEKA
1 NOLU BEŞİRLİ	Y	1	5	12.2	3.3	2.7	6.3	24.5
1 NOLU BOSTANCI	D	2	31	7.2	3.6	3.6	9.3	23.7
1 NOLU ERDOĞDU	O	3	9	5.6	1.5	1.5	7.1	15.7
2 NOLU BEŞİRLİ	Y	4	7	12.2	3.3	2.7	6.3	24.5
2 NOLU BOSTANCI	D	5	33	7.2	3.6	3.6	9.3	23.7
2 NOLU ERDOĞDU	O	6	10	5.6	1.5	1.5	7.1	15.7
3 NOLU ERDOĞDU	O	7	26	5.6	1.5	1.5	7.1	15.7
AYDINLIKEVLER	O	8	2	9	1.5	2.7	6.5	19.7
BAHÇECİK	O	9	25	10.2	1.2	2.1	7.6	21.1
BOZTEPE	O	10	24	10.6	1.9	2.9	8.6	24
CUMHURİYET	Y	11	18	10.6	1.9	2.9	8.6	24
ÇARŞI	Y	12	19	9.7	4.6	2.5	5.1	21.9
ÇÖMLEKÇİ	O	13	38	10	2.6	3.5	7.3	23.4
DEĞİRMENDERE	D	14	41	10	2.6	3.5	7.3	23.4
ESENTEPE	D	156	37	10	2.6	3.5	7.3	23.4
FATİH	O	16	3	9	1.5	2.7	6.5	19.7
GAZİPAŞA	Y	17	15	10.6	1.9	2.9	8.6	24
GÜLBAHARHATUN	Y	18	43	17.4	5.2	3.4	8.6	34.6
HIZIRBEY	Y	19	21	17.4	5.2	3.4	8.6	34.6
İNÖNÜ	Y	20	14	7.6	3	3	9.2	22.8
İSKENDERPAŞA	Y	21	23	9.7	4.6	2.5	5.1	21.9
KALKINMA	O	22	32	7.2	3.6	3.6	9.3	23.7
KANUNİ	D	23	39	7.2	3.6	3.6	9.3	23.7
KARŞIYAKA	O	24	6	12.2	3.3	2.7	6.3	24.5
KAYMAKLI	D	25	36	7.2	3.6	3.6	9.3	23.7
KEMERKAYA	O	26	22	9.7	4.6	2.5	5.1	21.9
KONAKLAR	O	27	29	7.2	3.6	3.6	9.3	23.7
KURTULUŞ	O	28	12	17.4	5.2	3.4	8.6	34.6
ORTAHİSAR	O	29	42	10.2	1.2	2.1	7.6	21.1
PAZARKAPI	O	30	20	10.2	1.2	2.1	7.6	21.1
SANAYİ	D	31	40	7.2	3.6	3.6	9.3	23.7
SOĞUKSU	D	32	8	5.6	1.5	1.5	7.1	15.7
TOKLU	O	33	4	9	1.5	2.7	6.5	19.7
ÜNİVERSİTE	Y	34	34	7.2	3.6	3.6	9.3	23.7
YALI	O	35	1	17.4	5.2	3.4	8.6	34.6
YENİCUMA	O	36	16	10.6	1.9	2.9	8.6	24
YENİMAHALLE	Y	37	13	7.6	3	3	9.2	22.8
YEŞİLTEPE	O	38	30	9	1.5	2.7	6.5	19.7
ZAFER	D	39	17	10.2	1.2	2.1	7.6	21.1

⁽¹⁾ Y: yüksek gelirli, O: orta gelirli, D: düşük gelirli



Şekil 5. 1 Trabzon Kenti'nde bulunan mahallelerin hane halkı gelir durumuna göre gruplandırılması.

Toplama/taşıma işlemi en kısa yol optimizasyonu için kullanılan programın: RouteView ProTM 4

Kullanılan ticari program MapInfoTM üzerinde bir kısayol olarak çalışan ve sayısal yol haritası üzerinde interaktif bir şekilde araç hızı, zaman, yol kısıtları, yol kalitesi gibi kriterlere dayalı ve aynı zamanda görsel olarak sorgulamaların yapılabildiği optimizasyon için bir destek programdır. Programda gidilecek noktalar interaktif olarak sıralanabilmekte ya da ilgili rotalar seçilerek belli bir son varış noktasına varılması için en optimum güzergah sorgulanabilmektedir. Böylelikle en kısa mesafeler elde edilmekte ve toplama/taşıma işleminde güzergah optimizasyonu için çok önemli bir katkı sağlanmaktadır.

Bu tez çalışmasında, RouteView ProTM4 yazılımı evlerden oluşan katı atıkların toplanması taşınması işlemlerinin optimizasyonu için en kısa güzergahların belirlenmesinde kullanılmıştır.

Programın Mantığı: Program sayısal yol haritası üzerinde “NET” uzantılı tabaka (layer) oluşturulması şartı ile en kısa yolların belirlenmesini görsel olarak sorgulama imkanı sunmakta ve MapInfoTM menüsündeki bütün alt menüler kullanılabilmektedir. Program belli bir zaman diliminde ulaşılabilir nokta ve/veya noktaların ve belli mesafedeki nokta ve/veya noktaların yol ağı üzerinden belirlenmesini sağlamaktadır. Yol kısıtları (genişlik, araç maksimum yüksekliği, yol kalitesi) ve araç hızı interaktif olarak girilebilmektedir. Bu özelliklerin kullanılabilmesi için sayısal yol haritasının uygun şekilde düzenlenmesi zaruridir.

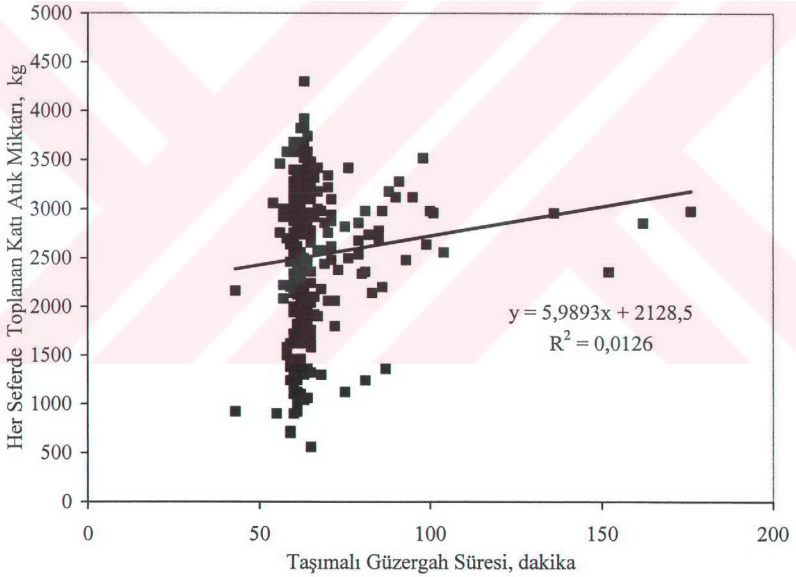
Programın Temel Özellikleri İleri matematiksel algoritmaları bünyesinde bulunduran program ile en kısa yol ve en hızlı yol analizleri yapılabilmekte, belli bir sürede ulaşılabilir noktalar belirlenebilmekte, bir noktadan birden çok noktaya yol ağı üzerinden ulaşılabilir. Katedilen yollarla ilgili rota süresi, mesafe, katedilen veya dönüş yapılan cadde ya da sokak adı gibi bilgilerin olduğu tablo verisi çıktı olarak alınabilmektedir. Yol kalitesi belirlenebilmekte hangi tür yollardan hangi hızlarla gidilebileceği interaktif sorgulanabilmektedir. Hangi noktada ne kadar beklenmesi gerektiği belirtilebilmekte, belli sürede ulaşılabilir noktalar ve bulunulan noktaya belli mesafedeki noktalar belirlenebilmektedir.

Sadece yol haritası üzerinde en kısa yol, en hızlı gidilecek yol ve belli noktaya zaman ve mesafe açısından en yakın noktaların durumu gibi sorgulamalar yapılabilecek şekilde sayısal haritanın mevcut dosyalarının RouteView ProTM ile kullanılabilecek formata dönüştürülmesi işlemi icra edilmiştir. Sayısal haritanın kullanılabilmesi için programın çalışması, “Net” uzantılı dosyaların oluşturulmasıyla mümkün olabilmektedir. Yapılacak her sorgulama için

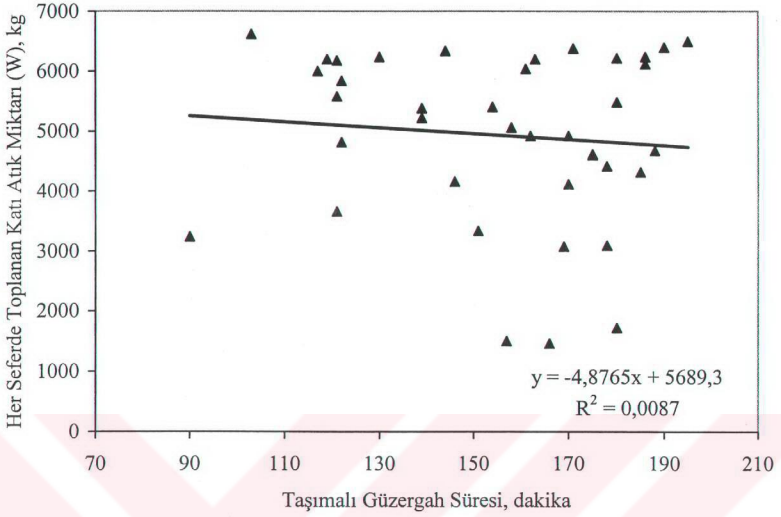
programın yeniden başlatılması ve program sonlandırıldığında yeniden sorgulama için dönüştürme işlemlerinin yinelenmesi gerekmektedir.

Konteyner Sayı ve Yerlerinin Belirlenmesi

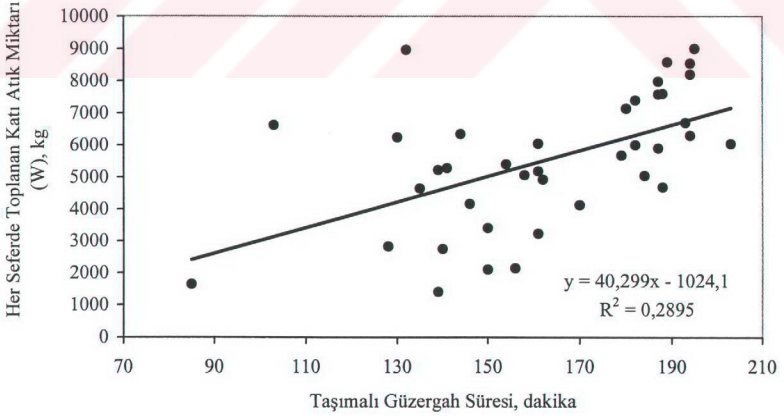
Katı atıkların toplanması işlemi mevcut alanda her gün basit taşıma yöntemiyle yapılmakta 19 araç kullanılmaktadır. Araçlarda şoför harici iki kişi çalışmaktadır. Toplanan ve taşınan atıklar mevcut depolama alanında %50 oranında toprak v.b materyal ile karıştırılmakta ve günlük olarak paletli araçlarla deniz dolgu malzemesi bileşeni olarak kullanılmaktadır. Katı atık toplama-taşıma araçlarının (7m^3 12m^3 ve 15m^3 faydalı hacimli araçlar ile basit taşıma) günlük tartım işlemleri yapılmamaktadır. Bu toplama taşıma araçlarının taşımaları güzergah süreleri sırasıyla Şekil 5.2, Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'te verilmiştir.



Şekil 5.2 Toplanan katı atık miktarı (7 m^3 hacimli araç) ile rota süresi ilişkisi.



Şekil 5.3 Toplanan katı atık miktarı (12 m³ hacimli araç) ile rota süresi ilişkisi.



Şekil 5.4 Toplanan katı atık miktarı (15 m³ hacimli araç) ile rota süresi ilişkisi.

Çalışma sahasında toplanan katı atıkların güzergah bitiminde aktarma/depolama alanına gitmeden önce tartılması sağlanmış ve araç içindeki katı atık birim hacim ağırlıkları ile ilgili sonuçlar Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.6 Faydalı hacmi 7 m³ olan sıkıştırma tertibatlı toplama/taşıma araçlarında katı atık birim hacim ağırlıklarının çalışma günlerine göre durumu

Çalışma	Yapılan	Araç İçindeki Katı Atık	Atık
Haftanın	Günler	Birim Hacim Ağırlığı, kg/m ³	
		Ortalama	Standart Sapma
Cuma		343	114
Cumartesi		377	163
Pazartesi		387	94
Salı		357	106
Çarşamba		392	106
Perşembe		344	119
Cuma		385	101
Ortalama		369	115
Standart Sapma		21	23

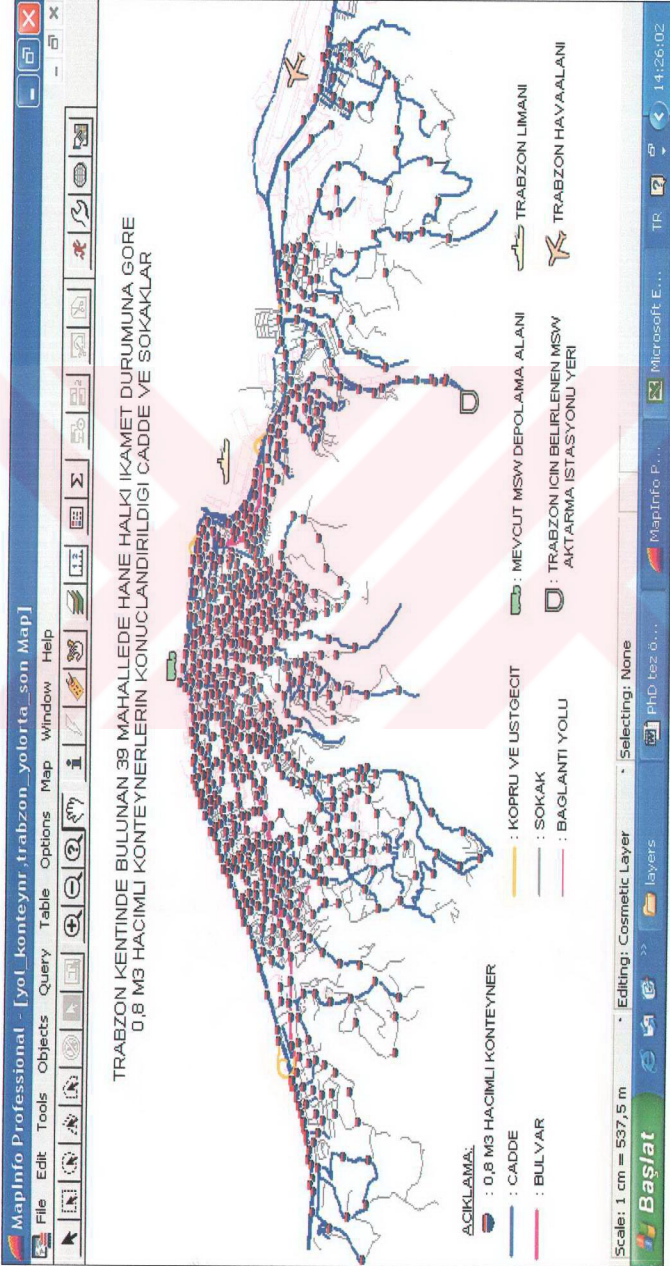
Katı atık toplama taşıma işlemlerinin yapılmasında yoğun olarak kullanılan 7 m³ faydalı hacimli araçların günlük sefer sayıları ve topladıkları ortalama katı atık miktarı Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çalışma alanında konteyner kullanımı 1990’lı yıllardan itibaren yoğunluk kazanmıştır. 490 adet 0.4 m³’lük ve 2350 adet 0.3 m³’lük olmak üzere toplam 2846 konteyner kullanılmıştır ve merkezi caddeler dışındaki yerlerde yerleri stabil değildir.

Çizelge 5.7 Katı atık toplama/taşıma işleminde kullanılan 7 m³ faydalı hacimli araçların günlük sefer sayısı ve toplanan/taşınan ortalama katı atık miktarı.

Araç Plakası	Araç Güzergah Sayısı	Ortalama Katı Atık Miktarı
61 DE 762	4.17 sefer/gün	2775 kg/sefer
61 DE 761	3.67 sefer/gün	2624 kg/sefer
61 DE 772	3.67 sefer/gün	2653 kg/sefer
61 DE 773	3.67 sefer/gün	2021 kg/sefer
61 DE 775	3.67 sefer/gün	2620 kg/sefer
61 DE 766	3.5 sefer/gün	2387 kg/sefer
61 DE 771	2.5 sefer/gün	2918 kg/sefer
61 DE 763	3.67 sefer/gün	3044 kg/sefer
61 DU 367	4 sefer/gün	2394 kg/sefer
61 AE 398	3 sefer/gün	2152 kg/sefer
TOPLAM	35.5 sefer/gün	25588 kg/sefer
Ortalama	3.56 sefer/gün	2558.8 kg/sefer
Standart Sapma	0.48 sefer/gün	323.1 kg/sefer

Halkın istekleri doğrultusunda bir sokağın başından sonuna kadar herhangi bir noktada yerleştirilmesi söz konusu olabilmektedir. Sokaklar yürüme mesafesi olarak 15-20 dakikada kat edilebilmektedir. Bu çalışmada çalışma alanındaki yerleşim ve nüfus yoğunluğu dikkate alınarak 777 adet konteyner yeri sayısal haritaya işlenmiştir. Konteyner sayısının belirlenmesi katı atık birim hacim ağırlığı (Toprak, 1998), nüfus ve konteyner hacmi gibi değişkenler dikkate alınarak sağlanmıştır (N: 225000 kişi, Vc: 0.8 m³, SWc: 250 kg/m³, M: 0.65 kg/kişi*gün, N_{KS}: 767, konteyner tabakasına girilen konteyner noktası sayısı ise 777). Konteynerlerin coğrafik koordinatları ve hangi mahalle sınırları içersinde hangi sokağın hangi noktasında olduğu sayısal harita üzerinde sorgulanabilmekte ve oluşturulmuş bulunan coğrafi veriler kullanılarak gerekli değişiklikler yapılabilmektedir. Şekil 5.5'te konteynerler için girilmiş noktalar (konteyner tabakası) görülmektedir.



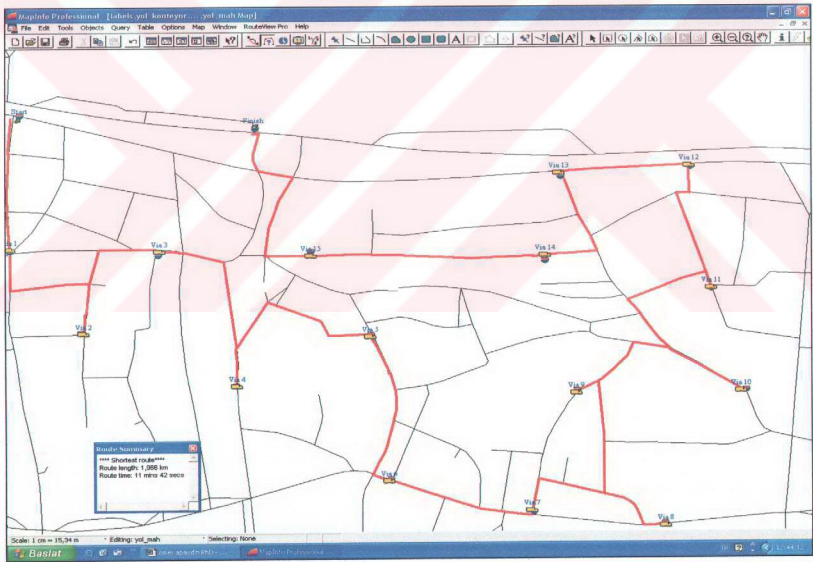
Şekil 5.5 Trabzon Kenti'nde bulunan 39 mahallede belirlenen ve sayısal yol haritası altlığı kullanılarak oluşturulan konteyner noktaları

5.3 Toplama İşleminin Optimizasyonu İle İlgili Çalışmalar

Trabzon'da katı atık toplama/taşıma araçları günde toplam en fazla 50 sefer yapmaktadır. Çalışma alanında yapılan incelemeler, nüfus ve yerleşim durumuna göre sayısal harita altlık olarak kullanılarak oluşturulan konteyner tabakasına toplam 777 konteyner noktası girilmiştir

Girilen bu noktalarda 0.8 m^3 faydalı hacimli konteynerlerin en kısa yollar kullanılarak toplanması durumunda mevcut güzergahlar optimize edilerek Şekil 5.6 ıla Şekil 5.14 aralığında ve gidilen yollarla ilgili mesafe/zaman/yön ayrıntılı çıktısı ise Şekil Ek 153 ıla

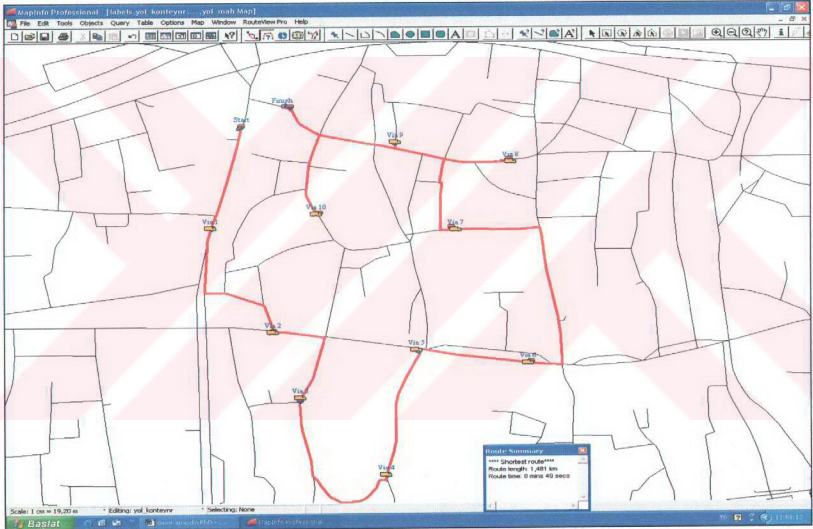
Şekil Ek 166 aralığında verilmiştir. Güzergah 1, ana caddelerdeki katı atık toplama işlemlerinin ve kontrol amaçlı inceleme ve gözlemlerin yapıldığı güzergahtır bu nedenle optimizasyonu yapılan güzergahların içinde yer almamıştır. Güzergah 2'den başlanarak çalışma alanında gözlem ve inceleme yapılan güzergahlar optimize edilmiştir.



Şekil 5.6 Güzergah 2: Pazarkapı-Çarşı 7 m^3 arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç optimize güzergah 1

Güzergah 2: Tarihi binaların yoğun olduğu, iş yoğunluğunun olduğu, dar sokakların bulunduğu orta düzeyde gelirli hane halkının ikamet ettiği alanlar. Bu güzergahta katı atık

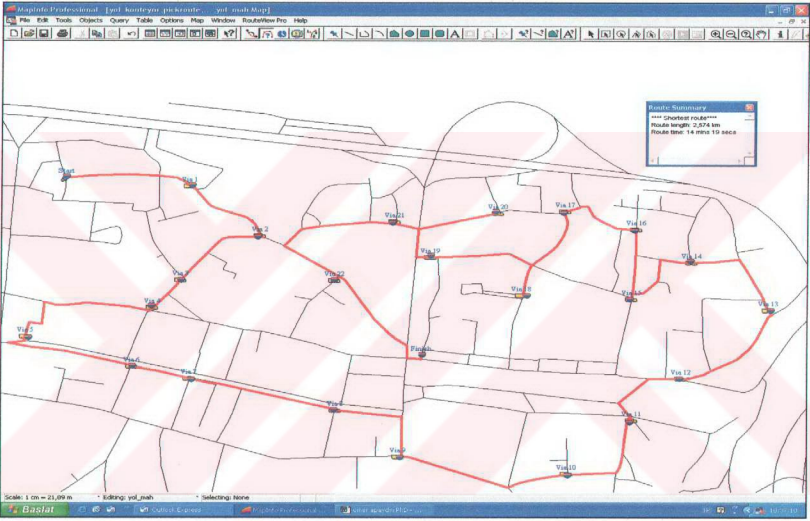
toplama işleminde 7 m^3 faydalı araç kullanılmaktadır. Sokakların dar ve çift yönlü olması nedeniyle yer yer güzergahta değişiklik yapılmak zorunda kalındığı gözlenmiştir. Toplama işlemi hem konteynerli hem de kaldırımdan eş zamanlı olarak yapılmıştır. Hane halkı genellikle atıklarını günün her hangi bir saatinde konteynerlere bırakmaktadır. Kaldırımdan hem işyeri hem de hane halkının bıraktığı atıklar toplanmaktadır. Kaldırımdan toplanan atıkların genellikle toplama aracının geçeceği saate dikkat edilerek bırakıldığı belirlenmiştir. İşyerlerinde katı atıklar çoğunlukla 20-70 L hacimli plastik ve kapaklı kaplarda biriktirilmektedir. Toplama aracının geleceği anda kaldırıma bırakılan plastik kaplar, işçiler tarafından araca boşaltılmaktadır. Katı atıkların, temel geri kazanılabilir atıklar ve organik madde açısından zengin olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.7 Güzergah 3: Pazarkapı-Çarşı 7 m^3 arkadan yüklemeli sıkıştırılabilir araç optimize güzergah 2

Güzergah 3: Tarihi binaların yoğun olduğu, iş yoğunluğunun olduğu, dar sokakların bulunduğu düşük gelirli hane halkının ikamet ettiği alanlar. Bu güzergahta katı atık toplama işleminde 7 m^3 faydalı hacimli araç kullanılmaktadır. Toplama işlemi hem konteynerli hem de kaldırımdan eş zamanlı olarak yapılmıştır. Hane halkı genellikle atıklarını günün her hangi bir saatinde konteynerlere bırakmaktadır. Kaldırımdan hem işyeri hem de hane halkının bıraktığı atıklar toplanmaktadır. Kaldırımdan toplanan atıkların genellikle toplama aracının geçeceği

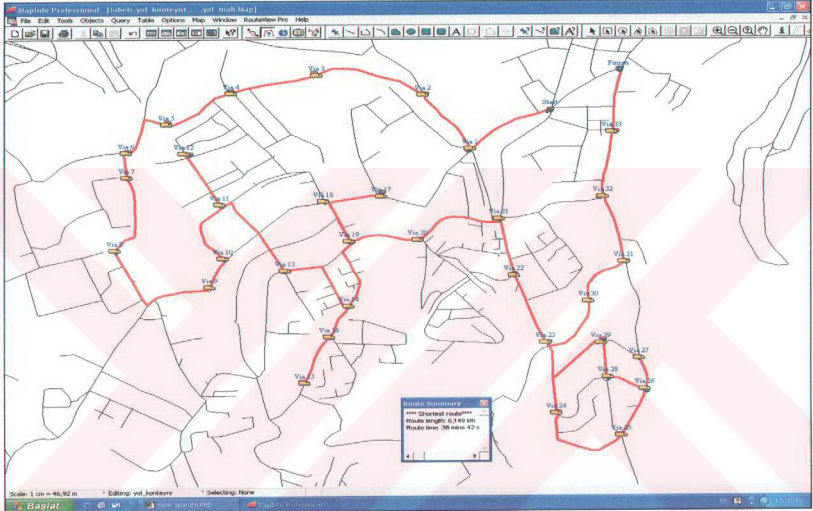
saate dikkat edilerek bırakıldığı belirlenmiştir. İşyerlerinde katı atıklar çoğunlukla 20-70 L hacimli plastik ve kapaklı kaplarda ve 20 L hacimli metal kutularda biriktirilmektedir. Toplama aracının geleceği anda kaldırıma bırakılan plastik kaplar metal kutular , işçiler tarafından araca boşaltılmaktadır. Bu güzergahta, her gün meyve sebze pazarı kurulan yerler de yer almaktadır. Bu nedenle yiyecek türü atıkların ve meyve sebze atıklarının önemli miktarda olduğu tespit edilmiştir. Sokakların dar olduğu, manav ve diğer işyerlerinin pazarladıkları malları yaya kaldırımına koydukları, yayaların yürümekte zorlandığı ve toplama işleminin yavaşladığı tespit edilmiştir.



Şekil 5.8 Güzergah 4: Pazarkapı-Çarşı 7 m³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç optimize güzergah 3.

Güzergah 4: Tarihi binaların yoğun olduğu, iş yoğunluğunun bulunduğu, dar sokakların olduğu yüksek gelirli hane halkının ikamet ettiği alanlar. Bu güzergahta katı atık toplama işleminde 7 m³ faydalı hacimli araç kullanılmaktadır. Toplama işlemi hem konteynerli hem de kaldırımdan eş zamanlı olarak yapılmaktadır. Hane halkı genellikle atıklarını günün her hangi bir saatinde konteynerlere bırakmaktadır. Kaldırımdan hem işyeri hem de hane halkının bıraktığı atıklar toplanmaktadır. Kaldırımdan toplanan atıkların genellikle toplama aracının geçeceği saate dikkat edilerek bırakıldığı belirlenmiştir. Toplama işleminin İskenderpaşa Mahallesi bölümünde hane halkının katı atıklarının 10-30 L hacimli plastik poşet ve kovalarla

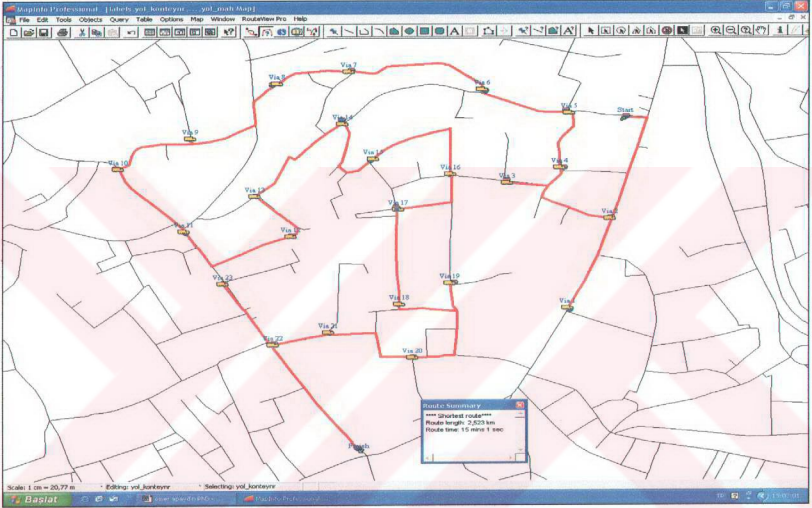
beşinci kattan ip kullanarak sarkıttığı ve işçiler tarafından “sarkıklı toplama” işleminin de yapıldığı tespit edilmiştir. İşyerlerinde katı atıklar çoğunlukla 20-70 L hacimli plastik ve kapaklı kaplarda ya da 20-110 L hacimli plastik poşetlerde biriktirilmektedir. Toplama aracının geleceği anda kaldırıma bırakılan plastik kaplar ve poşetler, işçiler tarafından araca yüklenmekte ya da boşaltılmaktadır. Bu güzergahta toplama işlemi yapılırken ana caddelerden geçilmesi gerekmektedir. Bu nedenle trafik yoğunluğu ve trafik ışıklarında bekleme nedeniyle toplama işlemi güzergah süresinin arttığı tespit edilmiştir.



Şekil 5.9 Güzergah 5: Erdoğan 2-3 mahalleleri 15 m³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç optimize güzergah.

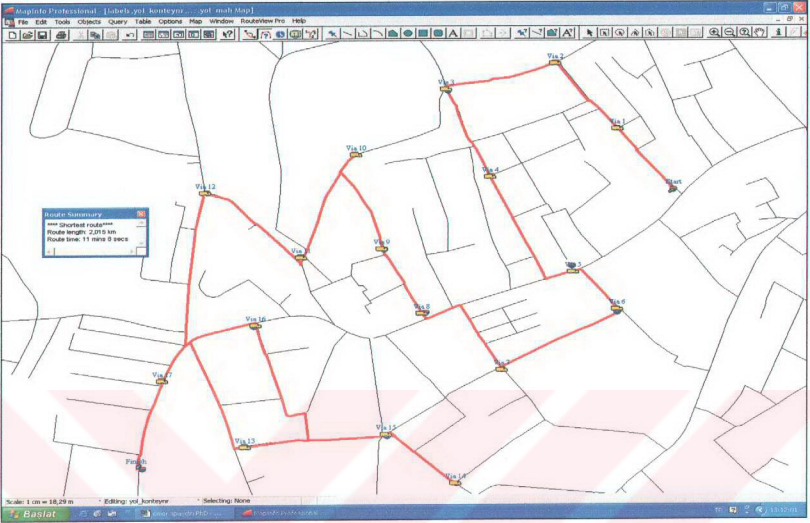
Güzergah 5: Yeni yerleşim alanı, müstakil ev, apartman ve sitelerin olduğu, geniş cd ve sk, orta ve yüksek gelirli HH ikamet alanları. Bu güzergahta 15 m³ hacimli BMC marka Fatih 180 serisi araç kullanılmaktadır. Bütün güzergahta konteynerli toplama işlemi yapılmıştır. Trabzon kentinde en fazla toplu yerleşimin olduğu yerler bu güzergahta bulunmaktadır. Bazı toplu konut alanlarında aynı konteyner alma noktasında 5 adet konteyner bulunduğu belirlenmiştir. Hane halkı katı atıklarını kapıcılar vasıtasıyla konteynerlere bıraktırmaktadır. Konteynerler toplu konut yetkililerinin sorumluluğunda toplu konut alanı içinde konulandırılmıştır. Konteynerler kontrol altında olduğundan atıkların dışarı taşmadığı ve yerlere dökülmediği tespit edilmiştir. Bu güzergah, merkez köylere de yakın olduğundan

haftada 1-2 gün güzergaha ilgili köyler de dahil edilmekte 1-2 konteyner atık alınmaktadır. Toplu konut bölgelerinde karşılaşılan en önemli problem, toplama aracının konteynerlere ulaşmasını engelleyecek biçimde park edilen özel araçlardır. Bu durumda ya konteynerlerin işçiler tarafından 20-30 m çekilerek toplama aracına getirildiği ya da özel araçların kaldırılması için beklenildiği tespit edilmiştir. Özel araçların kaldırılmasının beklenmesi durumu nedeni ile toplama işlemi uzamakta, konteynerlerin 20-30 m çekilmesi ise işçilerin aşırı yorulmasına neden olmaktadır.



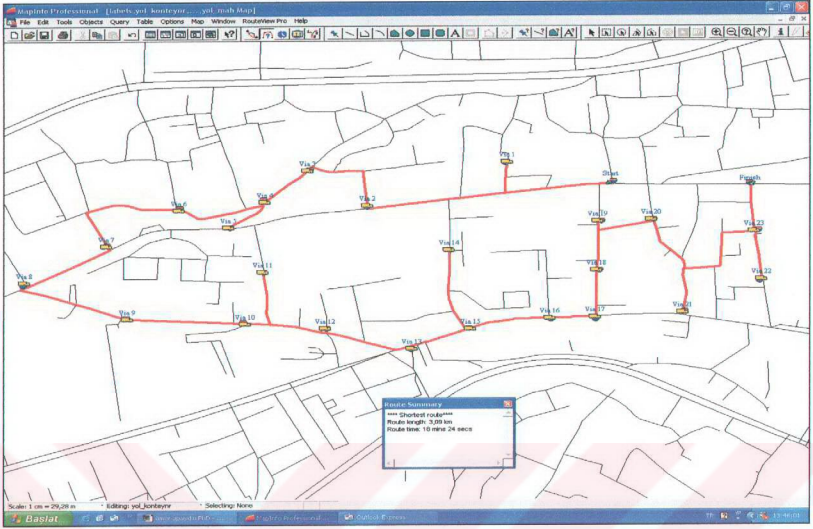
Şekil 5.10 Güzergah 6: Boztepe-Yenicuma-Gazipaşa 12 m³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç optimize güzergah 1.

Güzergah 6: Tarihi dokunun korunarak yeni yerleşim alanlarıyla takviye edildiği, yüksek gelirli HH ikamet alanları. Bu güzergahta toplama işlemlerinde 12 m³ hacimli araç kullanılmaktadır. Kaldırımdan toplama ve konteynerli toplama işlemleri eş zamanlı olarak yapılmaktadır. Üzeri açık bırakılan konteynerlerden taşan ya da sokak hayvanları tarafından dökülen katı atıklar konteynerli toplama işlemi esnasında işçilerden biri tarafından süpürülerek faraşla alınmakta ve araca boşaltılmaktadır. Bu güzergahta cadde ve sokakların her iki yanında yer alan bitişik olarak yapılmış genellikle kat adedi 5'ten büyük olan ikametgahlar yoğun olarak bulunmaktadır. Konteynerlerin konulduğu noktalar dışında yerlere katı atık koyulmadığı belirlenmiştir. Katı atıkların hane halkı tarafından plastik kova ya da poşetlerle aracın geçeceği saate yakın dışarı çıkarıldığı belirlenmiştir.



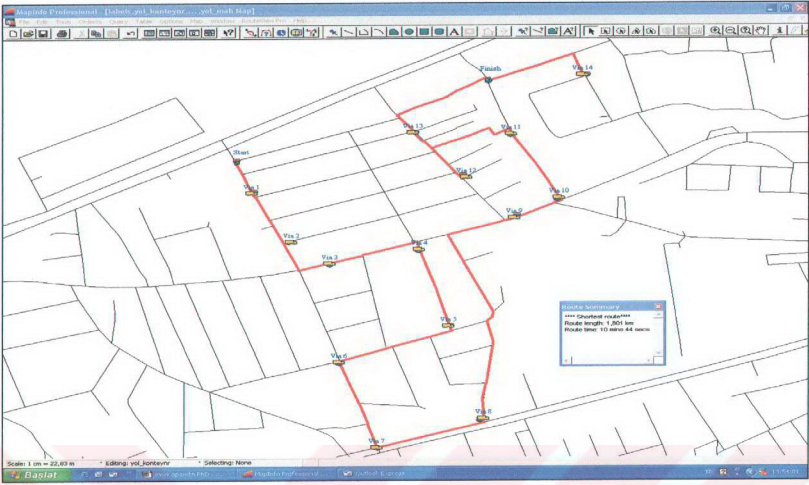
Şekil 5.11 Güzergah 7: Boztepe-Yenicuma-Gazipaşa 12 m³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç optimize güzergah 2.

Güzergah 7: Tarihi dokunun korunarak yeni yerleşim alanlarıyla takviye edilen, orta gelirli HH ikamet alanları. Bu güzergahta toplama işlemlerinde 12 m³ hacimli araç kullanılmaktadır. Kaldırımdan toplama ve konteynerli toplama işlemleri eş zamanlı olarak yapılmaktadır. Üzeri açık bırakılan konteynerlerden taşan ya da sokak hayvanları tarafından dökülen katı atıklar konteynerli toplama işlemi esnasında işçilerden biri tarafından süpürülerek faraşla alınmakta ve araca boşaltılmaktadır. Bu güzergahta cadde ve sokakların her iki yanında yer alan bitişik olarak yapılmış genellikle kat adedi 2-5 olan ikametgahlar bulunmaktadır. Konteynerlerin konulduğu noktalar dışında yerlere katı atık bırakılmadığı belirlenmiştir. Katı atıkların hane halkı tarafından plastik kova ya da poşetlerle aracın geçeceği saate yakın dışarı çıkarıldığı belirlenmiştir.

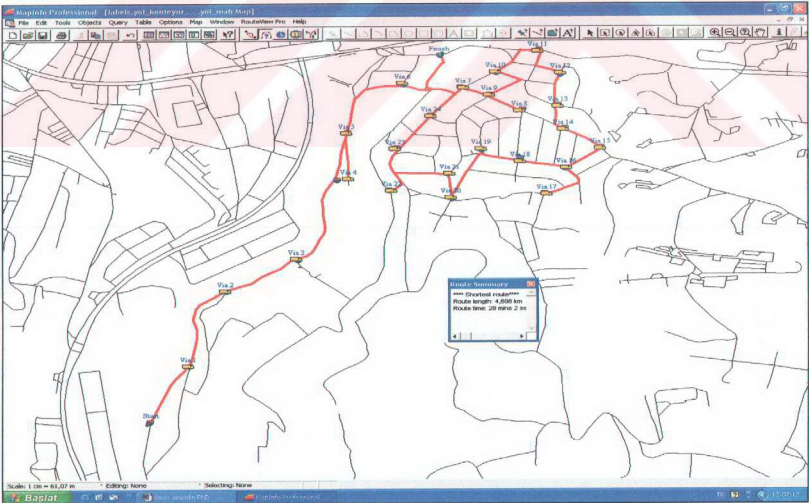


Şekil 5.12 Güzergah 8: Yenimahalle-G.Hatun 12 m^3 arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç optimize güzergah 1.

Güzergah 8: Yeni yerleşim, katlı blokların olduğu, geniş cadde ve sokak, yüksek gelirli HH ikamet alanları. Bu güzergahta 12 m^3 hacimli toplama aracı kullanılmaktadır. Konteynerli ve kaldırımdan toplama işlemi eş zamanlı yapılmıştır. Toplama işlemi esnasında ana caddelerden geçildiğinden dolayı, trafik yoğunluğu ve trafik lambalarında bekleme nedeniyle toplama süresinin uzadığı tespit edilmiştir. Ana caddelerden sokaklara girilerek konteynerli ve kaldırımdan toplama işlemi yapılarak aynı caddeye gidilen yoldan geri döndüldüğü belirlenmiştir. Böylece toplam işleminin daha kısa sürede tamamlandığı tespit edilmiştir.



Şekil 5.13 Güzergah 9: Yenimahalle-G.Hatun 12 m³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç optimize güzergah 2.



Şekil 5.14 Güzergah 10: Kalkınma-Bostancı 15 m³ arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı araç optimize güzergah.

Güzergah 9: Yeni yerleşim, müstakil 2-3 katlı bahçeli evlerin olduğu, geniş cadde ve sokak, yüksek gelirli HH ikamet alanları. Bu güzergahta 12 m³ hacimli toplama aracı kullanılmaktadır. Konteynerli ve kaldırımdan toplama işlemi eş zamanlı yapılmıştır. Daha çok kaldırımdan toplama işlemi yapılmıştır. Toplama işlemi esnasında ana caddelerden geçildiğinden dolayı, trafik yoğunluğu ve trafik lambalarında bekleme nedeniyle güzergah süresinin arttığı tespit edilmiştir.

Güzergah 10: Yeni yerleşim, kat adedi 2-5 olan müstakil evlerin yoğun olduğu, geniş cadde ve sokak, orta ve düşük gelirli HH ikamet alanları. Katı atık toplama aracı 12 m³ kullanılabilir hacimli ve sıkıştırma tertibatlıdır. Katı atık toplama aracı toplama işlemine Dereboyu Caddesinin güneyinden başlamaktadır. Dereboyu Caddesi Değirmendere'ye paralel olarak inşa edilmiş ve kenarlarında 2-4 katlı binalar bulunmaktadır. Katı atık toplama aracı cadde boyunca her binanın önünde en az bir defa durmakta kova, bidon ya da plastik poşetlerle bırakılan katı atıklar iki işçi vasıtasıyla alınmaktadır. Buradaki katı atıklar organik içeriği itibariyle zayıftır. Burada süt ve et hayvanı besiciliği yapan hanelerin olması dolayısıyla organik mutfak atıkları açısından zayıf içerikli katı atık belirlenmiştir. Toprak ve kül türü inorganik katı atıkların bu caddede önemli miktarda olduğu görülmüştür. Dereboyu caddesinden Kalkınma Mahallesine girilmiştir ve burada orta ve yüksek gelirli aileler ikamet etmektedirler. Trabzon Hava Limanına yakın olması nedeniyle kuzeyinde binalar en fazla 4-5 katlı olarak inşa edilmiştir. Caddeler geniş ve çift yönlüdür. Toplama taşıma araçları caddelerin her iki yanına bırakılan katı atıkları eş zamanlı geçişle almaktadır. Cadde kenarlarındaki binaların zemin katlarında genellikle işyerleri bulunmaktadır. Toplama aracı geçişi esnasında işyeri sahiplerinin çoğunun 20-50 L hacimli kovalarla katı atıklarını araca bizzat boşalttıkları belirlenmiştir. Güzergahın Kalkınma mahallesindeki bölümünde organik ve geri kazanılabilir atık içeriği zengin olan katı atıkların yoğunlukta olduğu belirlenmiştir.

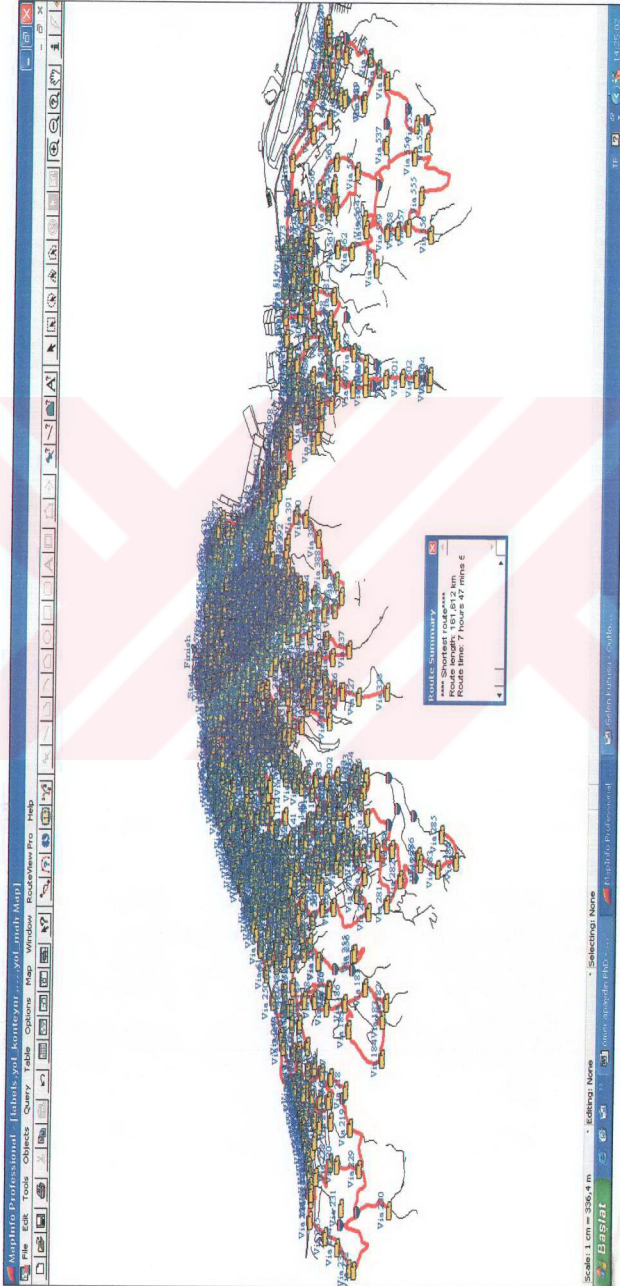
5.4 Toplama İşleminin Optimizasyonu İle İlgili Çalışmaların Değerlendirilmesi

Toplama işleminin sayısal haritada belirlenen noktalardan konteynerli olarak yapılması durumu ile mevcut durum kıyaslandığında elde edilen sonuçlar Çizelge 5.8'de verilmiştir.

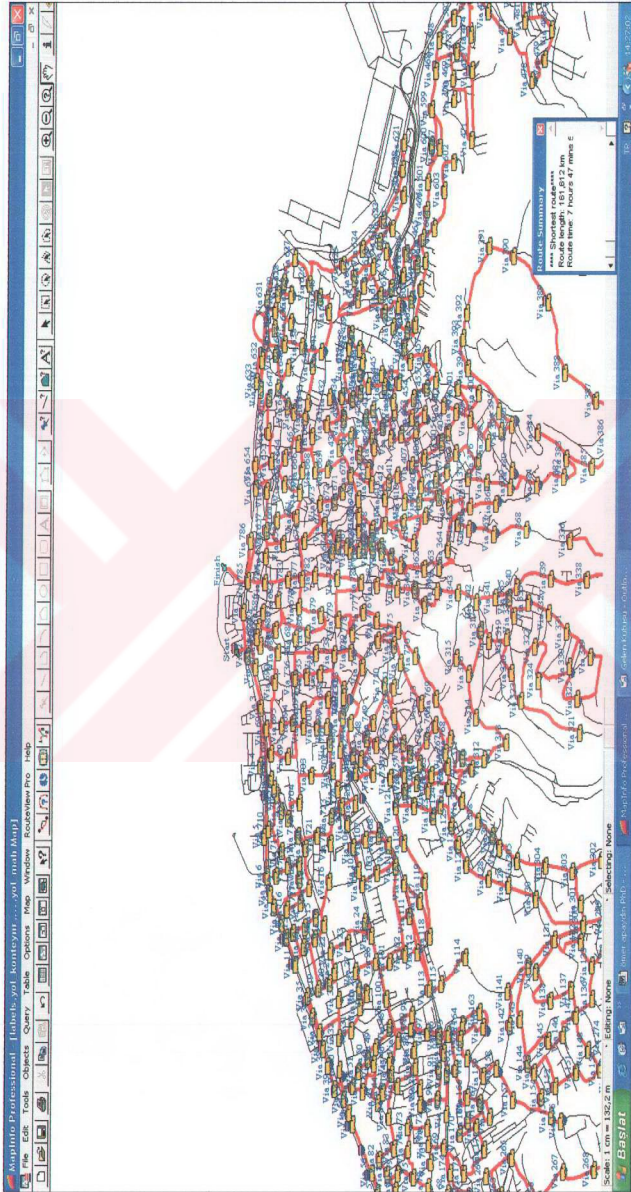
Çizelge 5.8 Mevcut güzergahlarla optimize edilen güzergahların seyir süresi ve katedilen yol açısından karşılaştırılması.

Katı Atık Toplama/Taşıma Araç Güzergahları	Mevcut Güzergah		Optimize Güzergah		İyileşme, %	
	Güzergah Uzunluğu, m	Seyir Süresi, s	Güzergah Uzunluğu, m	Seyir Süresi, s	Mesafe	Süre
Pazarkapı-Çarşı 1	4833	2150	1966	702	59	67
Pazarkapı-Çarşı 2	2590	1498	1481	529	43	65
Pazarkapı-Çarşı 3	2997	998	2574	859	14	14
Erdoğan 1	6930	4016	6149	2202	11	45
Boztepe-Y.cuma-Gazipaşa 1	2621	1477	2523	900	4	39
Boztepe-Y.cuma-Gazipaşa 2	2751	1580	2015	668	27	58
Yenimahalle -G.Hatun 1	3337	1491	3090	1104	7	26
Yenimahalle -G.Hatun 2	3034	1760	1801	644	41	63
Kalkınma –Bostancı 1	5577	2148	4696	1682	16	22
Ortalama	3852.2	1902	2921.7	1032.2	24.7	44.3

Yapılan analizler sonucu sayısal haritaya girilen 777 adet konteynerin (her noktada oluşacak katı atık miktarının 0.8 m^3 faydalı hacimli konteyner hacmi eşdeğeri olduğu belirlenmiştir) girilen noktalardan en kısa yollar kullanılarak toplanması durumu RouteView kısayol programı ile optimize edilmiş ve geçilen yolların bilgisayar arayüz görüntüsü Şekil 5.15 ve Şekil 5.16'da ve gidilen yollarla ilgili olarak 807 satır olan mesafe/zaman/yön ayrıntılı çıktısının ilk 45 satırı Şekil Ek 'te ve son 45 satırı ise Şekil Ek 'te verilmiştir.



Şekil 5.15 Trabzon Kenti'nde 777 konteyner noktasının Route View ile en kısa yol optimizasyonu arayüz görüntüsü.



