

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MALATYA İLİ TRAMBÜS HATLARININ
EKONOMİK UYGULANABİLİRLİK VE ÇEVRE ETKİ ANALİZİ



Aziz Kağan GÜNEŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

NİSAN 2020

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MALATYA İLİ TRAMBÜS HATLARININ
EKONOMİK UYGULANABİLİRLİK VE ÇEVRE ETKİ ANALİZİ

Aziz Kağan GÜNEŞ
13617210105

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

NİSAN 2020

İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

MALATYA İLİ TRAMBÜS HATLARININ EKONOMİK UYGULANABİLİRLİK VE
ÇEVRE ETKİ ANALİZİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
DOÇ.DR. ÖNDER HALİS
BETTEMİR

HAZIRLAYAN
AZİZ KAĞAN GÜNEŞ

Jürimiz tarafından 20/04/2020 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda bu tez oybirliği ile başarılı bulunarak İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul etmiştir.

Jüri Üyelerinin Unvanı Adı Soyadı

1. Prof. Dr. Kâzım TÜRK (İnönü Üniversitesi)
2. Doç. Dr. Önder Halis BETTEMİR (İnönü Üniversitesi)
3. Dr. Öğr. Üyesi Ceren KINA (Malatya Turgut Özal Üniversitesi)

İmza





O N A Y

Bu tez, İnönü Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun .../.../20... tarih ve 20.../..... sayılı Kararıyla da uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Kâzım TÜRK
Enstitüsü Müdürü

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Malatya İli Trambüs Hatlarının Ekonomik Uygulanabilirlik ve Çevre Etki Analizi” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların, hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Aziz Kağan GÜNEŞ

ÖZET

MALATYA İLİ TRAMBÜS HATLARININ EKONOMİK UYGULANABİLİRLİK VE ÇEVRE ETKİ ANALİZİ

Aziz Kağan GÜNEŞ

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

2020

85+xiv sayfa

Danışman: Doç. Dr. Önder Halis Bettemir

Şehir merkezlerindeki nüfus artışına ve enerji kaynaklarının azalmasına paralel olarak toplu taşıma daha önemli hale gelmekte ve ulaşım yatırımlarının hayata geçirilmeden önce teknik ve ekonomik analizlerinin dikkatle yapılması büyük önem arz etmektedir. İlk yatırım maliyetinin yüksek olmasına rağmen trambüsler uzun vadede otobüs kullanımına göre motorin yerine elektrik enerjisi kullanarak hem enerji maliyetlerinde çok büyük tasarrufa imkan tanımakta hem de şehir merkezlerindeki emisyon değerinin sıfıra yakın olması sebebiyle çevreci olmaktadır.

Malatya Büyükşehir Belediyesi 2015 yılı itibariyle Maşti-İnönü Üniversitesi arasındaki toplam 36 km’lik bir hatta ulaşım hizmeti sunan trambüsleri işletmeye almıştır. Trambüslerin Maşti-Üniversite arasındaki çevre yolu hattı üzerinde yapmış olduğu seferler şehir merkezindeki duraklar arası ulaşım imkân sağlamaktadır. Trambüs hattı kullanan yolcuların çoğunluğu üniversite öğrencileri veya İnönü Üniversitesi Turgut Özal Tıp Merkezi Eğitim ve Araştırma Hastanesine gitmek isteyen kişilerdir. Malatya ilinin batı bölümünde Fahri Kayahan Bulvarı ve Bostanbaşı Bulvarı olarak adlandırılan hatların etrafında nüfus yoğunluğu şehir merkezine göre daha fazla artmaktadır. Ayrıca ilin ekonomisinin hızla büyümesine bağlı olarak Organize Sanayi Bölgelerindeki firma ve çalışan sayısı artmaktadır. Bu durum ilerleyen yıllarda mevcut trambüs hattına farklı hatların eklenmesini gündeme getirmektedir.