Şekil 5.16 Trabzon Kenti'nde 777 konteyner noktasının Route View ile en kısa yol optimizasyonu arayüz görüntüsü (detay).

777 konteyner noktasından geçilerek yapılacak en kısa yol optimizasyonuna dayalı toplama işleminde araçların kat edeceği günlük toplama ve taşıma mesafeleri ve araç kapasite verileri Çizelge 5.9'da verilmiştir.

Çizelge 5.9 Trabzon Kenti için belirlenen 777 konteyner noktasından katı atıkların Route View programı kullanılarak farklı kapasitedeki araçlarla en kısa yol analizi yapılarak toplanması durumunda gerekli sefer sayıları ve katedilecek toplam mesafeler.

Toplama ve Taşıma Araç Kapasitesi	Toplanacak Konteyner Sayısı	Araç Konteyner Kapasitesi, Konteyner/sefer	Gerekli Araç Sefer Sayısı, sefer/gün	Araçın kat edeceği yol, km/gün	
				Toplama	Taşıma
7 m ³	777	17	46	138	276
12 m ³	777	27	29	145	174
15 m ³	777	37	21	147	126
7 m ³ , 12 m ³ ve 15 m ³ birlikte	777	-	36	150	216

777 adet 0.8 m³ hacimli konteynerin Route View kullanılarak en kısa yol analiziyle toplanması sonucu kat edilen toplama ve taşıma mesafeleri ve Çizelge 2.10'daki birim toplama/taşıma maliyetleri kullanılarak LP modeli gereği Denklem 5.1'in, ilgili kısıtlar dikkate alınarak çözümünü elde edilen toplama ve taşıma maliyetleri Çizelge 5.10'da verilmiştir.

Çizelge 5.10 Route View programıyla yapılan en kısa yol analizi sonucu elde edilen toplama ve taşıma maliyetlerinin araç kapasitelerine göre durumu.

Toplama ve Taşıma Araç Kapasitesi	Maliyetler, \$/gün		
	Toplama (0.05 \$/km-ton)	Taşıma (0.02 \$/km-ton)	Toplama
7 m ³	1077	861	1938
12 m ³	1131	543	1674
15 m ³	1147	394	1541
7 m ³ , 12 m ³ ve 15 m ³ birlikte	1170	674	1844

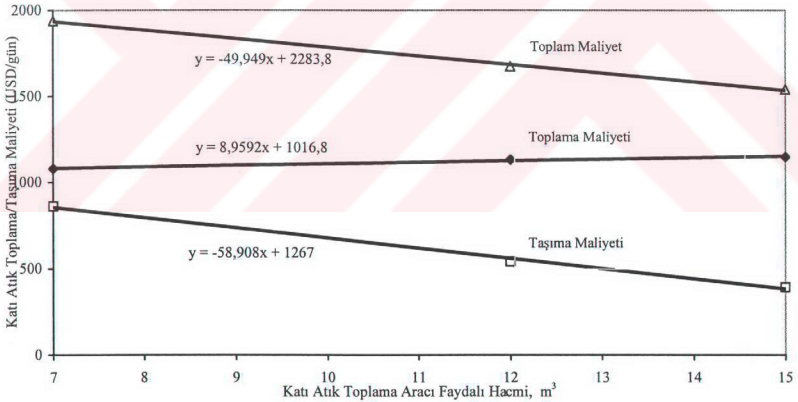
Toplama/taşıma işlemleri sonucu mevcut araçların kullanılmasıyla ve optimize edilen güzergahların uygulanmasıyla günde 1844 \$ ve ayda 55320 \$ maliyet olacaktır. Trabzon kentinde bu işlem için ayda 73334 \$ harcanmaktadır. Optimizasyonla aylık tasarruf %24 olacaktır. Mevcut araçların kullanılması durumunda toplama/taşıma işleminin karşılaştırmalı maliyetleri Çizelge 5.11’de verilmiştir.

Çizelge 5.11 Route View programıyla yapılan en kısa yol analizinde kullanılan farklı kapasitedeki araçların toplama/taşıma maliyetlerine göre kıyası.

Araç kapasiteleri	7 m ³	12 m ³	15 m ³	7 m ³ , 12 m ³ ve 15 m ³ birlikte
7 m ³	0	15.7	25.7	5.1
12 m ³	-15.7	0	8.6	-10.1
15 m ³	-25.7	-8.6	0	-19.6
7 m ³ , 12 m ³ ve 15 m ³ birlikte	-5.1	10.1	19.6	0

Çizelge 5.11'in açıklanması: Trabzon Kenti katı atıklarının bu çalışmada belirlenen konteyner noktalarından en kısa yol optimizasyonu yapılarak toplanması durumunda; toplama/taşıma işlemlerinde sadece 7 m³ kapasiteli araç kullanılması halinde maliyet, 12 m³ kapasiteli araca göre %15.7 ve 12 m³ kapasiteli araca göre %25.7 artmaktadır. Sadece 15 m³ hacimli aracın kullanılması durumunda en düşük maliyetli toplama/taşıma işlemi gerçekleşmektedir. 12 m³ kapasiteli araç kullanılması ikinci en düşük maliyetli toplama/taşıma alternatifidir. Üçüncü en düşük maliyetli toplama/taşıma alternatifi mevcut araçların kullanılmasıdır. toplama işlemlerinde sadece 7 m³ kapasiteli araçların kullanılması ise en yüksek maliyet gerektiren durumu ifade etmektedir.

Çalışma alanında yapılan en kısa yol optimizasyonu sonucu elde edilen maliyetlerin araç kapasitelerine bağlı olarak ilişkisi Şekil 5.17'de verilmiştir. Katı atık toplama/taşıma araç kapasite artışıyla toplama maliyeti artarken taşıma ve toplam maliyet azalmaktadır. Bu durum beklenen ve istenen sonuçtur.



Şekil 5.17 Trabzon Kenti'nde bulunan 39 mahallede belirlenen konteyner noktalarından Route View kullanılarak en kısa yol analiziyle katı atıkların toplanması/taşınması durumunda araç kapasitelerine göre maliyet ilişkileri.

6. TOPLAMA/TAŞIMA SÜRELERİNİN MODELLENMESİ

Katı atık toplama/taşıma sürelerinin modellenmesi üzerine yapılan çalışmalarda (Everett vd. 1996a, 1996b; Sonesson, 2000; Wilson vd. 2001a, 2001b) katı atık toplama aracı seyir süresi, katı atık alma süresi, trafik lambaları nedeniyle bekleme süresi ve trafik yoğunluğu nedeniyle durma sürelerinin tahmin edilmesi amaçlanmaktadır. Araçların sağa/sola dönüş süreleri de (geri dönüşlerde araç durmuyorsa) seyir süresi olarak alınmaktadır. Katı atık alma süresi olarak ise, aracın atık almak için durması ve yükleme işlemi bittikten sonra hareket etmesi arasında geçen süre alınmaktadır. Katı atık alma işlemi bittikten sonra aktarma istasyonu ya da depolama alanına aracın erişmesi için geçen süre ise taşıma (hauling) süresi olarak ifade edilmektedir.

Katı atık alma süresi konteynerli toplama, kaldırımdan toplama ve aynı noktada hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama şartlarına göre güzergah süresi tahmini konusunda ve sağa/sola/geriye dönüş ile ilgili literatürde yeterli çalışma bulunmamaktadır ve belirtilen parametreler bu çalışmada değerlendirilecektir.

Bu tez çalışmasında, tezin 2.2 başlıklı kısmında daha önce verilen literatürden farklı olarak, katı atık toplama işleminde güzergah süresinin,

- hane halkı yoğunluğu
- bina yoğunluğu
- nüfus yoğunluğu

değişkenlerine göre değişimi de araştırılmıştır. Çünkü; katı atıkların toplandığı alanlarda nüfus ve binaların yoğunluğu farklıdır ve bu durum güzergah süresi (T_g), katı atık alma süresi (T_a), seyir süresi (T_s) gibi değişkenleri etkilemektedir.

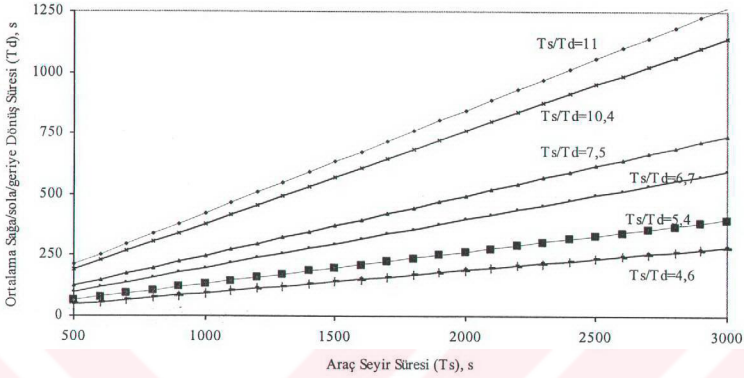
6.1 Toplama İşlemi

Katı atıkların toplanması işleminin modellenmesinde kullanılan değişkenler:

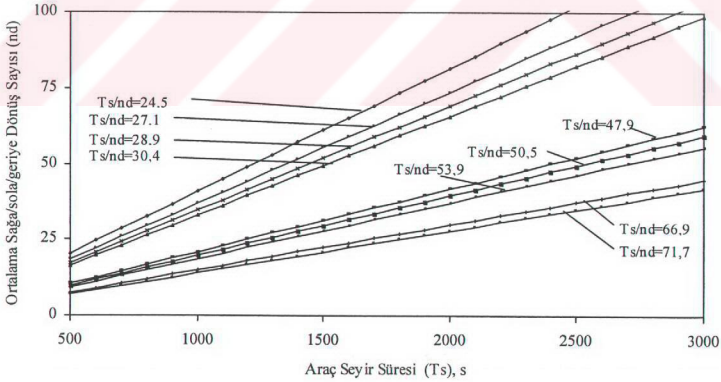
- Araç güzergah süresi, T_g
- Araç atık almasız güzergah süresi, T_{ga}
- Araç seyir süresi, T_s

- Katı atık alma süresi, T_a
- Trafik ışıklarında bekleme süresi, T_i
- Trafik yoğunluğu nedeniyle bekleme süresi, T_y
- Sağa/sola ve geriye dönüş süresi, T_d

Yapılan güzergah süresi modelleme çalışmalarında araçların düz bir hat üzerinde dönüş yapmaksızın seyrettiği varsayılmaktadır. Dönüş olması durumunda ya trafik lambası olduğu ya da yoğunluk nedeniyle durulduğu farzedilmektedir. Gerçek alanlarda durum farklıdır. Sokak uzunlukları 20-25 m olan yerleşim yerlerinde katedilen 1 km'lik mesafede 30-40 defa sağa/sola/geriye dönmek gerekebilmektedir. Bu da aracın seyir süresini artırmaktadır. Bu nedenlerden dolayı Trabzon'da yaptığımız güzergah takiplerinde seyir süresi ile dönüş süre ve sayıları arasındaki ilişki araştırılmıştır. Kayıt Ortamlı izleme çalışmalarından elde edilen verilere göre, T_s 'nin T_d ve n_d ile orantılı olduğu belirlenmiştir. Orantı katsayıları sırasıyla $C1$ ve $C2$ 'dir. T_d ile n_d 'nin de orantılı olduğu belirlenmiştir ve orantı katsayısı C 'dir. Çalışma alanındaki güzergahlardan elde edilen veriler kullanılarak ve elde edilen sonuçlardan yararlanılarak güzergahlara göre T_s ile T_d ilişkisi Şekil 6.1'de, T_s ile n_d ilişkisi ise Şekil 6.2'de verilmiştir. Araç seyir süresi dönüş sayısı ve dönüş süresine bağlı olarak değişmektedir [$T_s=f(T_d)$, $T_s=f(n_d)$]. Çalışma alanında elde edilen verilere göre gözlenen güzergahlarda minimum araç seyir süresi 500 s ve minimum dönüş sayısı ise 20'dir. Beşirli güzergahında toplama aracı toplam 6 dönüş yapmıştır. Şekil 6.1 ve Şekil 6.2, dönüşlerden dolayı harcanan sürenin seyir süresinin %5'inden fazla olduğu güzergahlar dikkate alınarak oluşturulmuştur [$T_s=C1*n_d$, $T_s=C2*T_d$, $T_d=C*n_d$, $C=C1/C2$]. $C1$, $C2$ ve C oranları mevcut güzergahlara göre Çizelge 6.1'de verilmiştir.



Şekil 6.1 Farklı güzergahlarda araç seyir süresi (T_s) ile ortalama dönüş (sağa/sola/geriye) süresi (T_d) ilişkisi.

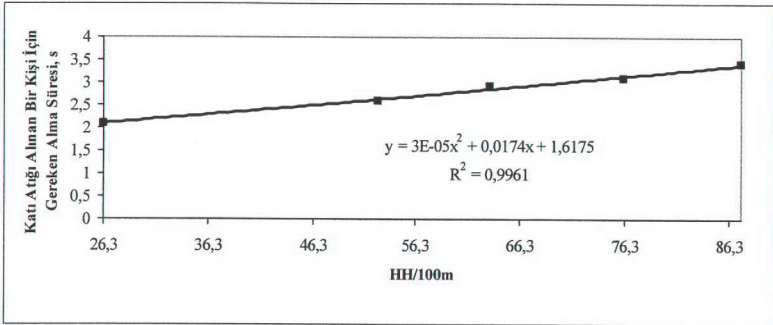


Şekil 6.2 Farklı güzergahlarda araç seyir süresi (T_s) ile ortalama sağa/sola/geriye dönüş sayısı (n_d) ilişkisi.

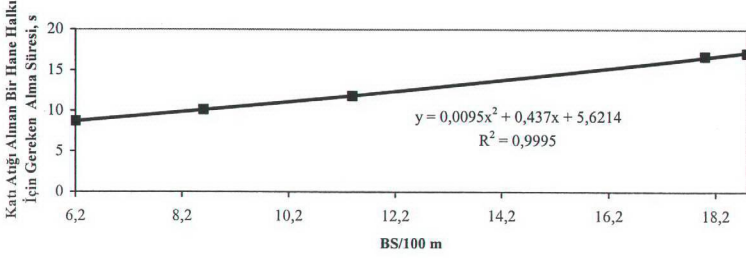
Çizelge 6.1 Seyir süresi ve dönüşlerle ilgili orantı katsayılarının güzergahlara göre aldığı değerler.

Güzergah No	Güzergah Adı	$T_s/T_d=C1, s/s$	$T_s/nd=C2, s$	$C=C1/C2, 1/s$
1	Ana caddeler	7.58	71.9	0.105
2	Pazarkapı 1	4.04	30.3	0.133
3	Pazarkapı 2	2.62	28.9	0.091
4	Pazarkapı 3	2.36	24.5	0.096
6	Boztepe 1	7.54	50.5	0.149
7	Boztepe 2	5.02	27.1	0.185
8	Yenimah. 1	10.70	53.7	0.199
9	Yenimah. 2	10.57	47.8	0.221
10	Kalkınma	10.57	67.1	0.157

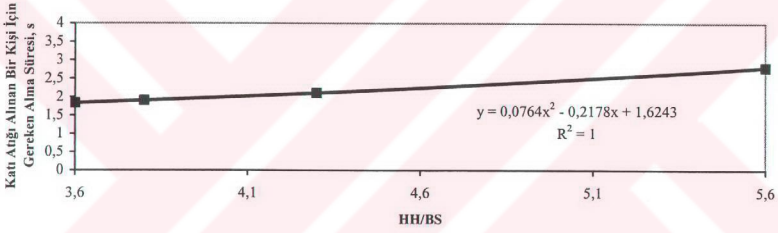
Çalışma alanındaki toplama güzergahlarında her 100 m yol uzunluğu başına bina ve hane halkı yoğunluğuna bağlı olarak belirlenen katı atık toplama işlemine ilişkin korelasyonlar Şekil 6.3, Şekil 6.4, Şekil 6.5 ve Şekil 6.6'da verilmiştir.



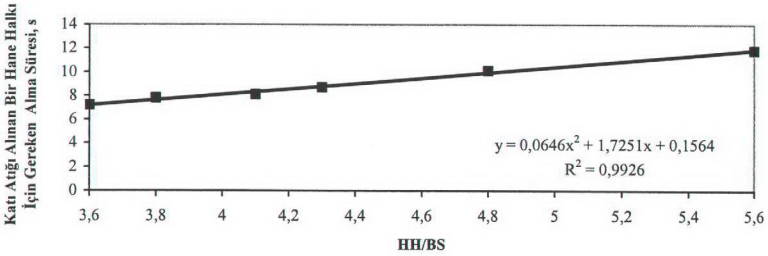
Şekil 6.3 Hane halkı yoğunluğu ile katı atık alma süresi ilişkisi.



Şekil 6.4 Bina yoğunluğu ile katı atık alma süresi ilişkisi.



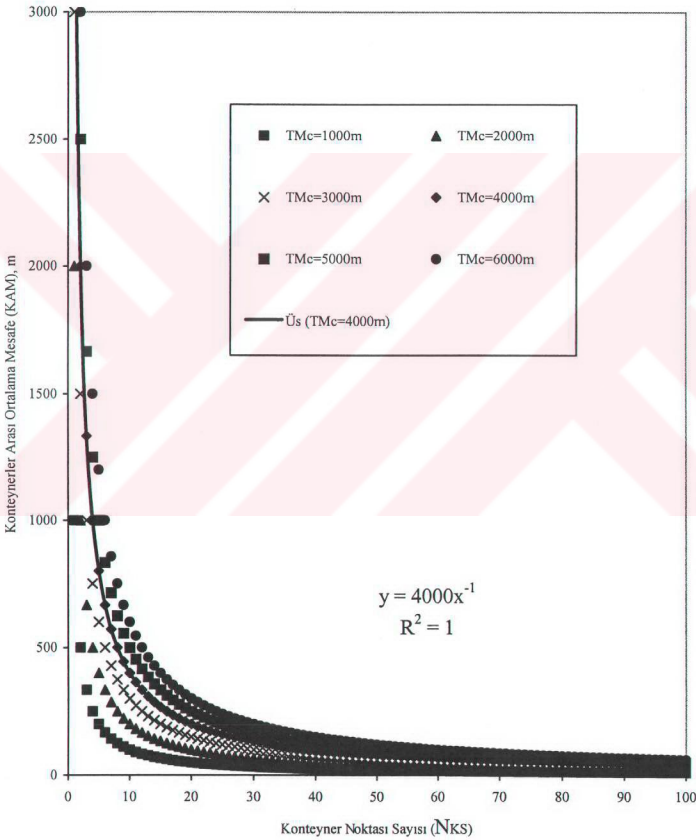
Şekil 6.5 HHs/Bs oranı ile kişi başına katı atık alma süresi ilişkisi.



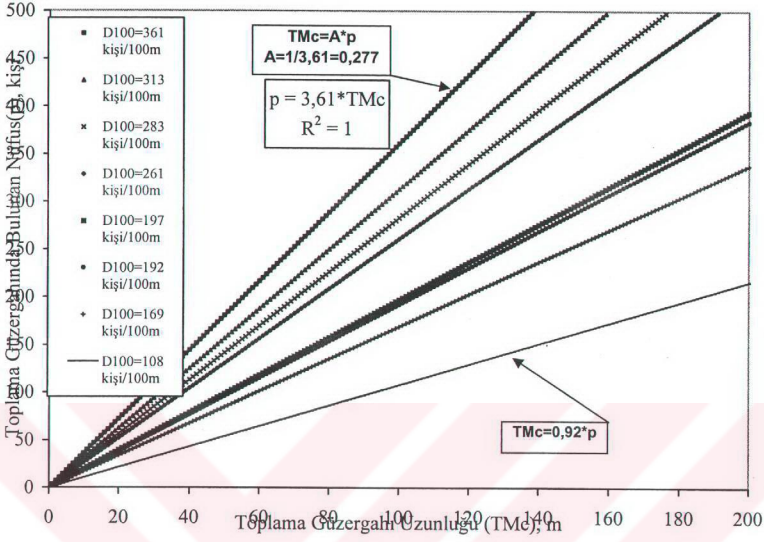
Şekil 6.6 HHs/Bs oranı ile hane halkı başına katı atık alma süresi ilişkisi.

6.1.1 Konteynerli Toplama İşlemi

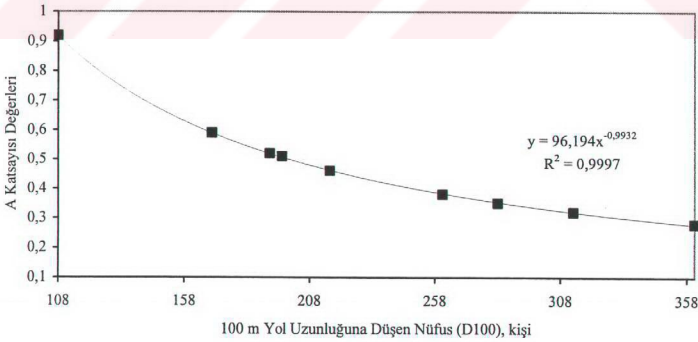
Konteynerli toplama işleminde toplam toplama mesafesine (TMC) göre konteynerler arasındaki ortalama mesafenin konteyner nokta sayısına göre değişimi Şekil 6.7’de verilmiştir. Konteynerler arasındaki ortalama mesafe (KAM) ile konteyner noktası sayısı arasında üstel bir ilişki olduğu görülmektedir. Toplama güzergahı uzunluğu ile nüfus ilişkisi çalışma alanı verisi olarak Şekil 6.8’de ve A katsayısı ilçe D100 arasındaki ilişki Şekil 6.9’da verilmiştir.



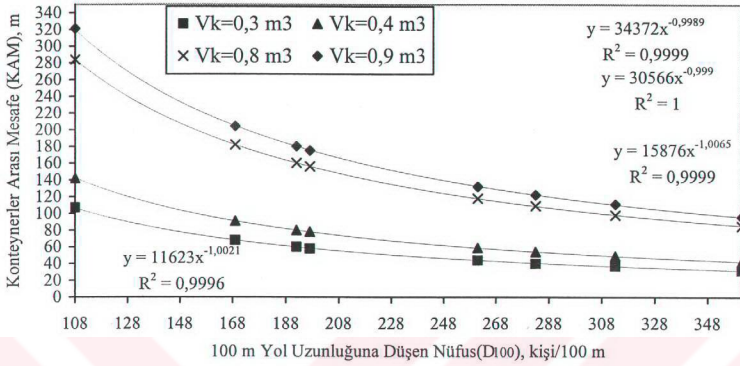
Şekil 6.7 Konteynerler arası mesafe (KAM) ile konteyner noktası sayısının (NKS) toplam toplama mesafesine (TMC) göre değişimi.



Şekil 6.8 Belli bir katı atık toplama güzergahı mesafesi ile nüfus yoğunluğu ilişkisi.



Şekil 6.9 Belli bir toplama mesafesinde a katsayısının birim yol uzunluğuna düşen nüfus (D_{100}) ile değişimi.



Şekil 6.10 Belli bir katı atık toplama güzergahında konteynerler arası mesafenin konteyner hacmine bağlı olarak 100 m yol uzunluğuna düşen nüfus ile değişimi.

Şekil 6.10 verisi olarak konteyner hacmine (V_K) göre B ve c değerleri Çizelge 6.2’de verilmiştir.

Çizelge 6.2 Konteyner hacmine bağlı olarak B ve C değerleri.

Konteyner Hacmi, m^3	B	c	R^2
0.3	11623	-1.0021	0.99
0.4	15876	-1.0065	0.99
0.8	30566	-0.999	1
0.9	34372	-0.9989	0.99

Çizelge 6.2’de verilen B ve c’nin konteyner hacmine bağlı olarak değişimi sırasıyla (6.1) ve (6.2) eşitliklerinde verilmiştir.

$$B = 37549 V_K + 579,94 \quad (6.1)$$

$$c = -0,2683V_K^3 + 0,528V_K^2 - 0,3143V_K - 0,9481 \quad (6.2)$$

Toplama mesafesinin nüfusa bağlı olarak değişimi (6.3)'te verilmiştir.

$$TM_c = A * p \quad (6.3)$$

TM_c: Toplama işleminin yapıldığı güzergah uzunluğu, m

p: Toplama işleminin yapıldığı TM_c güzergahındaki toplam nüfus, kişi

A: Katsayı, değerleri toplama işleminin yapıldığı TM_c güzergahında 100 m yol uzunluğuna düşen nüfusa bağlı olarak (6.8) veya Şekil 6.9 yardımıyla hesaplanabilir.

Şekil 6.7 verisi olarak konteynerler arasındaki ortalama mesafe (KAM) ile belli bir toplama güzergahındaki konteyner konulacak nokta sayısı (N_{KS}) ilişkisi (6.4)'te verilmiştir.

$$KAM = TM_c * N_{KS}^{-1} \quad (6.4)$$

KAM: Konteynerler arasındaki ortalama mesafe, m

N_{KS}: Belli bir toplama güzergahındaki konteyner konulacak nokta sayısı (araç bu noktada toplama işlemi amacıyla bir defa durmaktadır).

Şekil 6.10 verisi olarak konteynerler arası mesafenin 100 m nüfusa ve konteyner hacmine bağlı olarak değişimini ifade eden eşitlik (6.5)'te verilmiştir.

$$KAM = B * D_{100}^c \quad (6.5)$$

D₁₀₀: Belli bir TM_C toplama güzergahında 100 m yol uzunluğuna düşen nüfus yükü, kişi/100 m yol uzunluğu

(6.4)'ten konteyner konulacak nokta sayısı çekilirse (6.6) elde edilir.

$$N_{KS} = \frac{TM_c}{KAM} \quad (6.6)$$

(6.3) ve (6.5), (6.6)'da yerine yazılırsa (6.7) elde edilir.

$$N_{KS} = \frac{A * p}{B * D_{100}^c} \quad (6.7)$$

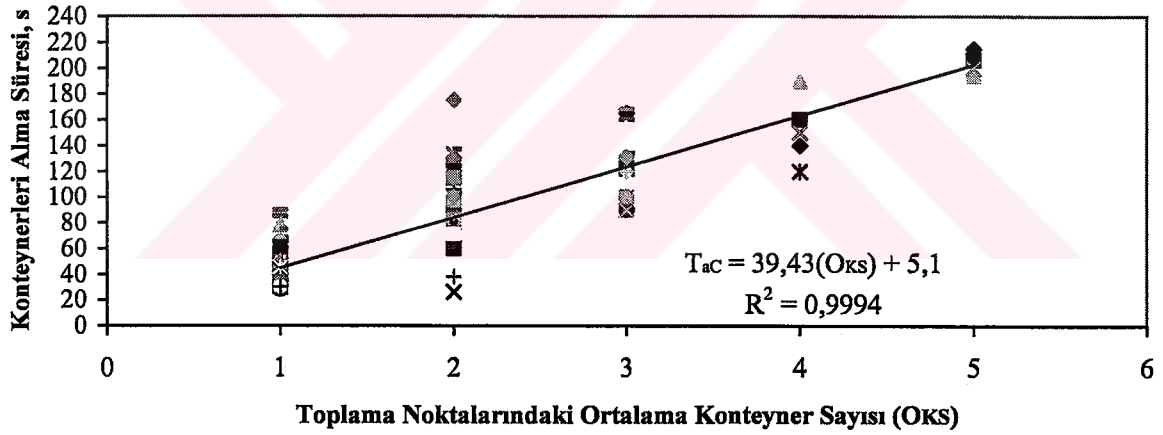
A katsayısının 100 m yol uzunluğuna düşen nüfus sayısına bağlı olarak değişimini gösteren eşitlik (6.8)'de verilmiştir.

$$A = 96,194 D_{100}^{-0,9932} \quad (6.8)$$

0.8 m³ hacimli konteyner dikkate alınarak (6.7) düzenlenirse (6.9) elde edilir. (6.9) kullanılarak, güzergahta bulunan nüfus ve nüfus yoğunluğuna bağlı olarak konteyner noktası sayısı tahmin edilebilir.

$$N_{KS} = 0,0031471 * D_{100}^{0,0058} * p \quad (6.9)$$

Konteynerli toplama işleminde çalışma alanında yapılan gözlem ve incelemelerle elde edilen veriler kullanılarak konteyner sayısı ile katı atık alma süresi ilişkisi Şekil 6.11'de, toplama işlemi güzergah süresi (T_{gC}), (6.10)'da verilmiştir.



Şekil 6.11 Trabzon Kenti'nde konteyner sayısı ile katı atık alma süresi ilişkisi.

$$T_{gC} = T_{sC} + T_{aC} + T_i + T_y \quad (6.10)$$

Katı atık toplama aracı ortalama hızı, çalışma alanında yapılan gözlem ve incelemeler neticesi (6.11)'de verilmiştir. Durma noktaları arasındaki ortalama mesafe (6.12)'deki gibi ifade edilebilir. Sırasıyla (6.13), (6.14), (6.15), (6.16)'da değerleri verilen T_{sC}, T_{aC}, T_i ve T_y (6.10)'da yerine yazılırsa; (6.17) elde edilir.

$$v_{ort} = 5.799 * Ln(O_{DMC}) - 10.787, O_{DMC} \geq 6.43m \quad (6.11)$$

$$O_{DMC} = \frac{TM_C}{(N_{KS} + n_i + n_y + 1)} \quad (6.12)$$

$$T_{sC} = \frac{3.6TM_C}{v_{ort}} \quad (6.13)$$

$$T_{aC} = N_{KS} [a + b(O_{KS})] \quad (6.14)$$

$$T_i = t_i n_i \quad (6.15)$$

$$T_y = t_y n_y \quad (6.16)$$

$$T_{gC} = \frac{3.6TM_C}{5.799 * Ln(O_{DMT}) - 10.787} + N_{KS} [a + b(O_{KS})] + t_i n_i + t_y n_y \quad (6.17)$$

Burada;

TM_C : Konteynerli toplama işleminde toplam toplama mesafesi, m

O_{DM} : Toplama işleminde durma noktaları arasındaki ortalama mesafe, m

O_{DMC} : Konteynerli toplamada durma noktaları arasındaki ortalama mesafe, m

v_{ort} : Toplama aracının ortalama hızı, km/h

a ve b: Çizelge 6.3'te verilen deneysel sabitler

t_i : Toplama aracının belli bir rotadaki trafik ışıklarında ortalama bekleme süresi, s

n_i : Toplama aracının belli bir rotadaki trafik ışıklarında durma sayısı

t_y : Toplama aracının belli bir rotada trafik yoğunluğu nedeniyle ortalama bekleme süresi, s

n_y : Toplama aracının belli bir rotada trafik yoğunluğu nedeniyle durma sayısı

N_{KS} : Araç güzergahında konteynerlerin bulunduğu nokta sayısı

KS: Güzergahta toplam konteyner sayısı

O_{KS} : Araç güzergahında bulunan konteyner noktalarındaki ortalama konteyner sayısı

Toplam konteyner sayısı, nüfusa (p) ve konteyner başına düşen nüfusa (P_{KS}) bağlı olarak (6.18) eşitliğinde verilmiştir.

$$KS = \frac{p}{P_{KS}} \quad (6.18)$$

P_{KS} , m^3 konteyner hacmi (V_K) ve kişi başına oluşturulan m^3 katı atık hacmine (V_{RP}) bağlı olarak (6.19)'da verilmiştir.

$$P_{KS} = \frac{V_K}{V_{RP}} \quad (6.19)$$

Kişi başına oluşturulan m^3 katı atık hacmi (V_{RP}); Hane halkı başına m^3 katı atık hacmi (V_R), hane halkını oluşturan ortalama kişi sayısı (P_R), kişi başına günde kg katı atık üretimi (M) ve oluşturulan katı atığın birim hacim ağırlığına (SW_p) bağlı olarak (6.20) ve (6.21)'de verilmiştir.

$$V_{RP} = \frac{V_R}{P_R} \quad (6.20)$$

$$V_{RP} = \frac{M}{SW_p} \quad (6.21)$$

Ortalama konteyner sayısı (6.22) eşitliği kullanılarak belirlenebilir.

$$O_{KS} = \frac{KS}{N_{KS}} \quad (6.22)$$

Konteynerli katı atık toplama işleminde p nüfus değerine bağlı olarak belli bir güzergah için model parametreleri ve değerleri Çizelge 6.3'te verilmiştir.

Çizelge 6.3 Konteynerli toplama işlemi güzergahı model parametre değerleri.

Model Parametreleri	Değer
Ortalama durma mesafesi, O_{DMC}	54.9 m
Toplam toplama mesafesi, TMc	6895 m
Durulan noktada Ortalama konteyner sayısı, O_{KS}	1.14
Ortalama araç hızı, v_{ort}	13.2 km/h
Deneysel sabit, a	5.1 s
Deneysel sabit, b	39.4 s/adet Konteyner
Trafik ışığında ortalama bekleme, t_i	9.5 s
Güzergahtaki trafik ışığı sayısı, n_i	4
Trafik yoğunluğu nedeniyle bekleme, t_y	15 s
Trafik yoğunluğu nedeniyle durma sayısı, n_y	3
Konteyner sayısı, KS	117.4
Güzergahta hizmet verilen nüfus, p	13546
Güzergahtaki konteyner noktası sayısı, N_{KS}	103
Birim katı atık miktarı, M	0.65 kg/kişi*gün
Katı atık birim Hacim ağırlığı, SWp	250 kg/m ³
Hane halkı başına katı atık hacmi, V_R	0.0107 m ³
Kişi başına katı atık hacmi, V_{RP}	0.0026 m ³
Bir konteynerin hacmi, V_K	0.3 m ³
Konteynerin nüfus yükü, P_{KS}	115 kişi
100 m Güzergaha Düşen Ortalama Nüfus, D_{100}	197 kişi
A katsayısı.	0.50616

Konteynerli toplama işleminde tahmin edilen sonuçlarla gözlenen değerlerin katı atık alma süresi, araç seyir süresi ve güzergah süresi açısından kıyası Çizelge 6.4'te verilmiştir.

Çizelge 6.4 ile ilgili açıklamalar: Kıyas yapılan Erdoğan mahallesin'de trafik yoğunluğu ve trafik ışıklarında bekleme süreleri toplamı güzergah süresinin %0.8'ini oluşturmaktadır (80 s). Gerçek rotada 15 m³ hacimli aracın, katı atık alma amacıyla 103 farklı noktada durduğu belirlenmiştir. Konteynerli toplama güzergah süresi tahmininin yapıldığı durumda da aynı sayıda noktada durulacağı varsayılmıştır.

Çizelge 6.4 Konteynerli toplamada gözlenen güzergah süresi ile modelin kıyası.

Parametreler (1)	Model (2)	Gözlenen (3)	Kolon(2)'nin Kolon(3)'e Oranı (4)
Katı atık alma süresi, T_{aC}	5225 s	5329 s	0.97
Araç seyir süresi, T_{sC}	2562 s	4529 s	0.54
Güzergah süresi, T_{gC}	7870 s	9941 s	0.77

Katı atık alma süresinin modelde %3 oranında daha az olması, çalışma alanındaki konteynerlerden katı atıkların taşması nedeniyle süpürme işlemi yapılmasından dolayıdır.

Çalışma alanındaki konteynerlerden katı atıkların taşması nedeniyle süpürme işlemi yapılmasından dolayı oluşan kayıp zaman, Çizelge 6.5'te verilmiştir.

Çizelge 6.5 Güzergahlarda katı atık alma noktalarının süpürülmesi için geçen sürenin alma süresinin yüzdesi olarak durumu.

Güzergah Adı	Güzergahta Süpürme İçin Toplam Süre, s	Katı Atık Alma Süresinin %'si Olarak Süpürme Süresi
Ana caddeler	150	15.7
Pazarkapı	558	49.8
Boztepe 1	240	17.4
Boztepe 2	448	36.9
Erdoğan	721	12.3
Yenimahalle 1	198	36.9
Yenimahalle 2	114	11.9

6.1.2 Kaldırımdan Toplama İşlemi

Kaldırımdan toplama işleminde ortalama araç hızı (6.23)'te, araç güzergah süresi (6.24)'te ve toplama/taşıma aracı ortalama durma mesafesi (6.25)'te verilmiştir. Değerleri sırasıyla (6.26), (6.27), (6.28) ve (6.29)'da verilen T_{sK} , T_{aK} , T_i ve T_y (6.24)'te yerine yazılırsa (6.30) elde edilir.

$$v_{ort} = 5.799 * Ln(O_{DMK}) - 10.787, O_{DMK} \geq 6.43m \quad (6.23)$$

$$T_{gK} = T_{sK} + T_{aK} + T_i + T_y \quad (6.24)$$

$$O_{DMK} = \frac{TM_K}{(BAO * BS + n_i + n_y + 1)} \quad (6.25)$$

$$T_{sK} = \frac{3.6TM_K}{v_{ort}} \quad (6.26)$$

$$T_{aK} = AAO * [a + b(p)] \quad (6.27)$$

$$T_i = t_i n_i \quad (6.28)$$

$$T_y = t_y n_y \quad (6.29)$$

$$T_{gK} = \frac{3.6TM_K}{5.799 * Ln(O_{DMT}) - 10.78} + AAO * [a + b(p)] + t_i n_i + t_y n_y \quad (6.30)$$

Burada;

TM_K : Kaldırımdan toplamada toplam toplama mesafesi, m

O_{DMK} : Kaldırımdan katı atık toplamada durma noktaları arasındaki ortalama mesafe, m

v_{ort} : Toplama aracının ortalama hızı, km/h

a ve b: değerleri Çizelge 6.6'da verilen deneysel sabitler

t_i : Toplama aracının belli bir rotadaki trafik ışıklarında ortalama bekleme süresi, s

n_i : Toplama aracının belli bir rotadaki trafik ışıklarında durma sayısı

t_y : Toplama aracının belli bir rotada trafik yoğunluğu nedeniyle ortalama bekleme süresi, s

n_y : Toplama aracının belli bir rotada trafik yoğunluğu nedeniyle durma sayısı

AAO : Güzergahta bulunan sakinlerin atık atma oranı

BAO : Bina önünde atık bulunma oranı

HH : Güzergahtaki hane halkı sayısı

BS: Güzergahtaki bina sayısı

p: Güzergaha düşen toplam kişi sayısı

Kaldırımdan katı atık toplama işlemine ilişkin model parametreleri Çizelge 6.6'da verilmiştir.

Çizelge 6.6 Kaldırımdan toplamada gözlenen rotadaki model parametreleri.

Model Parametreleri	Değer
Ortalama durma mesafesi, O_{DMK}	43.75m
Toplam toplama mesafesi, TM_K	5250 m
Ortalama araç hız, v_{ort}	11.2 km/h
Deneysel sabit, a	3.4 s
Deneysel sabit, b	3.1733 s/kişi
Trafik ışığında ortalama bekleme, t_i	9.5 s
Güzergahtaki trafik ışığı sayısı, n_i	5
Trafik yoğunluğu nedeniyle bekleme, t_y	15 s
Trafik yoğunluğu nedeniyle durma sayısı, n_y	10
Güzergahta hizmet verilen nüfus, p	11316
Güzergahtaki hane halkı sayısı, HH	2760
Güzergahtaki bina sayısı, BS	208
Güzergahta atık atma oranı, AAO	0.136 (%13.6)
Atık alınan bina oranı, BAO	0.5

Kaldırımdan toplama işleminde tahmin edilen sonuçlarla gözlenen değerlerin katı atık alma süresi, araç seyir süresi ve güzergah süresi açısından kıyası Çizelge 6.7’de verilmiştir.

Çizelge 6.7 Kaldırımdan toplamada gözlenen güzergah süresi ile modelin kıyası.

Parametreler (1)	Model (2)	Gözlenen (3)	Kolon(2)’nin Kolon(3)’e Oranı (4)
Katı atık alma süresi, Ta	5432 s	4672 s	1.16
Araç seyir süresi, Ts	1699 s	1694 s	1.00
Güzergah süresi, Tg	7324 s	6604 s	1.11

Çalışma alanındaki farklı rotalardaki gözlem ve incelemelerden elde edilen a ve b deneysel sabitleri Çizelge 6.8’de verilmiştir (yapılan korelasyonlarda bütün a ve b katsayıları için $R^2 > 0.99$ elde edilmiştir).

Çizelge 6.8 Trabzon Kenti’nde farklı 10 güzergahta yapılan gözlem ve incelemeler sonucu kaldırımdan katı atık toplama işlemi a ve b sabitleri.

Güzergah Adı	Katsayılar ve Değerleri	
	a ₁ (s)	b ₁ (s/kışı)
Pazarkapı-Çarşı 1	3.40	3.1733
Pazarkapı-Çarşı 2	3.10	2.8933
Pazarkapı-Çarşı 3	2.90	2.7067
Boztepe-Y.Cuma 1	1.70	1.5867
Boztepe-Y.Cuma 2	1.74	1.6240
Kalkınma-Bostancı	2.05	1.9133
Erdoğan 2-3	1.61	1.5027
Beşirli 1-2	2.61	2.4360
Yalı-G.Bahar-Y.Mah. 1	2.12	1.9787
Yalı-G.Bahar-Y.Mah. 2	1.87	1.7453

6.2 Taşıma (Hauling)

Taşıma işleminde (hauling) güzergah süresinin modellenmesinde kullanılan değişkenler:

- Araç seyir süresi, T_s
- Trafik ışıklarında bekleme süresi, T_i
- Trafik yoğunluğu nedeniyle bekleme süresi, T_y

Taşıma işlemi için çalışma alanı verisi olarak ortalama hız (6.31)'de verilmiştir. Taşıma işleminde güzergah süresi (6.32)'de ve ortalama durma mesafesi (6.33)'te verilmiştir. Değerleri sırasıyla (6.34), (6.35) ve (6.36)'da verilen T_s , T_i , ve T_y yerlerine yazılırsa (6.37) elde edilir.

$$v_{Tot} = 7.2999 * \ln(O_{DMT}) - 10.997, \quad O_{DMK} \geq 6.43m \quad (6.31)$$

$$T_{gT} = T_{sT} + T_i + T_y \quad (6.32)$$

$$O_{DMT} = \frac{TM_T}{(n_i + n_y + 1)} \quad (6.33)$$

$$T_{sT} = \frac{3.6TM_T}{v_{Tot}} \quad (6.34)$$

$$T_i = t_i n_i \quad (6.35)$$

$$T_y = t_y n_y \quad (6.36)$$

$$T_{gT} = \frac{3.6TM_T}{7.2999 * \ln(O_{DMT}) - 10.997} + t_i n_i + t_y n_y \quad (6.37)$$

Taşıma işlemi için model parametreleri Çizelge 6.9'da ve mevcut bir taşıma güzergahında tahmin edilen sonuçlarla gözlenen değerlerin kıyası ise Çizelge 6.10'da verilmiştir.

Çizelge 6.9 Taşıma işleminde gözlenen güzergahtaki model parametreleri.

Model Parametreleri	Değer
Ortalama durma mesafesi, O_{DMT}	416.6 m
Toplam taşıma mesafesi, TM_T	2500 m
Ortalama araç hızı, v_{Tort}	33.04 km/saat
Trafik ışığında ortalama bekleme, t_i	9.5 s
Güzergahtaki trafik ışığı sayısı, n_i	4
Trafik yoğunluğu nedeniyle bekleme, t_y	15 s
Trafik yoğunluğu nedeniyle durma sayısı, n_y	1

Burada;

O_{DMT} : Taşıma işleminde ortalama durma mesafesi, m

TM_T : Taşıma işleminde toplam taşıma mesafesi, m

v_{Tort} : Taşıma işlemi araç ortalama hızı, km/h

Çizelge 6.10 Taşıma işleminde gözlenen güzergah süresi ile model sürelerin karşılaştırılması.

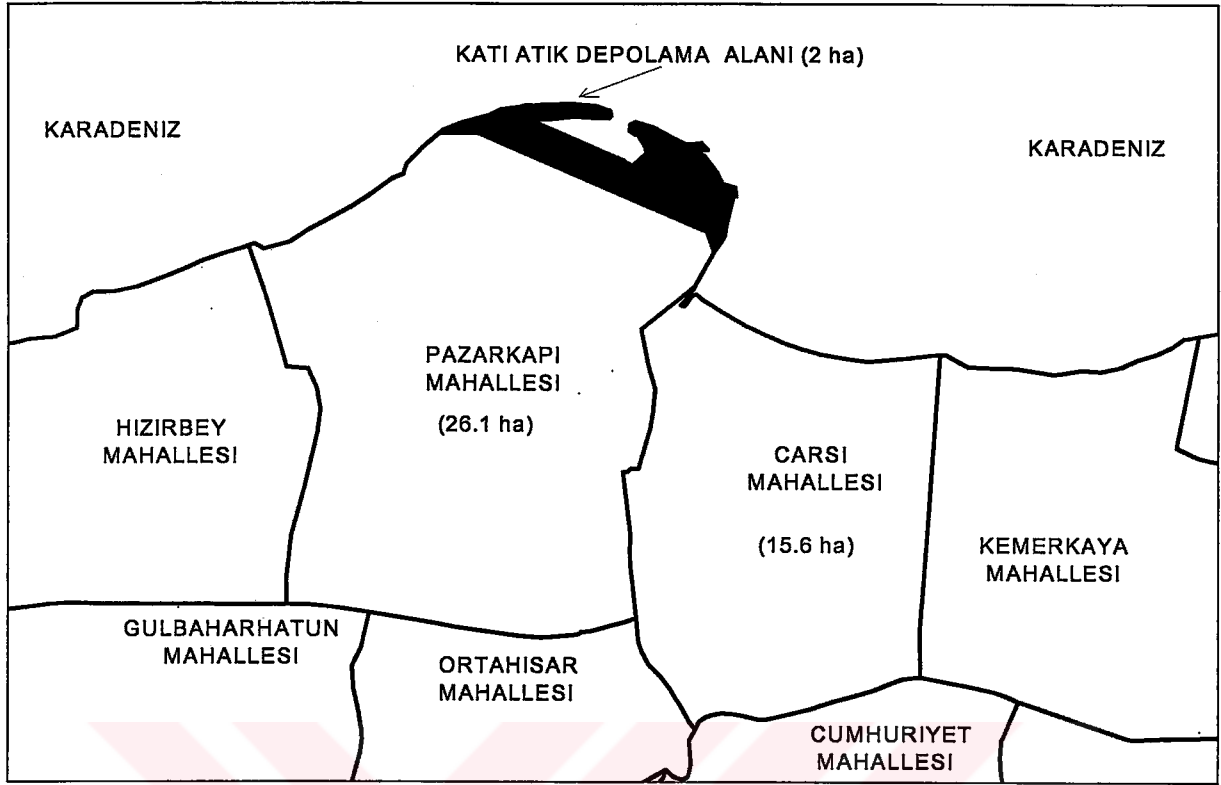
Taşıma İşlemi No	Tahmin Edilen Zaman, s	Gözlenen Zaman, s	Kolon(2)'nin Kolon(3)'e Oranı
(1)	(2)	(3)	(4)
1	272	265	1.03
2	272	262	1.04
3	272	268	1.04
4	282	264	1.07
5	272	261	1.04
6	263	261	1.01
7	272	266	1.02
8	272	261	1.04

6.3 Duyarlılık (Sensitivity) Analizi

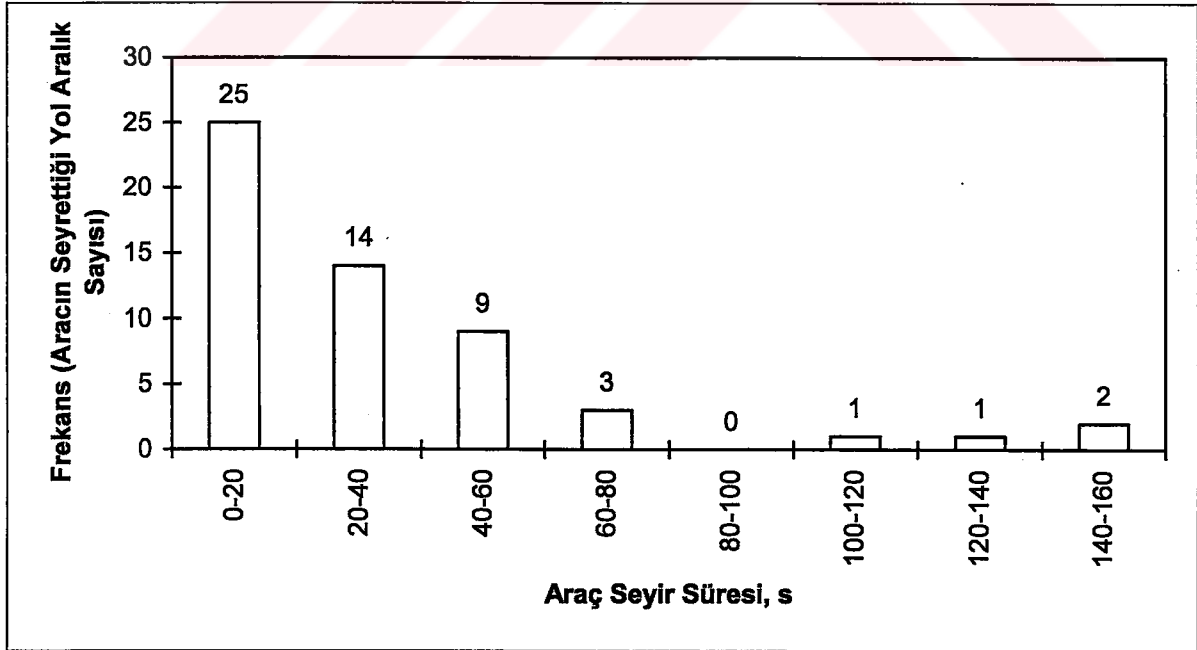
Bu çalışmada, Trabzon Kenti'nde bulunan 39 mahallede katı atık toplama işleminin CBS destekli optimizasyonu araştırılmış ve güzergah sürelerinin nüfus yoğunluğuna bağlı olarak tahmininin yapılabildiği bir model geliştirilmiştir.

Pazarkapı-Çarşı mahallelerinde Haziran 2002'de yaptığımız gözlem, ölçüm ve incelemelerde, katı atıkların kaldırımdan ve işçilerle toplanmasının ne kadar zaman aldığı ve optimum verim için hangi yöntemin daha ekonomik olduğu araştırılmıştır. Sıkıştırılmalı ve arkadan yüklemeli araçlar kullanılan çalışma alanında şoför ile birlikte üç kişi görev yapmaktadır. Bu güzergahta yaptığımız gözlem ve incelemelere göre, toplanan katı atıkların %49.6'sı kaldırımdan yani bina önlerine bırakılmış poşet, teneke, kova, kasa gibi malzemelerin işçiler tarafından yürüyerek alınması ve arkadan yüklemeli sıkıştırma tertibatlı toplama aracına konulması şeklinde olduğu belirlenmiştir. Kaldırımdan toplama işleminde toplama süresinin %82.8'i kullanılmıştır. Toplanan katı atıkların geri kalan %50.4 oranındaki miktarı toplama zamanının %17.2'sinde konteynerlerden elde edilmiştir. Belli hacimli bir konteynerin arkadan yüklemeli toplama/taşıma aracına iki işçi tarafından boşaltılarak yerine konulmasıyla aynı miktardaki katı atığın aynı işçiler tarafından kaldırımdan toplanması ve araca konulması çalışma alanında gözlenmiş ve yoğun yerleşimin olduğu güzergahlarda yapılan gözlem ve incelemelerde kaldırımdan toplamanın konteynerli toplamaya göre 4.8 kat daha fazla zaman gerektirdiği (0.6 dakika/konteyner, 2.88 dakika/konteyner eşdeğeri katı atık) belirlenmiştir.

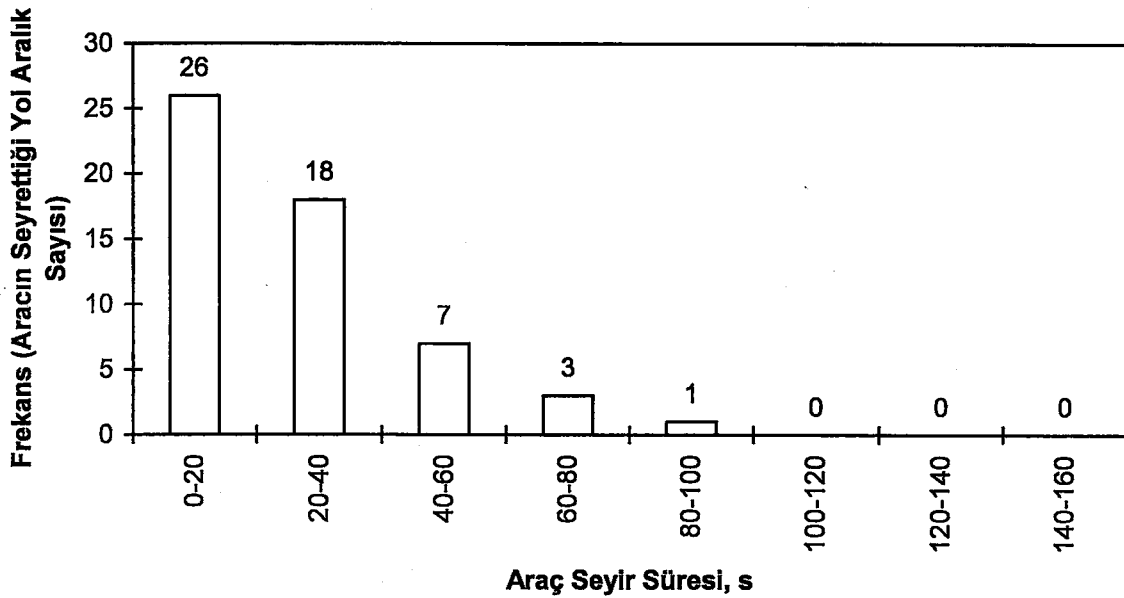
RouteView ProTM programı kullanılarak Pazarkapı –Çarşı Mahallelerinde bulunan güzergahta katedilen yol optimize edilmiştir. Güzergah optimizasyonu yapılan güzergah ile mevcut güzergah karşılaştırıldığında, optimize edilen güzergahta katedilen yolun 867m daha kısa olduğu yani %18 oranında az olduğu belirlenmiştir. Optimize edilen rotadaki dönüşler nedeniyle harcanan sürede %30 oranında tasarruf sağlanmıştır. Seyir süresi açısından kıyaslandığında optimize edilmiş güzergahın mevcut güzergahtan 432 s daha kısa sürede tamamlandığı yani %22 zaman tasarrufu temin edildiği belirlenmiştir. Çalışılan Pazarkapı-Çarşı Mahalleleri haritası Şekil 6.12'de ve güzergahların seyir süresi açısından kıyası mevcut güzergah için Şekil 6.13 ve optimize edilen güzergah için Şekil 6.14'te verilmiştir. Veriler katı atık toplama aracının hangi sokakta ne kadar seyrettiği dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Mevcut güzergahta katı atık alma noktaları arasında seyir süresinin %70'i 40 s'nin altında olmasına rağmen optimize edilmiş güzergahta bu oran %80 olmaktadır. Ayrıca optimize edilen güzergahta atık alma noktaları arasındaki seyir süresi 100 s'nin altında kalmaktadır.



Şekil 6.12 Katı atık bertaraf edilen alan ve komşu mahallelerin tematik haritası.



Şekil 6.13 Mevcut güzergahta katı atık alma noktaları arasındaki seyir süresinin dağılımı.



Şekil 6.14 Optimize edilen güzergahta katı atık alma noktaları arasındaki seyir süresinin dağılımı.

Trabzon Kenti'nde video kamera ile mevcut güzergahlarda yaklaşık 30 saat çekim yapılmıştır. Aracın garajından hareketiyle ilk katı atık alma noktasına varması, toplama işlemi tamamlandıktan sonra atıkların boşaltılması ve yeni güzergaha başlanması ile ilgili kayıtlar tekrar tekrar incelenerek ve Trabzon Şehri sayısal yol haritası kullanılarak T_a , T_s , T_i , T_y ve T_d değerleri belirlenmiştir. Halihazır haritalardan ve kayıtlı ortam çalışması çözümlemelerinden yararlanılarak HH , BS , n_i , n_y ve n_d sayıları belirlenmiştir. Nüfus bilgileri Trabzon Belediyesi ve DİE kaynaklarından temin edilerek gezilen güzergahlardaki atığı alınan HH belirlenmiş ve toplama/taşıma süresinin nüfusa bağlı olarak tahmin edilebileceği konteynerli toplama ve kaldırımdan toplama işlemleri için birer model geliştirilmiştir. Hem konteynerli toplama/taşıma işlemi hem de kaldırımdan toplama/taşıma işlemi için katı atık alma süresi (T_a), toplama işlemi yapılacak güzergahtaki nüfusa bağlı olarak ifade edilmiştir. Katı atıkların konteynerli toplanmasında alma süresi (T_{aC}), (6.38)'de verilmiştir. N_{KS} ; nüfusa ve 100 m yola düşen nüfus yoğunluğuna bağlı olarak (6.42)'de, 0.8 m^3 hacimli konteyner için (6.49)'da ve parametrelerle ilgili tanım aralıkları ise (6.39) ila (6.49)'da verilmiştir. Trabzon Kenti'nde 39 mahalledeki güzergahlarla ilgili A deneysel değişkeni, TM_C ve D_{100} değerleri toplu olarak Çizelge 6.11'de verilmiştir.

$$T_{aC} = N_{KS} [5.1 + 39.4(O_{KS})] \quad (6.38)$$

$$O_{KS} \geq 1 \quad (6.39)$$

$$N_{KS} \geq 1 \quad (6.40)$$

$$T_{aC} \geq 44,5 \quad (6.41)$$

$$N_{KS} = \frac{A^* p}{B^* D_{100}^c} \quad (6.42)$$

$$0.2774 \leq A \leq 0.9195 \quad (6.43)$$

$$11623 \leq B \leq 34372 \quad (6.44)$$

$$-1.0021 \leq c \leq -0.9989 \quad (6.45)$$

$$108 \leq D_{100} \leq 361 \quad (6.46)$$

$$0.002736 \leq D_{100}^c \leq 0.009307 \quad (6.47)$$

$$N_{KS} = 0.0031471 * D_{100}^{0.0058} * p \quad (6.48)$$

$$0.03234p \leq N_{KS} \leq 0.003256p \quad (6.49)$$

Katı atıkların kaldırımdan toplanması işleminde alma süresi (T_{aK}) (6.50)'de verilmiştir.

Kaldırımdan atık toplama işlemi için alma süresi, güzergahtaki kişi sayına bağlı olarak (8.50)'de ve tanım aralığı (8.51)'de verilmiştir.

$$T_{aK} = AAO * [a_1 + b_1(p)] \quad (8.50)$$

$$T_{aK} = \begin{cases} 0; & AAO = 0 \\ a_1 + b_1(p); & AAO = 1 \end{cases} \quad (8.51)$$

Katı atık alma süreleri güzergahta bulunan toplam nüfusa bağlı olarak tahmin edilebilmektedir. Yapılan güzergah takiplerinde gözlenen süre ile tahmin edilen süre arasındaki hatalar alma süresi, seyir süresi ve güzergah süresi açısından %5'den daha küçük bulunmuştur. Bu da geliştirilen modellerle, en çok %5 oranında fazla süre tahmini yapıldığını göstermektedir.

Çizelge 6.11 Çalışma alanı verisi olarak çalışılan güzergah adı, TM_C ve deneysel değişken A 'nın güzergahtaki nüfus yoğunluğuna göre aldığı değerler.

Güzergah Adı	TM_C , m	A	D_{100} , kişi/100 m yol
Kalkınma-Bostancı	4000	0.9195	108
Yalı-G.Bahar 1	5250	0.5894	169
Yalı-G.Bahar 2	2580	0.5193	192
Erdoğan 2-3	6895	0.5062	197
Beşirli 1-2	1918	0.4619	216
Pazkapı-Çarşı 3	3329	0.3828	261
Boztepe-Y.Cuma 1	2891	0.3532	283
Pazkapı-Çarşı 2	1352	0.3196	313
Pazkapı-Çarşı 1	2937	0.2774	361

Çizelge 6.11'deki A , 100 m güzergah uzunluğuna düşen nüfusa bağlıdır. Çalışma alanında D_{100} , 108 kişi ile 361 kişi arasında değişmektedir. Çalışma alanında gözlenen ve incelenen güzergah uzunlukları ise 1352 m ile 6895 m arasında değişmektedir.

Yapılan gözlem/incelemler ve halihazır haritalardan yararlanılarak elde edilen bilgiler kullanılarak katı atık alma süresi (T_{aK}), 100 m yol uzunluğuna düşen hane halkı sayısı (HH), bina sayısı (BS) ve hane halkı sayısı bina sayısı oranına (HH/BS) bağlı olarak (6.52)'de verilmiştir.

$$T_{aK} = A_2 * X + B_2 \quad (6.52)$$

(6.52) ile ifade edilen parametrelerle ilgili bilgi, Çizelge 6.12'de verilmiştir.

Çizelge 6.12 Katı atık alma süresinin $T_{ak}=A_2X+B_2$ eşitliğine bağlı olarak tahmini için belirlenen gerekli deneysel parametrelerin değerleri.

A_2	X	B_2, s	r^2
0.0211 s/HH	HH	1.5298	0.99
0.6822 s/BS	BS	4.284	0.99
0.4916 s*P	HH/BS	0.0315	0.99
2.1737 s*HH	HH/BS	5.5979	0.99

Çizelge 6.12’de görüldüğü gibi, toplama işleminde katı atık alma süresi toplama güzergahında bulunan hane halkı sayısına (HH), bina sayısına (BS), hane halkı sayısı bina sayısı oranına (HH/BS) bağlı olarak tahmin edilebilmektedir.

Daha önceki çalışmalarda olduğu gibi burada da toplama/taşıma aracının seyir süresi modellenirken, durma noktaları arasında belli bir ortalama hızla seyredildiğinin varsayılması gereklidir. Hem toplama hem de taşıma (hauling) işlemlerinin modellenmesinde, çalışma alanında yapılan kayıt ortamı araştırmalar neticesi olarak ampirik ortalama hız ifadeleri geliştirilmiştir. Araç ortalama hızı olarak toplama işleminde (6.52) ve taşıma işleminde (6.54) eşitliği elde edilmiştir. Ortalama hızların seyir sürelerinin tahmininde ortalama durma mesafelerine (O_{DM}) bağlı olarak kullanılması durumunda %95 güvenirlilik düzeyinin sağlandığı belirlenmiştir. Geliştirilen seyir süresi tahmin modeliyle en çok gerçek sürenin %5’i kadar fazla tahmin yapıldığı belirlenmiştir. Toplama işlemi için ortalama hızın bağlı olduğu değişken tanım aralığı (6.53)’te, taşıma işlemi için ortalama hızın bağlı olduğu değişken tanım aralığı (6.55)’te görülmektedir.

$$v_{ort} = 5.799 * Ln(O_{DMCK}) - 10.787 \quad (6.52)$$

$$6.43 \leq O_{DMCK} \leq TM_{CK} \quad (6.53)$$

$$v_{Tort} = 7.2999 * Ln(O_{DMT}) - 10.997 \quad (6.54)$$

$$4.2 \leq O_{DMT} \leq TM_T \quad (6.55)$$

Trabzon Kenti'nde katı atık toplama/taşıma güzergahlarında yapılan çalışmalarda, kayıt ortamı çalışma verilerinin çözümlenmesiyle elde edilen araç seyir, güzergah, atık almasız güzergah, trafik ışığında bekleme, trafik yoğunluğu nedeniyle bekleme ve sağa/sola/geriye dönüş süreleriyle ilgili ilişkiler burada verilmiştir.

T_s ile n_d ilişkisi (6.56)'da, çalışma alanı verisi olarak n_d ve T_s tanım aralıkları sırasıyla (6.57) ve (6.58)'de verilmiştir.

$$T_s = 55.047n_d + 19.801 \quad (6.56)$$

$$6 \leq n_d \leq 61 \quad (6.57)$$

$$350s \leq T_s \leq 3377s \quad (6.58)$$

Katı atık toplama işleminde sağa/sola dönüş süresi ortalama 9.2 s sürmektedir. Sağa/sola dönüş süresi, aracın seyir halindeyken doğrultusundan sapması ve tekrar aynı veya paralel doğrultuya gelmesi için geçen süreyi ifade etmektedir. Bu süre araç seyir süresi içinde yer almaktadır. Çalışma alanı verisi olarak sağa/sola dönüş esnasında araç, maksimum hızının %2'si ve ortalama hızının %4'ü kadar bir hızla seyrettiği belirlenmiştir.

T_s ile T_d sürelerinin ilişkisi (6.59)'da, çalışma alanı verisi olarak T_d ve T_s tanım aralıkları sırasıyla (6.60) ve (6.61)'de verilmiştir.

$$T_s = 6.0423T_d - 121.58 \quad (6.59)$$

$$56s \leq T_d \leq 567s \quad (6.60)$$

$$216s \leq T_s \leq 3306s \quad (6.61)$$

T_g ile T_d sürelerinin ilişkisi (6.62)'de, çalışma alanı verisi olarak T_d ve T_s tanım aralıkları sırasıyla (6.63) ve (6.64)'te verilmiştir.

$$T_g = 8.7271T_d + 1900.6 \quad (6.62)$$

$$56s \leq T_d \leq 567s \quad (6.63)$$

$$2388s \leq T_g \leq 6851s \quad (6.64)$$

T_g ile T_a sürelerinin ilişkisi (6.65)'te, çalışma alanı verisi olarak T_a ve T_g tanım aralıkları sırasıyla (6.66) ve (6.67)'de verilmiştir.

$$T_g = 1.6363T_a + 43.2 \quad (6.65)$$

$$1091s \leq T_a \leq 5329s \quad (6.66)$$

$$1742s \leq T_g \leq 8677s \quad (6.67)$$

T_g ile T_s sürelerinin ilişkisi (6.68)'de, çalışma alanı verisi olarak T_s ve T_g tanım aralıkları sırasıyla (6.69) ve (6.70)'te verilmiştir.

$$T_g = 1.8541T_s + 1442.2 \quad (6.68)$$

$$412s \leq T_s \leq 4437s \quad (6.69)$$

$$2206s \leq T_g \leq 9667s \quad (6.70)$$

T_g ile T_i sürelerinin ilişkisi (6.71)'de, çalışma alanı verisi olarak T_i ve T_g tanım aralıkları sırasıyla (6.72) ve (6.73)'de verilmiştir.

$$T_g = 67.008T_i + 2847 \quad (6.71)$$

$$0s \leq T_i \leq 47s \quad (6.72)$$

$$2847s \leq T_g \leq 6029s \quad (6.73)$$

T_g ile T_y sürelerinin ilişkisi (6.74)'te, çalışma alanı verisi olarak T_y ve T_g tanım aralıkları sırasıyla (6.75) ve (6.76)'da verilmiştir.

$$T_g = 0.6137T_y + 4258 \quad (6.74)$$

$$30s \leq T_y \leq 150s \quad (6.75)$$

$$4276s \leq T_g \leq 4350s \quad (6.76)$$

T_{ga} ile T_y sürelerinin ilişkisi (6.77)'de, çalışma alanı verisi olarak T_y ve T_{ga} tanım aralıkları sırasıyla (6.78) ve (6.79)'da verilmiştir.

$$T_{ga} = -5.8537T_y + 2203.3 \quad (6.77)$$

$$30s \leq T_y \leq 150s \quad (6.78)$$

$$1325s \leq T_{ga} \leq 2027s \quad (6.79)$$

T_{ga} ile T_i sürelerinin ilişkisi (6.80)'de, çalışma alanı verisi olarak T_i ve T_{ga} tanım aralıkları sırasıyla (6.81) ve (6.82)'de verilmiştir.

$$T_{ga} = 29.52T_i + 1057.8 \quad (6.80)$$

$$0s \leq T_i \leq 47s \quad (6.81)$$

$$1058s \leq T_{ga} \leq 2460s \quad (6.82)$$

T_{ga} ile T_d sürelerinin ilişkisi (6.83)'te, çalışma alanı verisi olarak T_d ve T_{ga} tanım aralıkları sırasıyla (6.84) ve (6.85)'te verilmiştir.

$$T_{ga} = 5.7015 T_d + 127.99 \quad (6.83)$$

$$56s \leq T_d \leq 567s \quad (6.84)$$

$$446s \leq T_{ga} \leq 3362s \quad (6.85)$$

T_{ga} ile T_s sürelerinin ilişkisi (6.86)'da, çalışma alanı verisi olarak T_s ve T_{ga} tanım aralıkları sırasıyla (6.87) ve (6.88)'de verilmiştir.

$$T_{ga} = 1.0005 T_s + 154.72 \quad (6.86)$$

$$412s \leq T_s \leq 4436s \quad (6.87)$$

$$567s \leq T_{ga} \leq 4593s \quad (6.88)$$

7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, 1/1000 ölçekli halihazır paftalar yardımıyla Trabzon Kenti katı atık yol ağları, demografik yapı ve atık miktarları ile ilgili bir coğrafi bilgi sistemi veri tabanı oluşturulmuş, toplama/taşıma sürelerinin birim yol uzunluğuna düşen nüfusa (nüfus/100 m yol) bağlı olarak modellenmesi sağlanmış ve katı atık bertarafında en önemli mali kalemi teşkil eden toplama/taşıma işlemleri güzergah optimizasyonu yapılarak mevcut durumla kıyaslanmıştır.

Trabzon'da gözlem ve inceleme yapılan güzergahlarda t_p , 0.24-0.70 işçi.dakika/HH aralığında değerler almaktadır. Birim alana düşen yol uzunluğu yüksek olan Pazarkapı-Çarşı Mahalleleri gibi alanlarda bulunan güzergahlarda yüksek t_p değerleri elde edilmiştir ve bu durumun literatürdeki verilerle uyumluluk gösterdiği belirlenmiştir.

Kayıt ortamlı çalışmaların çözümlenmesiyle elde edilen veriler, sayısal harita ve diğer coğrafi bilgilerin değerlendirilmesiyle varılan sonuçlar:

- Cadde/sokak büyüklüklerinin değişimi: Konteynerli toplamada, minimum 9 m (Mısırlı Sokak), maksimum 1053 m (Devlet Sahilyolu Caddesi) ve ortalama 88 m olarak belirlenmiştir ve 154 farklı cadde/sokakta konteynerli toplama işlemi yapıldığı tespit edilmiştir. Kaldırımdan toplamada minimum 20 m (7 Nolu Sokak), maksimum 2420 m (Dereboyu Caddesi), ortalama 131 m olarak belirlenmiştir ve 114 farklı cadde/sokakta kaldırımdan toplama işlemi yapıldığı tespit edilmiştir. Aynı Alma noktasında Konteynerli ve kaldırımdan toplama işleminin yapılması durumunda minimum 20 m (Aygün Sokak), maksimum 510 m (Dranaz Caddesi), ortalama 160 m olarak belirlenmiştir ve 34 farklı cadde/sokakta aynı alma noktasında hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama işlemi yapıldığı tespit edilmiştir.
- Toplama işleminde alınan katı atık miktarının cadde/sokaklara göre değişimi: Konteynerli katı atık toplama işlemlerinde, minimum 300 L (77 farklı sokaktan 300 L), maksimum 2100 L (Nemlioğlu sokak), ortalama 518 L (1.73 adet konteyner karşılığı katı atık) olarak belirlenmiştir ve Tavanlı Çıkar Sokak'tan 1800 L, Çiçekli Sokak ve Devlet Sahilyolu Caddesi'nden 1500'er L, 3 farklı cadde/sokaktan 1200'er L (Canbalı Sokak, Kisarna Caddesi, Çamlık Civarı Sokak), 14 farklı cadde/sokaktan 900'er L, 56 farklı cadde/sokaktan 600'er L, 77 farklı cadde/sokaktan 300'er L katı atık alındığı belirlenmiştir. Konteynerli toplama işlemi yapılan cadde/sokak parçası sayısı 154, katı atık alınan konteyner sayısı 266, cadde/sokaklara düşen ortalama konteyner sayısı 1.73

olarak tespit edilmiştir. Kaldırımdan katı atık toplama işlemlerinde minimum 16 L (12 Nolu Sokak), maksimum 2500 L (Maraş Caddesi), ortalama 326 L olarak belirlenmiştir ve cadde/sokak parçası sayısı 114 olarak tespit edilmiştir. Aynı alma noktasında hem konteynerli hem de kaldırımdan katı atık toplama durumunda minimum 330 L (Islahhane Sokak; 30 L kaldırımdan, 300 L konteynerden), maksimum 3800 L (Lütfullah Sokak; 1400 L kaldırımdan, 2400 L konteynerden) ve ortalama 1064 L olarak belirlenmiştir. Konteynerli alınan katı atık miktarı maksimum 2400 L (Lütfullah Sokak) ve ortalama 855 L; kaldırımdan alınan katı atık miktarı minimum 40 L (Maraş Caddesi), maksimum 1400 L (Lütfullah Sokak) ve ortalama 209 L olarak tespit edilmiştir. Bu tür katı atık toplama işleminin yapıldığı cadde/sokak parçası sayısı 34 olarak belirlenmiştir.

- Katı atık alma noktaları arasındaki mesafelerin cadde/sokaklara göre değişimi: Konteynerli katı atık toplama durumunda minimum 10 m (Ceyhan Sokak), maksimum 533 (Devlet Sahilyolu Caddesi) ve ortalama 79 m olarak tespit edilmiştir. Kaldırımdan katı atık toplama durumunda minimum 10 m (7 Nolu Sokak, Zeytinlik Caddesi, Muhtar Sokak), maksimum 177 m (Yuva Sokak) ve ortalama 54 m olarak tespit edilmiştir. Aynı alma noktasında hem konteynerli hem de kaldırımdan katı atık toplama durumunda katı atık alma noktaları arasındaki mesafenin minimum 20 m (Lütfullah Sokak), maksimum 200 m (Maraş Caddesi) ve ortalama 61 m olduğu tespit edilmiştir.
- Katı atık alma sürelerinin cadde/sokaklara göre değişimi: Konteynerli katı atık toplama durumunda minimum 10 s (Devlet Sahil Yolu Caddesi, Köseoğlu Caddesi), maksimum 309 s (Devlet Sahilyolu Caddesi) ve ortalama 70 s olarak tespit edilmiştir. Kaldırımdan katı atık toplama durumunda minimum 5 s (Alacahamam Sokak, Yenicuma Caddesi, Dokuzuncu Sokak), maksimum 882 s (Maraş Caddesi) ve ortalama 94 s olarak tespit edilmiştir. Aynı alma noktasında hem konteynerli hem de kaldırımdan katı atık toplama durumunda minimum 16 s (Maraş Caddesi), maksimum 746 s (Lütfullah Sokak) ve ortalama 185 s olarak tespit edilmiştir.
- Katı atık alma amaçlı durma sayılarının cadde/sokaklara göre değişimi: Konteynerli katı atık toplama durumunda minimum 1 defa (144 farklı cadde sokak), maksimum 4 defa (Tavanlı Çıkar Sokak) ve ortalama 1.1 defa olarak tespit edilmiştir. Konteynerli katı atık alma amaçlı toplam durma sayısı 123 ve bu işlemlerin gerçekleştiği sokak/cadde parçası sayısı ise 154 olarak belirlenmiştir. Kaldırımdan katı atık toplama durumunda minimum 1 (59 farklı sokak/cadde parçası), maksimum 22 (Dereboyu Caddesi) ve ortalama 2.9

defa katı atık alma amaçlı durma işleminin gerçekleştiği tespit edilmiştir. Kaldırımdan katı atık alma amaçlı toplam durma sayısı 129 ve bu işlemlerin gerçekleştiği sokak/cadde parçası sayısı ise 114 olarak belirlenmiştir. Aynı alma noktasında hem konteynerli hem de kaldırımdan katı atık toplama durumunda minimum 1 (9 farklı sokak/cadde parçası), maksimum 11 (Lütfullah Sokak) ve ortalama 3.2 defa katı atık alma amaçlı durma işleminin meydana geldiği tespit edilmiştir. Konteynerli katı atık alma amaçlı toplam durma sayısı 107 ve bu işlemlerin gerçekleştiği sokak/cadde parçası sayısı ise 34 olarak belirlenmiştir.

- Toplama işleminde alma noktasında bulunan toplam katı atık miktarı ile alma süresi arasındaki ilişki: Konteynerli toplamada alma sürelerinin minimum 10 s, maksimum 309 s ve ortalama 69.7 s olduğu belirlenmiştir. Konteynerli toplama durumunda, alma noktalarındaki toplam atık hacimlerinin minimum 300 maksimum 2100 ve ortalama 518 L olduğu tespit edilmiştir. Kaldırımdan toplamada alma sürelerinin minimum 5 maksimum 882 s ve ortalama 93.1 s olduğu belirlenmiştir. Konteynerli toplama durumunda, alma noktalarındaki toplam atık hacimlerinin minimum 10 maksimum 2500 ve ortalama 324.7 L olduğu tespit edilmiştir. Aynı katı atık alma noktasında hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama işlemi yapılması durumunda toplamada alma sürelerinin minimum 16 maksimum 746 saniye olduğu ve ortalama sürenin ise 185 saniye olduğu belirlenmiştir. Bu tür toplama durumunda, alma noktalarındaki toplam atık hacimlerinin minimum 350 maksimum 3800 ve ortalama 1064 Litre oldukları tespit edilmiştir.
- Toplama işleminde güzergah süresi ile alınan katı atık miktarı arasındaki ilişki: Konteynerli toplamada güzergah sürelerinin minimum 32 ve maksimum 360 saniye olduğu ve ortalama sürenin ise 119 saniye olduğu belirlenmiştir. Konteynerli toplama durumunda, alma noktalarındaki toplam atık hacimlerinin minimum 300 maksimum 2100 ve ortalama 518 Litre oldukları tespit edilmiştir. Kaldırımdan toplamada güzergah sürelerinin minimum 30 ve maksimum 1180 saniye olduğu ve ortalama sürenin ise 149.2 saniye olduğu belirlenmiştir. Kaldırımdan toplama durumunda, alma noktalarındaki toplam atık hacimlerinin minimum 10 maksimum 2500 ve ortalama 324.7 L olduğu tespit edilmiştir. Aynı katı atık alma noktasında hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama işlemi yapılması durumunda toplama güzergahı sürelerinin minimum 46 s, maksimum 1281 s ve ortalama 290.5 s olduğu belirlenmiştir. Bu tür toplama durumunda, alma noktalarındaki toplam atık hacimlerinin minimum 350 maksimum 3800 ve ortalama 1064

L olduğu tespit edilmiştir.

- Toplama işleminde araç seyir süresi ile alınan katı atık miktarı arasındaki ilişki: Konteynerli toplamada seyir sürelerinin minimum 5 ve maksimum 295 saniye olduğu ve ortalama sürenin ise 46 saniye olduğu belirlenmiştir. Konteynerli toplama durumunda, alma noktalarındaki toplam atık hacimlerinin minimum 300 maksimum 2100 ve ortalama 518 Litre oldukları tespit edilmiştir. Kaldırımdan toplamada seyir sürelerinin minimum 7 ve maksimum 616 saniye olduğu ve ortalama sürenin ise 50.6 saniye olduğu belirlenmiştir. Kaldırımdan toplama durumunda, alma noktalarındaki toplam atık hacimlerinin minimum 10 maksimum 2500 ve ortalama 324.7 Litre oldukları tespit edilmiştir. Aynı katı atık alma noktasında hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama işlemi yapılması durumunda toplamada seyir sürelerinin minimum 21 ve maksimum 535 saniye olduğu ve ortalama sürenin ise 102.1 saniye olduğu belirlenmiştir. Bu tür toplama durumunda, alma noktalarındaki toplam atık hacimlerinin minimum 350 maksimum 3800 ve ortalama 1064 Litre oldukları tespit edilmiştir
- Toplama işleminde konteyner sayısı ile katı atık alma süresi arasındaki ilişki: Konteynerli toplamada alma sürelerinin minimum 10 ve maksimum 309 saniye olduğu ve ortalama sürenin ise 69.7 saniye olduğu belirlenmiştir. Konteynerli toplama durumunda, alma noktalarındaki konteyner sayılarının minimum 1 maksimum 7 ve ortalama 1.7 oldukları tespit edilmiştir.
- Toplama işleminde alınan katı atık miktarı ile aracın katettiği yol arasındaki ilişki: Konteynerli toplamada toplama aracının kat ettiği yol minimum 9 ve maksimum 1053 metre olduğu ve ortalama mesafenin ise 87.7 metre olduğu belirlenmiştir. Konteynerli toplama durumunda, alma noktalarındaki toplam atık hacimlerinin minimum 300 maksimum 2100 ve ortalama 518 Litre oldukları tespit edilmiştir. Aynı alma noktasında 300 L hacimli konteynerlerin minimum 10 m maksimum 533 m ve ortalama 83 m'de bir bulunduğu; 600 L konteyner hacminin minimum 9 m maksimum 1053 m ve ortalama 114 m'de bir bulunduğu; 900 L konteyner hacminin minimum 30 m maksimum 330 m ve ortalama 93 m'de bir bulunduğu; 1200L konteyner hacminin minimum 40 m maksimum 120 m ve ortalama 70 m'de bir bulunduğu belirlenmiştir. Kaldırımdan toplamada toplama aracının kat ettiği yol minimum 20 ve maksimum 2420 metre olduğu ve ortalama mesafenin ise 132.7 metre olduğu belirlenmiştir. Kaldırımdan toplama durumunda, alma noktalarındaki toplam atık hacimlerinin minimum 10 maksimum 2500

ve ortalama 324.7 Litre oldukları tespit edilmiştir. Aynı katı atık alma noktasında hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama işlemi yapılması durumunda toplama aracının kat ettiği yol minimum 20 ve maksimum 510 metre olduğu ve ortalama mesafenin ise 160.2 metre olduğu belirlenmiştir. Bu tür toplama durumunda, alma noktalarındaki toplam atık hacimlerinin minimum 350 maksimum 3800 ve ortalama 1064 Litre oldukları tespit edilmiştir.

- Toplama işleminde aracın kat ettiği yol ile araç ortalama hızı arasındaki ilişki:
Konteynerli toplamada toplama aracının durma noktaları arasındaki ortalama hızının minimum 0.4 km/h ve maksimum 58 km/h olduğu ve ortalama hızının ise 9.6 km/h olduğu belirlenmiştir. Konteynerli toplama durumunda, durma noktaları arasındaki mesafelerin minimum 20 maksimum 533 ve ortalama 75.1 m olduğu tespit edilmiştir. Ortalama hızın maksimum değeri Maraş Caddesinde bulunan 83 m uzunluğundaki yol parçasında ve minimum değerin ise Çamlık Sokakta bulunan 20 m uzunluğundaki yol parçasında gerçekleştiği belirlenmiştir. Kaldırımdan toplamada toplama aracının durma noktaları arasındaki ortalama hızının minimum 1.5 km/h, maksimum 27 km/h ve ortalama hızının 11.4 km/h olduğu belirlenmiştir. Konteynerli toplama durumunda, durma noktaları arasındaki mesafelerin minimum 10, maksimum 177 ve ortalama 53 m olduğu tespit edilmiştir. Ortalama hızın maksimum değerinin İskele Caddesi'ndeki 37.5 m uzunluğundaki yol parçasında ve minimum değerinin ise 7 Nolu Sokak'taki 10 m uzunluğundaki yol parçasında gerçekleştiği belirlenmiştir. Aynı katı atık alma noktasında hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama işlemi yapılması durumunda toplama aracının durma noktaları arasındaki ortalama hızının minimum 1.2 km/h, maksimum 17.1 km/h ve ortalama 8.2 km/h olduğu belirlenmiştir. Bu tür toplama durumunda, durma noktaları arasındaki mesafelerin minimum 20, maksimum 200 ve ortalama 56 m olduğu tespit edilmiştir. Ortalama hızın maksimum değerinin Maraş Caddesinde bulunan 200 m uzunluğundaki yol parçasında ve minimum değerinin ise Davulcuoğlu Sokakta bulunan 30 m uzunluğundaki yol parçasında gerçekleştiği belirlenmiştir.
- Katı atık toplama güzergahı toplam uzunluğu (TM) minimum 1352 m ve maksimum 6895 m olarak belirlenmiştir. Toplama güzergahında bulunan bina sayısı (BS) minimum 208 ve maksimum 625; hane halkı sayısı (HS) minimum 897 ve maksimum 3304, katı atık miktarı minimum 5230 L ve maksimum 47350 L; katı atık alma süresi (T_a) minimum 1006 s ve maksimum 4529 s; katı atık almasız güzergah süresi (T_{ga}) minimum 557 s ve maksimum 4609 s; güzergah süresi (T_g) minimum 2198 s ve maksimum 9938 s; araç

dönüş sayısı (n_d) minimum 6 ve maksimum 41; katı atık alma noktası sayısı (n_a) minimum 26 ve maksimum 108 s; birim bina sayısına düşen güzergah uzunluğu minimum 5.28 m ve maksimum 25.2 m; bina sayısı başına düşen katı atık miktarı minimum 14.8 L ve maksimum 92.2 L; bina başına katı atık alma süresi minimum 3.9 s ve maksimum 22.5 s; bina sayısı başına düşen seyir süresi minimum 1.9 s ve maksimum 8.8 s; bina başına düşen katı atık almasız güzergah süresi minimum 2.2 s ve maksimum 9.3 s; bina başına düşen güzergah süresi minimum 6.9 s ve maksimum 31.8 s; bina başına düşen katı atık alma sayısı minimum 0.1 ve maksimum 0.4; hane halkı sayı başına düşen güzergah uzunluğu minimum 1.1 ve maksimum 3.8; hane halkı başına düşen katı atık miktarı minimum 3.1 L ve maksimum 14.3 L; hane halkı başına düşen katı atık alma süresi minimum 0.95 s ve maksimum 2.11 s; hane halkı başına düşen araç seyir süresi minimum 0.44 s ve maksimum 2.29 s; hane halkı başına düşen katı atık almasız güzergah süresi minimum 0.44 s ve maksimum 2.29 s; hane halkı başına düşen güzergah süresi minimum 1.42 s ve maksimum 4.16 s; hane halkı başına düşen katı atık alma noktası sayısı minimum 0.017 ve maksimum 0.049; birim güzergah uzunluğuna düşen bina sayısı minimum 0.03 ve maksimum 0.18; birim güzergah uzunluğuna düşen hane halkı sayısı minimum 0.26 ve maksimum 0.87; birim güzergah uzunluğuna düşen katı atık miktarı minimum 1.3 L ve maksimum 6.8 L; birim güzergah uzunluğuna düşen katı atık alma süresi minimum 0.25 s ve maksimum 1.21 s; birim güzergah uzunluğuna düşen araç seyir süresi minimum 0.31 s ve maksimum 1.07 s; birim güzergah uzunluğuna düşen katı atık almasız güzergah süresi minimum 0.34 s ve maksimum 1.07 s; birim güzergah uzunluğuna düşen güzergah süresi minimum 0.59 s ve maksimum 1.94 s; birim güzergah uzunluğuna düşen katı atık alma noktası sayısı minimum 0.011 ve maksimum 0.036 olarak belirlenmiştir.

Kayıt ortamlı çalışmalar sonucu, durma mesafesine bağlı toplama aracı ortalama hızı ampirik olarak belirlenmiş ve güzergah süresi tahmininde kullanılmıştır.

Konteynerli toplama işlemi yapılması durumunda her hangi bir güzergahta kaç adet konteyner yerleştirme noktasının olacağı ve bu noktalarda katı atık alma süresinin ne kadar olabileceği nüfus yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Böylece 100 m güzergaha düşen nüfus yoğunluğuna bağlı olarak herhangi bir toplama güzergahında konteyner sayısı ve katı atık alma süresi kolaylıkla tahmin edilebilmektedir. Ayrıca, kaldırımdan toplama yapılması durumunda güzergahta bulunan nüfus ve bina sayısına bağlı olarak katı atık alma süresinin tahmini mümkün olmaktadır.

Katı atık toplama işleminde sağa/sola dönüş süresi ortalama 9.2 s sürmektedir. Sağa/sola dönüş süresi, aracın seyir halindeyken doğrultusundan sapması ve tekrar aynı veya paralel doğrultuya gelmesi için geçen süreyi ifade etmektedir. Bu süre araç seyir süresi içinde yer almaktadır. Çalışma alanı verisi olarak sağa/sola dönüş esnasında araç, maksimum hızının %2'si ve ortalama hızının %4'ü kadar bir hızla hareket ettiği belirlenmiştir.

Literatürde ulaşılan çalışmalarda güzergah süresi hane halkı sayısına göre tahmin edilmiştir. Nüfus yoğunluğu, bina yoğunluğu, hane halkı yoğunluğu kriterleri ve sağa/sola dönüşlerin güzergah süresine etkisi araştırılmamıştır. Bu çalışmada güzergah süresi, belirtilen yoğunluklara göre değerlendirilmiştir.

Everett (1996a, 1996b) ve Wilson (2001a, 2001b) yaptıkları çalışmalarda seyir süresi, araç ortalama hızının maksimum hızın birden küçük bir katsayıyla çarpılmasıyla elde edilen ortalama hız kullanılmıştır. Elde edilen katsayı, aracın durma noktaları arasında katettiği yol ve ivmeye bağlı olarak değişmektedir. Ancak burada aracın doğrusal ve eğimi olmayan bir hat üzerindeki hareketi varsayıldığından eğimli ve sağa/sola dönüşlü güzergahlarda maksimum hıza dayalı tahmin yer yer yanılgıya neden olmaktadır. Bu nedenle güzergahların gözlenmesi ve gözlenen güzergahlara göre daha duyarlı ortalama hız yaklaşımlarının elde edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla; çalışma alanında yapılan kayıt ortamlı çalışmalarda ortalama toplama/taşıma hızlarının belirlenmesine yönelik araştırmalar yapılarak ortalama hızın daha duyarlı olarak tahmini sağlanmıştır. Toplama işlemlerinde seyir süresi tahmini için Everett (1996a,b) ve Wilson (2001a,b) tarafından kullanılan yaklaşım (2.14) çalışma alanında uygulandığında ($k=0.003/m$, $L=24km/h$, ve $ODM=43.8m$, $TM=5250m$) seyir süresi 6415s olarak elde edilmektedir. Kayıt ortamlı çalışmalar neticesi olarak elde edilen toplama işlemi ortalama hız ampirik ifadesi (6.52) kullanıldığında ($ODM=43.8m$, $TM=5250m$) seyir süresi 1699 s olarak elde edilmektedir. Çalışma alanı gerçek seyir süresi ise 1694 s olarak gözlenmiştir. Görüldüğü gibi çalışma alanında Everett tarafından geliştirilen seyir süresi yaklaşımı oldukça yüksek olan zaman tahmini vermektedir. Sonuç olarak, kullanılan yaklaşımlardan ziyade gözlenen saha verisinin kullanılması daha gerçekçi olmakta ve daha iyi sonuç vermektedir.

Katı atık toplama/taşıma işleminin optimizasyonu ve mevcut maliyetlerle kıyası ile elde edilen sonuçlar:

- Trabzon Kenti'nde bulunan 39 mahalle için evsel katı atık toplama/taşıma ve bertaraf işlemlerinin optimizasyonu için çözümü lineer programlama (LP) matematiksel optimizasyon yöntemine göre olan “transport modeli” kullanılmış ve “minimum masraf” hedeflenmiştir. Dinamik programlama (DP) modeline dayalı üretilmiş Route View ProTM kullanılarak optimize edilen taşıma/toplama güzergahları; çalışma alanı coğrafi bilgilerine, oluşan katı atık miktarına, birim toplama ve taşıma maliyetlerine göre oluşturulan LP modelinin minimize edilmesi/çözümü için kullanılmıştır. Trabzon sayısal yol haritası altlık olarak kullanılarak ve 39 mahalleye düşen nüfuslar dikkate alınarak 777 konteyner noktasını haiz tematik konteyner tabakası oluşturulmuştur. Route View ProTM programı yardımıyla yerleştirilen konteynerlerin mevcut araçlarla optimum güzergahlar kullanılarak toplanması durumuyla mevcut güzergahlar kıyaslanmıştır. Tematik haritada belirtilen güzergahlardan aracın toplama işlemini yapmasıyla %4-59 mesafe, %14-65 süre tasarrufu sağlanacağı belirlenmiştir. Toplama/taşıma maliyetlerinin hesaplanmasında Çizelge 2.10'daki birim katı atık toplama/taşıma maliyetleri kullanılmıştır. Toplama işlemlerinde maliyet, katedilen yol uzunluğu ile artmaktadır. Aracın katedeceği yolu minimize etmek, katı atık toplama/taşıma işlemi optimizasyonun en önemli amacı olmalıdır. Katı atıkların toplama/taşıma işlemlerinin 39 mahallede mevcut araçların kullanılmasıyla ve optimize edilen rotaların uygulanmasıyla günde 1844 \$ ve ayda 55320 \$ maliyet oluşmaktadır. Trabzon kentinde bu işlem için ayda 73334 \$ harcanmaktadır. Çalışma alanında, güzergah optimizasyonu ile %24 oranında tasarruf temin edilebileceği belirlenmiştir. Trabzon Kenti'nde, halihazır güzergahların bu tezde optimize edildiği şekilde düzenlenmesiyle ve konteynerli sistemin kullanılmasıyla, yıllık 200000 \$ tasarruf sağlanabileceği görülmektedir.
- Sayısal yol haritasında bulunan yol uzunluklarının toplamı 416 km ve konteynerli toplama işlemi yapılması durumunda toplam toplama mesafesi 162 km olmaktadır. Kaldırımdan toplama işlemi yapılması ve bütün cadde ve sokakların toplama işlemi amacıyla dolaşılması durumunda konteynerli toplama kıyasla 2.5 kat daha fazla yol kat edilmesi gerekmektedir.
- Bu çalışmada, toplama işlemlerinde CBS destekli olarak yol optimizasyonun sağlanması halinde “boşa kat edilen yollar” nedeniyle meydana gelen zaman ve mali kayıpların

önleneceği vurgulanmıştır. Toplama işlemlerinde çalışan personelin eğitimine önem verilmesi gerekmektedir. Güzergahta acemilik çekilmesi, gereksiz zaman ve işgücü kayıplarına sebep olmaktadır. Personelin uyumlu olması gerekliliği, toplama/taşıma işlemleri optimum verimi açısından önemli parametreler olarak gözlenmiştir.

Bu tez çalışmasında geliştirilen model, birim katı atık toplama süreleri ilgili olarak yerleşim yerlerinde bulunan nüfus yoğunluğuna ya da 100 m yol uzunluğuna düşen nüfusa bağlı olarak istatistiki açıdan anlamlı sonuçlar vermektedir. Yerleşim birimlerinde nüfusun 108-361 kişi/100 m yol olması durumu için model test edilmiş ve tahmin edilen süreler ile gerçek süreler arasındaki farkın %5'ten daha küçük olduğu belirlenmiştir. Bu model kullanılarak, yerleşimlerdeki katı atık toplama araç güzergahlarında 100 m yol uzunluğuna düşen nüfusun bilinmesi durumunda gerekli T_s , T_a , T_{ga} , T_g süreleri tahmin edilebilmektedir. Belli güzergahta konteynerli ya da kaldırımdan toplama yapılması durumunda gerekli güzergah süreleri nüfusa bağlı olarak belirlenebilmektedir. Burada geliştirilen model, yerleşim alanlarında karar vericilere ve yöneticilere katı atık yönetim planlamalarında yardımcı olacak, zaman ve mali kayıpların minimize edilmesinde önemli bir karar verme aracı olarak kullanılabilecektir. İnsanların yaşamını sürdürdüğü mekanlarda, yapılması bir gereklilik olduğuna göre, katı atık toplama/taşıma işleminin optimum verimle gerçekleştirilmesi mühendislik vizyonu ile örtüşmektedir.

Teorik olarak toplama/taşıma işlemlerinin optimum verimle yapılabilirliği mümkün olabilmekle birlikte, pratik olarak özellikle ülkemizde yeterli düzeyde uygulanamamaktadır. Trabzon Kenti gibi 200000'den büyük nüfuslu bütün belediyelerde bu tezde uygulanan güzergahlandırma çalışmalarının yapılması ve toplama/taşıma işlemi maliyetlerinin minimize edilmesinin sağlanması gerekmektedir. Toplama/taşıma işlemlerinin mevcut durumunun iyileştirilmesi, araç ve gereçlerin optimum kullanımına yönelik çalışmaların yapılması gerekmektedir. Katı atıklardan en yüksek faydayı temin edebilmek amacıyla yapılan geri kazanma işlemlerinin halk ile bütüncül olarak yapılması/yapılabilirliğinin test edilmesi ve başlanılan çalışmalarda kararlı ve tutarlı olunması gerekmektedir. Toplama/taşıma işlemlerinin yapılması esnasında oluşan atık gazların ve gürültünün çevrede meydana getirdiği/getireceği zararların araştırılması ve modellenmesi ve önleyici tedbirlerin araştırılması/geliştirilmesi gereklidir. Entegre katı atık yönetim çalışmalarının CBS uyumlu olarak projelendirilmesi; mükerrer verilerin ve mali kayıpların önlenmesi, verilerin güncellenmesinin temini ve yüksek duyarlıklı bilimsel çözümlerin üretilmesi için zaruridir.

KAYNAKLAR

- Al-Yagout A.F., Koushki P.A., Hamoda, M.F. (2001), "Public opinion and siting solid waste landfills in Kuwait", *Resources Conservation and Recycling*, (in press).
- Anex, P.R., Lawver, R.A., Lund, J.R., Tchobanoglous, G. (1996), "GIGO: Spreadsheet-Based Simulation for MSW Systems", *ASCE Journal of Environmental Engineering*, 122: 259-262.
- Apaydın, Ö., (1998), "Katı Atık Bertaraf Yöntemlerinin İrdelenmesi ve Trabzon Kenti Evsel Katı Atıklarından Geri Kazanılabilir Madde Miktarının Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Apaydın, Ö., (2000), "Katı Atık Yönetimi Açısından Gerikazanılabilir Atıklar-2: Trabzon Örneği", I. Çevre ve Teknoloji Sempozyumu, 17-20 Nisan, İstanbul, 1-11.
- Apaydın, Ö., (2001) "Katı Atık Geri Kazanımının Hane Halkı Eğilimleri Açısından Trabzon Ölçeğinde Araştırılması", 2000'li Yıllarda Şehir ve Sanayide Atıklar ve Arıtımı Uluslararası Sempozyumu ve Sergisi, 17-20 Mayıs 2001, İstanbul,
- Apaydın, Ö., Arslankaya, E., Avşar, Y., Gönüllü, M.T., (2003), "GIS Supported Optimization of Solid Waste Collection in Trabzon (Turkey)", 21th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region –Appropriate Solutions for Environmental Problems in Emerging Economies- Papers Presented to the conference, 4-8 October, Antalya/Türkiye.
- Apaydın, Ö., Goncaloglu, B.İ., (2001), "Katı Atık Gerikazanımının Sosyolojik Boyutunun Trabzon Ölçeğinde Araştırılması", I. Ulusal Katı Atık Kongresi, 18-21 Nisan 2001, İzmir, (3)1-11.
- Apaydın, Ö., Kalender, A., (1999), "Atık Geri Kazanımı Çalışmalarına Tüketici Yaklaşımları: Trabzon Örneği", Türkiye'de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu III, 18-19 Kasım 1999, Kocaeli, (I)512-521.
- Apaydın, Ö., Kalender, A., Gönüllü, M.T., (2002) "Assessment of Sociological Aspect of Separate Household Solid Waste Collection in Trabzon (Turkey)", ISWA 2002 World Environmental Congress and Exhibition, 8-12 July 2002, Istanbul, (5) 2955-2960.
- Apaydın, Ö., Üçüncü, O. (1997), "Karadeniz Bölgesinde Çevre Sorunları ve Çözüme Dönük Çalışmalar", TMMOB İMO Trabzon Şubesi, Mühendislik Bülteni, 2-5.
- Aqunwamba, J.C. (1998), "Solid waste management in Nigeria: Problems and issues", *Environmental Management*, 22: 849-856.
- Baştürk, A. v.d., 2002. "Solid Waste Management in Istanbul Metropolitan City", ISWA 2002 World Environmental Congress and Exhibition, 8-12 July, Istanbul, Turkey, (1) 95-102.
- Baştürk, A., (1993) "Katı Atıklar Dersi Notları", YTÜ İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Beşiktaş, İstanbul.
- Berkün, M., (1994), "Doğu Karadeniz Bölgesinde Katı Atıkların Özellikleri ve Giderilmesinin Tasarımı", KTÜ Araştırma Fonu Başkanlığı, Sonuç Raporu: 91.112.001.2, Trabzon.
- Björklund, A., (2000) "Environmental System Analysis of Waste Management-Experiences from Applications of the ORWARE Model", Doktoral Thesis, Royal Institute of Technology, Department of Chemical Engineering and Technology, Division of Industrial Ecology, Stockholm.

- Boadi, K.O. ve Kuitunen, M. (2003), "Municipal solid waste management in the Accra metropolitan area, Ghana", *The Environmentalist*, 23: 211-218.
- Bodner, R.M., Cassell, E.A. ve Andros, P.J. (1970), "Optimal routing of refuse collection vehicles", *ASCE Journal of Sanitary Engineering Division*, 96 (SA4): 893-904.
- Burnley, S. (2001), "The impact of the European landfill directive on waste management in the United Kingdom", *Resources Conservation and Recycling*, 32: 349-358.
- Caputo, A.C., Pelagagge, P.M. (2002), "RDF production plants: I Design and costs", *Applied Thermal Engineering*, 22: 423-437.
- Chang Ni-Bin ve Wang, S.F. (1997), "A fuzzy goal programming approach for the optimal planning of metropolitan solid waste management systems", *European Journal of Operational Research*, 99: 303-321.
- Chang Ni-Bin, Lin, Y.T., Chang, Y.H. (1998), "A client/server computer framework for solid waste management decision analyses in Taiwan", *Journal of Hazardous Materials*, 58: 15-31.
- Chang, Y.H. ve Chang Ni-Bin (1998), "Optimization analyses for the development of short-term solid waste management strategies using presorting process prior to incinerators", *Resources Conservation and*, 24: 7-32.
- Chiplunkar, A.V., Mehndiratta, S.L., Khanna, P. (1981), "Optimization of refuse collection systems", *ASCE Journal of Environmental Engineering Division*, 107(EE6): 1203-1210.
- Clark, M., (1993), "Integrated Municipal solid waste planning and decision-making in New York City: the citizen's alternative plan", *Journal of Air and Waste*, 43: 453-462.
- Clark, R.M. ve Helms, B.P. (1972), "Fleet selection for solid waste collection systems", *ASCE Journal of Environmental Engineering Division*, 100 (EE1): 7-24.
- Clark, R.M. ve Helms, B.P. (1974), "System analysis and solid waste planning", *ASCE Journal of Sanitary Engineering Division*, 97 (SA1): 71-78.
- Cointreau-Levine, S.C., (1994), *Private Sector Participation in MSW Services in Developing Countries, Volume 1: The Formal Sector*, The World Bank, Washington D.C., USA.
- Cunningham, S. (1990), "From Blue Angels To Variable Can Rates", *Biocycle*, 31(6): 44-45.
- ÇEVKO, (1991), *Ambalaj Atıkları Raporu*, İzmir.
- Danteravanich, S., Siriwong, C. (1998), "Solid waste management in Southern Thailand", *Journal of Solid Waste Technology and Management* 25 (1): 21-26.
- DİE, (1999), *Ekonomik Göstergeler: il 61-Trabzon*, Ankara
- DİE, (2001), *Türkiye İstatistik Yıllığı*; ISBN 975-19-3179-7; Ankara.
- DİE, (2002), *2000 Genel Nüfus Sayımı, nüfusun sosyal ve ekonomik nitelikleri: il 61-Trabzon*, ISBN 975-19-3065-0.
- Dilek, F.B., vd., (2002), "Katı Atık Aktarma İstasyonları Yer Seçimi", *GAP IV. Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı*, 6-8 Haziran, Şanlı Urfa, (II): 1297-1304.

- Eisenstein, D.D. and Iyer, A.V. (1997), "Garbage collection in Chicago: A dynamic scheduling model", *Management Science*, 43(7): 922-933.
- ERRA HQ. (1997), *Measuring Environmental Impact, Multi-material Recovery Report*, Belgium.
- Ersoy, G. (1996), *Trabzon İli Kıyı Yönetimi*, Trabzon.
- ESRI, (1990), *The ArcInfo Method, Understanding GIS*, Environmental System Research Institute.
- Everett, J., W. ve Shahi, S. (1996b), "Curbside collection of yard waste: II. Simulation and application" *ASCE Journal of Environmental Engineering*, 122(2): 115-121.
- Everett, J., W. ve Shahi, S., (1996a), "Curbside collection of yard waste: I. Estimating route time" *ASCE Journal of Environmental Engineering*, 122(2): 107-113.
- Everett, J., W., Maratha, S., Dorairaj. R., Riley, P. (1998a), "Curbside collection of recyclables: I. Route time estimation model" *Resources Conservation and Recycling*, 22: 177-192.
- Everett, J., W., Maratha, S., Dorairaj. R., Riley, P. (1998b), "Curbside collection of recyclables: II. Simulation and economic analysis, *Resources Conservation and Recycling*, 22: 217-240.
- Everett, J., W., ve Modak, A., R. (1996), "Optimal regional scheduling of solid waste systems: I. Model development" *ASCE, Journal of Environmental Engineering*, 122(9): 785-792.
- Everett, J.W. and Riley, P. (1997), "Curbside collection of recyclable materials: Simulation of collection activities and estimation of vehicle and labour needs", *Journal of Air & Waste Management Association*, 47: 1061-1069.
- Flanderka, F. (2002), "The Dual System in Germany-11 years of experience", *ISWA 2002 World Environmental Congress and Exhibition*, 8-12 July, Istanbul, Turkey, (1) 595-600.
- Fuertes, L.A., Hudson, J.F., Marks, D.H. (1974), "Solid waste management: Equity trade-off models", *ASCE Journal of Urban Planning and Development Division* 100 (UP2): 155-171.
- Gelders, L.F. ve Cattrisse, D.G. (1991), "Public waste collection: a case study", *Belgian Journal of Operation Research, Statistics and Computer Science* 31: 3-15.
- Güllü, S. (1990), *Katı atık toplanması ve taşınmasının optimizasyonu üzerine bir araştırma*, Yüksek lisans tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Helms B.P. ve Clark, R.M. (1971), "Location model for solid management", *ASCE Journal of Urban Planning and Development Division*, 97 (UP1): 1-13.
- Hsieh, H. Ve Ho, K. (1993), "Optimization of solid waste disposal system by linear programming technique", *Journal of Resource Management and Technology* 21: 194-201.
- Jacobs, T.L. ve Everett, J.W. (1992), "Optimal scheduling of consecutive landfill operation with recycling", *ASCE Journal of Environmental Engineering*, 118(3): 420-429.
- Kalender, A., Apaydın, Ö. (1998), "Trabzon Kenti Evsel Katı Atıklarından Gerikazanılabilir Madde Potansiyelinin Araştırılması", *KTÜ Araştırma Fonu Başkanlığı, Sonuç Raporu*: 97.112.001.2, Trabzon.

- Kao, J.J., Lin, H.Y., Chen, W.Y. (1997), "Network Geographic Information System for Landfill Site", *Waste Management & Research*, 15: 239-253.
- Karadağ, D., and Şakar, S. (2003), "Cost and financing of municipal solid waste collection services in İstanbul", *Waste Management & Research* 21(5): 480-485.
- Koushki, P.A., Al-Duaij, U. ve Al-Ghimlas, W. (2004), "Collection and transportation cost of household solid waste in Kuwait", *Waste Management* (baskıda: www.sciencedirect.com).
- Kınacı, C., Görgün, E., Arslan, M., Armağan, B. (2000), "Private Sector Participation in Municipal Solid Waste Services-A Case Study for Kadıköy of İstanbul in Türkiye", *Wastecon 2000, Biennial Conference and Exhibition on Integrated Waste Management in The Millennium*, 5-7 September, Somerset west near Cape Town, South Africa.
- Kırca, Ö. ve Erkip, N. (1998), "Selecting transfer station locations for large solid waste systems", *European Journal of Operational Research* 38: 339-349.
- Krikke, H.R., Hartenl, A. ve Schuur, P.C. (1998), "Mixed policies for recovery and disposal of multiple-type consumer products", *ASCE Journal of Environmental Engineering*, 124: 368-379.
- Leao, S., Bishop, I., Evans, D. (2001), "Assessing the demand of solid waste disposal in urban region by urban dynamics modelling in a GIS environment", *Resources Conservation and Recycling*, 33: 289-313.
- Liebman, J.C., Male, J.W., Watne, M. (1975), "Minimum cost in refuse vehicle routes", *ASCE Journal of Sanitary Engineering Division*, 101(EE3): 399-412.
- Ljungren, M., Sundberg, J. (1996), "A System Engineering Approach to National Solid Waste Management: Case Study Sweden", *Proceeding of Twelfth International Conference on Solid Waste Technology and Management*, November 17-19, Philadelphia, USA.
- Ludwig, H.F. ve Black, R.J. (1968), "Report on the solid waste problem", *ASCE Journal of Sanitary Engineering Division* 94(2): 355-370.
- Lund, J.R. (1990), "Least-cost scheduling of solid waste recycling", *ASCE Journal of Environmental Engineering*, 122(1): 182-197.
- MapInfo, (1998), *MapInfo Professional User Guide*, MapInfo Corp.
- Modak, A.R. ve Everett, J.W. (1996), "Optimal regional scheduling of solid waste systems: I. Model solution", *ASCE Journal of Environmental Engineering*, 122(9): 793-799.
- Movasaghi, K.K. (1993), "Optimality in regional waste management system", *Journal of Resource Management and Technology*, 21(4): 184-193.
- Nelson, O.O. ve Post, J. (2002), "Quality assessment of public and private modes of solid waste collection in Accra, Ghana", *Habitat International*, 26: 95-112.
- Peng, Z., Tsou, M., (2003), *internet GIS*, WILEY, JOHN WILEY & SONS INC., ISBN 0-471-35923-8, Hoboken, New Jersey.
- Phillips, P.S., Pratt, R.M., Pike, K. (2001), "An analysis of UK waste minimization clubs: key requirements for future cost effective developments", *Waste Management*, 21: 389-404.
- Price, J.L. (2001), "The landfill directive and the challenge ahead demands and pressures on the UK householder", *Resources Conservation and Recycling*, 32: 333-348.

Quon, J.E., Tanaka, M. ve Charnes, A. (1965), "Simulation and analyses of a refuse collection system", ASCE Journal of Sanitary Engineering Division, 91(SA1): 17-36.

Quon, J.E., Tanaka, M. ve Wersan, S.J. (1969), "Simulation model of refuse collection policies", ASCE Journal of Sanitary Engineering Division, 95(SA3): 575-592.

Salvia, M., Cosmi, C., Macchiato, M. ve Mangiamele, L. (2002), "Waste management system optimisation for Suthernb Italy with MARKAL model", Resources Conservation and Recycling, 34: 91-106.

Sezginman, İ., (2001), Lineer Programlama Teori ve Problemleri, Yıldız Teknik Üniversitesi Yayını no: YTÜ VAK.FE.DK-2001.001, İstanbul.

Solano, E., Dumas, R.D., Harrison, K.W, Ranjithan, S.R., Barlaz, M.A. ve Brill, E.D. (2002a), "Life-cycle-based solid waste management II: Illustrative applications", ASCE Journal of Environmental Engineering, 128(10): 993-1005.

Solano, E., Ranjithan, S.R., Barlaz, M.A. ve Brill, E.D. (2002b), "Life-cycle-based solid waste management I: Model development", ASCE Journal of Environmental Engineering, 128 (10): 981-992.

Sonesson, U. (2000), "Modelling of waste collection- a general approach to calculate fuel consumption and time", Waste Management and Research, 18: 115-123.

Şeker, D.Z. (1996a), "CBS'nin B'si", Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu'96, 26-28 September, İstanbul, 315-317.

Şeker, D.Z. (1996b), "Kırsal bölgelerde bilgi sistemlerinin uygulanma olanakları", Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Tanskanen. J.H (2000), "Strategic planning of municipal solid waste management" Resources Conservation and Recycling, 30: 111-133.

Tchobanoglous, G., Theisen, H. V e Vıgil, S.A., (1993), Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues, New York: McGraw-Hill.

Toprak, H., (1998), Katı Atık Toplama, Taşıma ve Bertaraf Sisteminin Eniyilenmesi ve Ekonomisi, DEÜ Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi yayın no:265, İzmir.

Trabzon Belediyesi, (2003), Çevre ve Temizlik İşleri Müdürlüğü (Şahsi Görüşme).

Trabzon Valiliği, (2002), Çevre İl Müdürlüğü (Şahsi Görüşme).

Truitt, M.M., Liebman, J.C.ve Krus, C.W. (1969), "Simulation model of urban refuse collection", ASCE Journal of Sanitary Engineering Division, 95 (SA2): 289-297.

Vaillancourt, K., Waaub, J.P. (2002). "Environmental site evaluation of waste management facilities embedded into EUGENE model:A multicriteria approach", European journal of operational research (in press).

Vasanthakumar, B.N. (1996). "A model for the optimal allocation of trucks for solid waste management", Journal of Waste Management and Rsearch 14, 87-96.

Wang, F.S., Richardson, A.J. ve Roddick, F.A., (1997), "SWIM-a computer model for solid waste integrated management", Computers Environment and Urban Systems 20 (4/5), 233-246.

Watts, B.M., Probert, J., Bentley, S.P., (2001), "Developing markets for recycle: perspectives from south Wales", *Resources Conservation and Recycling*, 32, 293–304.

Weng, Y.C Ni-Bin Chang (2001), "The development of sanitary landfills in Taiwan: status and cost structure analysis", *Resources Conservation and Recycling*, 33 181–201.

Williams, P.T., *Waste Treatment and Disposal*, Jhon Wiley & Sons Ltd., Reprinted June 1999.

Wilson, B.G. and Baetz, B.W. (2001a). "Modelling municipal solid waste collection systems using derived probability distributions: I. Model Development", *Journal of Env. Eng., ASCE*, 127(11), pp 1031-1038.

Wilson, B.G. and Baetz, B.W. (2001b). "Modelling municipal solid waste collection systems using derived probability distributions: II. Applications", *Journal of Env. Eng., ASCE*, 127(11), pp. 1039-1047.

Wilson, E.J., McDougal, F.R., Willmore, J., (2001), "Euro-trash: searching Europe for a more sustainable approach to waste management", *Resources Conservation and Recycling*, 31, 327-346.

Wisniewski, M., Dacre, T., (1990) "Optimiaztion Models for Business and Management Decision Making", *Matematical Programming*, cGraw-HILL BOOK COMPANY, LONDON ISBN 0-07-707223-5

Yomralıoğlu, T., (2002), *Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar*, 2.Baskı, s.498, İstanbul. ISBN-975-97369-0-X.

İNTERNET KAYNAKLARI

[1] <http://cities.poly.edu/environment/gradedu/ce739/ce739lab/boddo.html>

[2] www.cevko.org.tr/yayinlar/entegre.html

[3] www.cevreorman.gov.tr/atik_01.htm

[4] www.epa.gov/msw

[5] www.indstate.edu/recycle/FCA99p2.html.

[6] www.ytu.edu.tr/~batuk

[7] www.sciencedirect.com

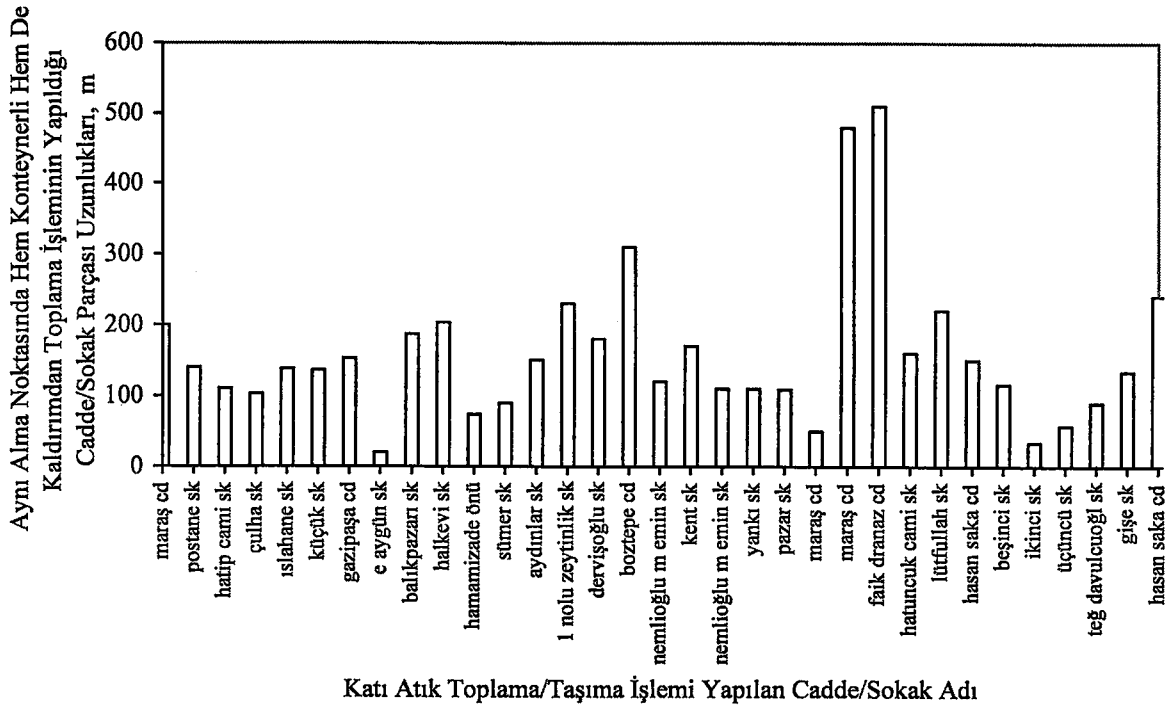
EKLER

- Ek 1 Konteynerli toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile uzunlukları ilişkisi.
- Ek 2 Kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile uzunlukları ilişkisi.
- Ek 3 Aynı alma noktasında konteynerli ve kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile uzunlukları ilişkisi
- Ek 4 Konteynerli toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile alınan katı atık miktarı ilişkisi.
- Ek 5 Kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile alınan katı atık miktarı ilişkisi.
- Ek 6 Aynı alma noktasında konteynerli ve kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile alınan katı atık miktarı ilişkisi.
- Ek 7 Konteynerli toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile konteyner noktaları arasındaki mesafe ilişkisi.
- Ek 8 Kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile katı atık alma noktaları arasındaki mesafe ilişkisi.
- Ek 9 Aynı alma noktasında konteynerli ve kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile katı atık alma noktaları arasındaki mesafe ilişkisi.
- Ek 10 Konteynerli toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile konteynerli katı atık alma süresi ilişkisi.
- Ek 11 Kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile katı atık alma süresi ilişkisi.
- Ek 12 Aynı alma noktasında konteynerli ve kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile katı atık alma süresi ilişkisi.
- Ek 13 Konteynerli toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile konteynerli katı atık alma amaçlı durma sayısı ilişkisi.
- Ek 14 Kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile katı atık alma amaçlı durma sayısı ilişkisi.
- Ek 15 Aynı alma noktasında konteynerli ve kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile katı atık alma amaçlı durma sayısı ilişkisi.
- Ek 16 Konteynerli toplamada katı atık miktarı ile alma süresi ilişkisi.
- Ek 17 Kaldırımdan toplamada katı atık miktarı ile alma süresi ilişkisi.
- Ek 18 Aynı noktada hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama durumunda alınan katı atık miktarı ile alma süresi ilişkisi.
- Ek 19 Konteynerli toplamada katı atık miktarı ile güzergah süresi ilişkisi.
- Ek 20 Kaldırımdan toplamada katı atık miktarı ile güzergah süresi ilişkisi.
- Ek 21 Aynı noktada hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama durumunda alınan katı atık miktarı ile araç güzergah süresi ilişkisi.
- Ek 22 Konteynerli toplamada katı atık miktarı ile araç seyir süresi ilişkisi.
- Ek 23 Kaldırımdan toplamada katı atık miktarı ile araç seyir süresi ilişkisi.
- Ek 24 Aynı noktada hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama durumunda alınan katı atık miktarı ile araç seyir süresi ilişkisi.
- Ek 25 Konteynerli toplamada konteyner sayısı ile katı atık alma süresi ilişkisi.
- Ek 26 Konteynerli toplamada aracın kat ettiği yol ile alınan katı atık miktarı ilişkisi.
- Ek 27 Kaldırımdan toplamada katı atık miktarı ile aracın kat ettiği yol ilişkisi.
- Ek 28 Aynı noktada hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama durumunda alınan katı atık miktarı ile aracın kat ettiği yol ilişkisi.
- Ek 29 Konteynerli toplamada araç ortalama hızı ile katı atık alma noktaları arasında kat edilen mesafe ilişkisi.
- Ek 30 Kaldırımdan toplamada araç ortalama hızı ile katı atık alma noktaları arasında kat edilen mesafe ilişkisi.
- Ek 31 Aynı noktada hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama durumunda araç ortalama hızı ile katı atık alma noktaları arasında kat edilen yol ilişkisi.

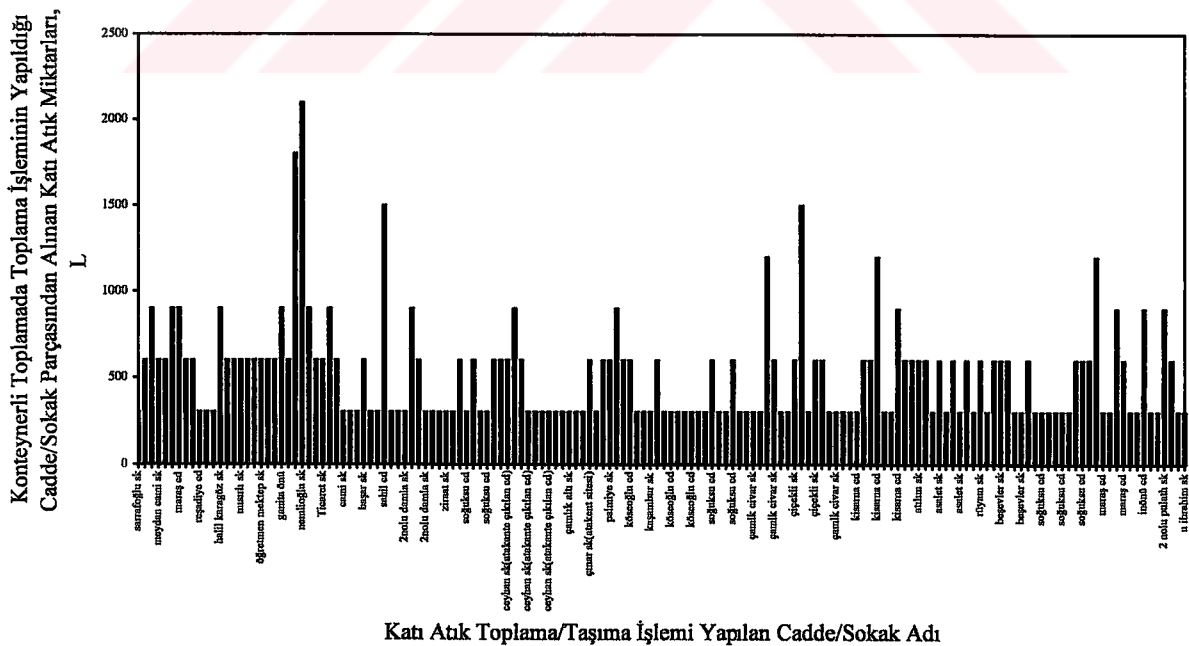
- Ek 32 Konteynerli katı atık toplama işleminde geçirilen süreler (Tg, Ta, Tga, Ts) ile aracın katettiği yol arasındaki ilişki.
- Ek 33 Kaldırımdan katı atık toplama işleminde geçirilen süreler (Tg, Ta, Tga, Ts) ile aracın katettiği yol arasındaki ilişki.
- Ek 34 Aynı katı atık alma noktasında hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama durumunda geçirilen süreler (Tg, Ta, Tga, Ts) ile aracın katettiği yol arasındaki ilişki.
- Ek 35 Karışık katı atık toplama durumunda geçirilen süreler (Tg, Ta, Tga, Ts) ile aracın katettiği yol arasındaki ilişki.
- Ek 36 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergah uzunlukları.
- Ek 37 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta bulunan bina sayısı.
- Ek 38 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta bulunan hane halkı sayısı.
- Ek 39 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta alınan katı atık miktarı.
- Ek 40 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta katı atık alma süresi.
- Ek 41 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta araç seyir süresi.
- Ek 42 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta katı atık almasız güzergah süresi.
- Ek 43 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta güzergah süresi.
- Ek 44 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta toplama aracının toplam sağa/sola/geriye dönüş sayısı.
- Ek 45 Toplama işlemi güzergahları ve katı atık almak amaçlı durma sayısı.
- Ek 46 Toplama işlemi güzergahları ve bina sayısı (BS) başına birim yol uzunluğu.
- Ek 47 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve BS başına düşen katı atık miktarı.
- Ek 48 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve BS başına katı atık alma süresi.
- Ek 49 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve BS başına araç seyir süresi.
- Ek 50 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve BS başına katı atık almasız güzergah süresi.
- Ek 51 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve BS başına güzergah süresi.
- Ek 52 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve bs başına atık almalı durma sayısı.
- Ek 53 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve hane halkı sayısı (HH) başına güzergah uzunluğu.
- Ek 54 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve HH başına katı atık miktarı.
- Ek 55 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta HH başına katı atık alma süresi.
- Ek 56 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve HH başına araç seyir süresi.
- Ek 57 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta HH başına katı atık almasız güzergah süresi.
- Ek 58 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve HH başına güzergah süresi.
- Ek 59 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve HH başına katı atık alma amaçlı durma sayısı.
- Ek 60 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve birim güzergah uzunluğuna düşen BS.
- Ek 61 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve birim güzergah uzunluğuna düşen HH.
- Ek 62 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve birim uzunluğa düşen atık miktarı.
- Ek 63 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve birim güzergah uzunluğuna düşen katı atık alma süresi.
- Ek 64 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve birim güzergaha araç seyir süresi.
- Ek 65 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve birim güzergah uzunluğuna düşen katı atık almasız güzergah süresi.
- Ek 66 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve birim güzergaha düşen güzergah süresi.
- Ek 67 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve birim güzergah uzunluğuna düşen katı atık alma amaçlı durma sayısı.
- Ek 68 Trabzon Kenti 1927-2002 nüfus sayım sonuçları ve gelecek nüfus projeksiyonu.
- Ek 69 Güzergah 2: Optimize edilen güzergah (Pazarkapı-Çarşı güzergah 1)
- Ek 70 Güzergah 3: Optimize edilen güzergah (Pazarkapı-Çarşı güzergah 2)
- Ek 71 Güzergah 4: Optimize edilen güzergah (Pazarkapı-Çarşı güzergah 3)
- Ek 72 Güzergah 4: Optimize edilen güzergah (Pazarkapı-Çarşı güzergah 3) (devamı)

- Ek 73 Güzergah 5: Optimize edilen güzergah (Erdoğdu 2-3)
- Ek 74 Güzergah 5: Optimize edilen güzergah (Erdoğdu 2-3) (devamı)
- Ek 75 Güzergah 6: Optimize edilen güzergah (Boztepe-Yenicuma güzergah 1)
- Ek 76 Güzergah 6: Optimize edilen güzergah (Boztepe-Yenicuma güzergah 1) (devamı)
- Ek 77 Güzergah 7: Optimize edilen güzergah (Boztepe-Yenicuma güzergah 2)
- Ek 78 Güzergah 8: Optimize edilen güzergah (Yenimah-Gülbahar güzergah 1)
- Ek 79 Güzergah 8: Optimize edilen güzergah (Yenimah-Gülbahar güzergah 1) (devamı)
- Ek 80 Güzergah 9: Optimize edilen güzergah (Yenimah-Gülbahar güzergah 2)
- Ek 81 Güzergah 10: Optimize edilen güzergah (Kalkınma-Bostancı 2)
- Ek 82 Güzergah 10: Optimize edilen güzergah (Kalkınma-Bostancı 2) (devamı)
- Ek 83 Trabzon Kenti için öngörülen 777 konteynerin toplanmasında Route View programı kullanılarak yapılan kısa yol optimizasyonu güzergah ayrıntı tablosun ilk 45 satırı (toplam satır sayısı: 807).
- Ek 84 Trabzon Kenti için öngörülen 777 konteynerin toplanmasında Route View programı kullanılarak yapılan kısa yol optimizasyonu güzergah ayrıntı tablosu son 45 satırı (toplam satır sayısı: 807).

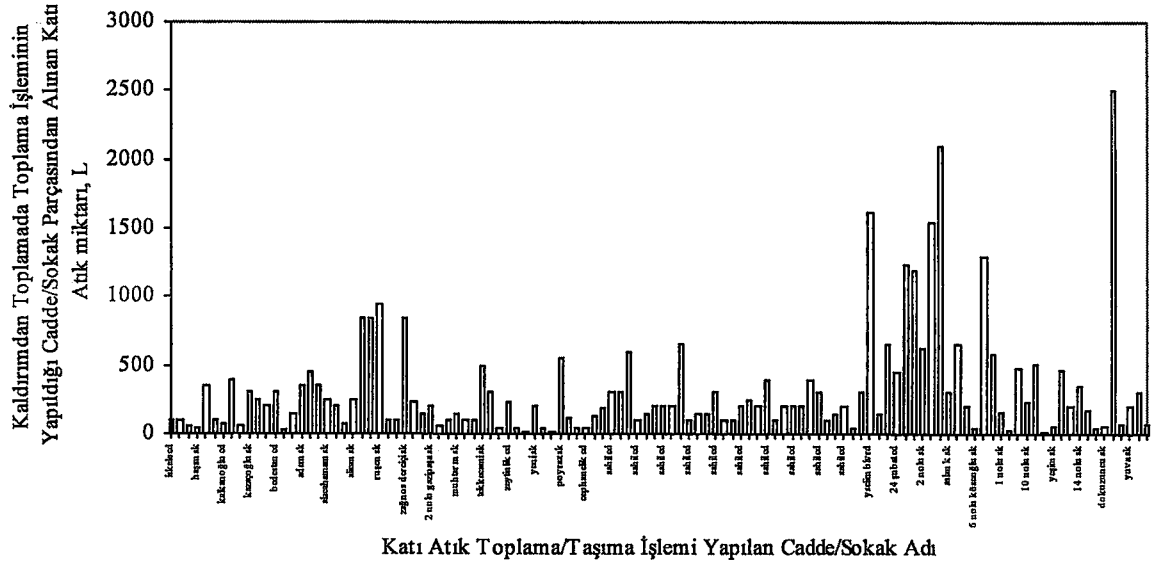




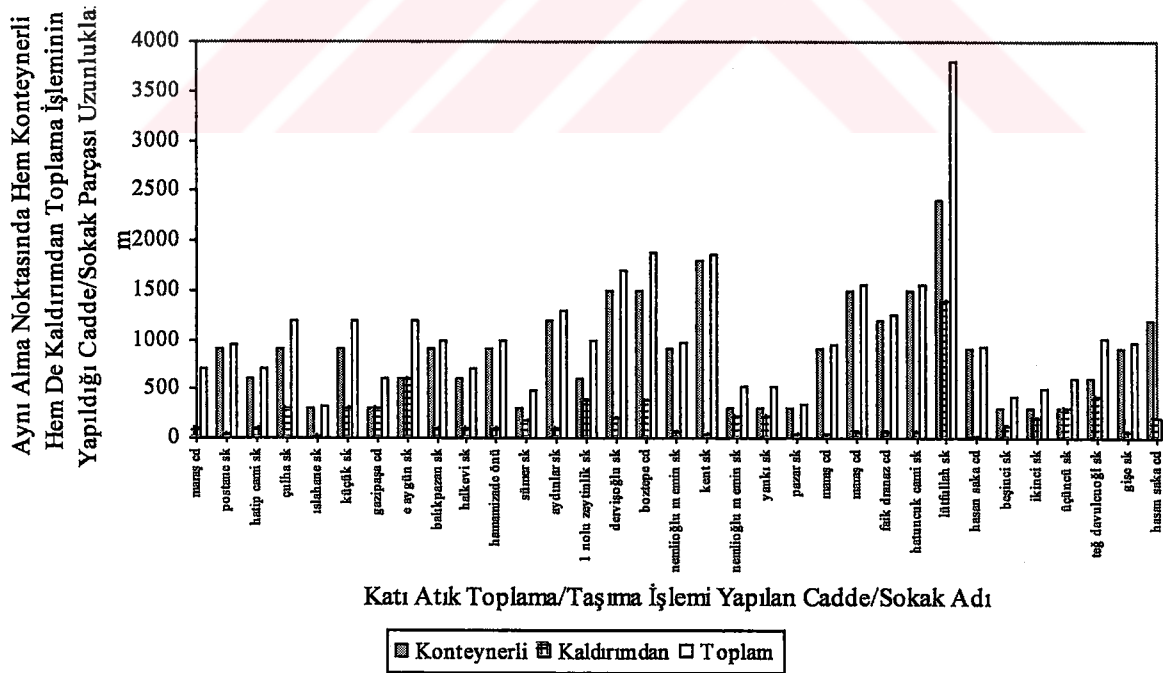
Şekil Ek 3 Aynı alma noktasında konteynerli ve kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile uzunlukları ilişkisi



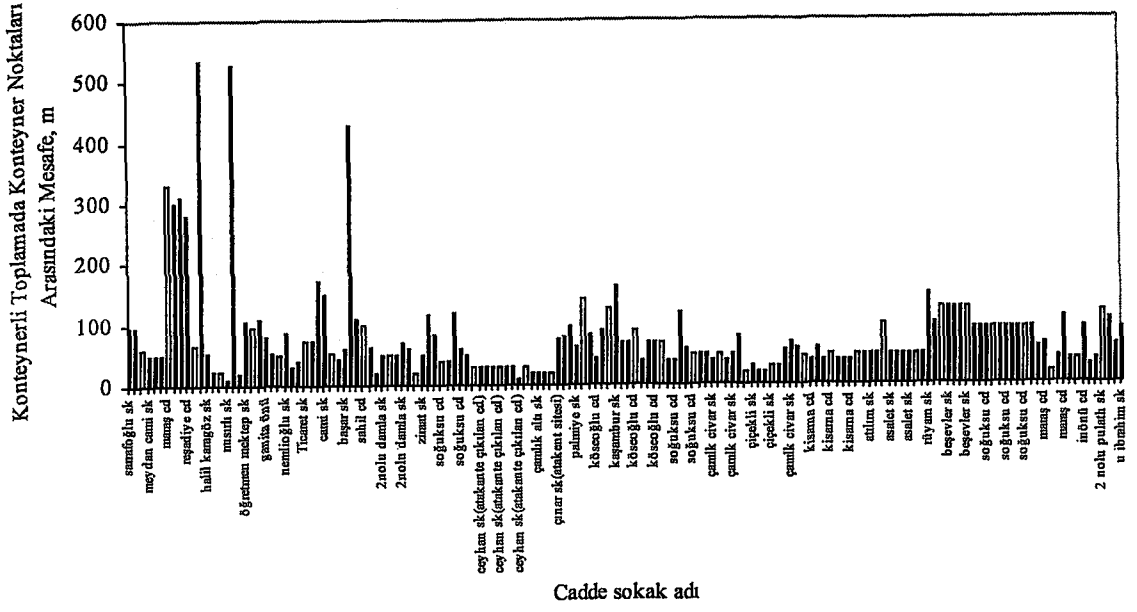
Şekil Ek 4 Konteynerli toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile alınan katı atık miktarı ilişkisi.



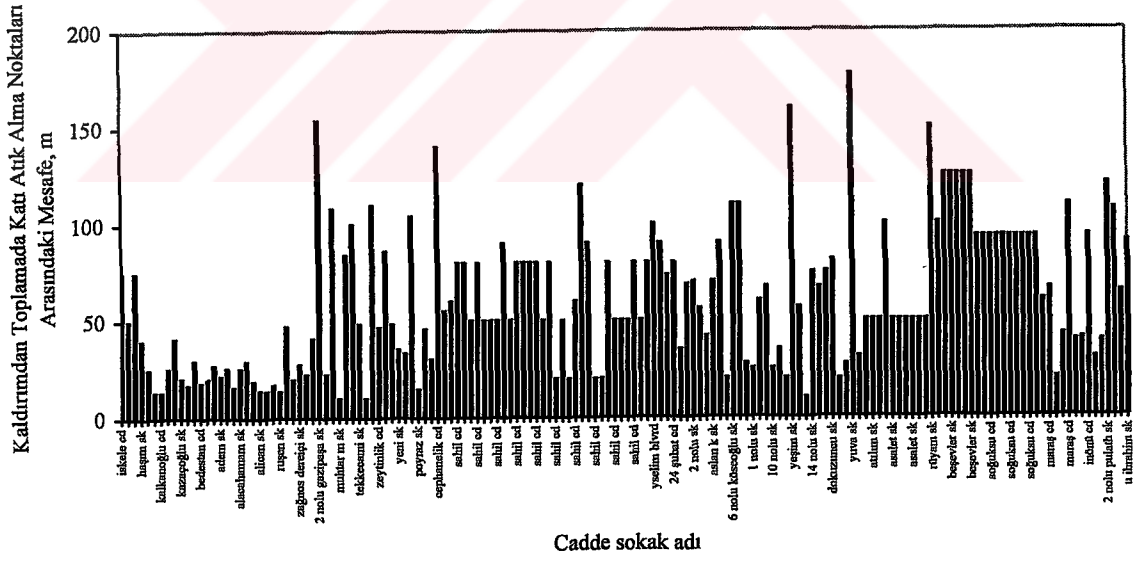
Şekil Ek5 Kaldırım Toplama işlemi yapılan caddeler/sokak adı ile alınan katı atık miktarı ilişkisi.



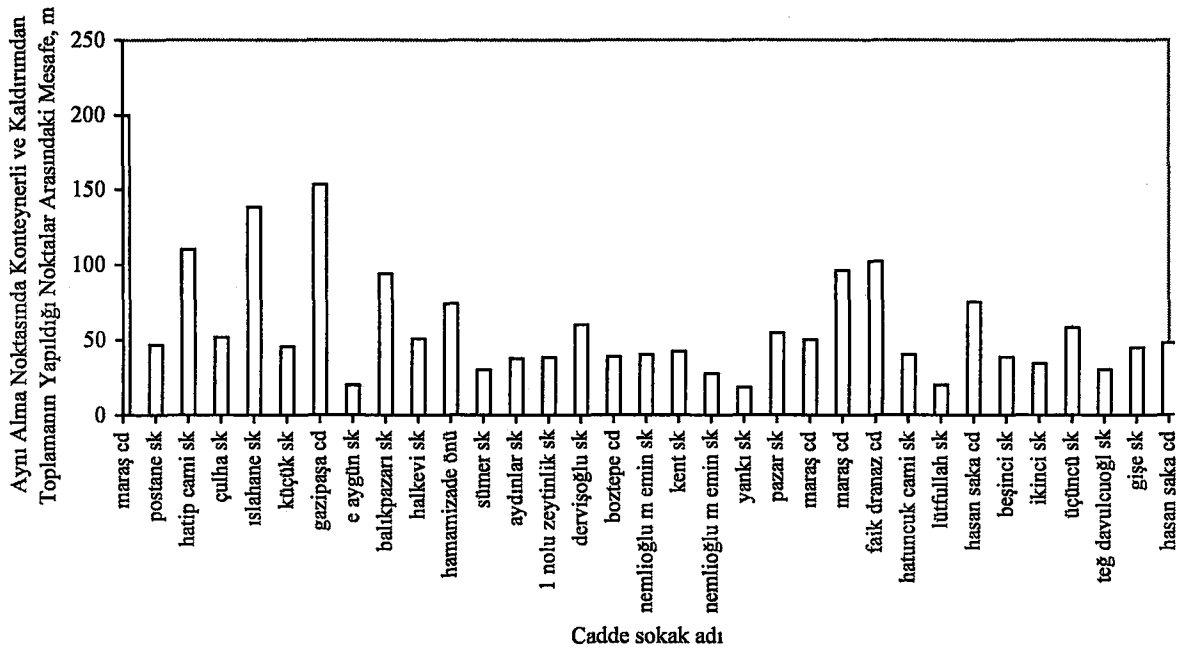
Şekil Ek 6 Aynı alma noktasında konteynerli ve kaldırım toplama işlemi yapılan caddeler/sokak adı ile alınan katı atık miktarı ilişkisi.



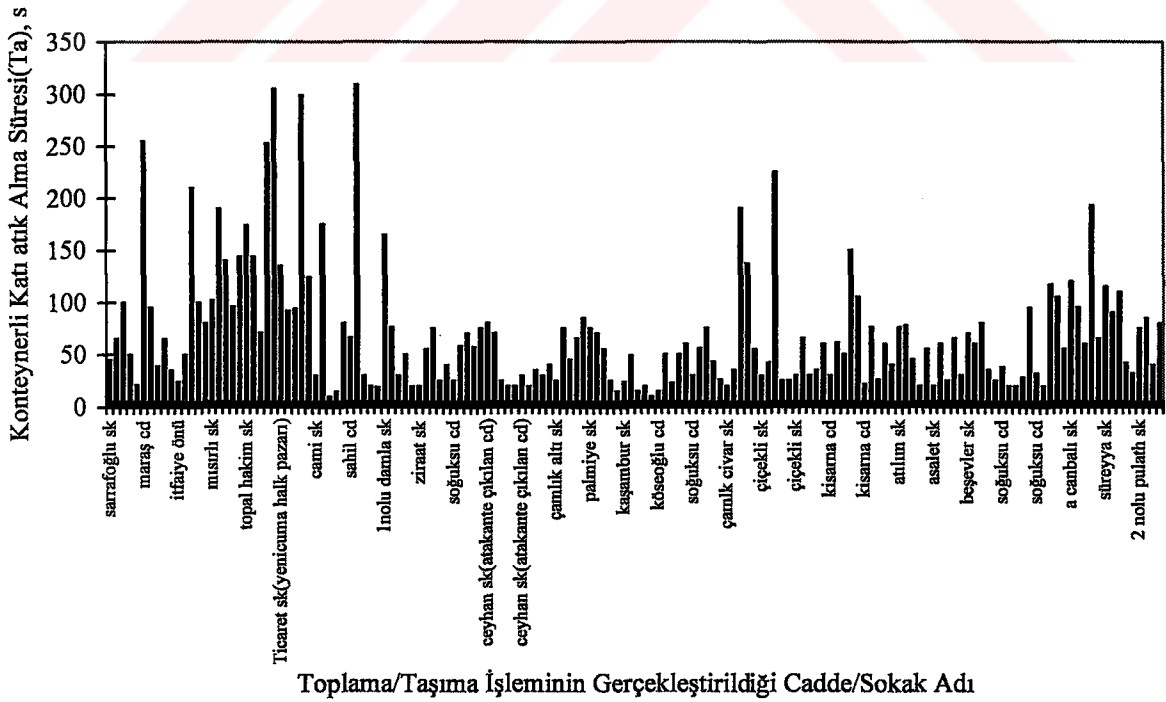
Şekil Ek 7 Konteynerli toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile konteyner noktaları arasındaki mesafe ilişkisi.



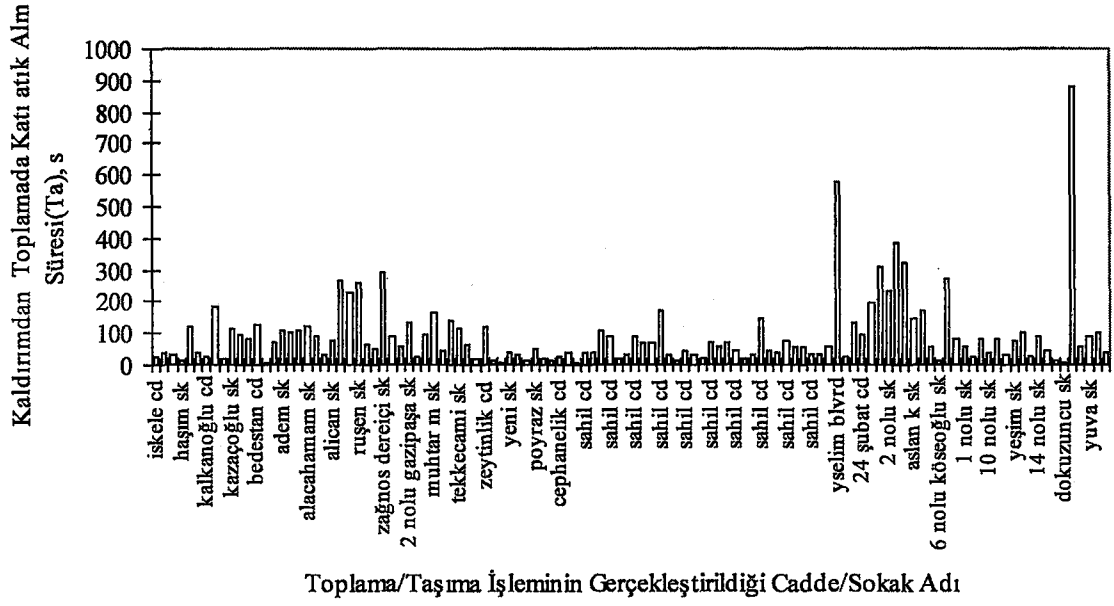
Şekil Ek 8 Kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile katı atık alma noktaları arasındaki mesafe ilişkisi.



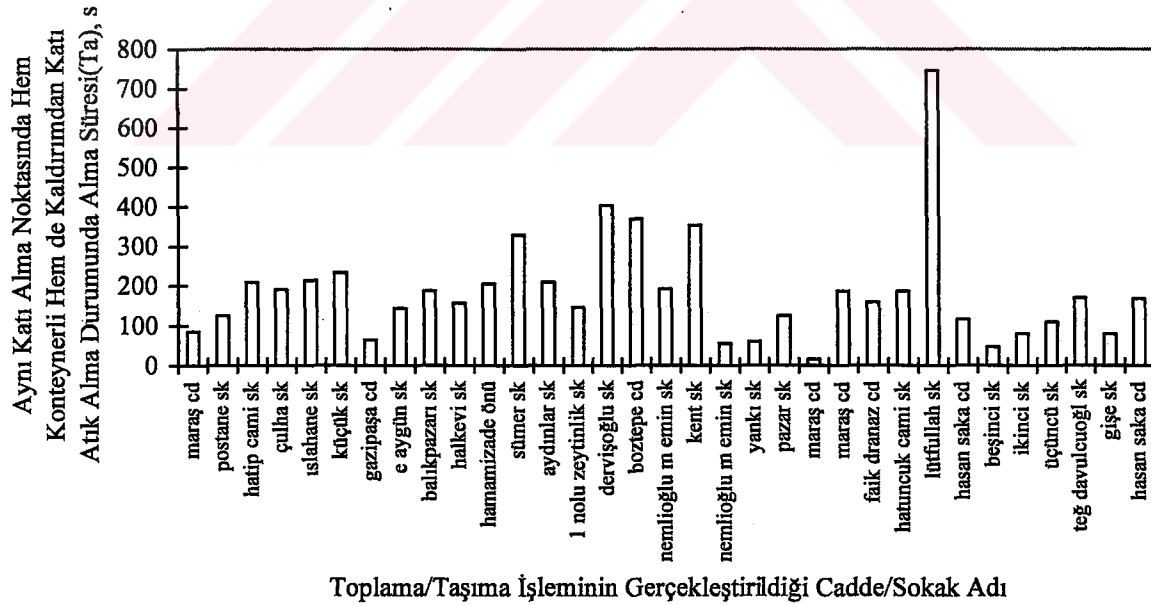
Şekil Ek 9 Aynı alma noktasında konteynerli ve kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile katı atık alma noktaları arasındaki mesafe ilişkisi.



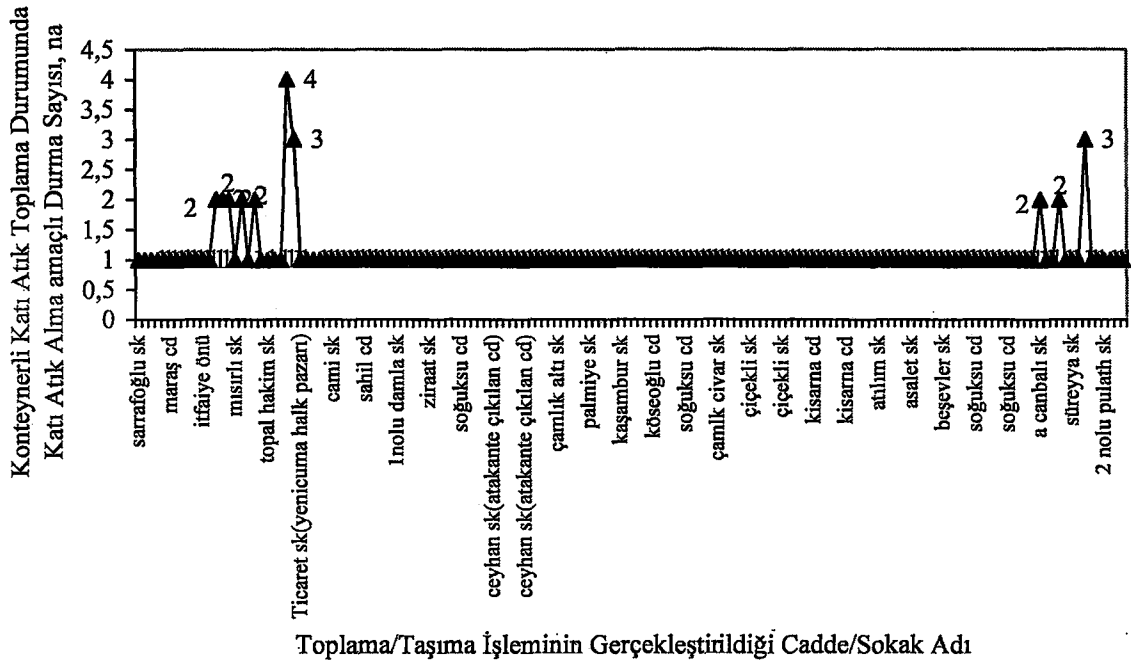
Şekil Ek 10 Konteynerli toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile konteynerli katı atık alma süresi ilişkisi.



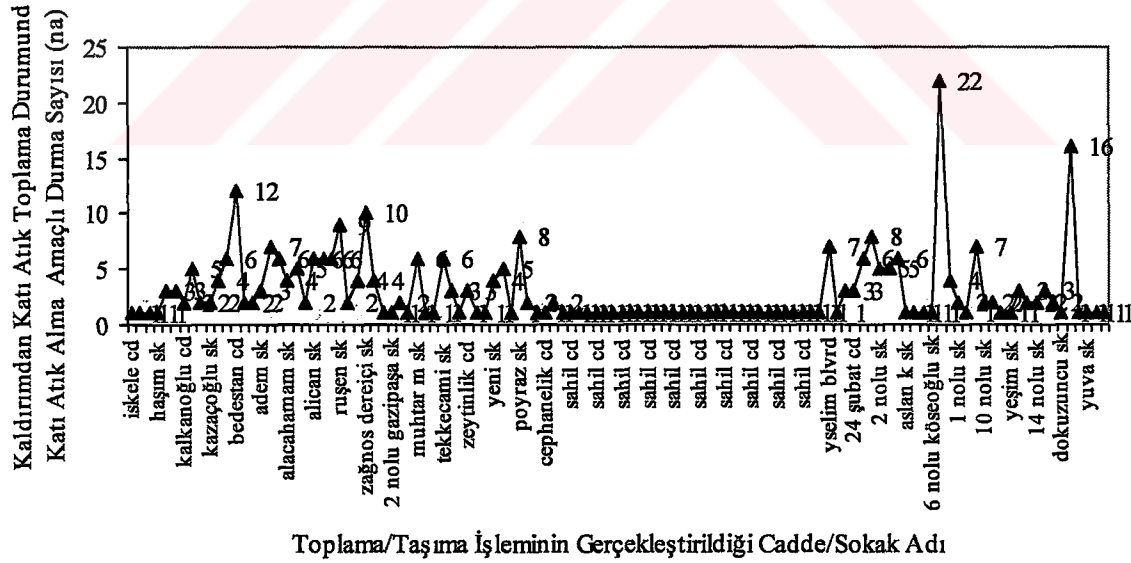
Şekil Ek 11 Kaldırımın toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile katı atık alma süresi ilişkisi.



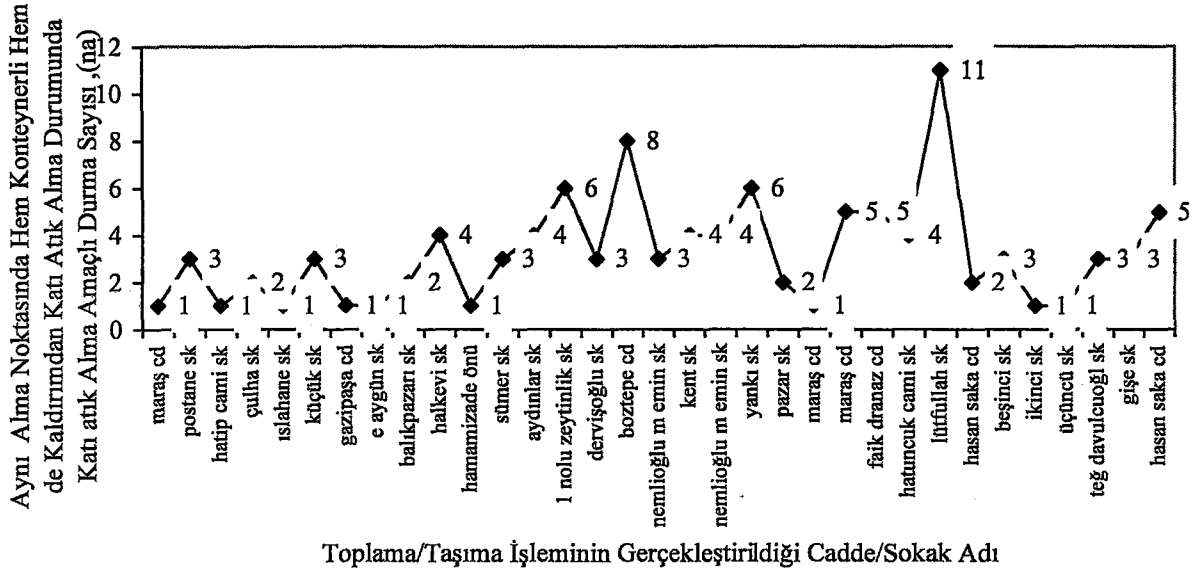
Şekil Ek 12 Aynı alma noktasında konteynerli ve kaldırımın toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile katı atık alma süresi ilişkisi.



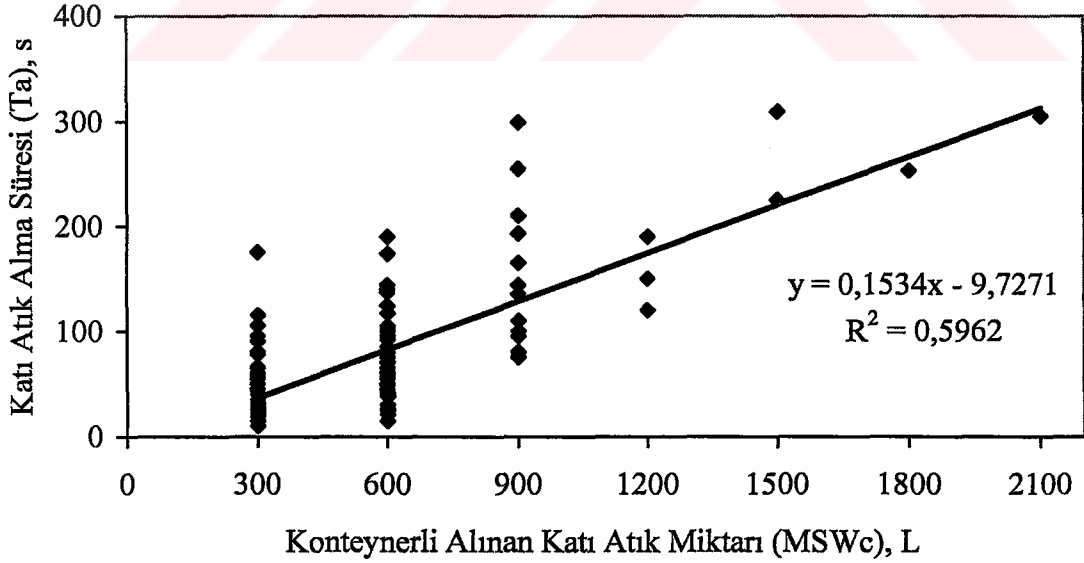
Şekil Ek 13 Konteynerli toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile konteynerli katı atık alma amaçlı durma sayısı ilişkisi.



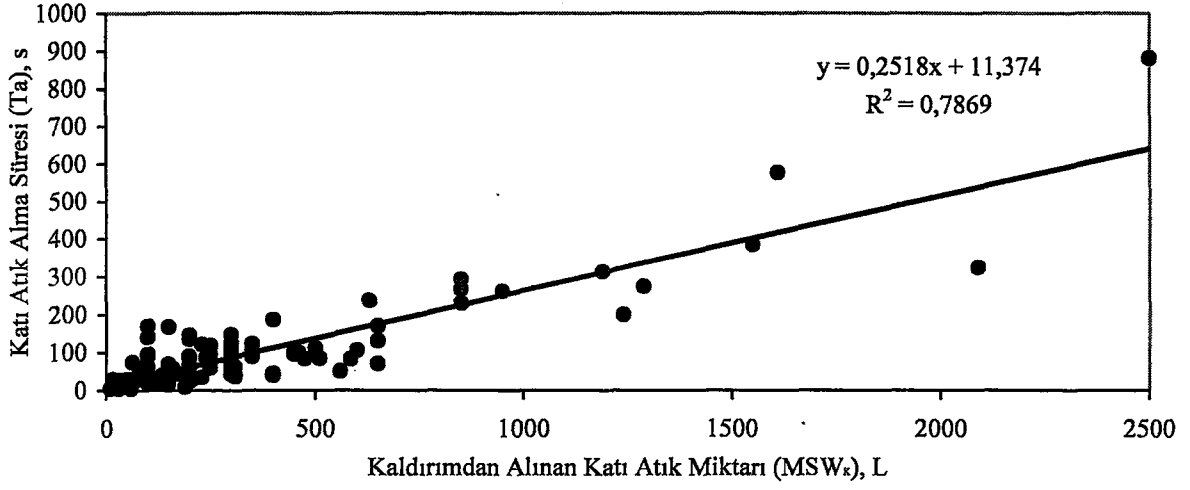
Şekil Ek 14 Kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile katı atık alma amaçlı durma sayısı ilişkisi.



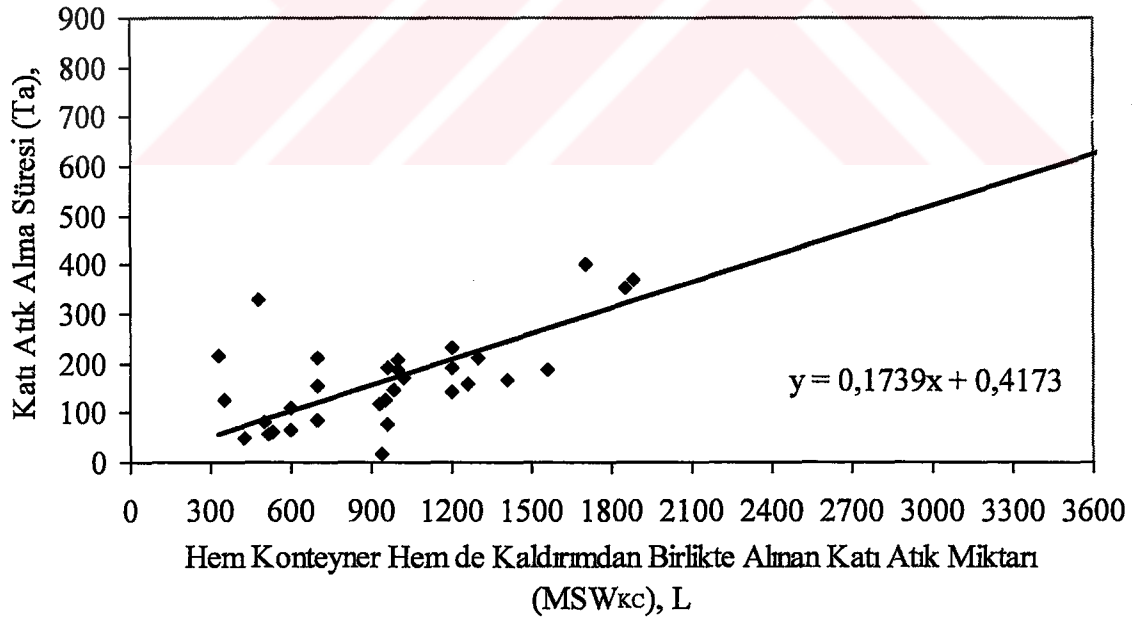
Şekil Ek 15 Aynı alma noktasında konteynerli ve kaldırımdan toplama işlemi yapılan cadde/sokak adı ile katı atık alma amaçlı durma sayısı ilişkisi.



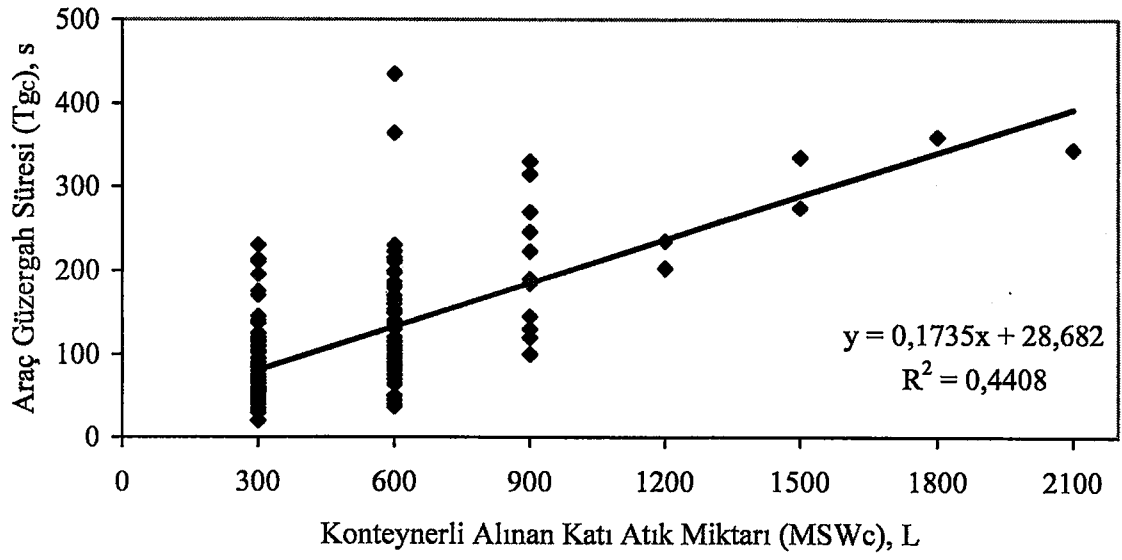
Şekil Ek 16 Konteynerli toplamada katı atık miktarı ile alma süresi ilişkisi.



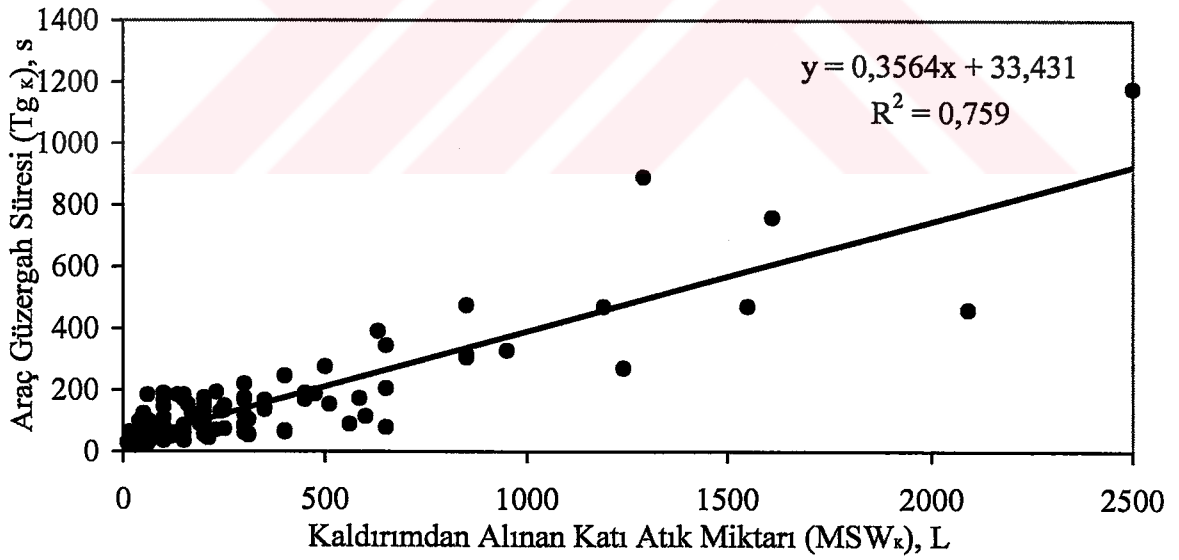
Şekil Ek 17 Kaldırımdan toplamada katı atık miktarı ile alma süresi ilişkisi.



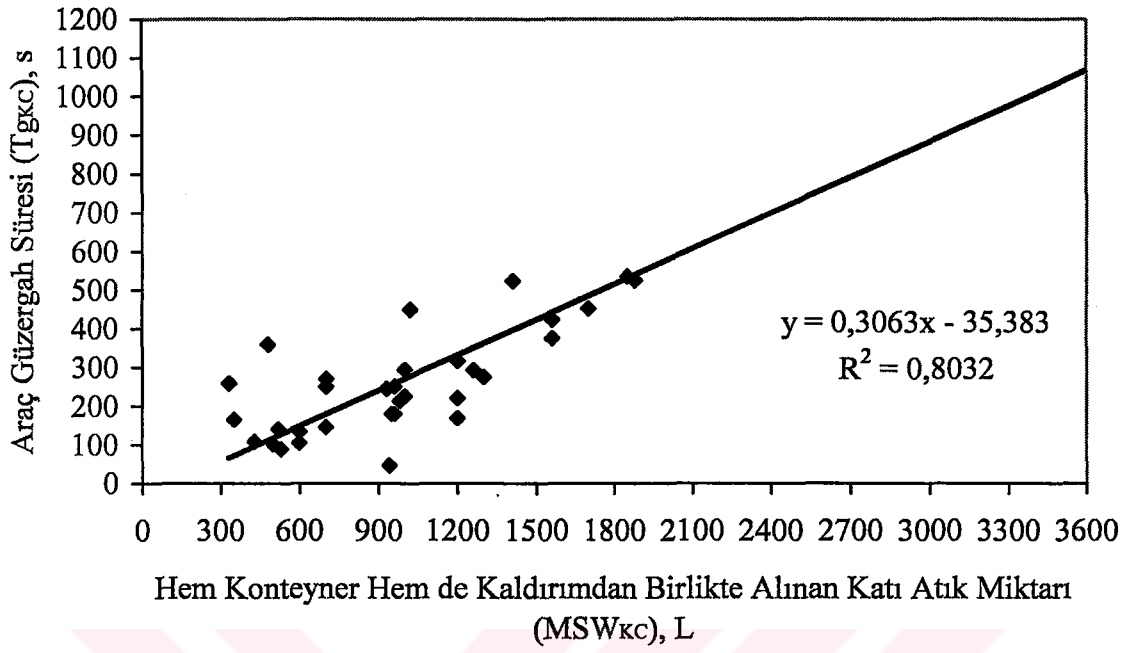
Şekil Ek 18 Aynı noktada hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama durumunda alınan katı atık miktarı ile alma süresi ilişkisi.



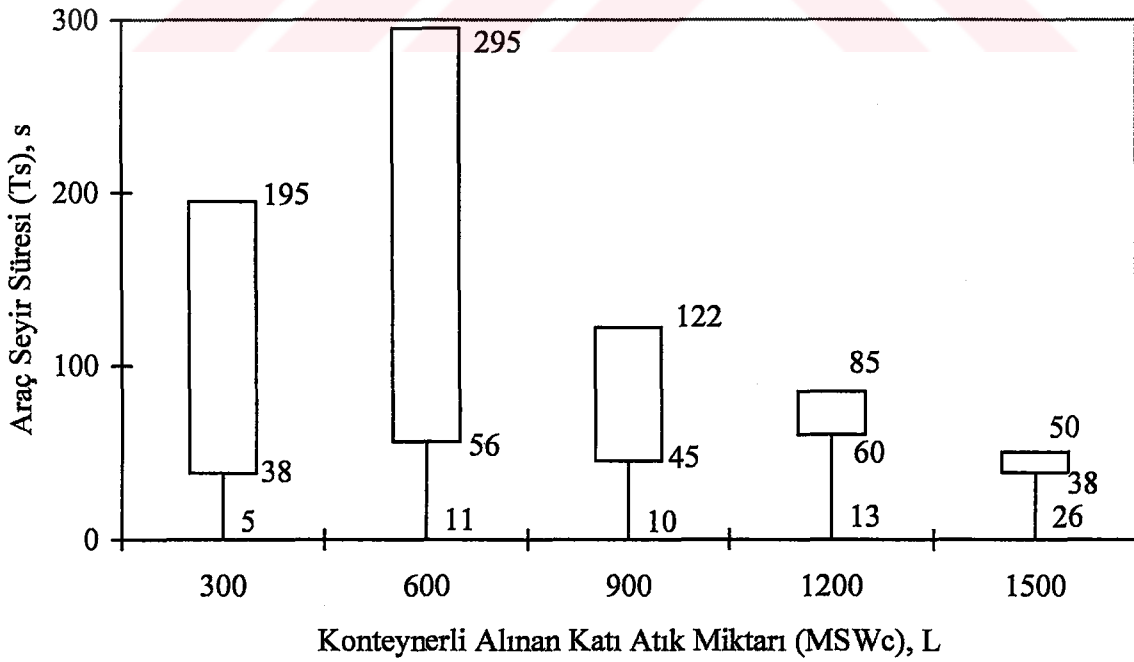
Şekil Ek 19 Konteynerli toplamada katı atık miktarı ile güzergah süresi ilişkisi.



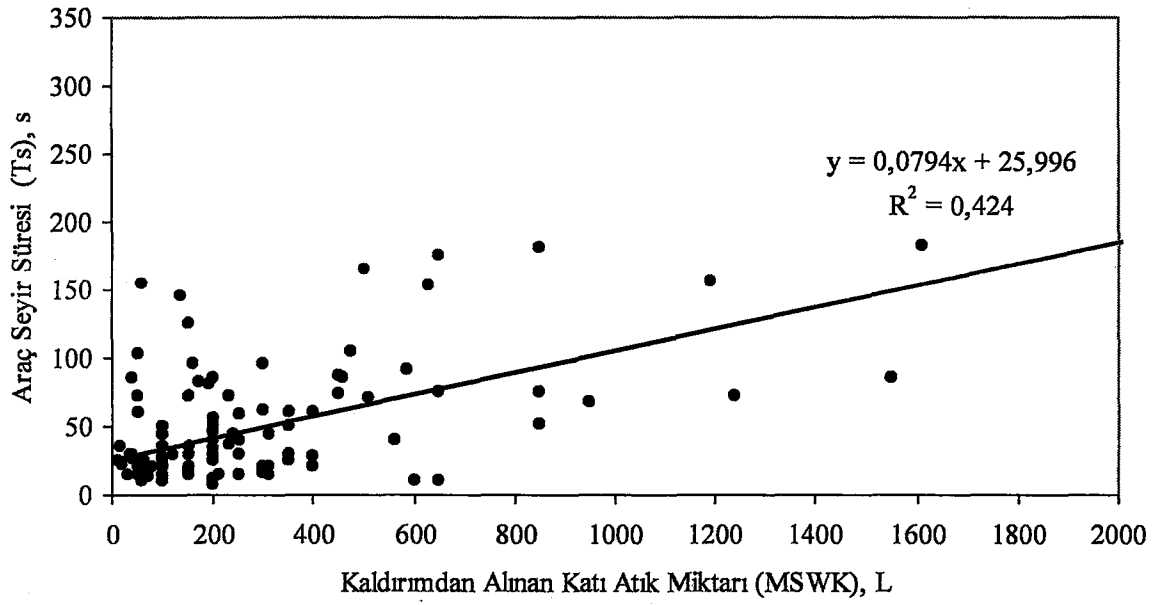
Şekil Ek 20 Kaldırımdan toplamada katı atık miktarı ile güzergah süresi ilişkisi.



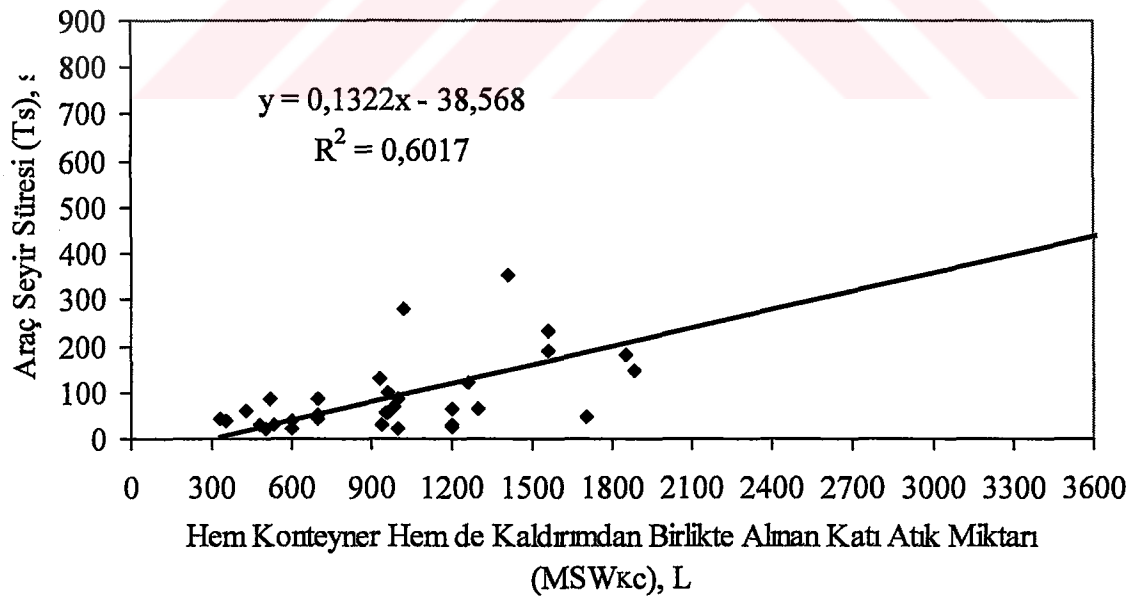
Şekil Ek 21 Aynı noktada hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama durumunda alınan katı atık miktarı ile araç güzergah süresi ilişkisi.



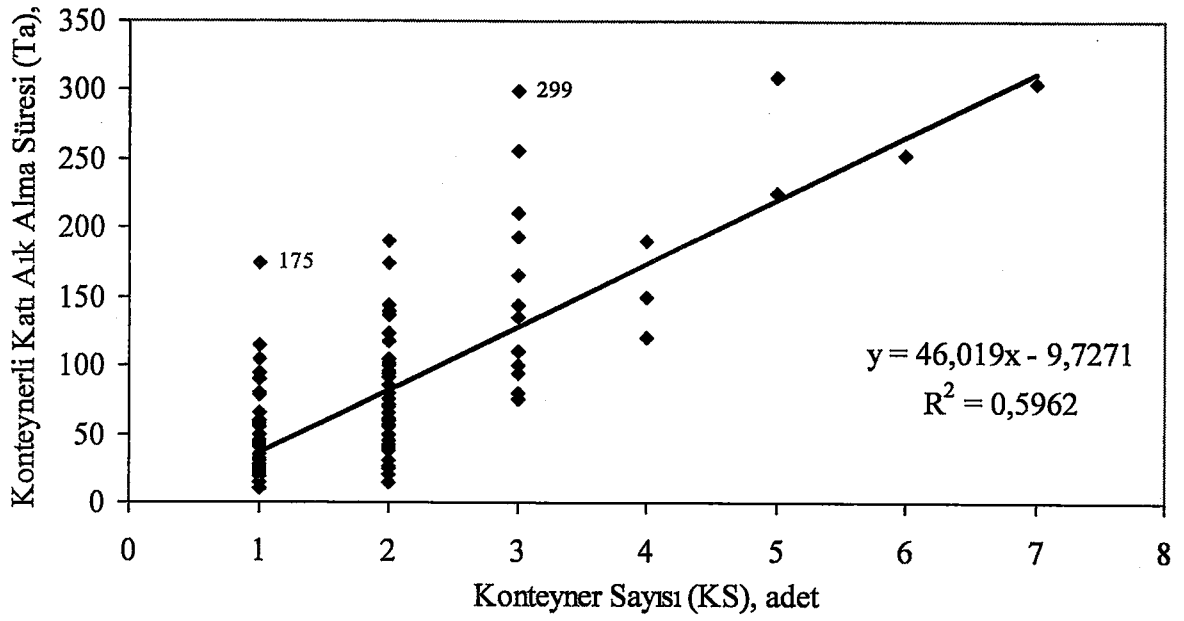
Şekil Ek 22 Konteynerli toplamada katı atık miktarı ile araç seyir süresi ilişkisi.



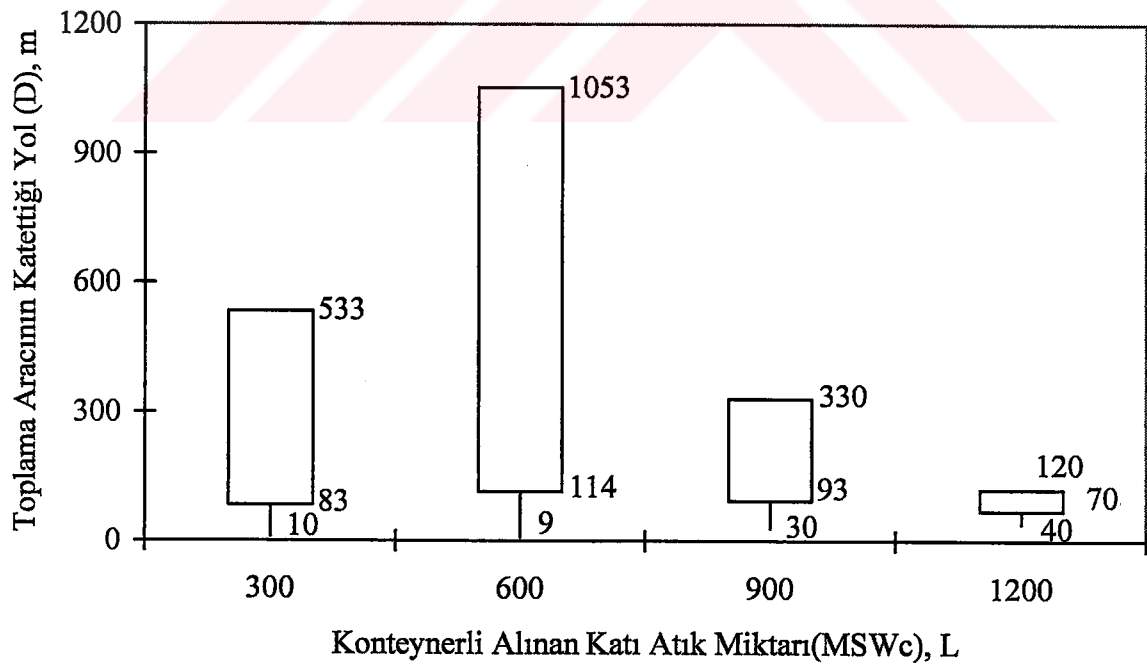
Şekil Ek 23 Kaldırımdan toplamada katı atık miktarı ile araç seyir süresi ilişkisi.



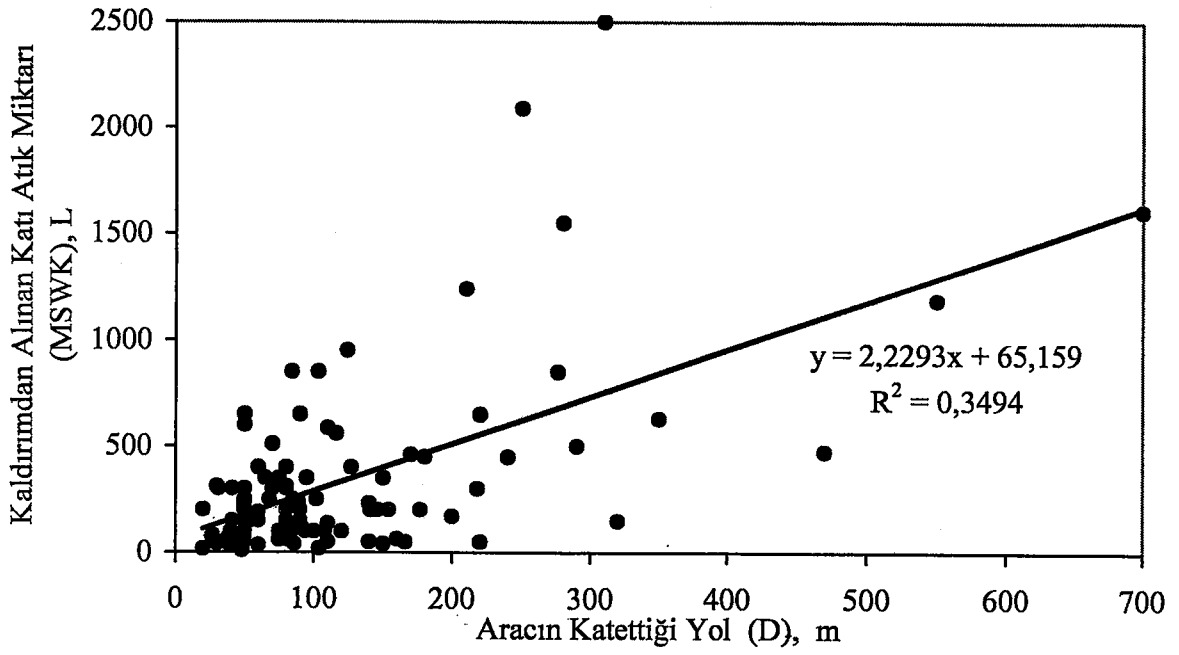
Şekil Ek 24 Aynı noktada hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama durumunda alınan katı atık miktarı ile araç seyir süresi ilişkisi.



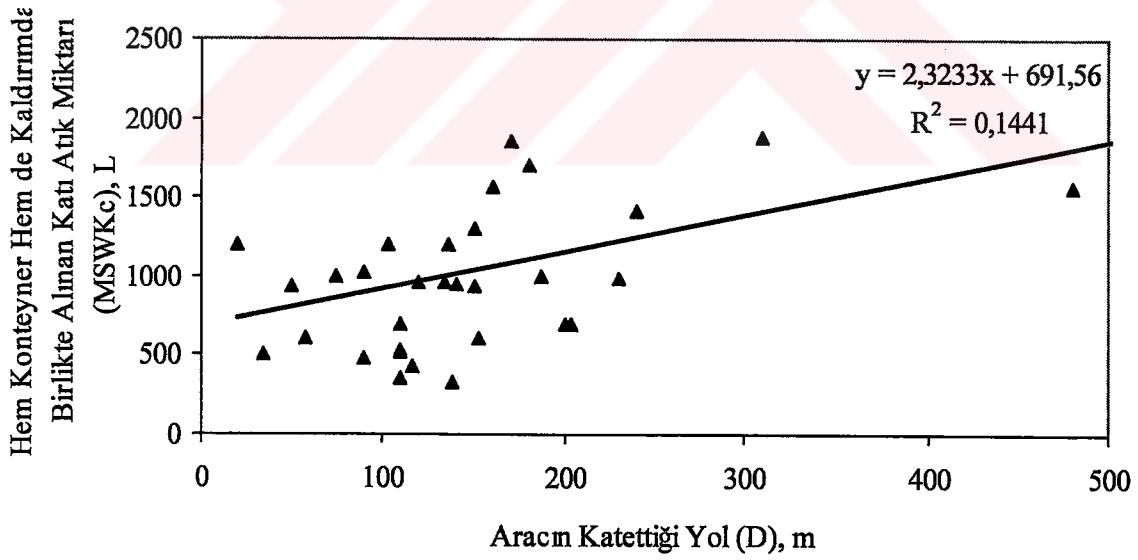
Şekil Ek 25 Konteynerli toplamada konteyner sayısı ile katı atık alma süresi ilişkisi.



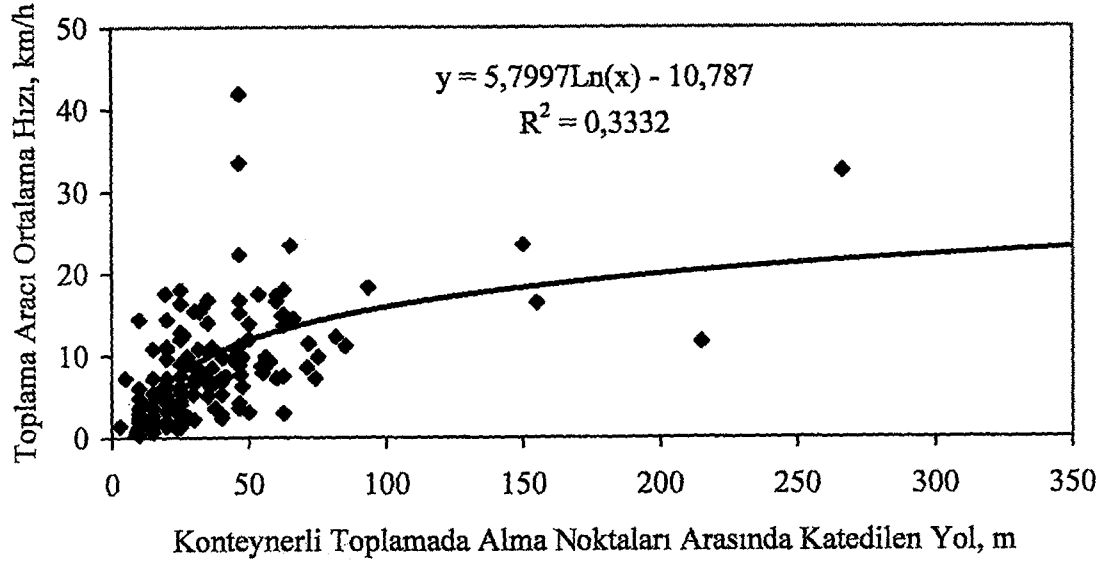
Şekil Ek 26 Konteynerli toplamada aracın kat ettiği yol ile alınan katı atık miktarı ilişkisi.



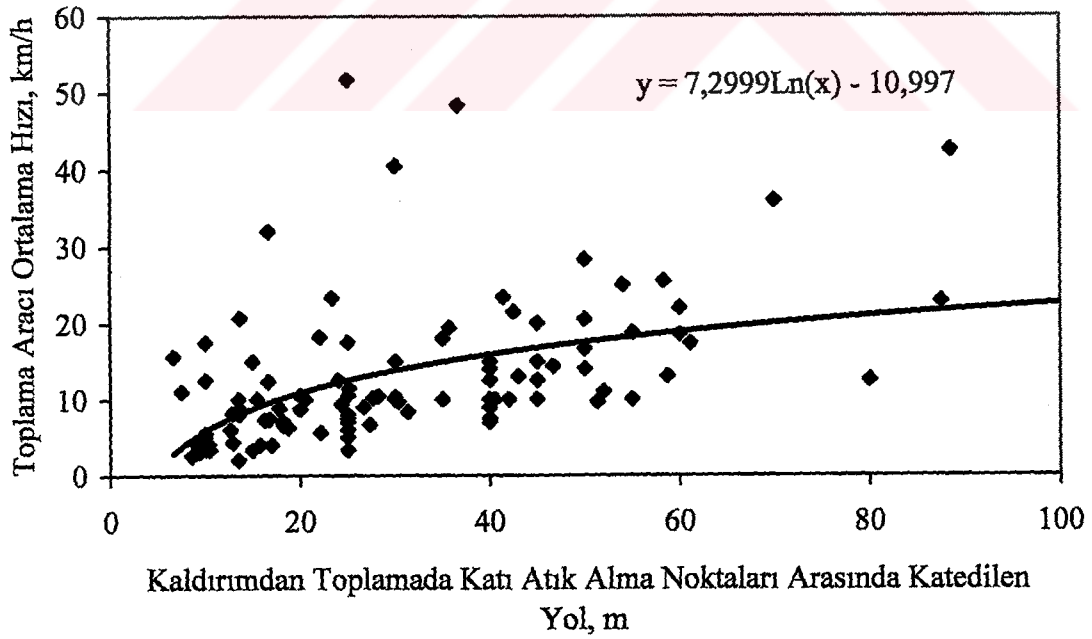
Şekil Ek 27 Kaldırımdan toplamada katı atık miktarı ile aracın kat ettiği yol ilişkisi.



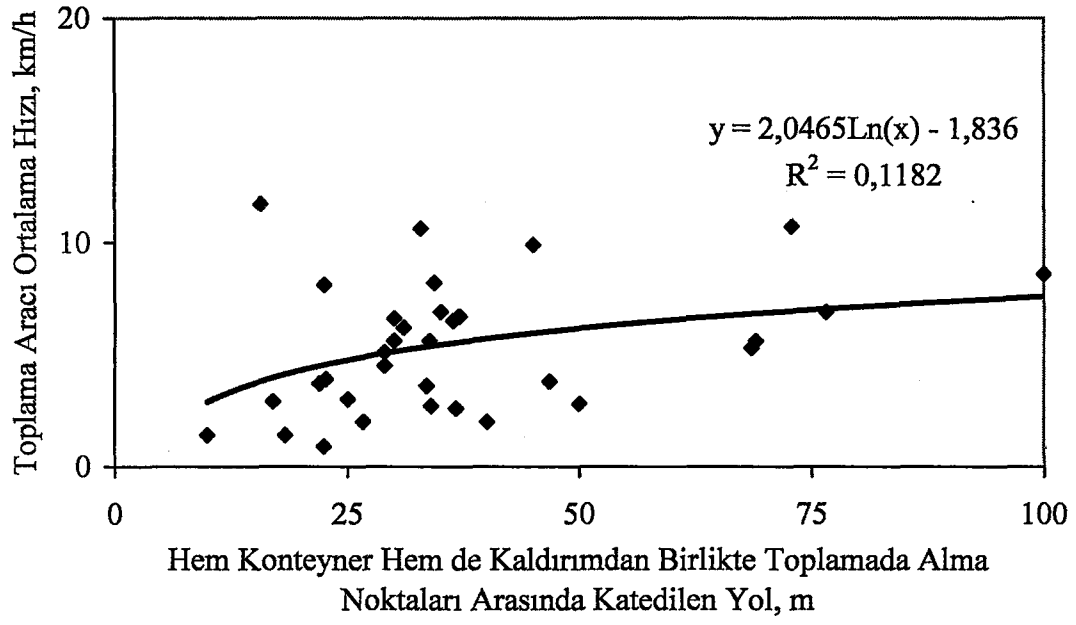
Şekil Ek 28 Aynı noktada hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama durumunda alınan katı atık miktarı ile aracın katettiği yol ilişkisi.



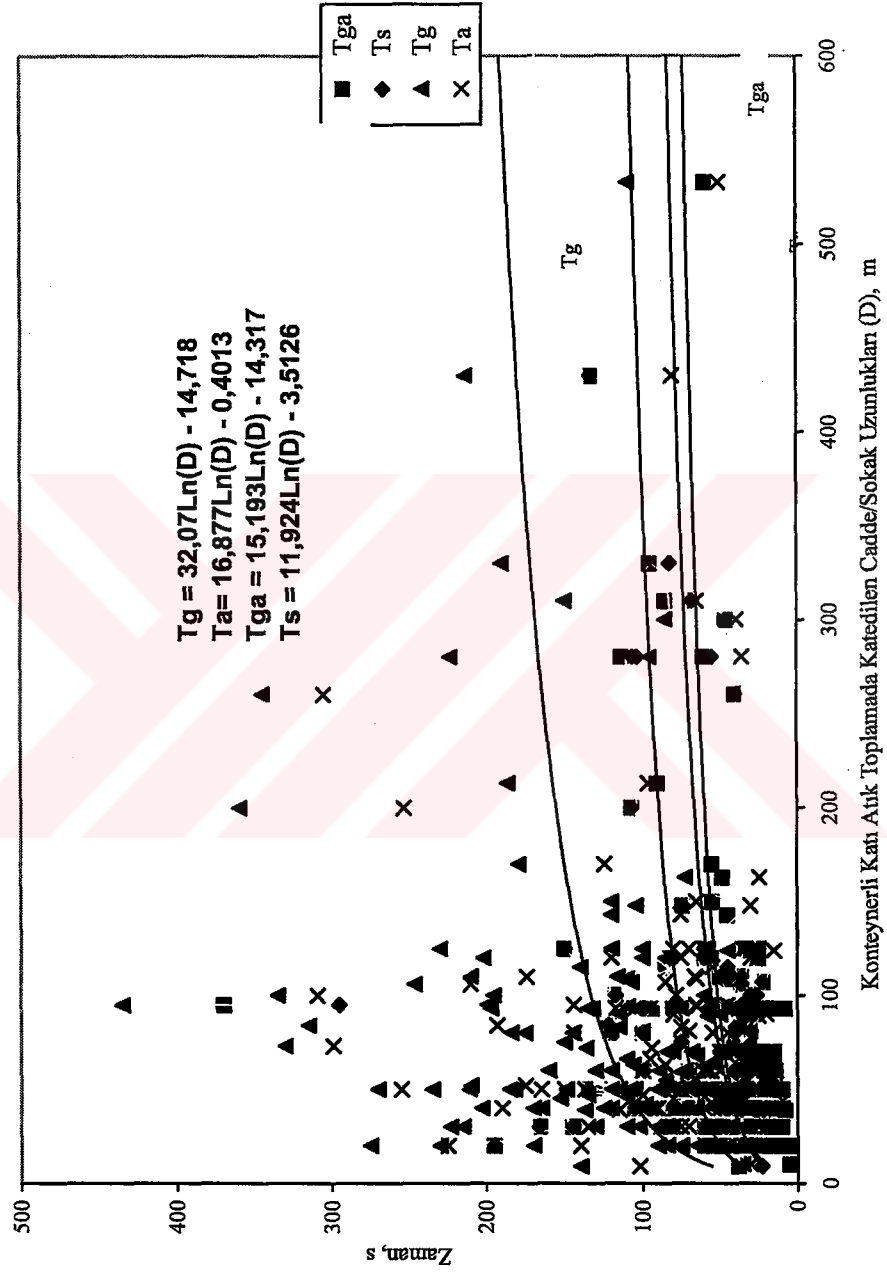
Şekil Ek 29 Konteynerli toplamada araç ortalama hızı ile katı atık alma noktaları arasında kat edilen mesafe ilişkisi.



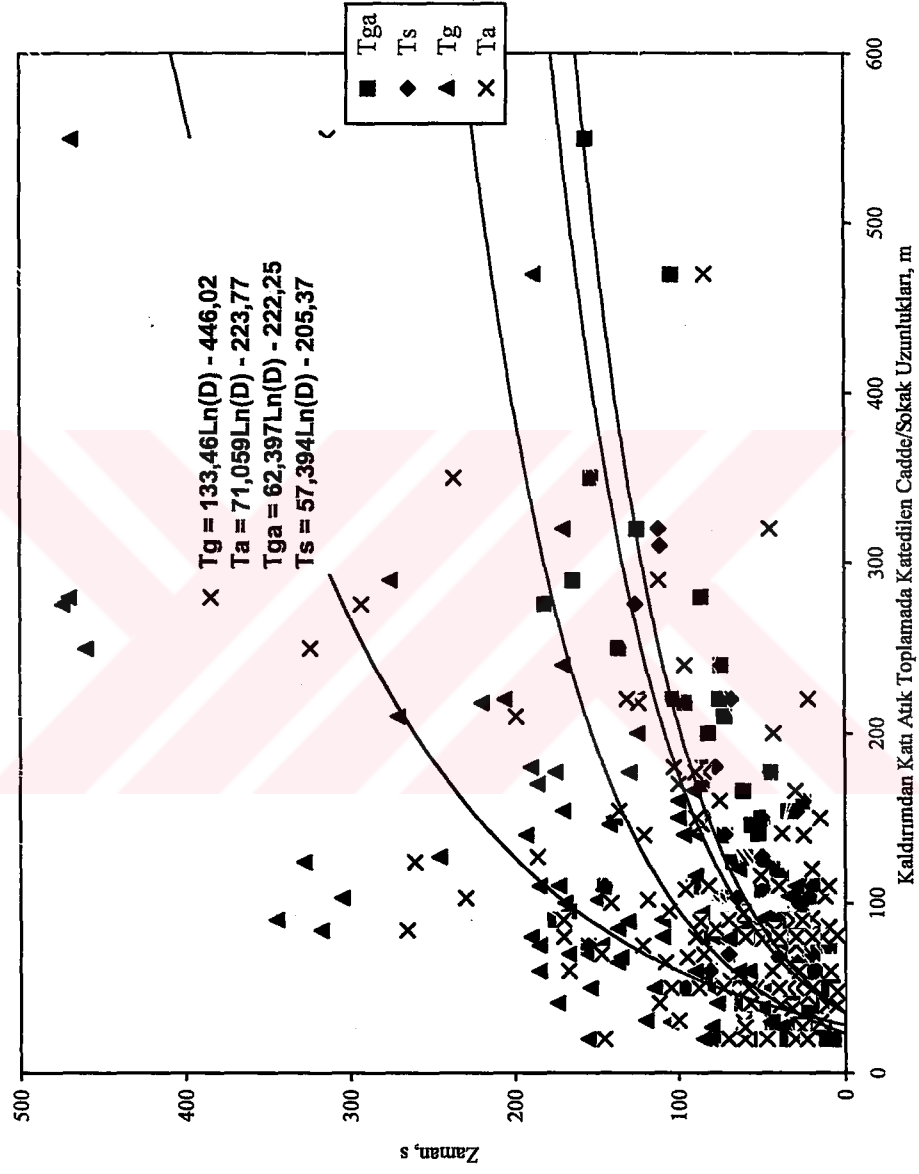
Şekil Ek 30 Kaldırımdan toplamada araç ortalama hızı ile katı atık alma noktaları arasında kat edilen mesafe ilişkisi.



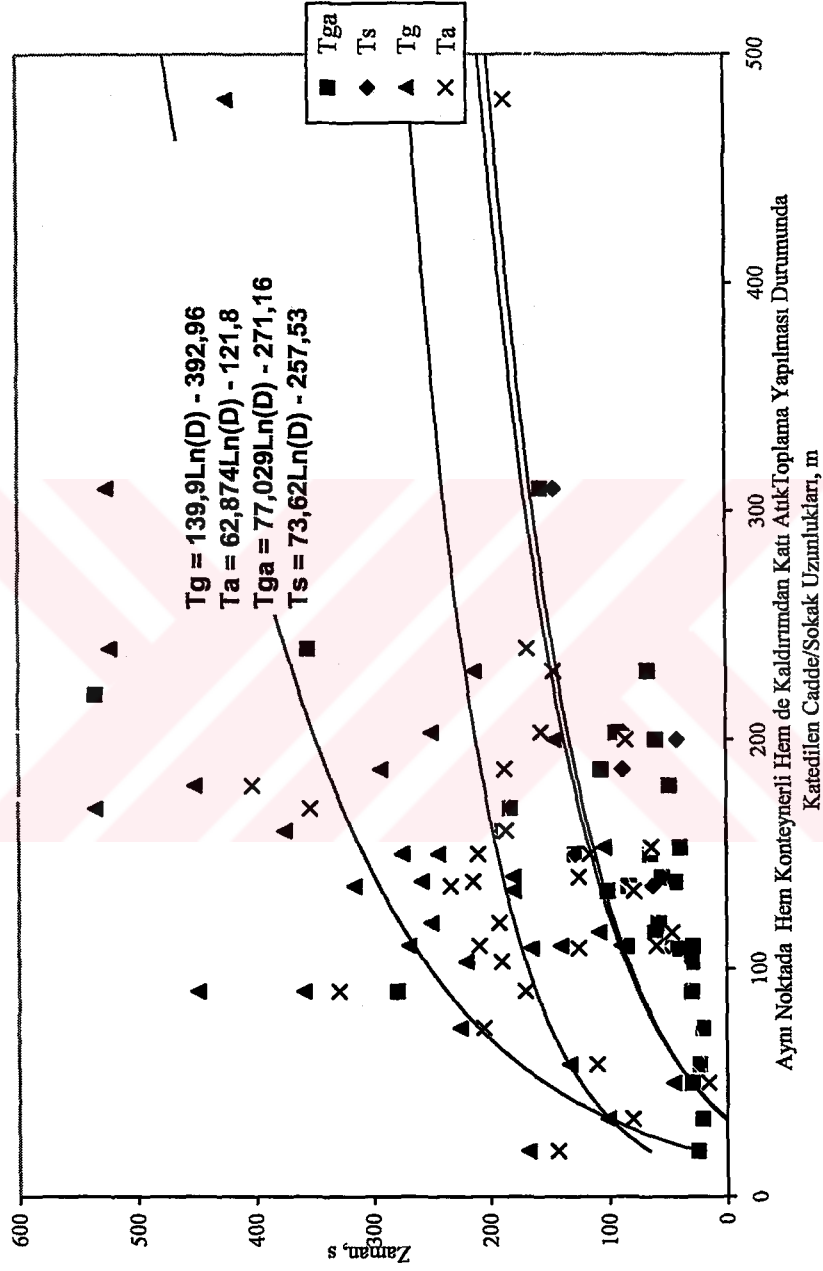
Şekil Ek 31 Aynı noktada hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama durumunda araç ortalama hızı ile katı atık alma noktaları arasında kat edilen yol ilişkisi.



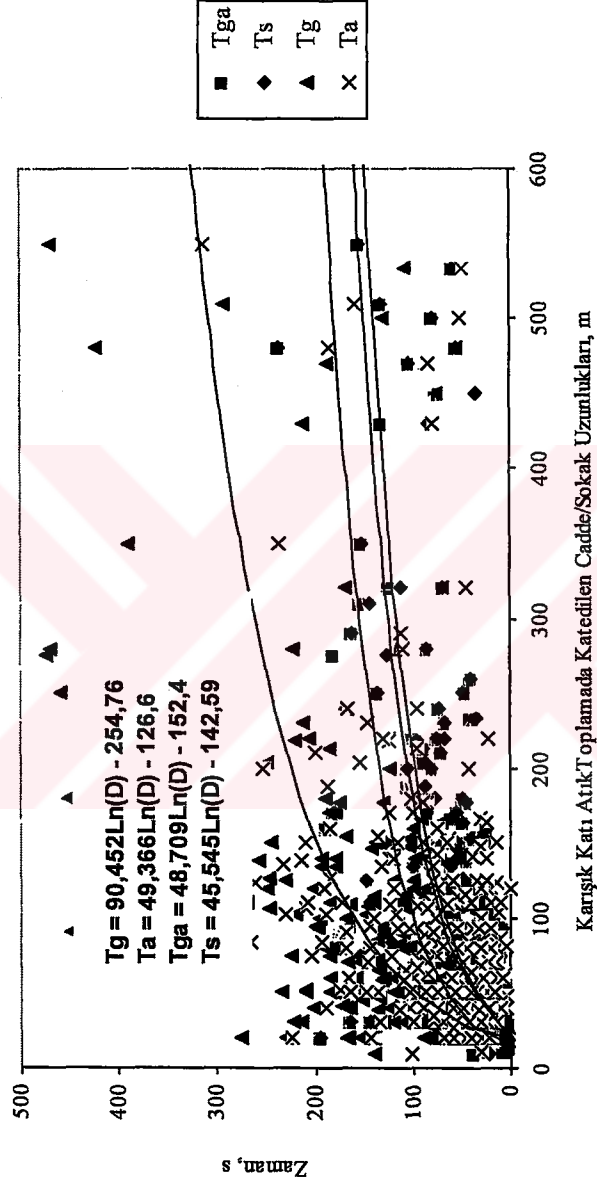
Şekil Ek 32 Konteynerli katı atık toplama işleminde geçirilen süreler (Tg, Ta, Tga, Ts) ile aracın katettiği yol arasındaki ilişki.



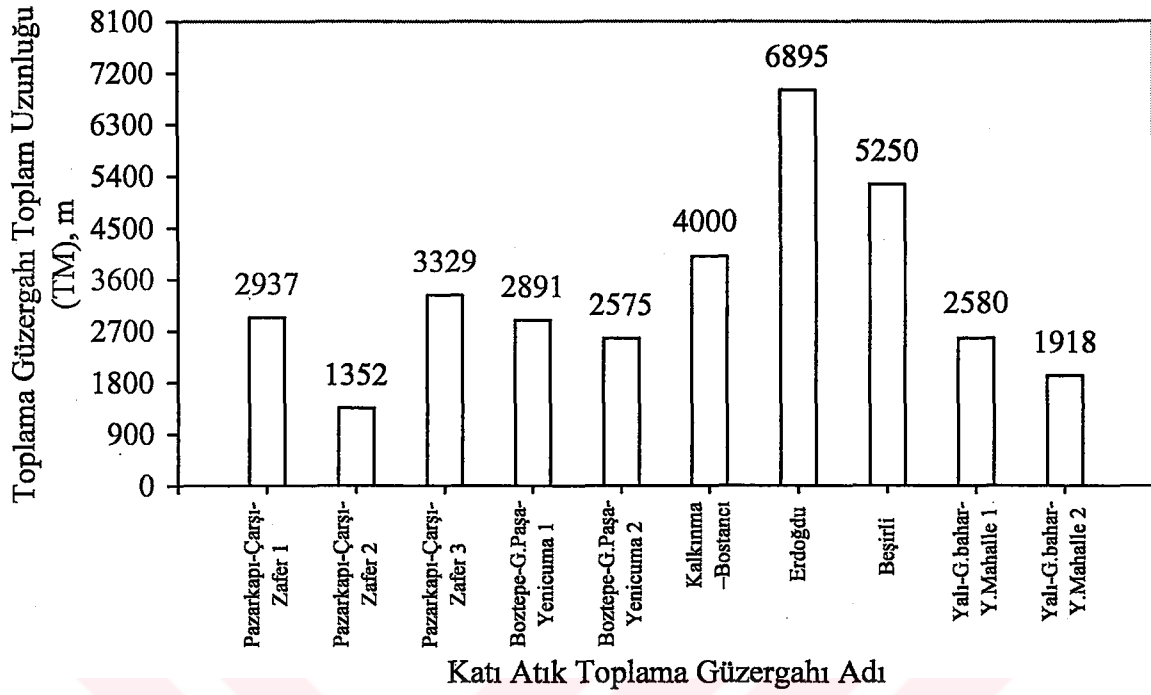
Şekil Ek 33 Kaldırımın katı atık toplama işleminde geçirilen süreler (T_g , T_a , T_{ga} , T_s) ile aracın katettiği yol arasındaki ilişki.



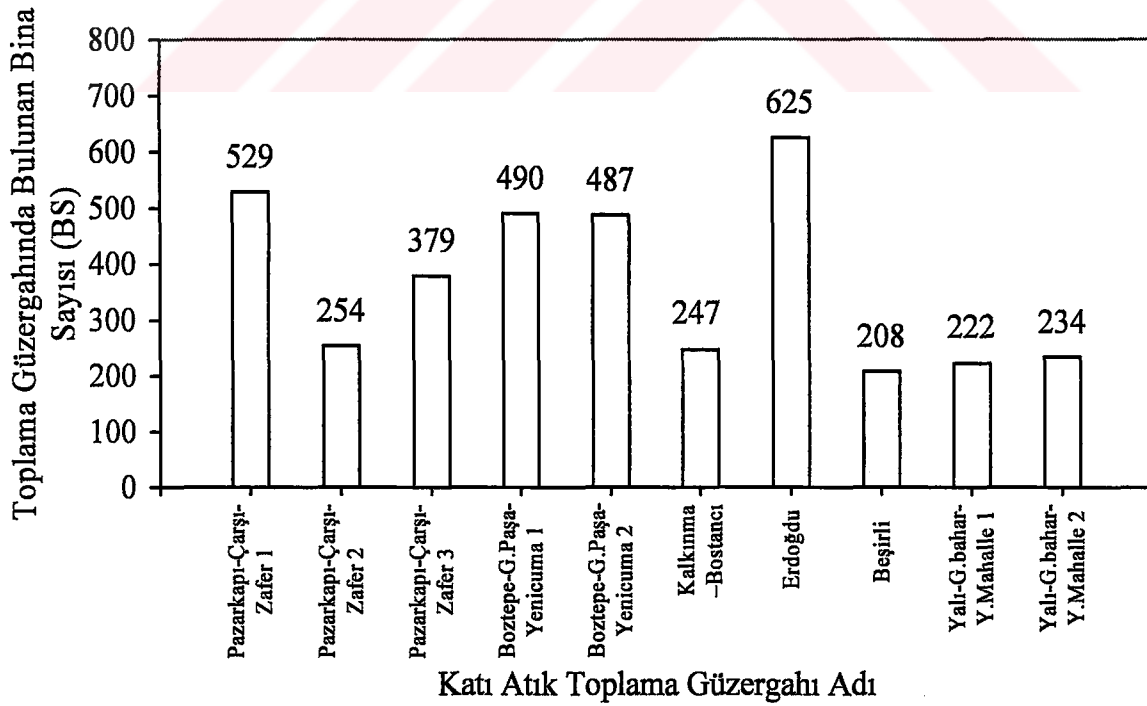
Şekil Ek 34 Aynı katı atık alma noktasında hem konteynerli hem de kaldırımdan toplama durumunda geçirilen süreler (Tg, Ta, Tga, Ts) ile aracın katettiği yol arasındaki ilişki.



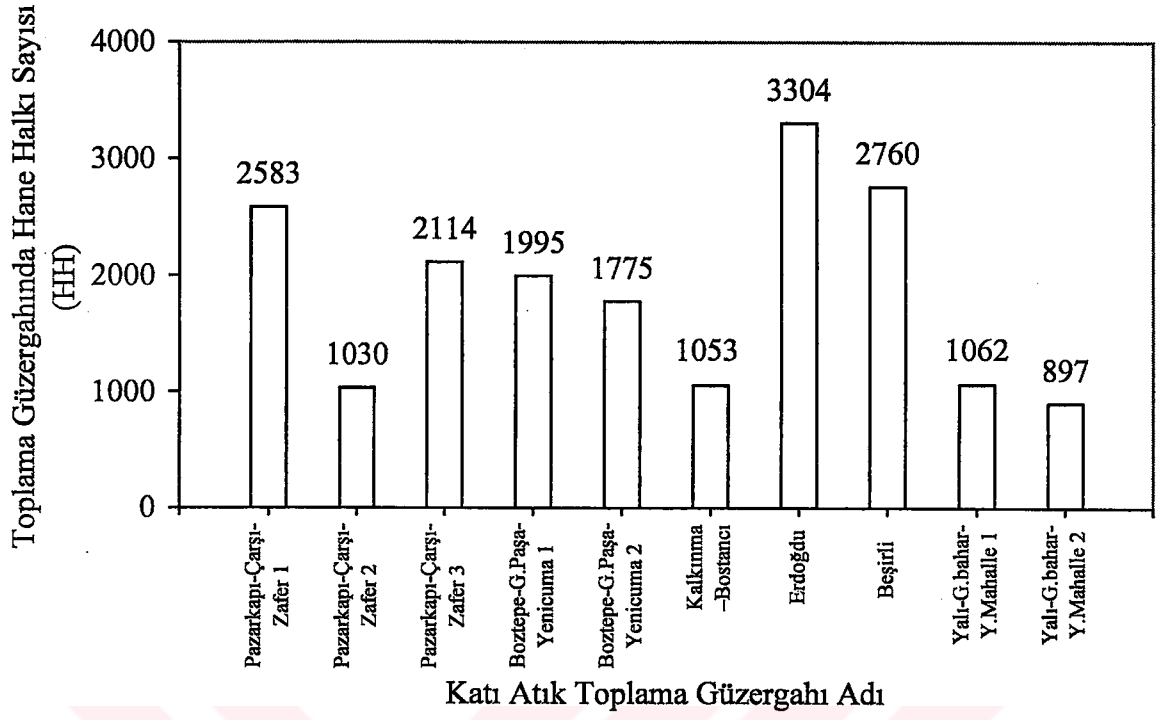
Şekil Ek 35 Karişık katı atık toplama durumunda geçirilen süreler (Tg, Ta, Tga, Ts) ile aracın katettiği yol arasındaki ilişki.



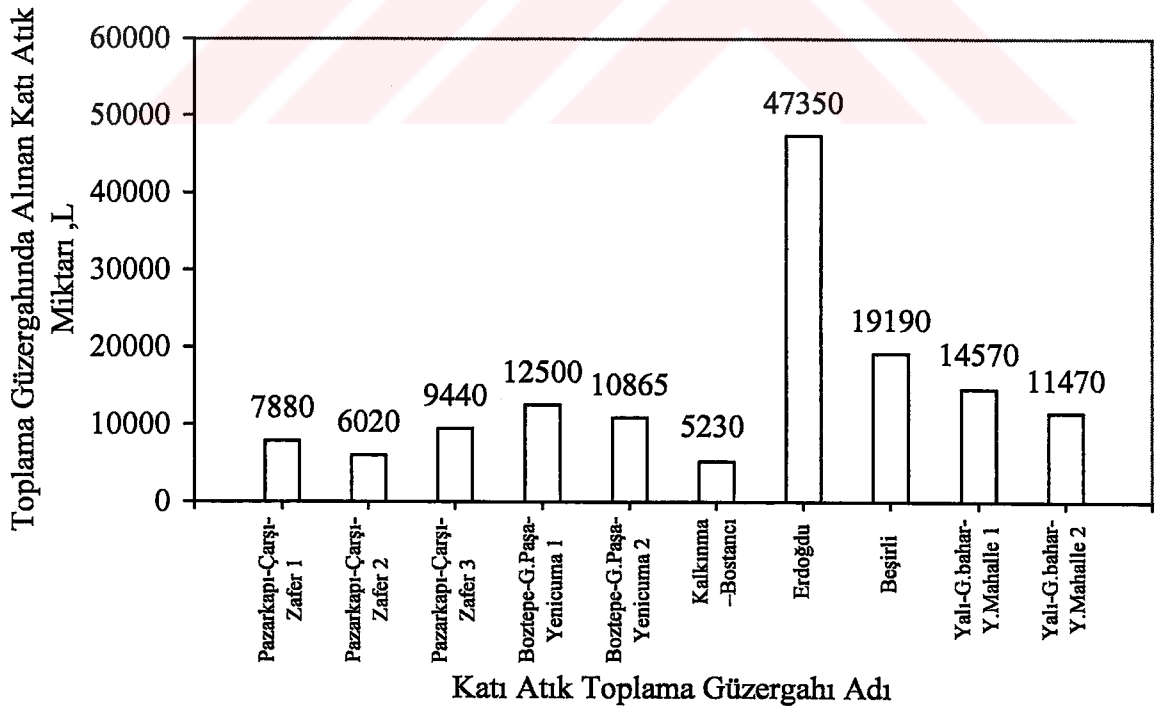
Şekil Ek 36 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergah uzunlukları.



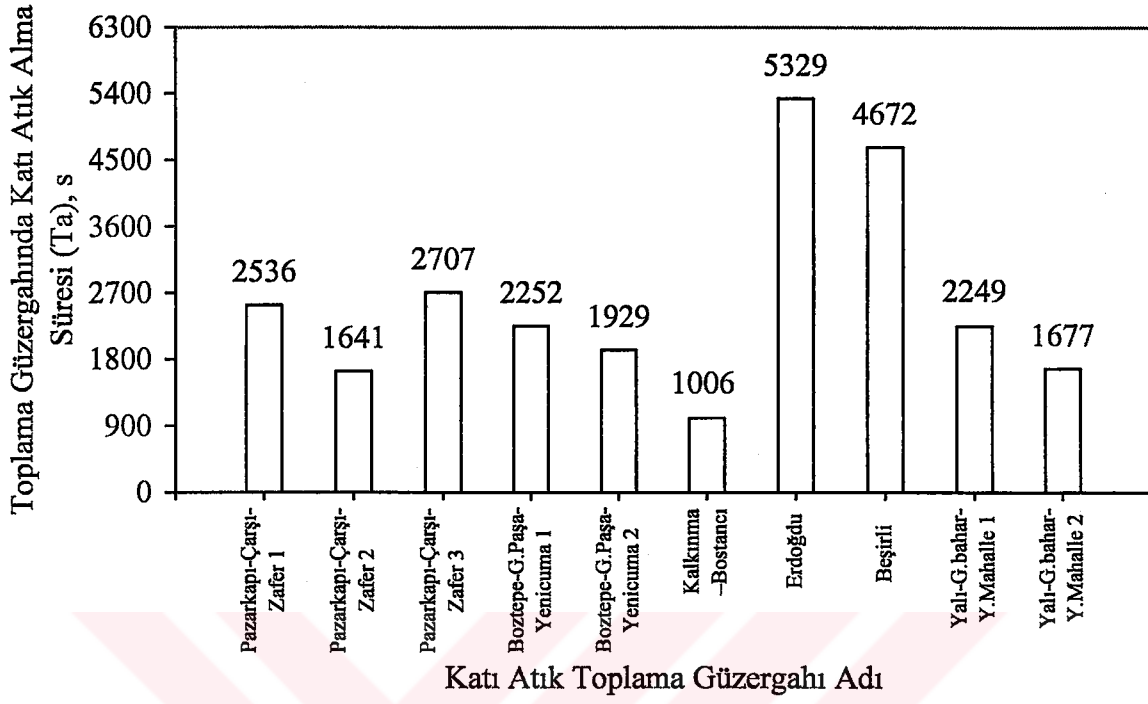
Şekil Ek 37 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta bulunan bina sayısı.



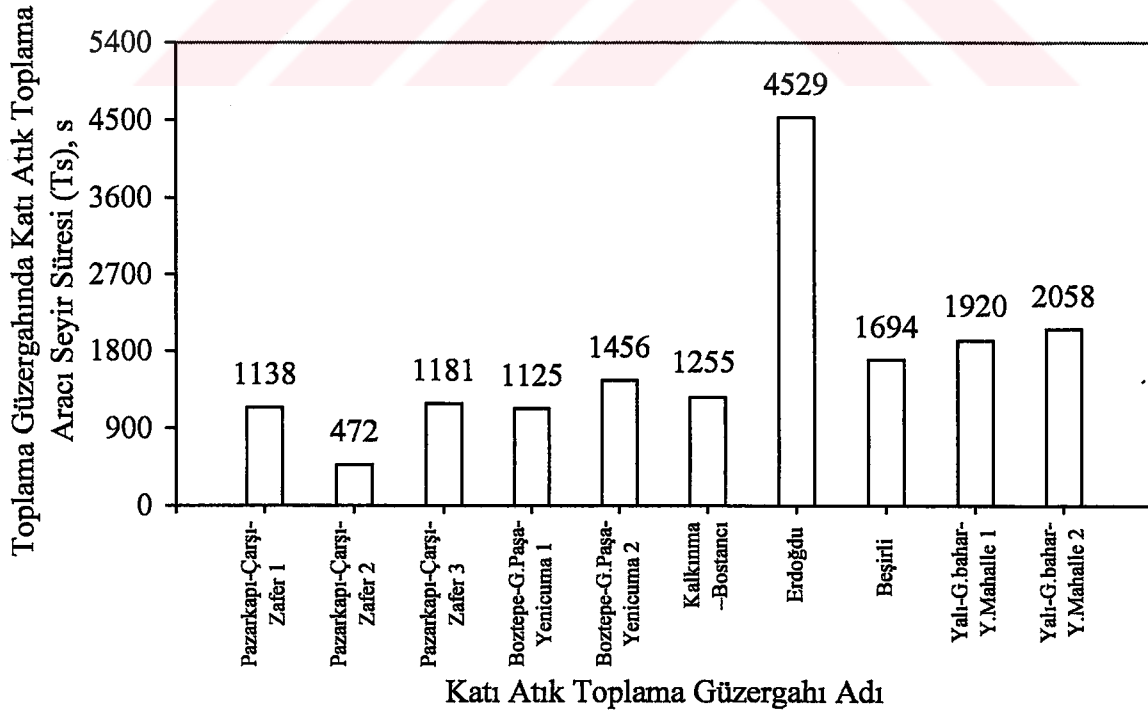
Şekil Ek 38 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta bulunan hane halkı sayısı.



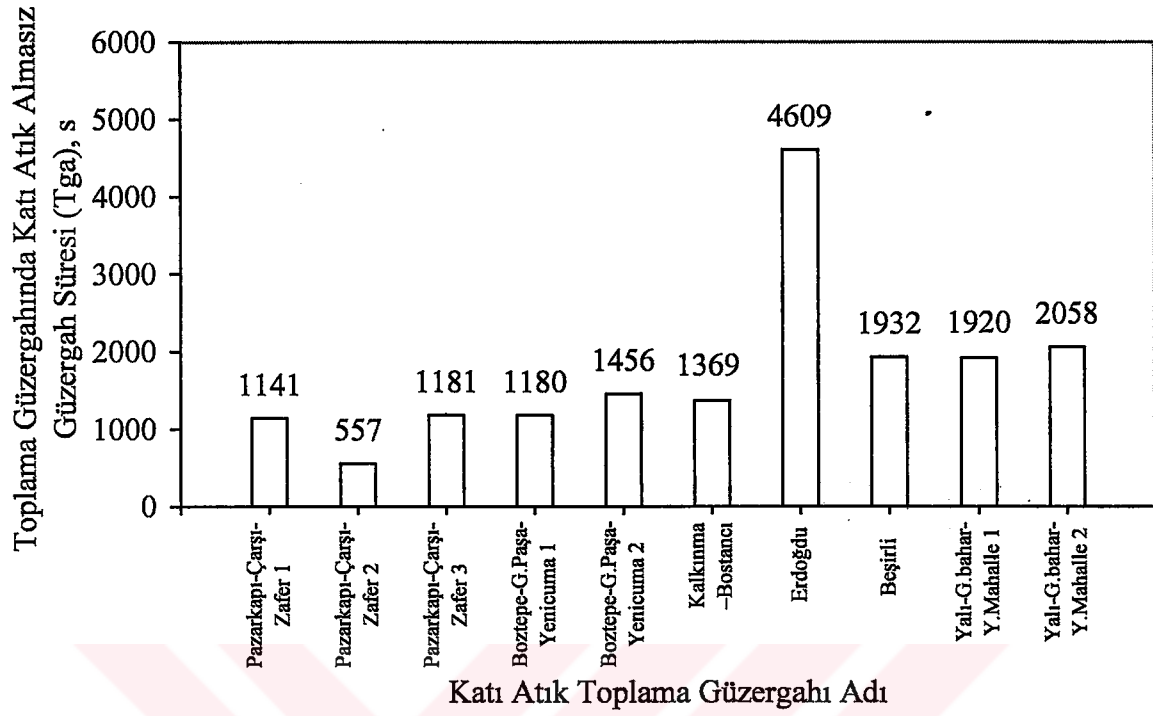
Şekil Ek 39 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta alınan katı atık miktarı.



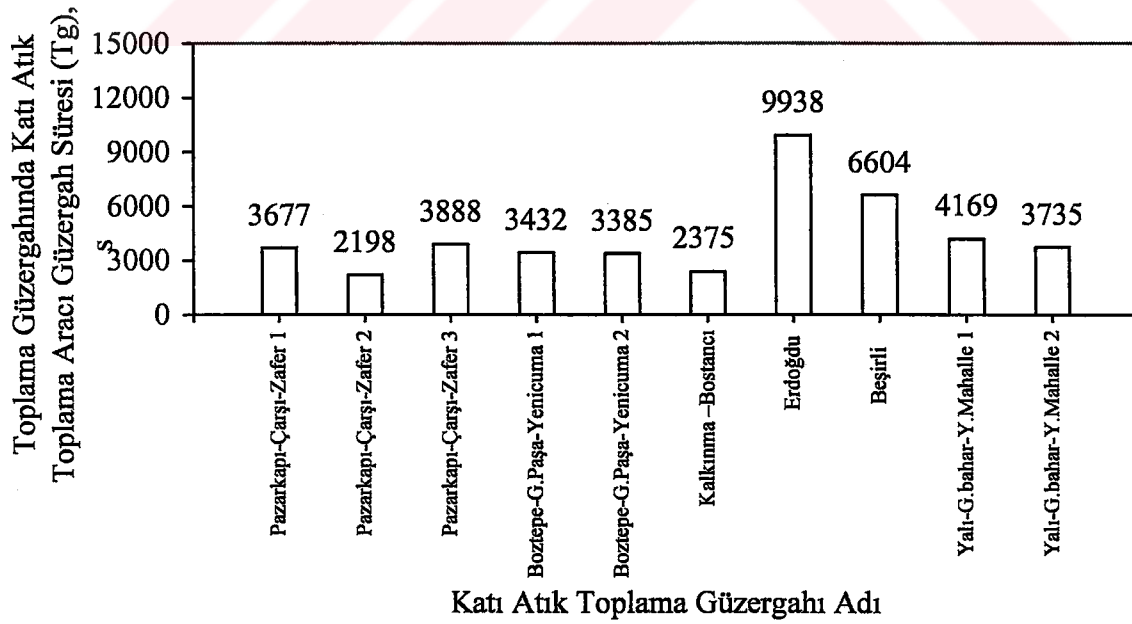
Şekil Ek 40 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta katı atık alma süresi.



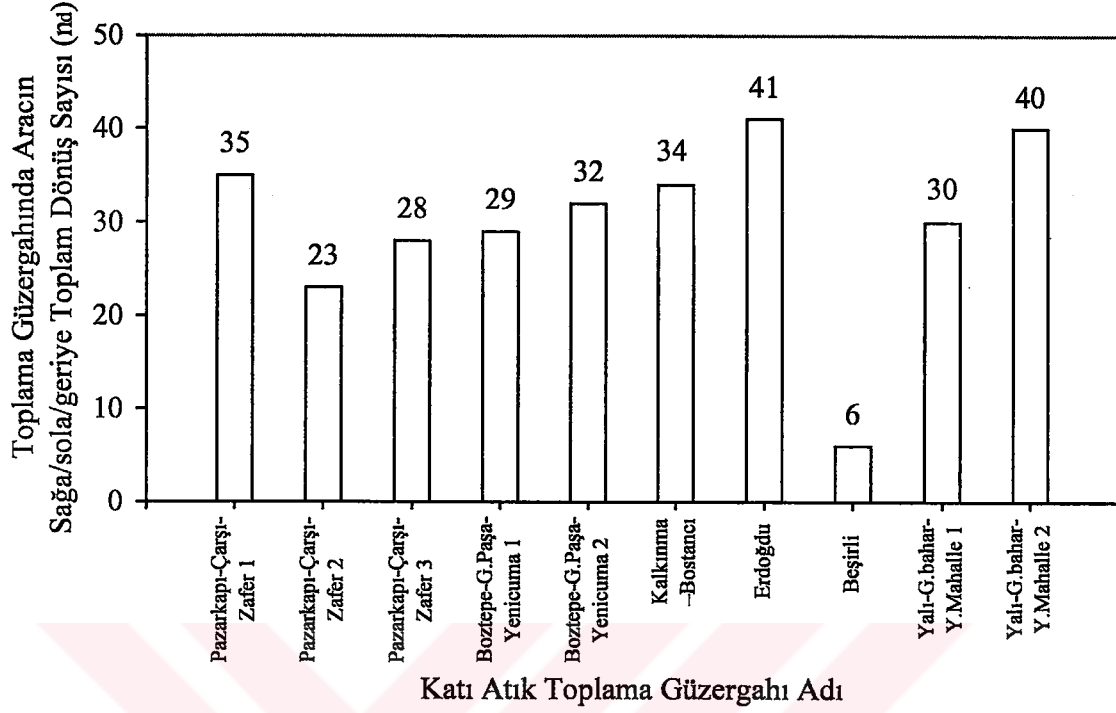
Şekil Ek 41 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta araç seyir süresi.



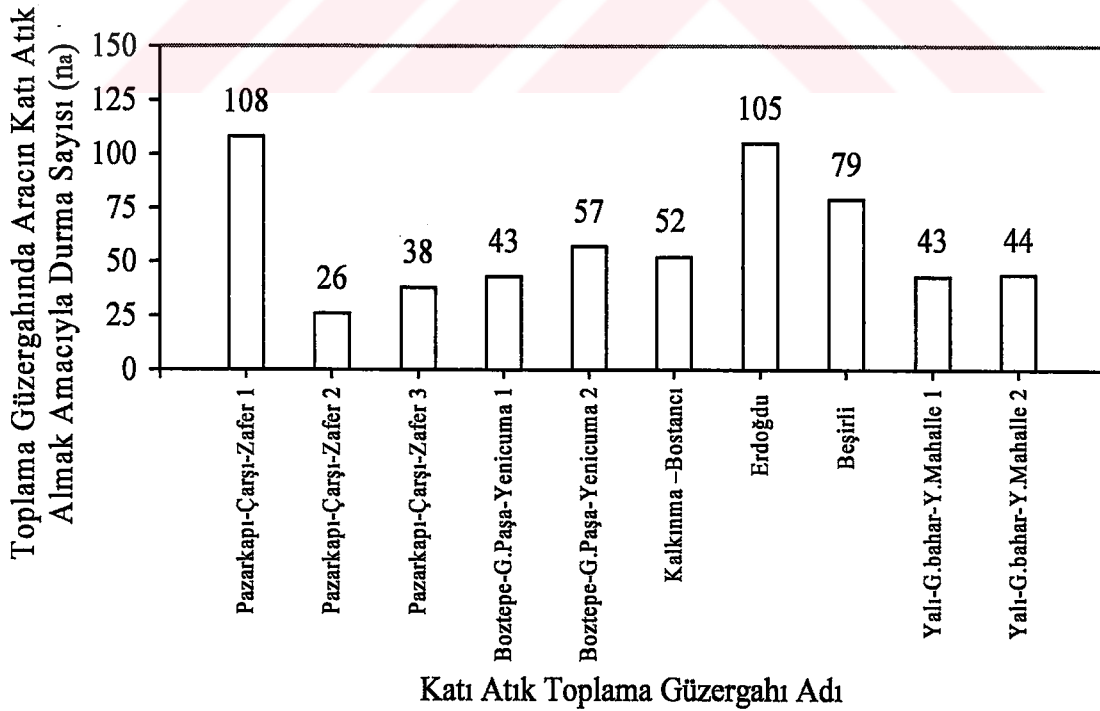
Şekil Ek 42 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta katı atık almasız güzergah süresi.



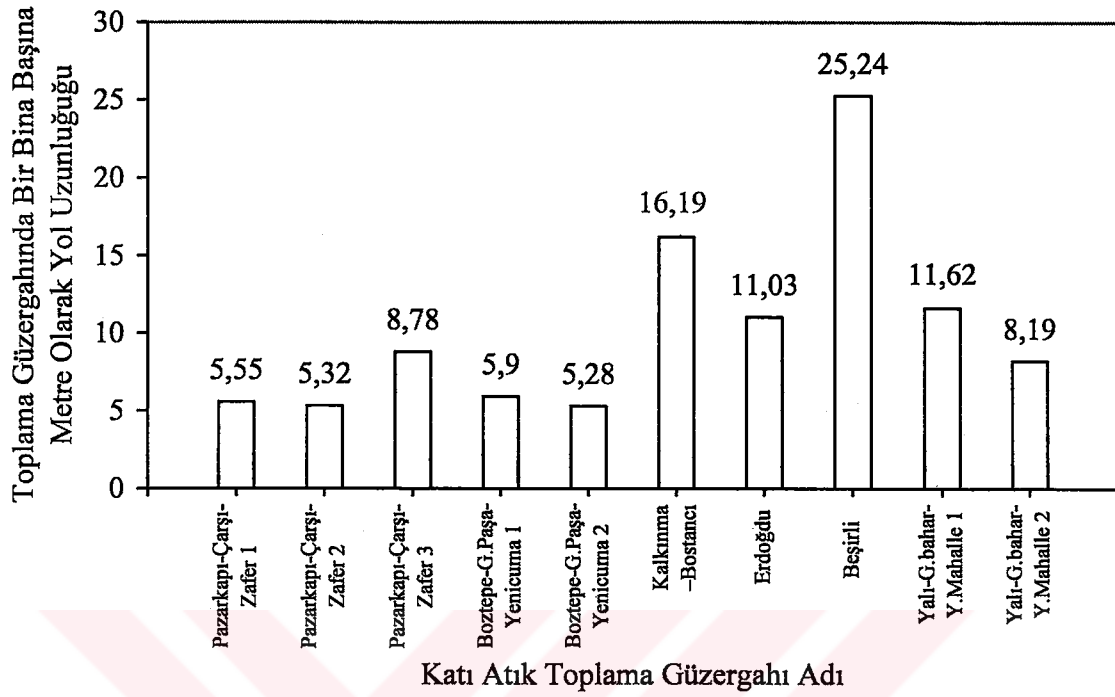
Şekil Ek 43 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta güzergah süresi.



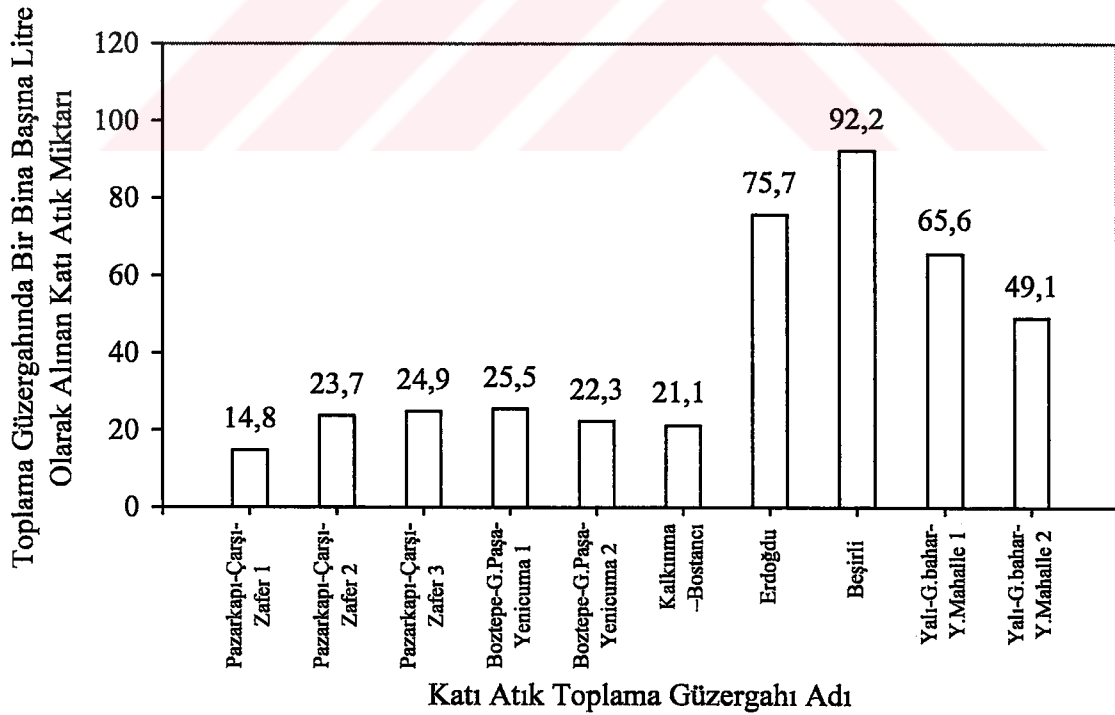
Şekil Ek 44 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta toplama aracının toplam sağa/sola/geriye dönüş sayısı.



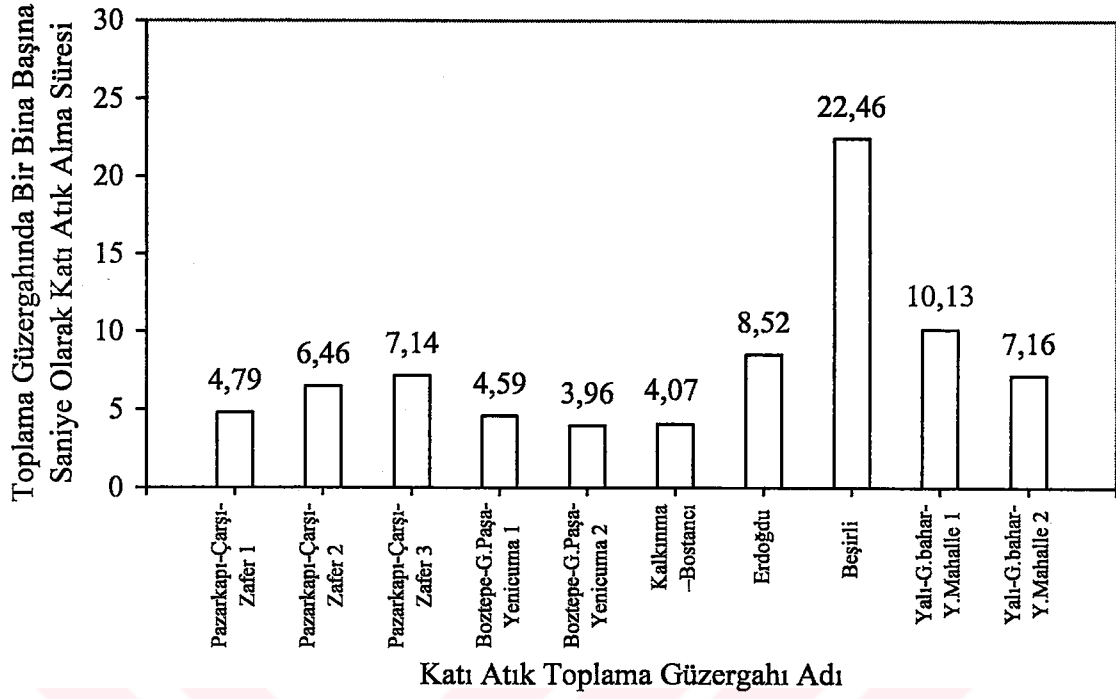
Şekil Ek 45 Toplama işlemi güzergahları ve katı atık almak amaçlı durma sayısı.



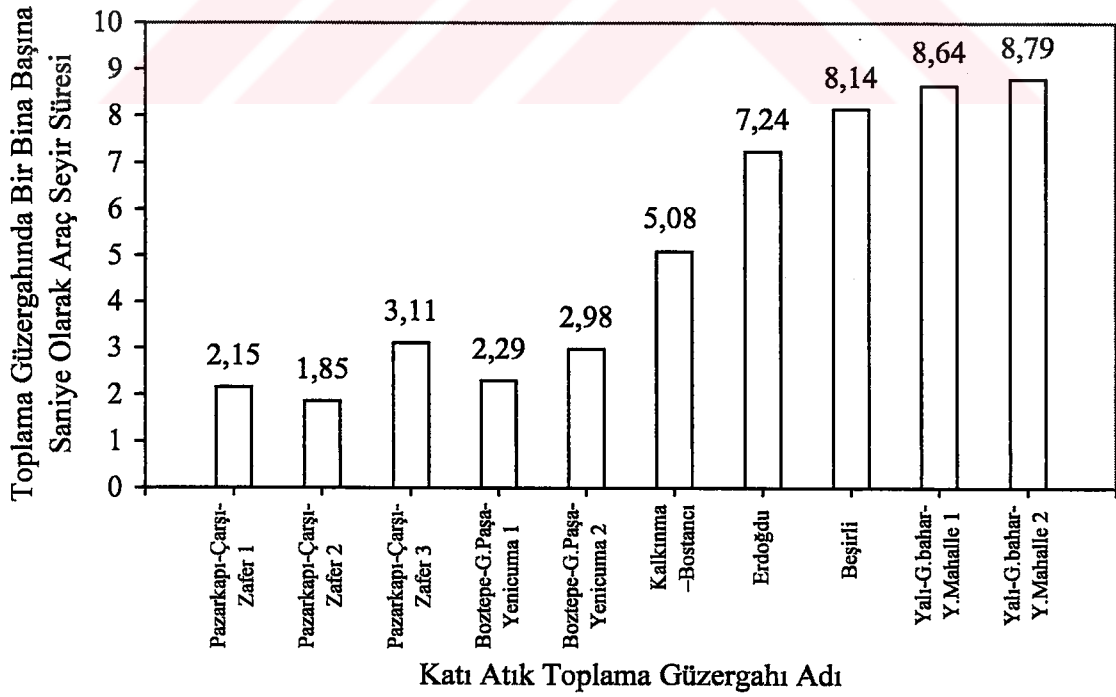
Şekil Ek 46 Toplama işlemi güzergahları ve bina sayısı (BS) başına birim yol uzunluğu.



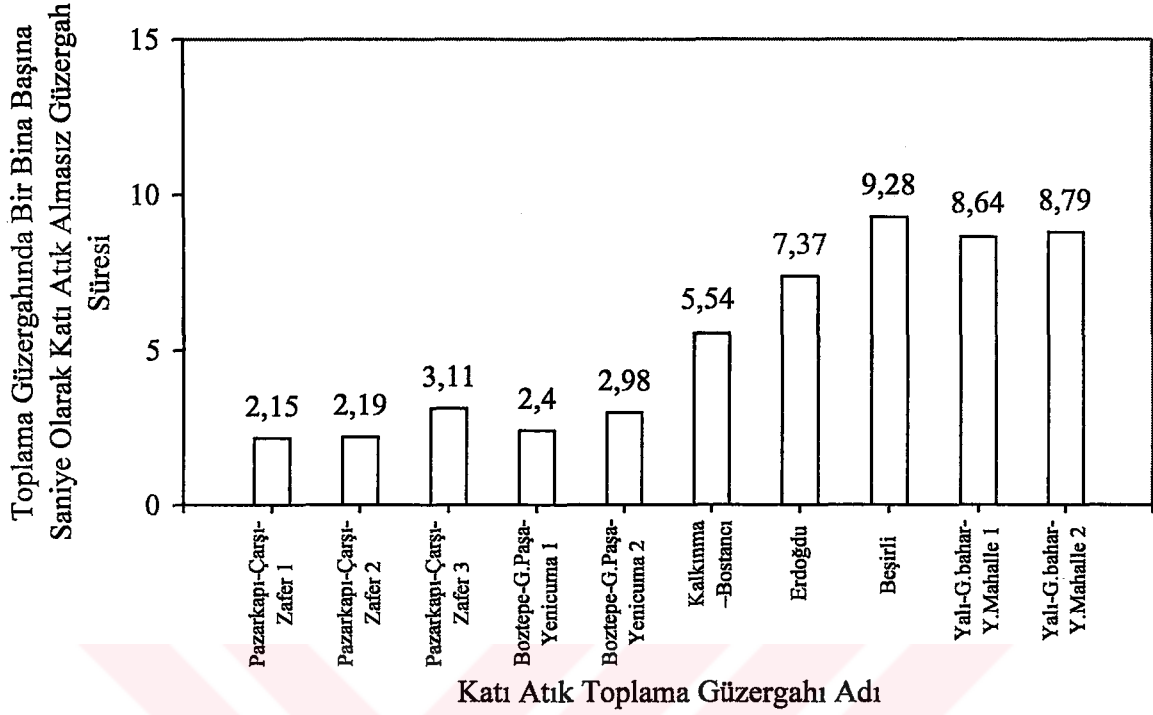
Şekil Ek 47 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve BS başına düşen katı atık miktarı.



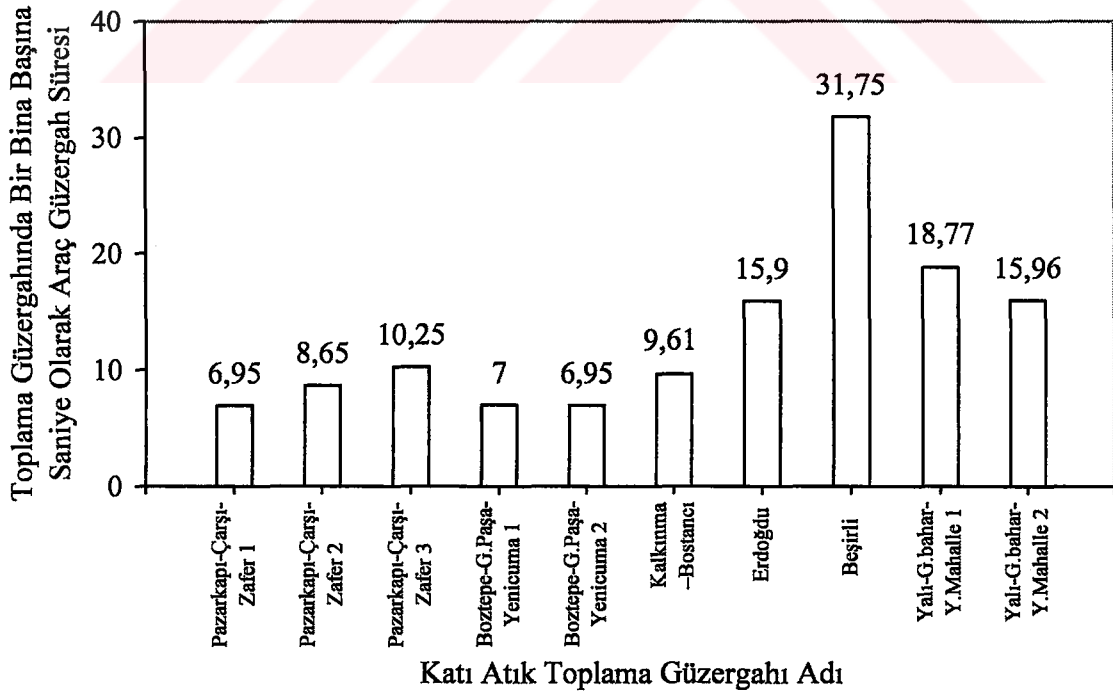
Şekil Ek 48 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve BS başına katı atık alma süresi.



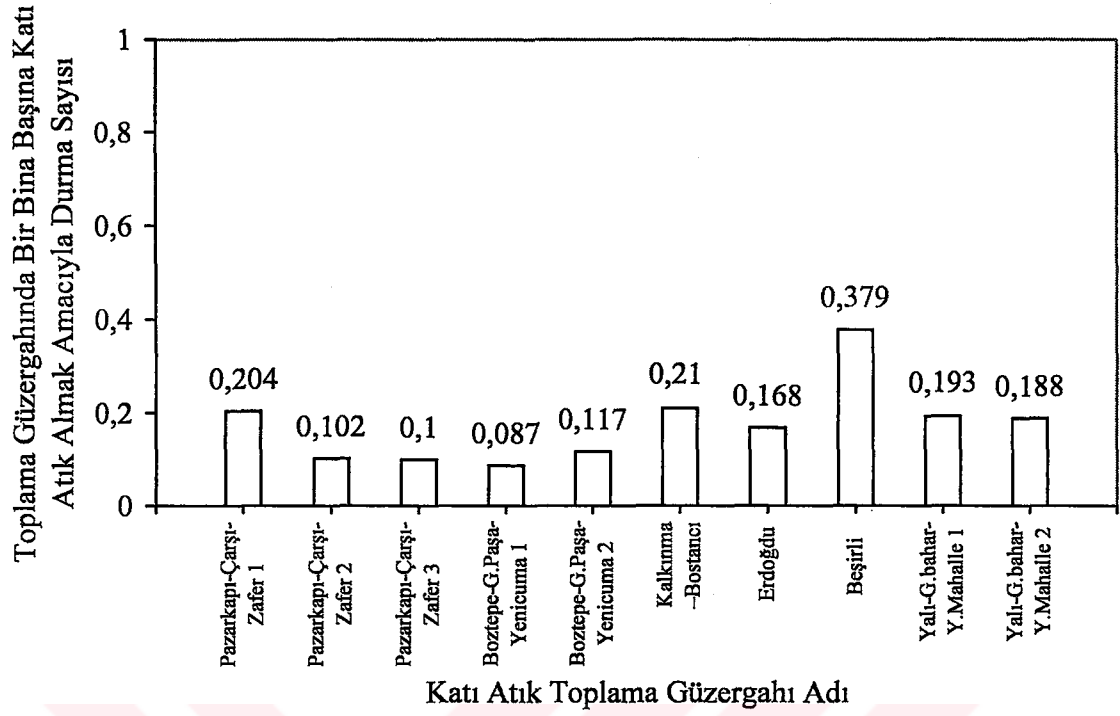
Şekil Ek 49 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve BS başına araç seyir süresi.



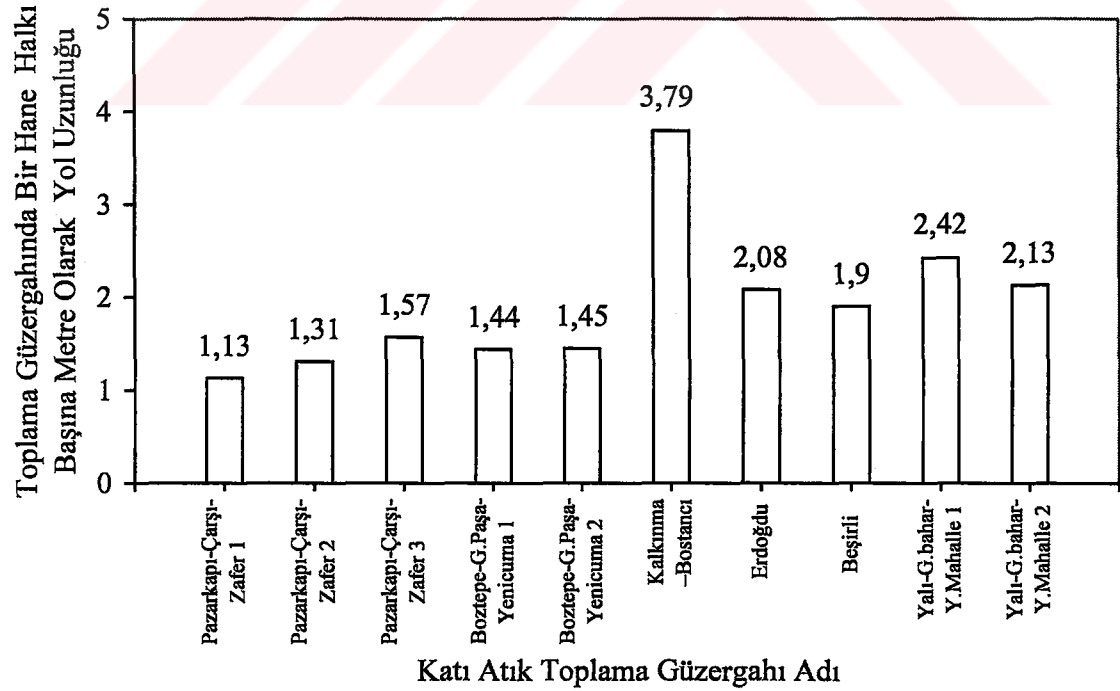
Şekil Ek 50 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve BS başına katı atık almasız güzergah süresi.



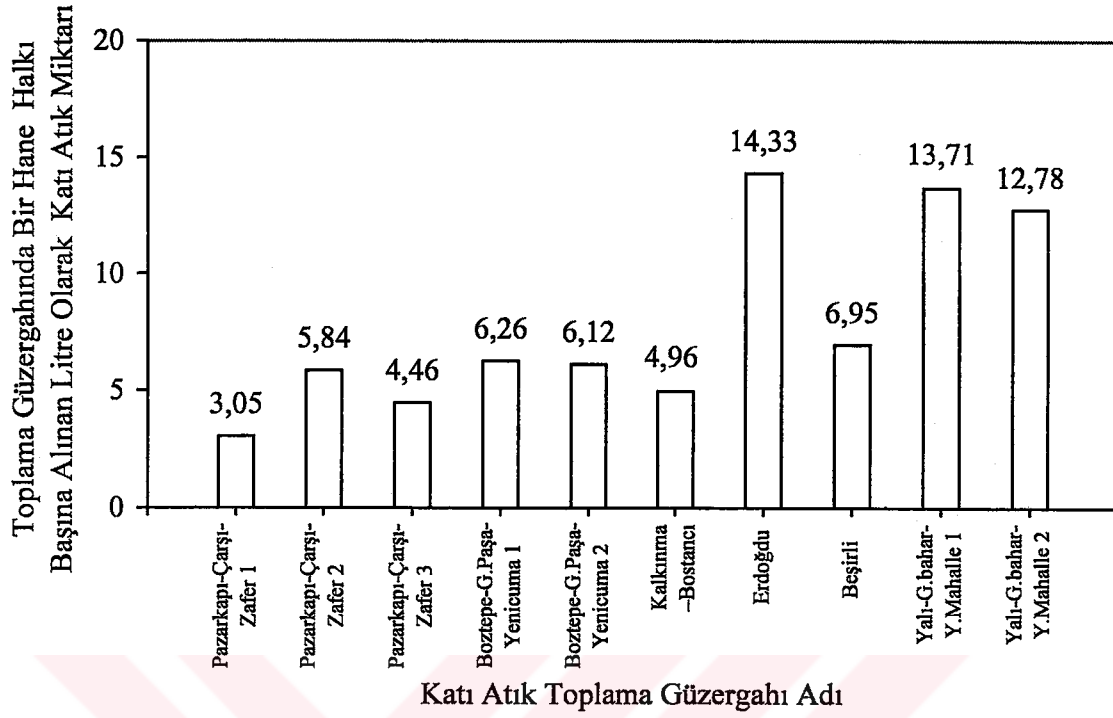
Şekil Ek 51 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve BS başına güzergah süresi.



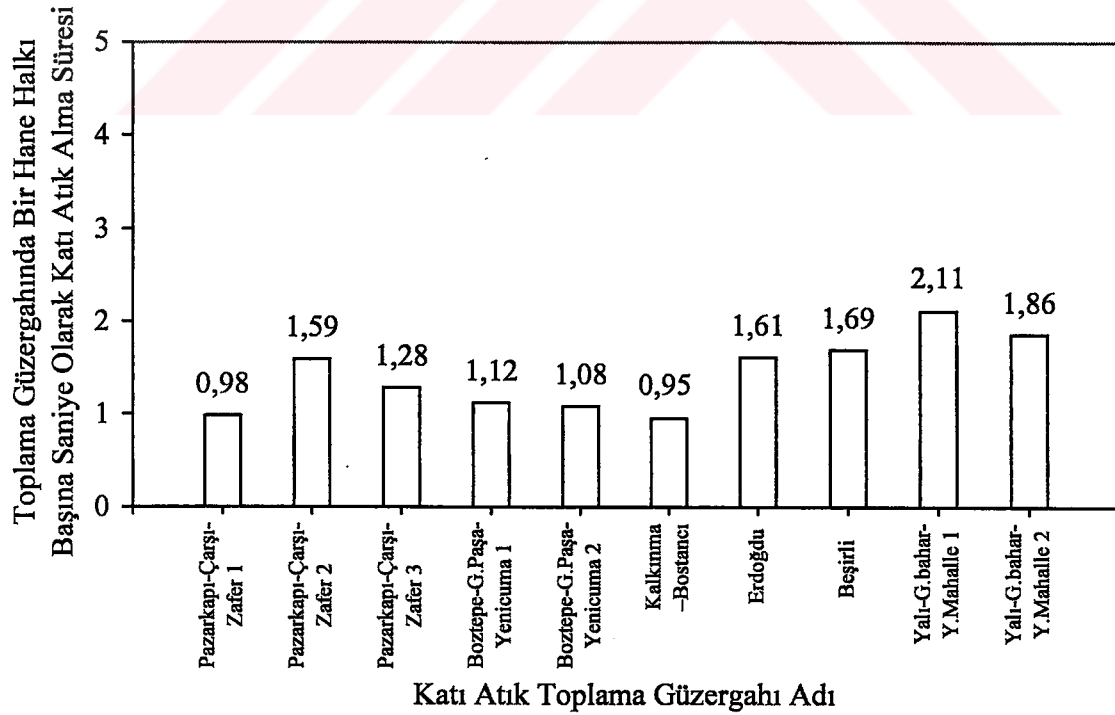
Şekil Ek 52 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve bs başına atık almalı durma sayısı.



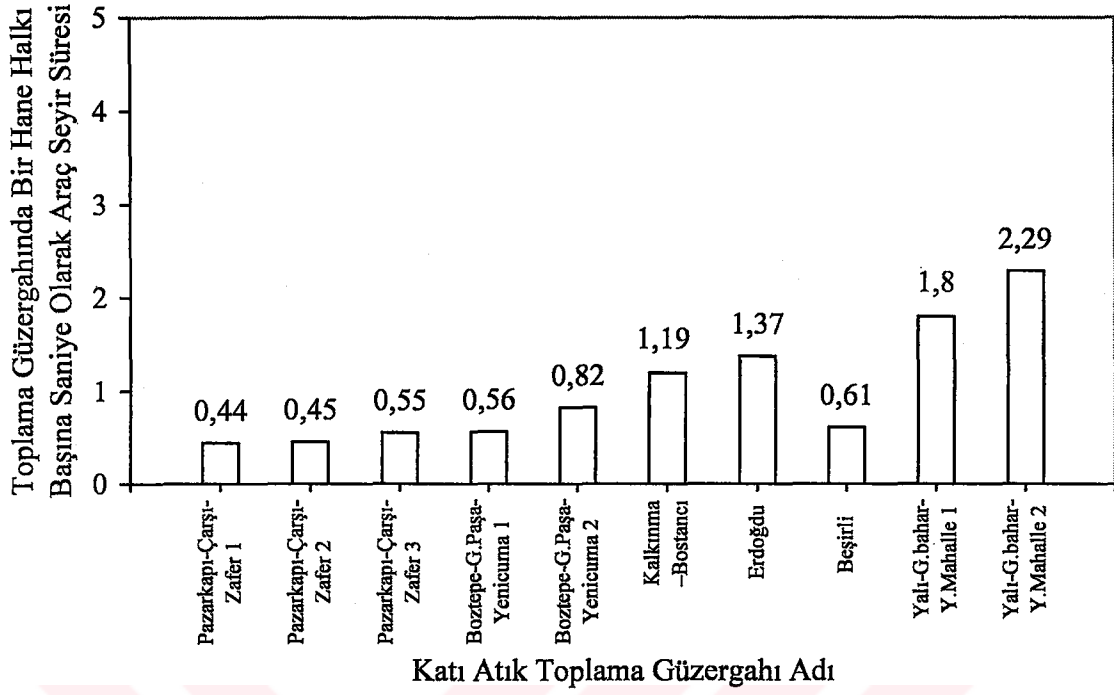
Şekil Ek 53 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve hane halkı sayısı (HH) başına güzergah uzunluğu.



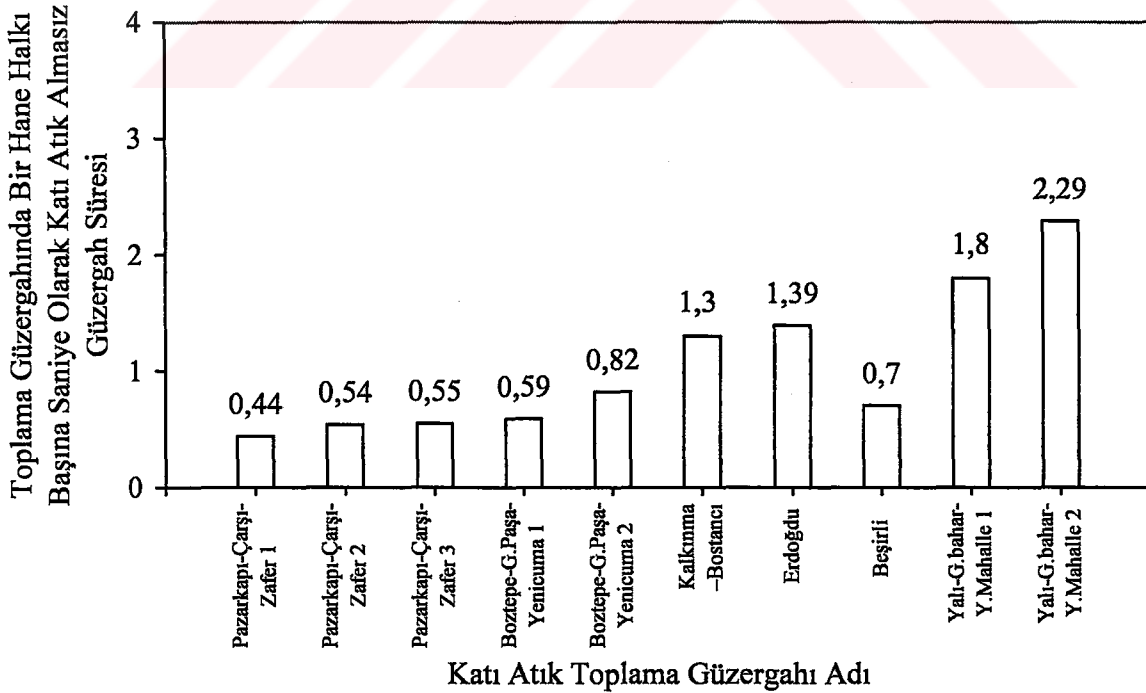
Şekil Ek 54 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve HH başına katı atık miktarı.



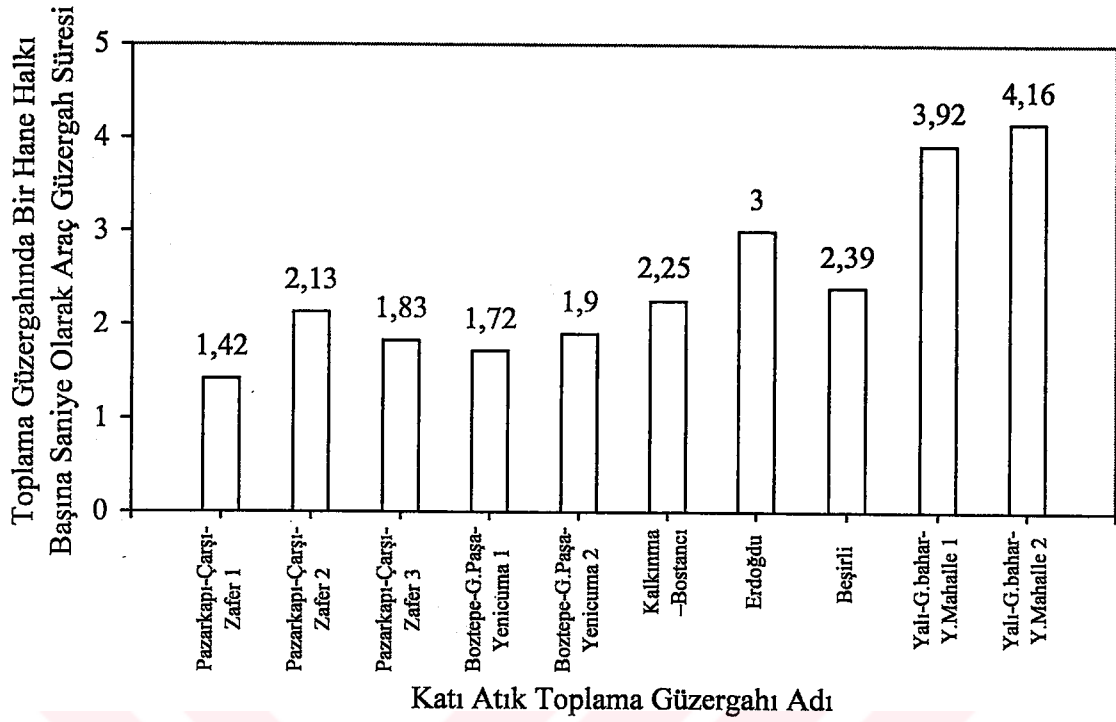
Şekil Ek 55 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta HH başına katı atık alma süresi.



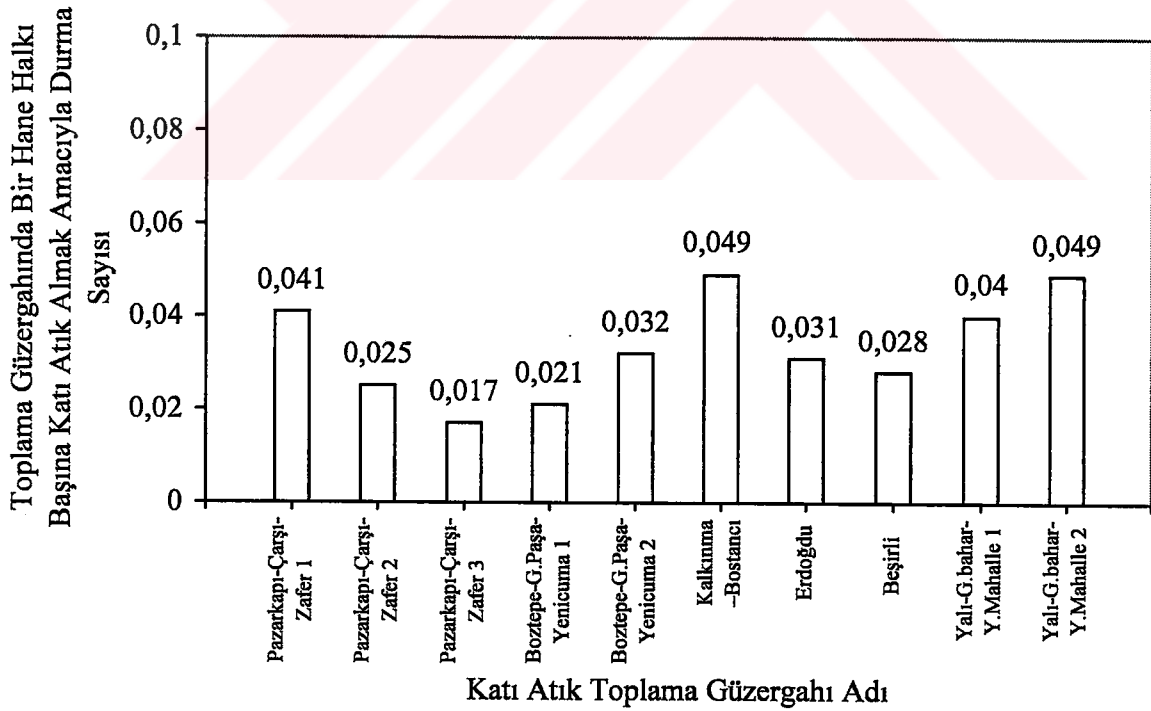
Şekil Ek 56 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve HH başına araç seyir süresi.



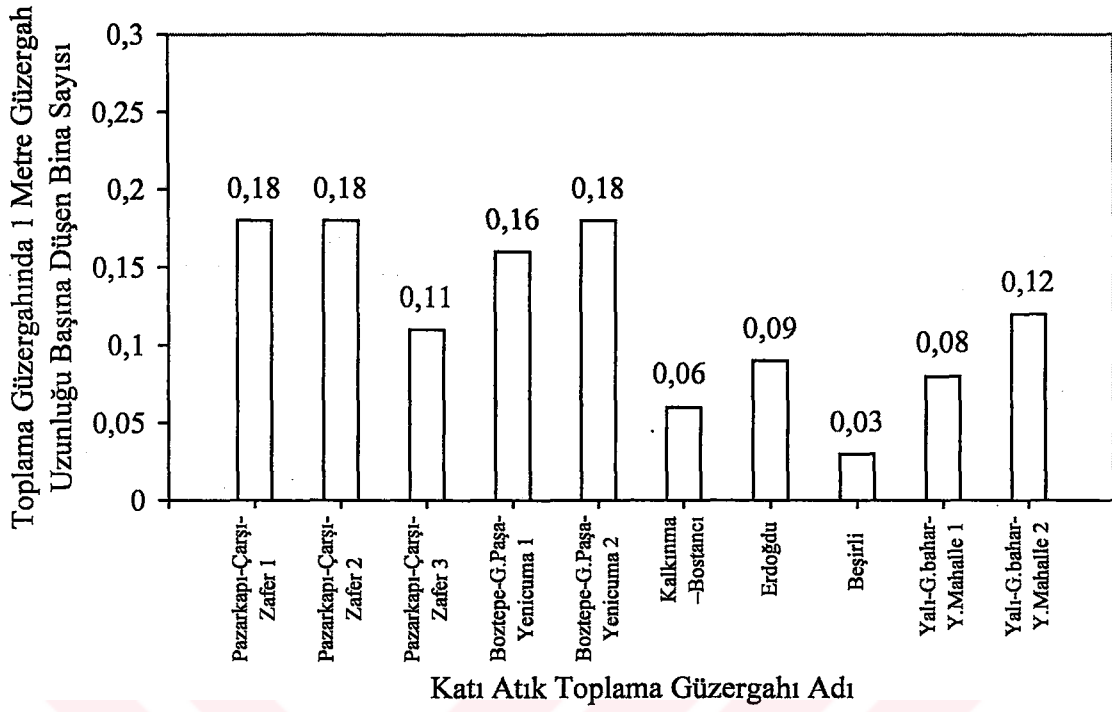
Şekil Ek 57 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve güzergahta HH başına katı atık almasız güzergah süresi.



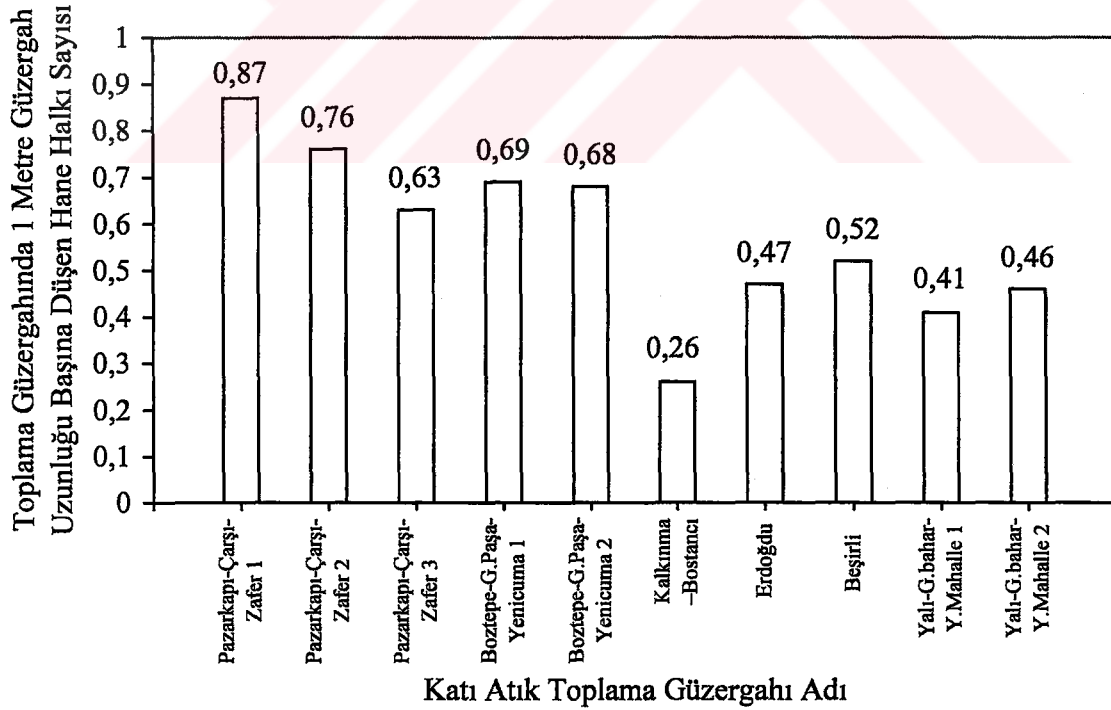
Şekil Ek 58 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve HH başına güzergah süresi.



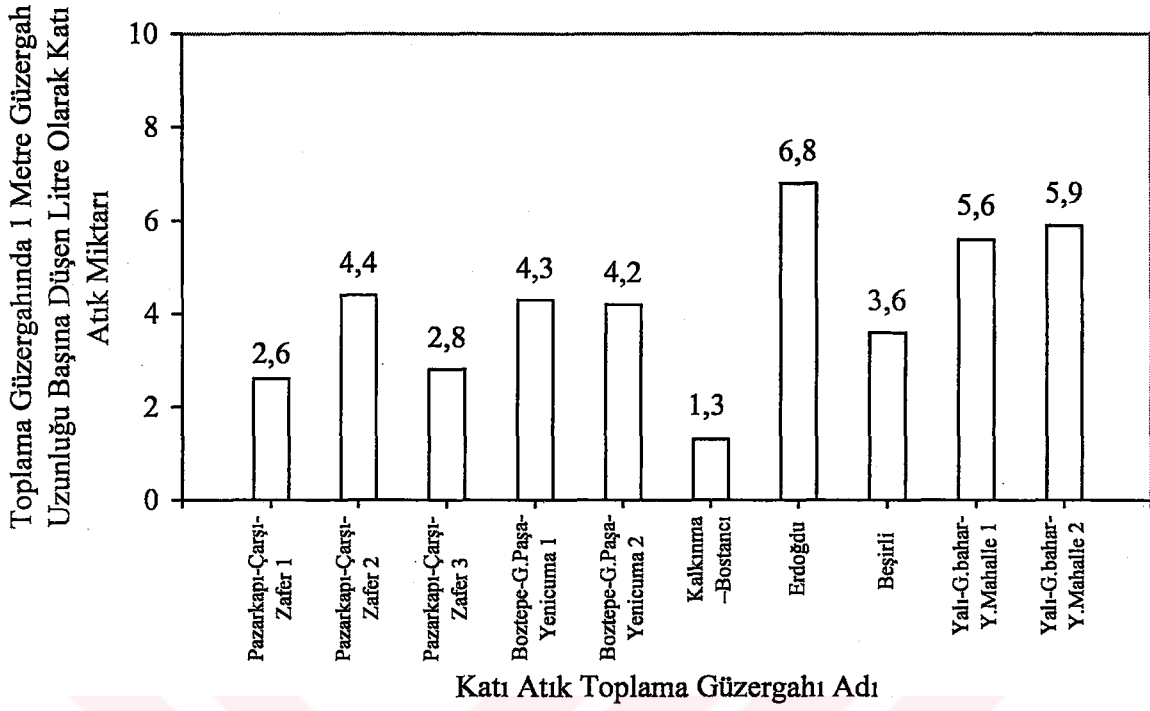
Şekil Ek 59 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve HH başına katı atık alma amaçlı durma sayısı.



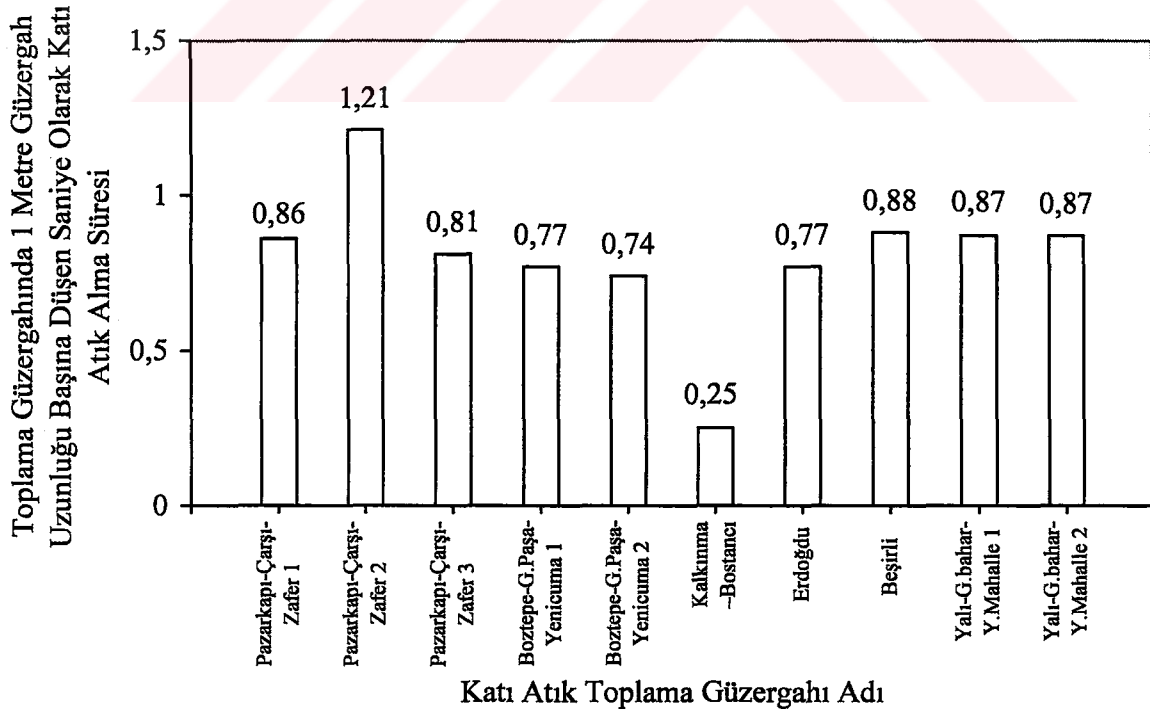
Şekil Ek 60 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve birim güzergah uzunluğuna düşen BS.



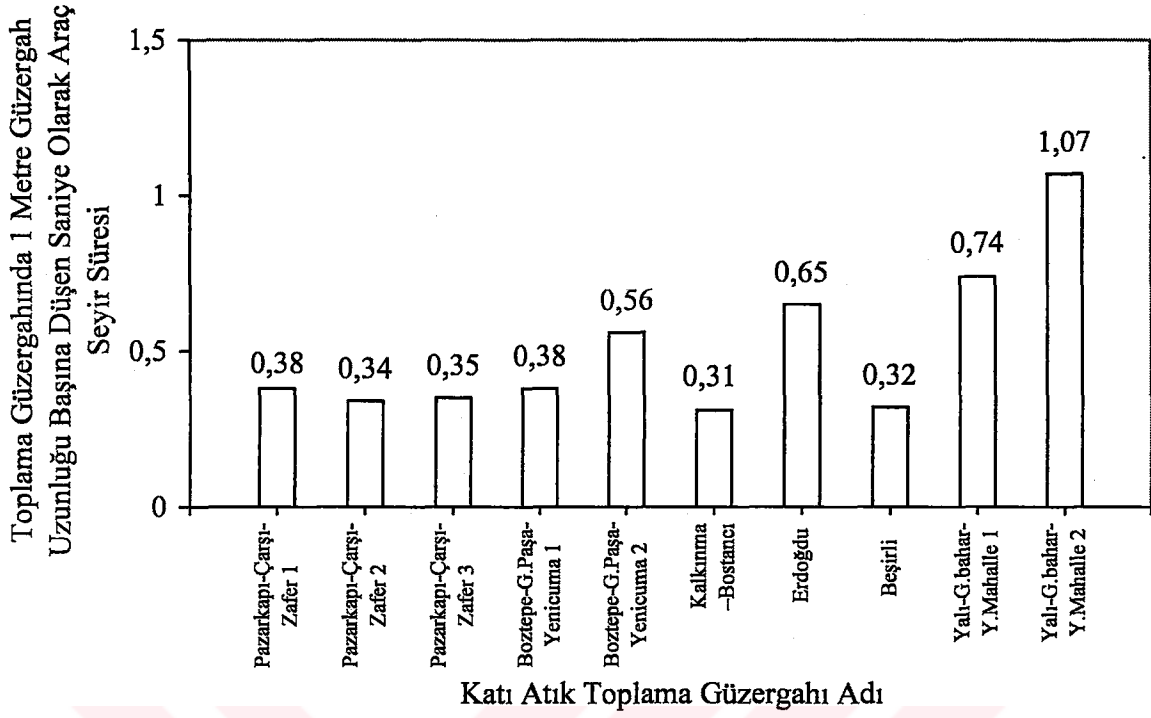
Şekil Ek 61 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve birim güzergah uzunluğuna düşen HH.



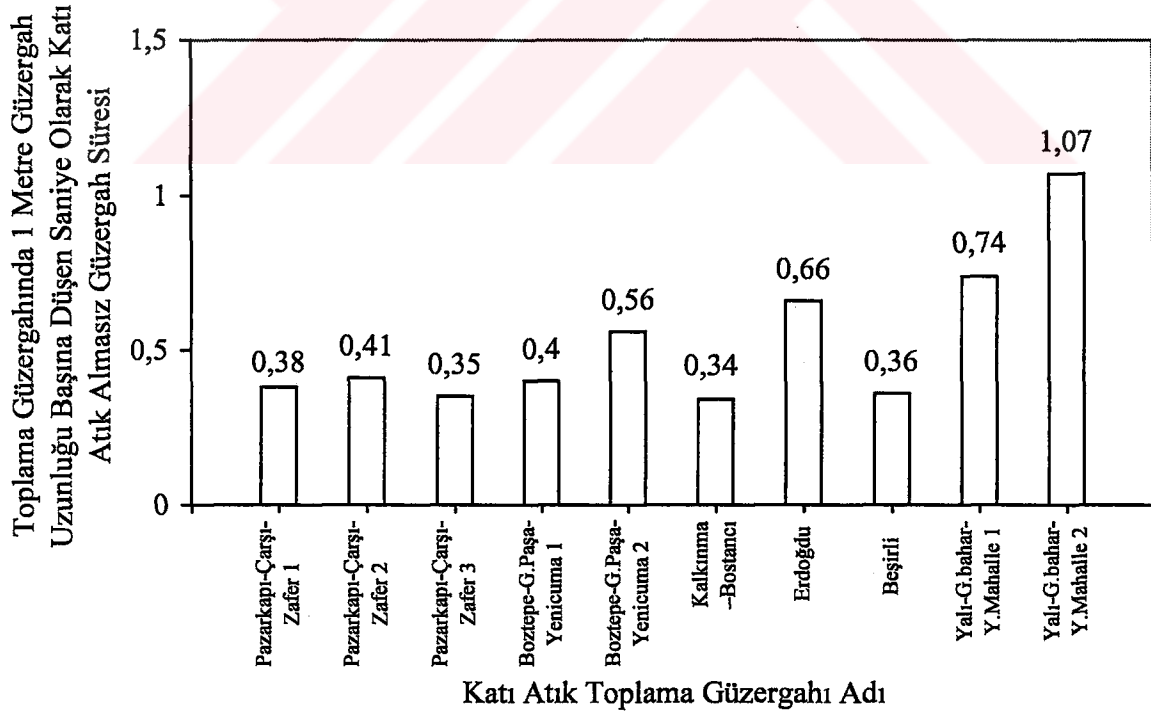
Şekil Ek 62 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve birim uzunluğa düşen atık miktarı.



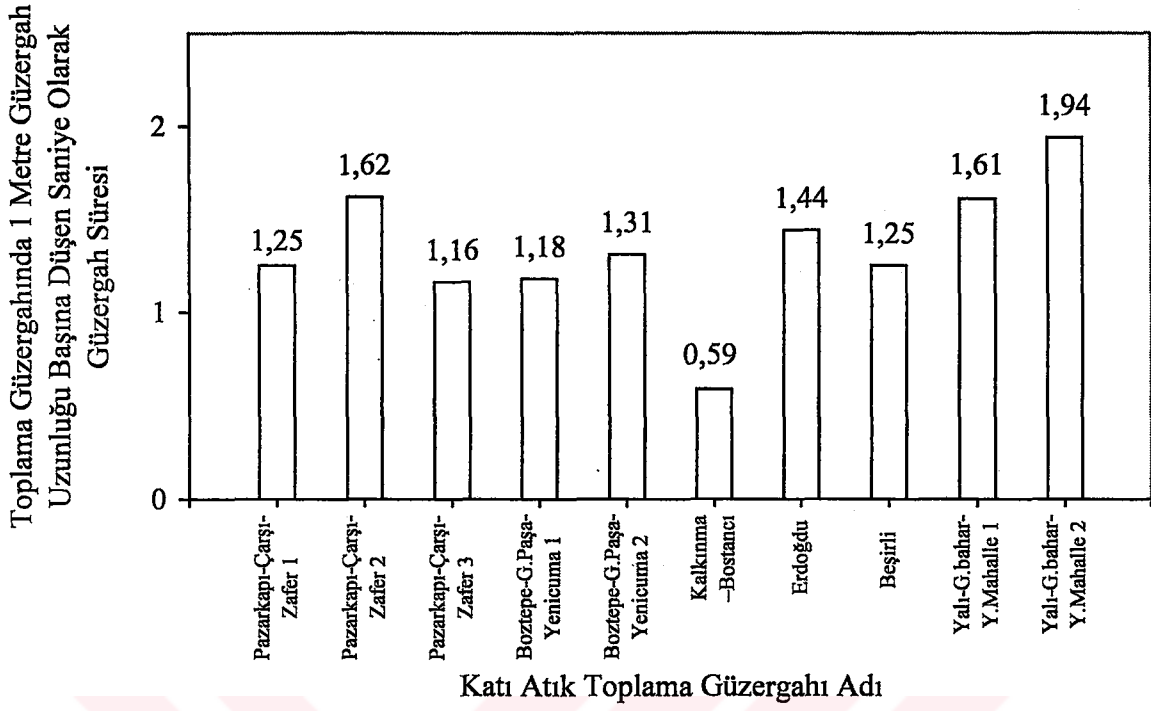
Şekil Ek 63 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve birim güzergah uzunluğuna düşen katı atık alma süresi.



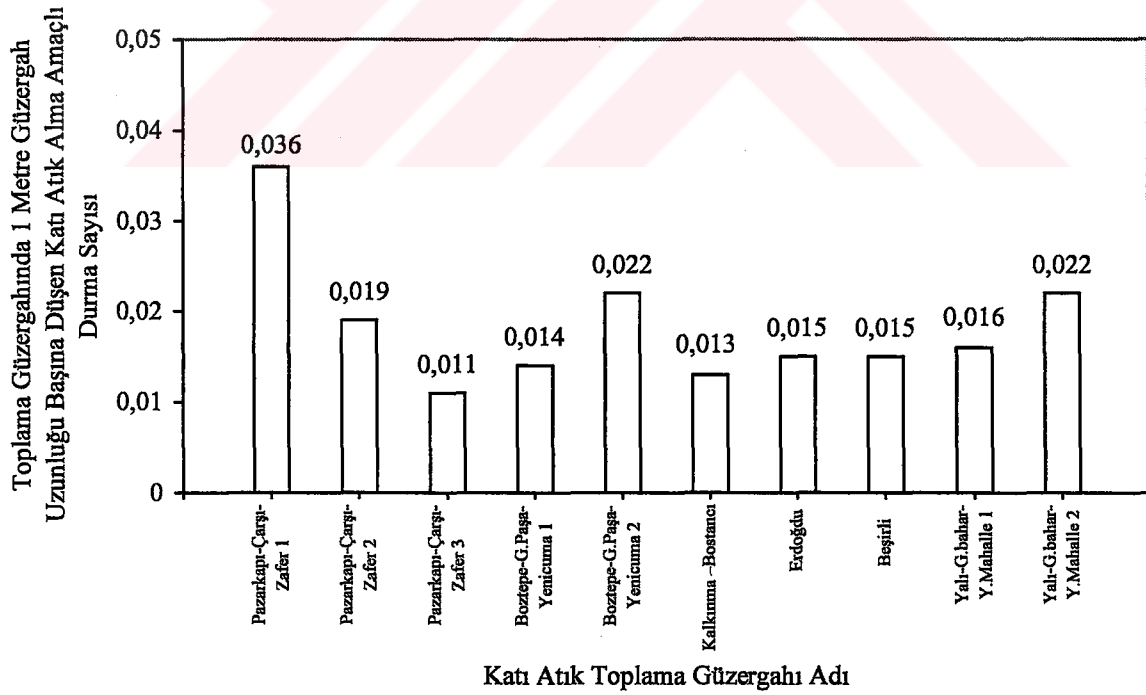
Şekil Ek 64 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve birim güzergaha araç seyir süresi.



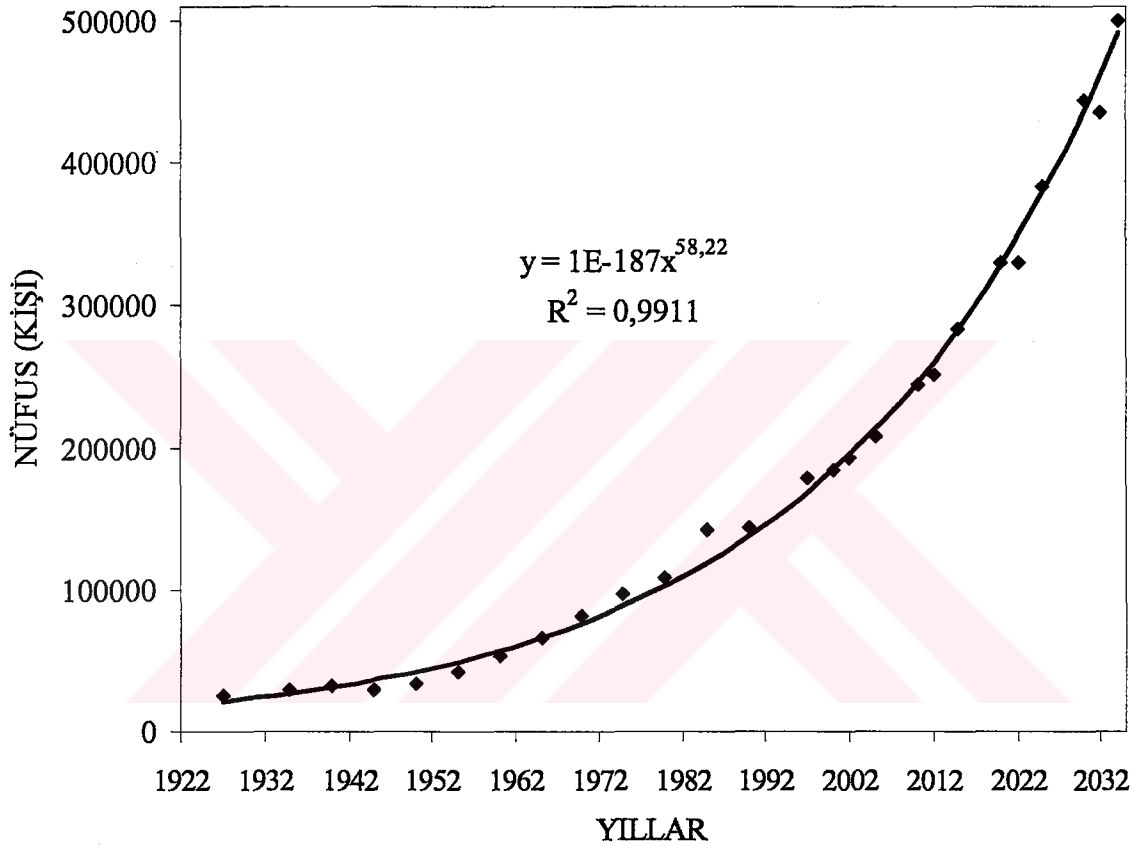
Şekil Ek 65 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve birim güzergah uzunluğuna düşen katı atık almasız güzergah süresi.



Şekil Ek 66 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve birim güzergaha düşen güzergah süresi.



Şekil Ek 67 Toplama işlemi yapılan güzergahlar ve birim güzergah uzunluğuna düşen katı atık alma amaçlı durma sayısı.



Şekil Ek 68 Trabzon Kenti 1927-2002 nüfus sayım sonuçları ve gelecek nüfus projeksiyonu.

Time	Distance	Instruction	Road Name	For	Direction
08:00	0,00	Depart on	Peñit Hall Karagöz Sokak	0,10	S
08:01	0,10	Arrive at Via 1. Continue straight ahead onto	Peñit Hall Karagöz Sokak	0,00	S
08:01	0,10	Continue straight ahead onto	Yatahan Sokak	0,03	S
08:01	0,13	Turn left onto	Zahar Sokak	0,05	E
08:01	0,18	Turn right onto	Ruben Sokak	0,04	S
08:01	0,22	Arrive at Via 2. Continue straight ahead onto	Ruben Sokak	0,07	N
08:02	0,29	Turn right onto	Kalkanolu Caddesi	0,04	E
08:02	0,33	Arrive at Via 3. Continue straight ahead onto	Kalkanolu Caddesi	0,04	E
08:02	0,37	Turn right onto	Dereboyu Sokak	0,08	S
08:03	0,46	Arrive at Via 4. Continue straight ahead onto	Dereboyu Sokak	0,03	N
08:03	0,49	Bear right onto	Sakız Meydanı Sokak	0,04	NE
08:03	0,53	Turn right onto	Kaşıoğlu Sokak	0,08	SE
08:03	0,61	Turn right onto	Mahmut Kaloğlu Caddesi	0,00	S
08:03	0,61	Arrive at Via 5. Bear left onto	Mahmut Kaloğlu Caddesi	0,11	SE
08:04	0,72	Turn left onto	Kahramanmaraş Caddesi	0,01	SE
08:04	0,73	Arrive at Via 6. Bear left onto	Kahramanmaraş Caddesi	0,10	E
08:05	0,83	Turn left onto	Enin Alındar Sokak	0,00	N
08:05	0,83	Arrive at Via 7. Continue straight ahead onto	Enin Alındar Sokak	0,02	N
08:05	0,86	Turn right onto	Orta Sokak	0,08	E
08:05	0,94	Bear left onto	Kahramanmaraş Caddesi	0,01	E
08:05	0,95	Arrive at Via 8. Continue straight ahead onto	Kahramanmaraş Caddesi	0,01	W
08:05	0,97	Bear right onto	Orta Sokak	0,04	NW
08:05	1,00	Bear right onto	Alcan Sokak	0,08	N
08:06	1,09	Turn sharp left onto	Enin Alındar Sokak	0,02	SW
08:06	1,10	Arrive at Via 9. Continue straight ahead onto	Enin Alındar Sokak	0,05	NE
08:06	1,18	Turn right onto	Semerciler Caddesi	0,08	E
08:07	1,24	Arrive at Via 10. Continue straight ahead onto	Semerciler Caddesi	0,08	NW
08:07	1,29	Continue straight ahead onto	Alaçhaman Sokak	0,05	NW
08:07	1,34	Turn right onto	Kaloğlu Sokak	0,05	NE
08:08	1,39	Turn right onto	Eski Demirciler Sokak	0,01	S
08:08	1,40	Bear left onto	Adem Sokak	0,00	SE
08:08	1,41	Arrive at Via 11. Continue straight ahead onto	Adem Sokak	0,00	NW
08:08	1,41	Bear right onto	Eski Demirciler Sokak	0,07	N
08:08	1,48	Turn right onto	Kazançılar Sokak	0,03	E
08:08	1,51	Arrive at Via 12. Continue straight ahead onto	Kazançılar Sokak	0,00	N
08:08	1,51	Turn left onto	Devlet Sahilyolu Caddesi	0,08	W
08:09	1,59	Arrive at Via 13. Continue straight ahead onto	Devlet Sahilyolu Caddesi	0,00	NE
08:09	1,60	Turn right onto	Alaçhaman Sokak	0,08	S
08:09	1,66	Turn right onto	Bedesten Caddesi	0,03	W
08:09	1,69	Arrive at Via 14. Turn right onto	Bedesten Caddesi	0,15	W
08:10	1,85	Arrive at Via 15. Continue straight ahead onto	Bedesten Caddesi	0,03	W
08:10	1,87	Turn right onto	Mahmut Kaloğlu Caddesi	0,06	N
08:11	1,94	Turn left onto	Devlet Sahilyolu Caddesi	0,08	W
08:11	1,99	Arrive at Finish			

Route Summary

Shortest route

Route length: 1,969 km

Route time: 11 mins 42 secs

records 1 - 44 of 44

Şekil Ek 69 Güzergah 2: Optimize edilen güzergah (Pazarkapı-Çarşı güzergah 1)

MapInfo Professional - [Directions]

File Edit Tools Objects Query Table Options Browse Window RouteView Pro Help

Time Distance Instruction Road Name For Direction

06:00	0,00	Depart on	Rıpaçlıya Caddesi	0,10	S
06:01	0,10	Arrive at Via 1. Continue straight ahead onto	Rıpaçlıya Caddesi	0,08	S
06:01	0,17	Turn left onto	1 Nolu Ziver Sokak	0,06	E
06:01	0,22	Bear right onto	Ziver Sokak	0,03	S
06:01	0,25	Continue straight ahead onto	Kahramanmaraş Caddesi	0,00	S
06:01	0,25	Arrive at Via 2. Turn right onto	Kahramanmaraş Caddesi	0,04	E
06:02	0,29	Turn right onto	Kaşıoğlu Sokak	0,08	S
06:02	0,35	Arrive at Via 3. Continue straight ahead onto	Kaşıoğlu Sokak	0,08	S
06:02	0,43	Bear left onto	Meriç Sokak	0,08	SE
06:03	0,51	Bear left onto	Zaferan Caddesi	0,01	N
06:03	0,52	Arrive at Via 4. Continue straight ahead onto	Zaferan Caddesi	0,13	N
06:04	0,65	Turn sharp left onto	Kahramanmaraş Caddesi	0,00	W
06:04	0,65	Arrive at Via 5. Continue straight ahead onto	Kahramanmaraş Caddesi	0,08	E
06:04	0,75	Arrive at Via 6. Continue straight ahead onto	Kahramanmaraş Caddesi	0,03	E
06:04	0,77	Turn left onto	Yalınhan Sokak	0,14	N
06:05	0,91	Turn left onto	Çiğir Sokak	0,07	W
06:05	0,98	Arrive at Via 7. Continue straight ahead onto	Çiğir Sokak	0,01	W
06:05	0,99	Turn right onto	Gökçe Sokak	0,07	N
06:06	1,06	Turn right onto	Kalkanlı Caddesi	0,05	E
06:06	1,12	Arrive at Via 8. Continue straight ahead onto	Kalkanlı Caddesi	0,08	W
06:07	1,21	Turn right onto	İsmet Sokak	0,01	N
06:07	1,22	Arrive at Via 9. Continue straight ahead onto	İsmet Sokak	0,01	S
06:07	1,22	Turn right onto	Kalkanlı Caddesi	0,08	W
06:07	1,29	Turn left onto	Halil Cami Sokak	0,08	S
06:08	1,37	Arrive at Via 10. Continue straight ahead onto	Halil Cami Sokak	0,08	N
06:08	1,45	Bear left onto	Kalkanlı Caddesi	0,04	NW
06:08	1,49	Arrive at Finish.			

Route Summary

Shortest route

Route length: 1,491 km

Route time: 8 mins 49 secs

records 1 - 27 of 27

Baslat

Şekil Ek 70 Güzergah 3: Optimize edilen güzergah (Pazarkapı-Çarşı güzergah 2)

MapInfo Professional (Directions)					
File Edit Tools Objects Query Table Options Browse Window RouteView Pro Help					
Time	Distance	Instruction	Road Name	Far	Direction
08:00	0,00	Depart on	Sakıroğlu Sokak	0,00	S
08:00	0,00	Turn left onto	Ödretmen Mektep Sokak	0,12	E
08:01	0,12	Arrive at Via 1. Continue straight ahead onto	Ödretmen Mektep Sokak	0,03	NW
08:01	0,16	Turn sharp left onto	Yınan Sokak	0,05	S
08:01	0,21	Turn left onto	Yerice Sokak	0,09	S
08:02	0,29	Bear right onto	Halkıvi Sokak	0,00	SW
08:02	0,29	Arrive at Via 2. Continue straight ahead onto	Halkıvi Sokak	0,04	SW
08:02	0,33	Arrive at Via 3. Continue straight ahead onto	Halkıvi Sokak	0,14	NE
08:03	0,47	Turn sharp left onto	Ödretmen Mektep Sokak	0,01	NW
08:03	0,47	Arrive at Via 4. Continue straight ahead onto	Ödretmen Mektep Sokak	0,01	SE
08:03	0,48	Bear left onto	Başıpazarı Sokak	0,08	SE
08:03	0,56	Arrive at Via 5. Continue straight ahead onto	Başıpazarı Sokak	0,00	N
08:03	0,57	Turn sharp left onto	Dedeoğlu Sokak	0,08	SW
08:04	0,65	Turn left onto	Kunduracılar Caddesi	0,00	SE
08:04	0,65	Arrive at Via 6. Bear left onto	Kunduracılar Caddesi	0,12	E
08:04	0,78	Turn left onto	Tyatro Sokak	0,01	N
08:04	0,78	Arrive at Via 7. Continue straight ahead onto	Tyatro Sokak	0,01	N
08:04	0,79	Turn right onto	1 Nolu Gazipaşa Sokak	0,08	E
08:05	0,87	Turn left onto	Sümer Sokak	0,08	N
08:05	0,94	Arrive at Via 8. Continue straight ahead onto	Sümer Sokak	0,04	N
08:05	0,98	Turn right onto	Topal Halim Sokak	0,10	E
08:06	1,08	Turn sharp left onto	Deniz Sokak	0,00	N
08:06	1,08	Arrive at Via 9. Continue straight ahead onto	Deniz Sokak	0,00	N
08:06	1,08	Bear right onto	Koçakodlu Sokak	0,05	NE
08:06	1,14	Turn right onto	Muhar Mehmet Sokak	0,03	E
08:06	1,17	Arrive at Via 10. Continue straight ahead onto	Muhar Mehmet Sokak	0,05	W
08:07	1,22	Turn right onto	Deniz Sokak	0,03	N
08:07	1,25	Arrive at Via 11. Continue straight ahead onto	Deniz Sokak	0,00	S
08:07	1,26	Turn right onto	2 Nolu Deniz Sokak	0,06	W
08:07	1,32	Bear left onto	2 Nolu Gazipaşa Sokak	0,01	W
08:07	1,33	Arrive at Via 12. Continue straight ahead onto	2 Nolu Gazipaşa Sokak	0,07	W
08:08	1,40	Turn right onto	Tuzlu Çeşme Sokak	0,00	N
08:08	1,40	Arrive at Via 13. Continue straight ahead onto	Tuzlu Çeşme Sokak	0,04	N
08:08	1,44	Turn left onto	Gazipaşa Caddesi	0,08	W
08:08	1,52	Arrive at Via 14. Continue straight ahead onto	Gazipaşa Caddesi	0,08	N
08:09	1,58	Turn right onto	Tuzlu Çeşme Sokak	0,04	S
08:09	1,64	Turn right onto	2 Nolu Gazipaşa Sokak	0,07	W
08:09	1,71	Turn left onto	Gazipaşa Caddesi	0,03	S
08:10	1,74	Turn left onto	İsmail Ercan Aygün Sokak	0,01	E
08:10	1,76	Arrive at Via 15. Continue straight ahead onto	İsmail Ercan Aygün Sokak	0,01	W
08:10	1,75	Turn left onto	Gazipaşa Caddesi	0,23	S
08:11	1,98	Turn left onto	Uzun Sokak (Ak Uzun Sokak)	0,10	E
08:12	2,08	Bear left onto	Meydan Cami Sokak	0,06	E
08:12	2,15	Arrive at Via 16. Continue straight ahead onto	Meydan Cami Sokak	0,08	W
08:12	2,21	Turn sharp right onto	Belediye Caddesi	0,09	N

records 1 - 46 of 52

Baslat

MapInfo Professional

Route Summary

Shortest route

Route length: 2,574 km

Route time: 14 mins 58 secs

Şekil Ek 71 Güzergah 4: Optimize edilen güzergah (Pazarkapı-Çarşı güzergah 3)

Time	Distance	Instruction	Road Name	For	Direction
08:02	0,33	Arrive at Via 3. Continue straight ahead onto	Halkalı Sokak	0,14	NE
08:03	0,47	Turn sharp left onto	Ödretmen Mehmet Sokak	0,01	NW
08:03	0,47	Arrive at Via 4. Continue straight ahead onto	Ödretmen Mehmet Sokak	0,01	SE
08:03	0,48	Bear left onto	Bağpazarı Sokak	0,09	SE
08:03	0,58	Arrive at Via 5. Continue straight ahead onto	Bağpazarı Sokak	0,00	N
08:03	0,57	Turn sharp left onto	Desteddu Sokak	0,09	SW
08:04	0,65	Turn left onto	Kunduracılar Caddesi	0,00	SE
08:04	0,65	Arrive at Via 6. Bear left onto	Kunduracılar Caddesi	0,12	E
08:04	0,78	Turn left onto	Tiyatro Sokak	0,01	N
08:04	0,78	Arrive at Via 7. Continue straight ahead onto	Tiyatro Sokak	0,01	N
08:04	0,79	Turn right onto	1 Nolu Gazipaşa Sokak	0,08	E
08:05	0,87	Turn left onto	Sümer Sokak	0,08	N
08:05	0,84	Arrive at Via 8. Continue straight ahead onto	Sümer Sokak	0,04	N
08:05	0,98	Turn right onto	Topal Halkın Sokak	0,10	E
08:06	1,08	Turn sharp left onto	Deniz Sokak	0,00	N
08:06	1,08	Arrive at Via 9. Continue straight ahead onto	Deniz Sokak	0,00	N
08:06	1,08	Bear right onto	Kırsaklı Sokak	0,05	NE
08:06	1,14	Turn right onto	Muhar Mehmet Sokak	0,03	E
08:06	1,17	Arrive at Via 10. Continue straight ahead onto	Muhar Mehmet Sokak	0,05	W
08:07	1,22	Turn right onto	Deniz Sokak	0,03	N
08:07	1,25	Arrive at Via 11. Continue straight ahead onto	Deniz Sokak	0,00	S
08:07	1,26	Turn right onto	2 Nolu Deniz Sokak	0,08	W
08:07	1,32	Bear left onto	2 Nolu Gazipaşa Sokak	0,01	W
08:07	1,33	Arrive at Via 12. Continue straight ahead onto	2 Nolu Gazipaşa Sokak	0,07	W
08:08	1,40	Turn right onto	Tuzlu Çayme Sokak	0,00	N
08:08	1,40	Arrive at Via 13. Continue straight ahead onto	Tuzlu Çayme Sokak	0,04	N
08:08	1,44	Turn left onto	Gazipaşa Caddesi	0,08	W
08:08	1,52	Arrive at Via 14. Continue straight ahead onto	Gazipaşa Caddesi	0,08	N
08:09	1,59	Turn right onto	Tuzlu Çayme Sokak	0,04	S
08:09	1,64	Turn right onto	2 Nolu Gazipaşa Sokak	0,07	W
08:09	1,71	Turn left onto	Gazipaşa Caddesi	0,03	S
08:10	1,74	Turn left onto	Peşit Ercan Aygün Sokak	0,01	E
08:10	1,75	Arrive at Via 15. Continue straight ahead onto	Peşit Ercan Aygün Sokak	0,01	W
08:10	1,75	Turn left onto	Gazipaşa Caddesi	0,23	S
08:11	1,89	Turn left onto	Uzun Sokak (Ak Uzun Sokak)	0,10	E
08:12	2,09	Bear left onto	Meydan Cami Sokak	0,06	E
08:12	2,15	Arrive at Via 16. Continue straight ahead onto	Meydan Cami Sokak	0,06	W
08:12	2,21	Turn sharp right onto	Bileliye Caddesi	0,09	N
08:13	2,30	Turn right onto	Atatürk Alanı	0,09	E
08:13	2,38	Arrive at Via 17. Continue straight ahead onto	Atatürk Alanı	0,02	E
08:13	2,41	Turn right onto	Ysarele Caddesi	0,06	NE
08:14	2,47	Continue straight ahead onto	Güzelhisar Caddesi	0,00	E
08:14	2,48	Arrive at Via 18. Continue straight ahead onto	Güzelhisar Caddesi	0,12	E
08:14	2,60	Bear left onto	Kulhane Sokak	0,00	NW
08:14	2,60	Arrive at Finish.			

Şekil Ek 72 Güzergah 4: Optimize edilen güzergah (Pazarkapı-Çarşı güzergah 3) (devamı)

MapInfo Professional - [Directions]					
File Edit Tools Objects Query Table Options Browser Window RouteView Pro Help					
Time	Distance	Instruction	Road Name	Far	Direction
08:00	0,00	Depart on	Soğuksu Caddesi	0,19	SW
08:01	0,19	Turn right onto	Beşevler Sokak	0,01	NW
08:01	0,20	Arrive at Via 1. Continue straight ahead onto	Beşevler Sokak	0,16	N
08:02	0,36	Continue straight ahead onto	Özdem Sokak	0,00	NW
08:02	0,36	Arrive at Via 2. Continue straight ahead onto	Özdem Sokak	0,00	SE
08:02	0,37	Turn sharp right onto	Beşevler Sokak	0,23	W
08:03	0,60	Arrive at Via 3. Continue straight ahead onto	Beşevler Sokak	0,17	SW
08:04	0,77	Arrive at Via 4. Continue straight ahead onto	Beşevler Sokak	0,15	W
08:05	0,92	Arrive at Via 5. Bear right onto	Beşevler Sokak	0,05	W
08:05	0,97	Turn left onto	Kadılar Caddesi	0,10	SW
08:06	1,07	Arrive at Via 6. Bear right onto	Kadılar Caddesi	0,07	W
08:06	1,14	Arrive at Via 7. Bear right onto	Kadılar Caddesi	0,20	S
08:07	1,34	Arrive at Via 8. Bear left onto	Kadılar Caddesi	0,15	S
08:08	1,49	Turn left onto	Kısırma Caddesi	0,14	NE
08:09	1,63	Arrive at Via 9. Bear left onto	Kısırma Caddesi	0,08	NE
08:09	1,71	Turn left onto	Beşevler Sokak	0,01	NW
08:10	1,72	Arrive at Via 10. Bear right onto	Beşevler Sokak	0,16	N
08:10	1,88	Bear left onto	5 Nolu Beşevler Sokak	0,01	NW
08:10	1,89	Arrive at Via 11. Continue straight ahead onto	5 Nolu Beşevler Sokak	0,15	NW
08:11	2,03	Arrive at Via 12. Continue straight ahead onto	5 Nolu Beşevler Sokak	0,15	SE
08:12	2,19	Turn left onto	Beşevler Sokak	0,02	NE
08:12	2,21	Turn right onto	Yakup Rıdvanlı Sokak	0,20	SE
08:13	2,41	Bear left onto	Çarşı Sokak	0,00	E
08:13	2,41	Arrive at Via 13. Turn onto	Çarşı Sokak	0,07	E
08:14	2,49	Turn right onto	Kızı Sokak	0,12	SE
08:14	2,60	Arrive at Via 14. Bear left onto	Kızı Sokak	0,00	E
08:14	2,81	Turn sharp right onto	Çarşı Sokak	0,21	SW
08:16	2,82	Arrive at Via 15. Continue straight ahead onto	Çarşı Sokak	0,13	N
08:16	2,95	Arrive at Via 16. Continue straight ahead onto	Çarşı Sokak	0,23	NE
08:18	3,18	Bear right onto	Çarşı Sokak	0,03	NE
08:18	3,21	Bear left onto	Derya Sokak	0,11	NW
08:18	3,32	Turn right onto	Kısırma Caddesi	0,11	E
08:19	3,42	Arrive at Via 17. Continue straight ahead onto	Kısırma Caddesi	0,11	W
08:20	3,54	Turn right onto	Derya Sokak	0,00	NW
08:20	3,54	Arrive at Via 18. Continue straight ahead onto	Derya Sokak	0,00	SE
08:20	3,55	Turn left onto	Kısırma Caddesi	0,01	E
08:20	3,55	Turn right onto	Derya Sokak	0,10	SE
08:20	3,68	Arrive at Via 19. Continue straight ahead onto	Derya Sokak	0,01	SE
08:20	3,67	Bear left onto	Çarşı Sokak	0,14	E
08:21	3,80	Arrive at Via 20. Continue straight ahead onto	Çarşı Sokak	0,19	NE
08:22	3,99	Turn left onto	Kızı Sokak (Soğuksu Caddesi)	0,01	N
08:22	4,00	Arrive at Via 21. Turn back onto	Kızı Sokak (Soğuksu Caddesi)	0,01	N
08:22	4,01	Continue straight ahead onto	Cayhan Sokak	0,13	S
08:23	4,15	Arrive at Via 22. Continue straight ahead onto	Cayhan Sokak	0,18	S
08:24	4,32	Arrive at Via 23. Continue straight ahead onto	Cayhan Sokak	0,01	SE

Route Summary
Shortest route
Route length: 8,149 km
Route time: 38 mins 42 s

records 1 - 46 of 65

Şekil Ek 73 Güzergah 5: Optimize edilen güzergah (Erdoğan 2-3)

Time	Distance	Instruction	Road Name	For	Direction
08:12	2,19	Turn left onto	Beldi Sokak	0,02	NE
08:12	2,21	Turn right onto	Yalıup Rıtsodlu Sokak	0,20	SE
08:13	2,41	Bear left onto	Çarıyk Cıvay Sokak	0,00	E
08:13	2,41	Arrive at Via 13. Turn onto	Çarıyk Cıvay Sokak	0,07	E
08:14	2,48	Turn right onto	Koza Sokak	0,12	SE
08:14	2,60	Arrive at Via 14. Bear left onto	Koza Sokak	0,00	E
08:14	2,61	Turn sharp right onto	Çıpkı Sokak	0,21	SW
08:16	2,82	Arrive at Via 15. Continue straight ahead onto	Çıpkı Sokak	0,13	N
08:16	2,85	Arrive at Via 16. Continue straight ahead onto	Çıpkı Sokak	0,23	NE
08:18	3,18	Bear right onto	Çarıyk Cıvay Sokak	0,03	NE
08:18	3,21	Bear left onto	Derya Sokak	0,11	NW
08:18	3,32	Turn right onto	Kısma Caddesi	0,11	E
08:19	3,42	Arrive at Via 17. Continue straight ahead onto	Kısma Caddesi	0,11	W
08:20	3,54	Turn right onto	Derya Sokak	0,00	NW
08:20	3,54	Arrive at Via 18. Continue straight ahead onto	Derya Sokak	0,00	SE
08:20	3,55	Turn left onto	Kısma Caddesi	0,01	E
08:20	3,55	Turn right onto	Derya Sokak	0,10	SE
08:20	3,66	Arrive at Via 19. Continue straight ahead onto	Derya Sokak	0,01	SE
08:20	3,67	Bear left onto	Çarıyk Cıvay Sokak	0,14	E
08:21	3,80	Arrive at Via 20. Continue straight ahead onto	Çarıyk Cıvay Sokak	0,19	NE
08:22	3,89	Turn left onto	Karıyk Caddesi (Söğüksu Caddesi)	0,01	N
08:22	4,00	Arrive at Via 21. Turn back onto	Karıyk Caddesi (Söğüksu Caddesi)	0,01	N
08:22	4,01	Continue straight ahead onto	Cayhan Sokak	0,13	S
08:23	4,15	Arrive at Via 22. Continue straight ahead onto	Cayhan Sokak	0,18	S
08:24	4,32	Arrive at Via 23. Continue straight ahead onto	Cayhan Sokak	0,01	SE
08:24	4,34	Bear right onto	Palmiye Sokak	0,17	S
08:25	4,50	Arrive at Via 24. Bear left onto	Palmiye Sokak	0,22	SE
08:26	4,72	Bear left onto	Köseoğlu Caddesi	0,00	NE
08:26	4,72	Arrive at Via 25. Continue straight ahead onto	Köseoğlu Caddesi	0,13	NE
08:27	4,85	Arrive at Via 26. Continue straight ahead onto	Köseoğlu Caddesi	0,08	N
08:27	4,83	Arrive at Via 27. Turn onto	Köseoğlu Caddesi	0,08	S
08:28	5,02	Turn sharp right onto	Maniye Caddesi	0,08	NW
08:28	5,10	Arrive at Via 28. Continue straight ahead onto	Maniye Caddesi	0,01	NW
08:28	5,11	Bear right onto	Karayemli Sokak	0,08	N
08:29	5,19	Turn left onto	Çınar Sokak	0,01	W
08:29	5,20	Arrive at Via 29. Bear left onto	Çınar Sokak	0,13	SW
08:30	5,33	Turn sharp right onto	Palmiye Sokak	0,08	N
08:30	5,41	Bear right onto	Kaharbur Sokak	0,15	NE
08:31	5,56	Arrive at Via 30. Bear left onto	Kaharbur Sokak	0,14	N
08:32	5,70	Bear left onto	Köseoğlu Caddesi	0,00	NW
08:32	5,70	Arrive at Via 31. Continue straight ahead onto	Köseoğlu Caddesi	0,17	N
08:33	5,87	Arrive at Via 32. Bear right onto	Köseoğlu Caddesi	0,16	N
08:33	6,03	Arrive at Via 33. Continue straight ahead onto	Köseoğlu Caddesi	0,16	N
08:34	6,19	Turn sharp left onto	Karıyk Caddesi	0,01	W
08:34	6,20	Arrive at Finish.			

Şekil Ek 74 Güzergah 5: Optimize edilen güzergah (Erdoğan 2-3) (devamı)

Time	Distance	Instruction	Read Name	For	Direction
06:00	0,00	Depart on	Tekke Cami Sokak	0,02	E
06:00	0,02	Turn right onto	Taksim Caddesi	0,22	S
06:01	0,24	Arrive at Via 1. Continue straight ahead onto	Taksim Caddesi	0,11	NE
06:02	0,35	Turn left onto	Fenerli Sokak	0,00	W
06:02	0,35	Arrive at Via 2. Turn onto	Fenerli Sokak	0,08	W
06:02	0,43	Turn left onto	Nemlođu Sokak	0,04	W
06:03	0,47	Arrive at Via 3. Continue straight ahead onto	Nemlođu Sokak	0,06	E
06:03	0,52	Bear left onto	Gözel Sokak	0,01	N
06:03	0,53	Arrive at Via 4. Continue straight ahead onto	Gözel Sokak	0,07	N
06:03	0,60	Turn sharp left onto	Tekke Cami Sokak	0,00	W
06:03	0,60	Arrive at Via 5. Continue straight ahead onto	Tekke Cami Sokak	0,08	W
06:04	0,68	Turn right onto	1 Nolu Zeytinlik Sokak	0,00	N
06:04	0,68	Arrive at Via 6. Bear left onto	1 Nolu Zeytinlik Sokak	0,13	NW
06:05	0,82	Arrive at Via 7. Continue straight ahead onto	1 Nolu Zeytinlik Sokak	0,07	W
06:05	0,88	Arrive at Via 8. Continue straight ahead onto	1 Nolu Zeytinlik Sokak	0,03	SW
06:05	0,91	Bear left onto	Zeytinlik Caddesi	0,03	S
06:05	0,94	Turn right onto	Yç Sokak	0,06	W
06:05	1,00	Turn right onto	Dafne Sokak	0,01	N
06:06	1,00	Arrive at Via 9. Continue straight ahead onto	Dafne Sokak	0,01	S
06:06	1,01	Turn right onto	Yç Sokak	0,08	W
06:06	1,09	Turn sharp right onto	Akıf Karşı Sokak	0,00	N
06:06	1,09	Arrive at Via 10. Turn back onto	Akıf Karşı Sokak	0,08	N
06:06	1,16	Continue straight ahead onto	Boztepe Caddesi	0,00	SE
06:07	1,16	Arrive at Via 11. Continue straight ahead onto	Boztepe Caddesi	0,05	SE
06:07	1,23	Turn left onto	Hajmet Sokak	0,08	NE
06:07	1,30	Arrive at Via 12. Bear left onto	Hajmet Sokak	0,06	NE
06:08	1,35	Arrive at Via 13. Bear right onto	Hajmet Sokak	0,00	N
06:08	1,37	Bear right onto	Tekke Cami Sokak	0,12	NE
06:08	1,48	Arrive at Via 14. Continue straight ahead onto	Tekke Cami Sokak	0,00	NE
06:08	1,48	Turn sharp right onto	Araık Sokak	0,06	S
06:09	1,55	Bear left onto	Gazipapa Çayır Sokak	0,03	E
06:09	1,58	Arrive at Via 15. Continue straight ahead onto	Gazipapa Çayır Sokak	0,08	NE
06:09	1,65	Turn right onto	Aydınlık Sokak	0,05	S
06:09	1,70	Arrive at Via 16. Continue straight ahead onto	Aydınlık Sokak	0,03	S
06:10	1,74	Turn right onto	1 Nolu Aydınlık Sokak	0,05	W
06:10	1,78	Arrive at Via 17. Continue straight ahead onto	1 Nolu Aydınlık Sokak	0,00	W
06:10	1,78	Turn right onto	Tevanly Çıkar Sokak	0,11	S
06:10	1,89	Arrive at Via 18. Continue straight ahead onto	Tevanly Çıkar Sokak	0,01	S
06:10	1,90	Turn left onto	Tevanly Cami Sokak	0,05	E
06:11	1,95	Turn left onto	Aydınlık Sokak	0,03	N
06:11	1,98	Arrive at Via 19. Continue straight ahead onto	Aydınlık Sokak	0,08	S
06:11	2,08	Turn right onto	Tevanly Cami Sokak	0,04	W
06:12	2,10	Arrive at Via 20. Continue straight ahead onto	Tevanly Cami Sokak	0,08	W
06:12	2,16	Bear left onto	Nemlođu Karak Sokak	0,05	W
06:12	2,20	Arrive at Via 21. Continue straight ahead onto	Nemlođu Karak Sokak	0,05	SW

Şekil Ek 75 Güzergah 6: Optimize edilen güzergah (Boztepe-Yenicuma güzergah 1)

Time	Distance	Instruction	Road Name	For	Direction
06:02	0,35	Arrive at Via 2. Turn onto	Fenari Sokak	0,08	W
06:02	0,43	Turn left onto	Nemioğlu Sokak	0,04	W
06:03	0,47	Arrive at Via 3. Continue straight ahead onto	Nemioğlu Sokak	0,06	E
06:03	0,52	Bear left onto	Öznel Sokak	0,01	N
06:03	0,53	Arrive at Via 4. Continue straight ahead onto	Öznel Sokak	0,07	N
06:03	0,60	Turn sharp left onto	Tekke Cami Sokak	0,00	W
06:03	0,60	Arrive at Via 5. Continue straight ahead onto	Tekke Cami Sokak	0,08	W
06:04	0,68	Turn right onto	1 Nolu Zeytinlik Sokak	0,00	N
06:04	0,68	Arrive at Via 6. Bear left onto	1 Nolu Zeytinlik Sokak	0,13	NW
06:05	0,82	Arrive at Via 7. Continue straight ahead onto	1 Nolu Zeytinlik Sokak	0,07	W
06:05	0,88	Arrive at Via 8. Continue straight ahead onto	1 Nolu Zeytinlik Sokak	0,03	SW
06:05	0,91	Bear left onto	Zeytinlik Caddesi	0,03	S
06:05	0,94	Turn right onto	Yğ Sokak	0,06	W
06:05	1,00	Turn right onto	Deñne Sokak	0,01	N
06:06	1,00	Arrive at Via 9. Continue straight ahead onto	Deñne Sokak	0,01	S
06:06	1,01	Turn right onto	Yğ Sokak	0,08	W
06:06	1,09	Turn sharp right onto	Akay Kaçay Sokak	0,00	N
06:06	1,09	Arrive at Via 10. Turn back onto	Akay Kaçay Sokak	0,08	N
06:06	1,18	Continue straight ahead onto	Boztepe Caddesi	0,00	SE
06:07	1,18	Arrive at Via 11. Continue straight ahead onto	Boztepe Caddesi	0,05	SE
06:07	1,23	Turn left onto	Hajmet Sokak	0,08	NE
06:07	1,30	Arrive at Via 12. Bear left onto	Hajmet Sokak	0,06	NE
06:08	1,36	Arrive at Via 13. Bear right onto	Hajmet Sokak	0,00	N
06:08	1,37	Bear right onto	Tekke Cami Sokak	0,12	NE
06:08	1,48	Arrive at Via 14. Continue straight ahead onto	Tekke Cami Sokak	0,00	NE
06:08	1,48	Turn sharp right onto	Aralık Sokak	0,08	S
06:09	1,55	Bear left onto	Gazipaşa Çayır Sokak	0,03	E
06:09	1,58	Arrive at Via 15. Continue straight ahead onto	Gazipaşa Çayır Sokak	0,08	NE
06:09	1,65	Turn right onto	Aydınlık Sokak	0,06	S
06:09	1,70	Arrive at Via 16. Continue straight ahead onto	Aydınlık Sokak	0,03	S
06:10	1,74	Turn right onto	1 Nolu Aydınlık Sokak	0,05	W
06:10	1,78	Arrive at Via 17. Continue straight ahead onto	1 Nolu Aydınlık Sokak	0,00	W
06:10	1,78	Turn right onto	Tevanlık Çayır Sokak	0,11	S
06:10	1,88	Arrive at Via 18. Continue straight ahead onto	Tevanlık Çayır Sokak	0,01	S
06:10	1,90	Turn left onto	Tevanlık Cami Sokak	0,05	E
06:11	1,95	Turn left onto	Aydınlık Sokak	0,03	N
06:11	1,98	Arrive at Via 19. Continue straight ahead onto	Aydınlık Sokak	0,08	S
06:11	2,08	Turn right onto	Tevanlık Cami Sokak	0,04	W
06:12	2,10	Arrive at Via 20. Continue straight ahead onto	Tevanlık Cami Sokak	0,06	W
06:12	2,15	Bear left onto	Nemioğlu Konak Sokak	0,05	W
06:12	2,20	Arrive at Via 21. Continue straight ahead onto	Nemioğlu Konak Sokak	0,05	SW
06:12	2,25	Arrive at Via 22. Continue straight ahead onto	Nemioğlu Konak Sokak	0,00	W
06:12	2,25	Bear right onto	Boztepe Caddesi	0,08	NW
06:13	2,33	Arrive at Via 23. Continue straight ahead onto	Boztepe Caddesi	0,22	SE
06:14	2,58	Arrive at Finish.			

Şekil Ek 76 Güzergah 6: Optimize edilen güzergah (Boztepe-Yenicuma güzergah 1) (devamı)

MapInfo Professional - [Directions]					
File Edit Tools Objects Query Table Options Browse Window RouteView Pro Help					
Time	Distance	Instruction	Road Name	For	Direction
08:00	0,00	Depart on	Nemfođu Mehmet Salih Sokak	0,07	NW
08:00	0,07	Arrive at Via 1. Continue straight ahead onto	Nemfođu Mehmet Salih Sokak	0,08	W
08:01	0,15	Arrive at Via 2. Bear right onto	Nemfođu Mehmet Salih Sokak	0,00	N
08:01	0,15	Turn left onto	Mustafa Sokak	0,09	W
08:01	0,24	Turn left onto	Yeni Sokak	0,00	S
08:01	0,26	Arrive at Via 3. Continue straight ahead onto	Yeni Sokak	0,09	S
08:02	0,34	Turn sharp left onto	Yaprak Sokak	0,00	N
08:02	0,34	Arrive at Via 4. Turn back onto	Yaprak Sokak	0,00	N
08:02	0,34	Bear left onto	Yeni Sokak	0,11	SE
08:02	0,45	Turn left onto	Yeni Cuma Caddesi	0,02	E
08:03	0,47	Arrive at Via 5. Continue straight ahead onto	Yeni Cuma Caddesi	0,01	E
08:03	0,47	Turn right onto	Poyraz Sokak	0,05	SE
08:03	0,52	Arrive at Via 6. Continue straight ahead onto	Poyraz Sokak	0,00	SE
08:03	0,53	Turn sharp right onto	Pazar Sokak	0,11	SW
08:04	0,63	Turn left onto	Yöceci Sokak	0,00	SE
08:04	0,63	Arrive at Via 7. Continue straight ahead onto	Yöceci Sokak	0,07	NW
08:04	0,70	Turn left onto	Yeni Cuma Caddesi	0,03	SW
08:04	0,73	Turn right onto	Danışık Sokak	0,01	NW
08:04	0,74	Arrive at Via 8. Continue straight ahead onto	Danışık Sokak	0,07	NW
08:05	0,81	Arrive at Via 9. Continue straight ahead onto	Danışık Sokak	0,08	N
08:05	0,89	Turn right onto	Yeni Cuma Sokak	0,02	NE
08:05	0,91	Arrive at Via 10. Continue straight ahead onto	Yeni Cuma Sokak	0,11	SW
08:06	1,02	Arrive at Via 11. Continue straight ahead onto	Yeni Cuma Sokak	0,01	S
08:06	1,09	Turn sharp right onto	Çavuşoğlu Sokak	0,10	NW
08:06	1,13	Arrive at Via 12. Continue straight ahead onto	Çavuşoğlu Sokak	0,00	NW
08:06	1,13	Turn left onto	Cami Sokak	0,15	S
08:07	1,28	Turn sharp left onto	Yeni Cuma Caddesi	0,01	NE
08:07	1,28	Turn sharp right onto	Konak Sokak	0,11	S
08:08	1,39	Turn left onto	Yiğen Sokak	0,01	E
08:08	1,40	Arrive at Via 13. Continue straight ahead onto	Yiğen Sokak	0,11	E
08:08	1,51	Continue straight ahead onto	Kemerözü Sokak	0,07	E
08:08	1,58	Bear left onto	1 Nolu Pazar Sokak	0,00	E
08:09	1,58	Arrive at Via 14. Continue straight ahead onto	1 Nolu Pazar Sokak	0,00	W
08:09	1,59	Turn sharp left onto	Kemerözü Sokak	0,07	NW
08:09	1,65	Turn left onto	Sarıyıl Mh. Sokak	0,00	SW
08:09	1,66	Arrive at Via 15. Continue straight ahead onto	Sarıyıl Mh. Sokak	0,00	SW
08:09	1,68	Bear right onto	Yiğen Sokak	0,08	W
08:09	1,72	Turn right onto	Hızmet Sokak	0,03	N
08:09	1,74	Bear left onto	Sakır Sokak	0,10	NW
08:10	1,85	Arrive at Via 16. Continue straight ahead onto	Sakır Sokak	0,00	N
08:10	1,85	Turn left onto	Yeni Cuma Caddesi	0,06	W
08:10	1,91	Continue straight ahead onto	Cephanelik Caddesi	0,04	SW
08:11	1,95	Arrive at Via 17. Continue straight ahead onto	Cephanelik Caddesi	0,09	S
08:11	2,03	Arrive at Finish.			

Route Summary
Shortest route
Route length: 2,015 km
Route time: 11 mins 8 secs

Şekil Ek 77 Güzergah 7: Optimize edilen güzergah (Boztepe-Yenicuma güzergah 2)

Time	Distance	Instruction	Road Name	For	Direction
08:00	0,00	Depart on	Peht Pilot Mekte Sokak	0,01	S
08:00	0,01	Turn right onto	Kahramanmaraş Caddesi	0,13	W
08:01	0,14	Turn right onto	Subaşı Sokak	0,05	N
08:01	0,19	Arrive at Via 1. Continue straight ahead onto	Subaşı Sokak	0,05	S
08:01	0,23	Turn right onto	Kahramanmaraş Caddesi	0,17	W
08:02	0,40	Turn right onto	Dr. Süreyya Sokak	0,00	N
08:02	0,41	Arrive at Via 2. Continue straight ahead onto	Dr. Süreyya Sokak	0,05	N
08:03	0,46	Turn left onto	Hacı Vahit Elmalı Sokak	0,06	W
08:03	0,52	Bear left onto	Canlı Sokak	0,01	SW
08:03	0,53	Arrive at Via 3. Continue straight ahead onto	Canlı Sokak	0,07	SW
08:03	0,60	Arrive at Via 4. Bear left onto	Canlı Sokak	0,06	S
08:04	0,66	Arrive at Via 5. Continue straight ahead onto	Canlı Sokak	0,06	NE
08:04	0,72	Turn sharp left onto	Yusufoğlu Sokak	0,11	W
08:05	0,83	Arrive at Via 6. Continue straight ahead onto	Yusufoğlu Sokak	0,12	W
08:05	0,85	Turn left onto	Dokumacılar Sokak	0,06	SE
08:06	1,01	Arrive at Via 7. Continue straight ahead onto	Dokumacılar Sokak	0,01	SE
08:06	1,01	Turn right onto	Kahramanmaraş Caddesi	0,12	SW
08:06	1,13	Turn right onto	Ahmet Sokak	0,01	NW
08:06	1,14	Arrive at Via 8. Continue straight ahead onto	Ahmet Sokak	0,01	SE
08:06	1,14	Turn right onto	Kahramanmaraş Caddesi	0,01	SW
08:06	1,15	Turn sharp left onto	Fahri Duman (Orman) Caddesi	0,14	E
08:07	1,30	Arrive at Via 9. Continue straight ahead onto	Fahri Duman (Orman) Caddesi	0,15	E
08:08	1,44	Arrive at Via 10. Continue straight ahead onto	Fahri Duman (Orman) Caddesi	0,03	E
08:08	1,47	Turn left onto	Anıl Sokak	0,08	N
08:08	1,55	Arrive at Via 11. Continue straight ahead onto	Anıl Sokak	0,08	S
08:08	1,64	Turn left onto	Fahri Duman (Orman) Caddesi	0,07	E
08:09	1,70	Arrive at Via 12. Continue straight ahead onto	Fahri Duman (Orman) Caddesi	0,09	E
08:10	1,80	Bear left onto	Yıldırım Caddesi	0,02	E
08:10	1,82	Turn right onto	Kayalık Tübe Sokak	0,00	S
08:10	1,82	Arrive at Via 13. Continue straight ahead onto	Kayalık Tübe Sokak	0,00	N
08:10	1,82	Turn right onto	Yıldırım Caddesi	0,07	E
08:10	1,89	Turn left onto	Yüzbaşı Emrullah Sokak	0,13	NW
08:11	2,02	Arrive at Via 14. Continue straight ahead onto	Yüzbaşı Emrullah Sokak	0,13	S
08:12	2,15	Turn left onto	Yıldırım Caddesi	0,01	E
08:12	2,16	Arrive at Via 15. Continue straight ahead onto	Yıldırım Caddesi	0,10	E
08:12	2,25	Arrive at Via 16. Continue straight ahead onto	Yıldırım Caddesi	0,06	E
08:13	2,31	Arrive at Via 17. Continue straight ahead onto	Yıldırım Caddesi	0,00	E
08:13	2,31	Turn left onto	Ahmet Cankaya Sokak	0,07	N
08:13	2,38	Arrive at Via 18. Continue straight ahead onto	Ahmet Cankaya Sokak	0,07	N
08:14	2,46	Arrive at Via 19. Continue straight ahead onto	Ahmet Cankaya Sokak	0,01	S
08:14	2,47	Turn left onto	Peht Rahman Seber Sokak	0,07	E
08:14	2,54	Arrive at Via 20. Continue straight ahead onto	Peht Rahman Seber Sokak	0,07	SE
08:14	2,62	Continue straight ahead onto	Narlıbaşı Sokak	0,06	SE
08:15	2,70	Arrive at Via 21. Continue straight ahead onto	Narlıbaşı Sokak	0,07	N
08:15	2,77	Turn right onto	Municipal Çarşısı	0,14	E

Şekil Ek 78 Güzergah 8: Optimize edilen güzergah (Yenimah-Gülbahar güzergah 1)

MapInfo Professional - [Directions]					
File Edit Tools Objects Query Table Options Browser Window RouteView Pro Help					
Time	Distance	Instruction	Road Name	For	Direction
06:01	0,23	Turn right onto	Kahramanmaraş Caddesi	0,17	W
06:02	0,40	Turn right onto	Dr. Süreyya Sokak	0,00	N
06:02	0,41	Arrive at Via 2. Continue straight ahead onto	Dr. Süreyya Sokak	0,05	N
06:03	0,45	Turn left onto	Hacı Vahid Etenel Sokak	0,06	W
06:03	0,52	Bear left onto	Canı Sokak	0,01	SW
06:03	0,53	Arrive at Via 3. Continue straight ahead onto	Canı Sokak	0,07	SW
06:03	0,60	Arrive at Via 4. Bear left onto	Canı Sokak	0,06	S
06:04	0,66	Arrive at Via 5. Continue straight ahead onto	Canı Sokak	0,06	NE
06:04	0,72	Turn sharp left onto	Yusufoğlu Sokak	0,11	W
06:05	0,83	Arrive at Via 6. Continue straight ahead onto	Yusufoğlu Sokak	0,12	W
06:05	0,95	Turn left onto	Dokumacılar Sokak	0,08	SE
06:06	1,01	Arrive at Via 7. Continue straight ahead onto	Dokumacılar Sokak	0,01	SE
06:06	1,01	Turn right onto	Kahramanmaraş Caddesi	0,12	SW
06:06	1,13	Turn right onto	Ahmet Sokak	0,01	NW
06:06	1,14	Arrive at Via 8. Continue straight ahead onto	Ahmet Sokak	0,01	SE
06:06	1,14	Turn right onto	Kahramanmaraş Caddesi	0,01	SW
06:08	1,15	Turn sharp left onto	Fahri Duman (Duman) Caddesi	0,14	E
06:07	1,30	Arrive at Via 9. Continue straight ahead onto	Fahri Duman (Duman) Caddesi	0,15	E
06:08	1,44	Arrive at Via 10. Continue straight ahead onto	Fahri Duman (Duman) Caddesi	0,03	E
06:08	1,47	Turn left onto	Anıl Sokak	0,06	N
06:09	1,55	Arrive at Via 11. Continue straight ahead onto	Anıl Sokak	0,06	S
06:09	1,54	Turn left onto	Fahri Duman (Duman) Caddesi	0,07	E
06:09	1,70	Arrive at Via 12. Continue straight ahead onto	Fahri Duman (Duman) Caddesi	0,08	E
06:10	1,80	Bear left onto	Yıldırım Caddesi	0,02	E
06:10	1,82	Turn right onto	Kayışık Türbe Sokak	0,00	S
06:10	1,82	Arrive at Via 13. Continue straight ahead onto	Kayışık Türbe Sokak	0,00	N
06:10	1,82	Turn right onto	Yıldırım Caddesi	0,07	E
06:10	1,89	Turn left onto	Yüzbaşı Emrah Sokak	0,13	NW
06:11	2,02	Arrive at Via 14. Continue straight ahead onto	Yüzbaşı Emrah Sokak	0,13	S
06:12	2,15	Turn left onto	Yıldırım Caddesi	0,01	E
06:12	2,16	Arrive at Via 15. Continue straight ahead onto	Yıldırım Caddesi	0,10	E
06:12	2,25	Arrive at Via 16. Continue straight ahead onto	Yıldırım Caddesi	0,06	E
06:13	2,31	Arrive at Via 17. Continue straight ahead onto	Yıldırım Caddesi	0,00	E
06:13	2,31	Turn left onto	Ahmet Canbalı Sokak	0,07	N
06:13	2,38	Arrive at Via 18. Continue straight ahead onto	Ahmet Canbalı Sokak	0,07	N
06:14	2,46	Arrive at Via 19. Continue straight ahead onto	Ahmet Canbalı Sokak	0,01	S
06:14	2,47	Turn left onto	Behit Rahmen Seber Sokak	0,07	E
06:14	2,54	Arrive at Via 20. Continue straight ahead onto	Behit Rahmen Seber Sokak	0,07	SE
06:14	2,62	Continue straight ahead onto	Narlıbaşı Sokak	0,06	SE
06:15	2,70	Arrive at Via 21. Continue straight ahead onto	Narlıbaşı Sokak	0,07	N
06:15	2,77	Turn right onto	Muncular Çıkmazı	0,14	E
06:16	2,90	Turn right onto	Muncular Sokak	0,07	S
06:18	2,97	Arrive at Via 22. Continue straight ahead onto	Muncular Sokak	0,07	N
06:17	3,05	Arrive at Via 23. Continue straight ahead onto	Muncular Sokak	0,07	N
06:17	3,12	Arrive at Finish.			

Şekil Ek 79 Güzergah 8: Optimize edilen güzergah (Yenimah-Gülbahar güzergah 1) (devamı)

Time	Distance	Instruction	Road Name	For	Direction
08:00	0,00	Depart on	1. Sokak	0,00	W
08:00	0,00	Turn left onto	Hasan Saka Caddesi	0,04	SE
08:00	0,05	Arrive at Via 1. Continue straight ahead onto	Hasan Saka Caddesi	0,07	SE
08:01	0,12	Turn left onto	8. Sokak	0,01	E
08:01	0,13	Arrive at Via 2. Continue straight ahead onto	9. Sokak	0,01	W
08:01	0,13	Turn left onto	Hasan Saka Caddesi	0,04	SE
08:01	0,17	Turn left onto	Kahramanmaraş Caddesi	0,03	E
08:01	0,20	Arrive at Via 3. Continue straight ahead onto	Kahramanmaraş Caddesi	0,08	E
08:02	0,29	Turn right onto	2 Nolu Pulathane Sokak	0,01	S
08:02	0,30	Arrive at Via 4. Continue straight ahead onto	2 Nolu Pulathane Sokak	0,10	S
08:02	0,40	Arrive at Via 5. Continue straight ahead onto	2 Nolu Pulathane Sokak	0,01	S
08:02	0,41	Turn right onto	Dr. Ybrahim Aliman Caddesi	0,11	W
08:03	0,53	Turn left onto	Hasan Saka Caddesi	0,00	S
08:03	0,53	Arrive at Via 6. Continue straight ahead onto	Hasan Saka Caddesi	0,12	S
08:04	0,64	Arrive at Via 7. Bear left onto	Hasan Saka Caddesi	0,00	SE
08:04	0,65	Bear left onto	Tekzonspor Bulvarı	0,11	E
08:04	0,75	Turn left onto	Çiğir Sokak	0,01	N
08:04	0,78	Arrive at Via 8. Continue straight ahead onto	Çiğir Sokak	0,13	N
08:05	0,89	Bear right onto	Dr. Ybrahim Aliman Caddesi	0,01	NE
08:05	0,89	Bear left onto	1 Nolu Pulathane Sokak	0,12	N
08:06	1,01	Turn right onto	Kahramanmaraş Caddesi	0,07	E
08:06	1,08	Arrive at Via 9. Continue straight ahead onto	Kahramanmaraş Caddesi	0,05	NE
08:06	1,13	Turn left onto	Ahmet Sokak	0,01	NW
08:06	1,13	Arrive at Via 10. Continue straight ahead onto	Ahmet Sokak	0,09	NW
08:07	1,23	Arrive at Via 11. Continue straight ahead onto	Ahmet Sokak	0,01	N
08:07	1,24	Turn left onto	Sanaryolu Sokak	0,08	W
08:07	1,32	Turn left onto	Sahit Tedmen Davulcuoğlu Sokak	0,05	SE
08:08	1,37	Turn left onto	Kumlu Sokak	0,00	NE
08:08	1,38	Arrive at Via 12. Continue straight ahead onto	Kumlu Sokak	0,00	SW
08:08	1,38	Turn right onto	Sahit Tedmen Davulcuoğlu Sokak	0,08	NW
08:08	1,46	Arrive at Via 13. Bear right onto	Sahit Tedmen Davulcuoğlu Sokak	0,03	N
08:08	1,49	Turn right onto	Uzun Yüraklıoğlu Sokak	0,10	NE
08:09	1,56	Turn right onto	Ahmet Sokak	0,00	S
08:09	1,59	Turn left onto	Uzun Yüraklıoğlu Sokak	0,09	NE
08:09	1,68	Turn right onto	Tuna Sokak	0,03	S
08:09	1,71	Arrive at Via 14. Continue straight ahead onto	Tuna Sokak	0,03	N
08:10	1,73	Turn left onto	Uzun Yüraklıoğlu Sokak	0,09	SW
08:10	1,82	Turn right onto	Ahmet Sokak	0,00	NW
08:10	1,82	Arrive at Finish.			

Route Summary

*** Shortest route ***

Route length: 1,801 km

Route time: 10 mins 44 secs

records 1 - 39 of 39

Şekil Ek 80 Güzergah 9: Optimize edilen güzergah (Yenimah-Gülbahar güzergah 2)

MapInfo Professional: [Directions]					
File Edit Tools Objects Query Table Options Browser Window RouteView Pro Help					
Time	Distance	Instruction	Road Name	For	Direction
☐ 08:00	0,00	Depart on	Dereboyu Caddesi	0,21	NE
☐ 08:01	0,21	Arrive at Via 1. Continue straight ahead onto	Dereboyu Caddesi	0,28	NE
☐ 08:03	0,50	Arrive at Via 2. Bear right onto	Dereboyu Caddesi	0,21	NE
☐ 08:04	0,71	Arrive at Via 3. Bear left onto	Dereboyu Caddesi	0,44	N
☐ 08:06	1,15	Turn onto	Çile Sokak	0,13	S
☐ 08:07	1,29	Arrive at Via 4. Continue straight ahead onto	Çile Sokak	0,13	N
☐ 08:08	1,42	Continue straight ahead onto	Dereboyu Caddesi	0,02	N
☐ 08:08	1,44	Arrive at Via 5. Continue straight ahead onto	Dereboyu Caddesi	0,12	N
☐ 08:09	1,56	Bear right onto	2 Nolu Sokak	0,04	NE
☐ 08:09	1,60	Bear right onto	3 Nolu Sokak	0,08	E
☐ 08:09	1,69	Bear left onto	4 Nolu Sokak	0,01	NE
☐ 08:09	1,70	Arrive at Via 6. Continue straight ahead onto	4 Nolu Sokak	0,01	SW
☐ 08:10	1,71	Turn left onto	3 Nolu Sokak	0,08	E
☐ 08:10	1,79	Bear left onto	8 Nolu Sokak	0,01	NE
☐ 08:10	1,80	Turn right onto	3 Nolu Sokak	0,08	E
☐ 08:10	1,88	Bear left onto	Akif Saruhan Caddesi	0,03	NE
☐ 08:11	1,89	Arrive at Via 7. Continue straight ahead onto	Akif Saruhan Caddesi	0,01	SW
☐ 08:11	1,90	Turn sharp left onto	Farabi Caddesi	0,17	E
☐ 08:11	2,06	Arrive at Via 8. Continue straight ahead onto	Farabi Caddesi	0,10	NW
☐ 08:12	2,16	Turn sharp right onto	7 Nolu Sokak	0,01	NE
☐ 08:12	2,17	Arrive at Via 9. Continue straight ahead onto	7 Nolu Sokak	0,16	NE
☐ 08:13	2,33	Turn left onto	Akif Saruhan Caddesi	0,08	SW
☐ 08:13	2,34	Arrive at Via 10. Continue straight ahead onto	Akif Saruhan Caddesi	0,10	NE
☐ 08:14	2,43	Bear right onto	Mil Egemelik Caddesi	0,05	E
☐ 08:14	2,48	Arrive at Via 11. Continue straight ahead onto	Mil Egemelik Caddesi	0,01	E
☐ 08:14	2,49	Turn right onto	10 Nolu Sokak	0,05	S
☐ 08:14	2,54	Turn left onto	5 Nolu Sokak	0,07	E
☐ 08:15	2,61	Turn left onto	12 Nolu Sokak	0,00	N
☐ 08:15	2,61	Arrive at Via 12. Turn back onto	12 Nolu Sokak	0,11	N
☐ 08:15	2,72	Turn left onto	10 Nolu Sokak	0,01	E
☐ 08:15	2,73	Arrive at Via 13. Continue straight ahead onto	10 Nolu Sokak	0,01	W
☐ 08:15	2,75	Turn left onto	12 Nolu Sokak	0,07	S
☐ 08:16	2,81	Bear left onto	Farabi Caddesi	0,03	SE
☐ 08:16	2,84	Arrive at Via 14. Continue straight ahead onto	Farabi Caddesi	0,11	SE
☐ 08:16	2,95	Arrive at Via 15. Continue straight ahead onto	Farabi Caddesi	0,00	SE
☐ 08:16	2,96	Turn sharp right onto	28 Nolu Sokak	0,11	SW
☐ 08:17	3,07	Arrive at Via 16. Continue straight ahead onto	28 Nolu Sokak	0,00	SW
☐ 08:17	3,07	Turn left onto	11 Nolu Sokak	0,06	SE
☐ 08:17	3,13	Turn right onto	Konut Sokak	0,08	SW
☐ 08:18	3,22	Arrive at Via 17. Continue straight ahead onto	Konut Sokak	0,09	NE
☐ 08:18	3,31	Turn left onto	11 Nolu Sokak	0,18	N
☐ 08:19	3,49	Arrive at Via 18. Continue straight ahead onto	11 Nolu Sokak	0,10	W
☐ 08:20	3,69	Bear right onto	16 Nolu Sokak	0,02	N
☐ 08:20	3,81	Arrive at Via 19. Continue straight ahead onto	16 Nolu Sokak	0,02	S
☐ 08:20	3,83	Turn sharp right onto	11 Nolu Sokak	0,01	W

Route Summary

Shortest route

Route length: 4,693 km

Route time: 28 mins 2 sec

records 1 - 46 of 61

Şekil Ek 81 Güzergah 10: Optimize edilen güzergah (Kalkınma-Bostancı 2)

Time	Distance	Instruction	Road Name	For	Direction
08:11	1,89	Arrive at Via 7. Continue straight ahead onto	Akt Saruhan Caddesi	0,01	SW
08:11	1,90	Turn sharp left onto	Farad Caddesi	0,17	E
08:11	2,08	Arrive at Via 8. Continue straight ahead onto	Farad Caddesi	0,10	NW
08:12	2,16	Turn sharp right onto	7 Nolu Sokak	0,01	NE
08:12	2,17	Arrive at Via 9. Continue straight ahead onto	7 Nolu Sokak	0,16	NE
08:13	2,33	Turn left onto	Akt Saruhan Caddesi	0,00	SW
08:13	2,34	Arrive at Via 10. Continue straight ahead onto	Akt Saruhan Caddesi	0,10	NE
08:14	2,43	Bear right onto	MH Egemenlik Caddesi	0,05	E
08:14	2,46	Arrive at Via 11. Continue straight ahead onto	MH Egemenlik Caddesi	0,01	E
08:14	2,49	Turn right onto	10 Nolu Sokak	0,05	S
08:14	2,54	Turn left onto	5 Nolu Sokak	0,07	E
08:15	2,61	Turn left onto	12 Nolu Sokak	0,00	N
08:15	2,61	Arrive at Via 12. Turn back onto	12 Nolu Sokak	0,11	N
08:15	2,72	Turn left onto	10 Nolu Sokak	0,01	E
08:15	2,73	Arrive at Via 13. Continue straight ahead onto	10 Nolu Sokak	0,01	W
08:15	2,75	Turn left onto	12 Nolu Sokak	0,07	S
08:16	2,81	Bear left onto	Farad Caddesi	0,03	SE
08:16	2,84	Arrive at Via 14. Continue straight ahead onto	Farad Caddesi	0,11	SE
08:16	2,85	Arrive at Via 15. Continue straight ahead onto	Farad Caddesi	0,00	SE
08:16	2,86	Turn sharp right onto	28 Nolu Sokak	0,11	SW
08:17	3,07	Arrive at Via 16. Continue straight ahead onto	28 Nolu Sokak	0,00	SW
08:17	3,07	Turn left onto	11 Nolu Sokak	0,06	SE
08:17	3,13	Turn right onto	Konul Sokak	0,09	SW
08:18	3,22	Arrive at Via 17. Continue straight ahead onto	Konul Sokak	0,09	NE
08:18	3,31	Turn left onto	11 Nolu Sokak	0,18	N
08:19	3,49	Arrive at Via 18. Continue straight ahead onto	11 Nolu Sokak	0,10	W
08:20	3,59	Bear right onto	16 Nolu Sokak	0,02	N
08:20	3,61	Arrive at Via 19. Continue straight ahead onto	16 Nolu Sokak	0,02	S
08:20	3,63	Turn sharp right onto	11 Nolu Sokak	0,01	W
08:20	3,64	Turn left onto	Mekan Sokak	0,16	SW
08:21	3,81	Arrive at Via 20. Continue straight ahead onto	Mekan Sokak	0,01	NE
08:21	3,81	Bear left onto	Etilim Sokak	0,07	N
08:22	3,89	Arrive at Via 21. Continue straight ahead onto	Etilim Sokak	0,14	SW
08:22	4,03	Turn sharp left onto	Akt Saruhan Caddesi	0,04	SE
08:23	4,07	Turn right onto	Kayababı Sokak	0,04	SW
08:23	4,11	Arrive at Via 22. Continue straight ahead onto	Kayababı Sokak	0,04	NE
08:23	4,15	Turn left onto	Akt Saruhan Caddesi	0,13	NW
08:24	4,27	Turn left onto	8 Nolu Sokak	0,01	NW
08:24	4,28	Arrive at Via 23. Continue straight ahead onto	8 Nolu Sokak	0,01	SE
08:24	4,29	Turn left onto	Akt Saruhan Caddesi	0,14	NE
08:25	4,43	Arrive at Via 24. Continue straight ahead onto	Akt Saruhan Caddesi	0,10	NE
08:26	4,53	Turn sharp left onto	3 Nolu Sokak	0,08	W
08:26	4,61	Turn right onto	6 Nolu Sokak	0,12	NE
08:26	4,73	Turn left onto	MH Egemenlik Caddesi	0,00	W
08:26	4,73	Arrive at Finish.			

Route Summary

Shortest route

Route length: 4,899 km

Route time: 28 mins 2 sec

Şekil Ek 82 Güzergah 10: Optimize edilen güzergah (Kalkınma-Bostancı 2) (devamı)

Time	Distance	Instruction	Road Name	For	Direction
08:00	0,00	Depart on	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,21	SE
08:01	0,21	Arrive at Via 1. Turn back onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,17	N
08:02	0,38	Arrive at Via 2. Bear left onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,21	SW
08:03	0,59	Arrive at Via 3. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,24	N
08:04	0,84	Arrive at Via 4. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,54	S
08:07	1,38	Arrive at Via 5. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,16	S
08:08	1,54	Arrive at Via 6. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,07	W
08:08	1,61	Arrive at Via 7. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,05	SW
08:08	1,66	Arrive at Via 8. Turn onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,29	E
08:10	1,95	Arrive at Via 9. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,06	SW
08:10	2,02	Arrive at Via 10. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,11	SW
08:11	2,13	Arrive at Via 11. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,10	NE
08:12	2,23	Arrive at Via 12. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,15	W
08:12	2,38	Arrive at Via 13. Bear left onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,07	SE
08:13	2,44	Arrive at Via 14. Bear left onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,07	SE
08:13	2,52	Arrive at Via 15. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,18	SE
08:14	2,70	Arrive at Via 16. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,17	W
08:15	2,87	Arrive at Via 17. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,09	SW
08:16	2,96	Arrive at Via 18. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,21	W
08:17	3,17	Arrive at Via 19. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,09	W
08:17	3,26	Arrive at Via 20. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,08	W
08:18	3,34	Arrive at Via 21. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,08	E
08:18	3,42	Arrive at Via 22. Turn left onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,11	E
08:19	3,53	Arrive at Via 23. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,25	S
08:20	3,78	Arrive at Via 24. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,08	S
08:21	3,86	Arrive at Via 25. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,11	W
08:21	3,97	Arrive at Via 26. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,12	N
08:22	4,09	Arrive at Via 27. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,09	S
08:22	4,16	Arrive at Via 28. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,11	SE
08:23	4,29	Arrive at Via 29. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,06	NW
08:23	4,35	Arrive at Via 30. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,13	S
08:24	4,48	Arrive at Via 31. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,08	NW
08:25	4,57	Arrive at Via 32. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,14	E
08:25	4,71	Arrive at Via 33. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,20	W
08:28	4,82	Arrive at Via 34. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,15	NE
08:27	5,07	Arrive at Via 35. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,09	SW
08:28	5,16	Arrive at Via 36. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,14	SW
08:29	5,30	Arrive at Via 37. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,07	SW
08:29	5,37	Arrive at Via 38. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,09	SW
08:29	5,46	Arrive at Via 39. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,10	SW
08:30	5,56	Arrive at Via 40. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,20	W
08:31	5,78	Arrive at Via 41. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,18	S
08:32	5,92	Arrive at Via 42. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,17	W
08:33	6,09	Arrive at Via 43. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,07	SW
08:33	6,16	Arrive at Via 44. Continue straight ahead onto	Yınareli Hamam Sokak*, YSKA=	0,09	SW

Şekil Ek 83 Trabzon Kenti için öngörülen 777 konteynerin toplanmasında Route View programı kullanılarak yapılan kısa yol optimizasyonu güzergah ayrıntı tablosun ilk 45 satırı (toplam satır sayısı: 807).

Time	Distance	Instruction	Road Name	For	Direction
16:05	158,52	Arrive at Via 762. Continue straight ahead onto	Yınaral Hamam Sokak*, YSKA=	0,11	W
16:05	158,63	Arrive at Via 763. Continue straight ahead onto	Yınaral Hamam Sokak*, YSKA=	0,09	N
16:06	159,71	Arrive at Via 764. Bear right onto	Yınaral Hamam Sokak*, YSKA=	0,12	NE
16:06	159,83	Arrive at Via 765. Continue straight ahead onto	Yınaral Hamam Sokak*, YSKA=	0,08	SE
16:07	159,91	Arrive at Via 766. Continue straight ahead onto	Yınaral Hamam Sokak*, YSKA=	0,12	SW
16:07	159,93	Arrive at Via 767. Continue straight ahead onto	Yınaral Hamam Sokak*, YSKA=	0,08	W
16:08	159,12	Arrive at Via 768. Continue straight ahead onto	Yınaral Hamam Sokak*, YSKA=	0,19	SE
16:09	159,31	Arrive at Via 769. Turn left onto	Yınaral Hamam Sokak*, YSKA=	0,18	E
16:10	159,50	Continue straight ahead onto	Yınaral Hamam Sokak	0,02	NE
16:10	159,52	Arrive at Via 770. Continue straight ahead onto	Yınaral Hamam Sokak	0,13	NE
16:11	159,58	Bear left onto	Su İdrar Sokak	0,13	N
16:11	159,78	Arrive at Via 771. Continue straight ahead onto	Su İdrar Sokak	0,01	N
16:11	159,78	Turn sharp left onto	Sokakları Caddesi	0,18	S
16:12	159,97	Arrive at Via 772. Continue straight ahead onto	Sokakları Caddesi	0,20	SW
16:14	160,16	Arrive at Via 773. Continue straight ahead onto	Sokakları Caddesi	0,28	NE
16:15	160,44	Turn left onto	Yınaral Sokak	0,00	NW
16:15	160,45	Arrive at Via 774. Continue straight ahead onto	Yınaral Sokak	0,08	SE
16:15	160,45	Turn left onto	Sokakları Caddesi	0,10	N
16:16	160,55	Turn onto	Su İdrar Sokak	0,13	S
16:16	160,58	Turn sharp left onto	Yınaral Hamam Sokak	0,01	NE
16:16	160,58	Arrive at Via 775. Continue straight ahead onto	Yınaral Hamam Sokak	0,04	NE
16:17	160,73	Continue straight ahead onto	Günçüdere Sokak	0,10	N
16:17	160,83	Arrive at Via 776. Continue straight ahead onto	Günçüdere Sokak	0,08	NE
16:18	160,92	Arrive at Via 777. Bear right onto	Günçüdere Sokak	0,08	NW
16:18	160,97	Bear left onto	Altıncıdere Sokak	0,08	NW
16:19	161,08	Turn sharp left onto	Yınaral Hamam Sokak	0,03	S
16:19	161,09	Arrive at Via 778. Continue straight ahead onto	Yınaral Hamam Sokak	0,03	N
16:19	161,11	Turn sharp right onto	Altıncıdere Sokak	0,08	SE
16:19	161,18	Turn left onto	Günçüdere Sokak	0,08	N
16:20	161,27	Arrive at Via 779. Continue straight ahead onto	Günçüdere Sokak	0,02	N
16:20	161,29	Turn right onto	Zaferan Caddesi	0,10	E
16:20	161,35	Turn right onto	Pervay Cami Sokak	0,15	S
16:21	161,54	Bear right onto	Behit Refik Cesur Caddesi	0,01	S
16:21	161,55	Arrive at Via 780. Continue straight ahead onto	Behit Refik Cesur Caddesi	0,14	N
16:21	161,59	Arrive at Via 781. Bear left onto	Behit Refik Cesur Caddesi	0,01	NW
16:21	161,59	Turn right onto	Yılahane Sokak	0,12	N
16:22	161,82	Arrive at Via 782. Continue straight ahead onto	Yılahane Sokak	0,18	N
16:23	161,98	Arrive at Via 783. Continue straight ahead onto	Yılahane Sokak	0,13	N
16:23	162,10	Continue straight ahead onto	Behit Hall Karagöz Sokak	0,00	N
16:23	162,11	Arrive at Via 784. Continue straight ahead onto	Behit Hall Karagöz Sokak	0,10	N
16:24	162,21	Arrive at Via 785. Continue straight ahead onto	Behit Hall Karagöz Sokak	0,00	NE
16:24	162,21	Turn right onto	Devlet Sahil Yolu Caddesi	0,20	E
16:25	162,40	Arrive at Via 786. Continue straight ahead onto	Devlet Sahil Yolu Caddesi	0,18	W
16:26	162,57	Turn right onto	Yıkar Bankası Arçına Tesisine Ait Yollar	0,14	N
16:26	162,70	Arrive at Finish.			

Şekil Ek 84 Trabzon Kenti için öngörülen 777 konteynerin toplanmasında Route View programı kullanılarak yapılan kısa yol optimizasyonu güzergah ayrıntı tablosu son 45 satırı (toplam satır sayısı: 807).

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi 20.01.1968

Doğum Yeri Yomra / TRABZON

Lise 1985-1988 Trabzon Affan Kitapçıoğlu Lisesi

Lisans 1989-1993 Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi
Çevre Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 1994-1998 Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Hidrolik Bilim Dalı

Askerlik Hizmeti 2002-2003 31 Temmuz 2002- 31 Mart 2003 tarihleri arasında
287. Kısa dönem Er olarak 8 Ay.

Doktora 1998-2004 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çalıştığı kurumlar

1993-1994 Kartal Ticaret Meslek Lisesi
Fen Bilimleri Dersi Öğretmenliği

1994-1995 Karadeniz Çevrecileri, Fahri Üye ve Danışman

1996-1998 Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Araştırma Görevlisi

1998-(devam ediyor) Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi
Çevre Mühendisliği Bölümü
Araştırma Görevlisi