Yapılan çalışmada, km bazında hat inşası ve trambüs alımı kalemleri ilk yatırım maliyetleri olarak alınmış, daha sonra ise km başına elektrik tüketimi, bakım maliyetleri ve personel giderleri trambüs yatırımının işletme maliyet kalemleri olarak belirlenirken bilet satışlarından elde edilen gelirler de gelir kalemi olarak belirlenmiştir. Mevcut trambüs hattına eklenmesi planlanan yedi hattın rantabilitesi, trambüs yatırımlarındaki gelir ve gider kalemlerinin net bugünkü değer yaklaşımı kullanılarak nakit akış tablolarıyla

sorgulanmıştır. Yapılan çalışmada yirmi beş yıllık bir yatırım planlamasında eklenmesi planlanan yedi hattın altısının uygulanabilir olduğu sonucuna varılmıştır. Bu alışma sonucunda önerilen ekonomik analiz yöntemi ile yüksek ilk yatırım maliyeti içeren trambüs yatırımlarının ekonomik verimlerinin yükseltilmesi ve kamu yatırımlarının daha verimli yapılmasının sağlanması amaçlanmıştır. Ekonomik olarak uygulanabilirlik sorgulamasının yanı sıra, trambüslerin sebep olabileceği emisyon değerlerinin dizel körüklü otobüslerin sebep olabileceği emisyon değerleri ile karşılaştırılmasının yapılması da amaçlanmıştır.



ANAHTAR KELİMELELER: şehir içi toplu taşıma, fizibilite analizi, nakit akış analizi

ABSTRACT

Msc Thesis

ECONOMIC VIABILITY AND ENVIRONMENTAL IMPACT ANALYSE OF MALATYA PROVINCE’S TOLLEYBUS LINES

Aziz Kağan GÜNEŞ

Inonu University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

2020

85+xiv pages

Supervisor: Assoc. Prof. Önder Halis BETTEMİR

In parallel with the population growth in the city centers and the decrease in energy resources, mass transport becomes more important and it is of great importance that technical and economical feasibility studies are carried out carefully before the transportation investments are implemented. Although its high initial investment cost, trolleybuses are feasible in the long term by using electric energy instead of diesel fuel, and they provide great savings in energy costs and are environmentally friendly due to the fact that the CO₂ emission value is close to zero at city centers.

As of 2015, Malatya Metropolitan Municipality has taken trolleybuses into operation providing transportation services on a total line length of 36 km between Bus Terminal-İnönü University. Trolleybuses service on the ring road between Bus Terminal and İnönü University with inter-stop transportation at the city center. Most of the passengers using the trolleybus line are university students or those who want to go to Inonu University Turgut Ozal Medical Center Training and Research Hospital. The population density around Fahri Kayahan Boulevard and Bostanbaşı Boulevard located at the western part of Malatya province increases faster than the city center. Moreover, due to the rapid economic growth of the province, the number of firms and employees in the Organized Industrial Zones increases. In the following years, this situation brings to the agenda the research on the feasibility of adding different lines to the existing trolleybus line.

In this study, construction of trolleybus line and purchase of trolleybus cost items are taken as the initial investment costs, and electricity consumption, maintenance costs

and personnel salaries are determined as the operation costs, while revenues from ticket sales are considered as income. The feasibility of the seven trolleybus lines planned to be added to the existing trolleybus line is analyzed by computing the net present value of the cash flow formed by the income and expense items. In this study, it is concluded that six of the seven of the planned lines are economically feasible with twenty five years of service life. This study aims to increase the economic efficiency of trolleybus investments which requires high initial investment cost and to make public investments more efficient with the proposed economic analysis method.

In addition to the economical applicability questionnaire, it is also aimed to compare the emission values that may be caused by the trambuses with the emission values that may be caused by the diesel bellows buses.



KEYWORDS: Urban mass transportation, feasibility analysis, net present value analysis

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın her aşamasında yardım, öneri, bilgi ve tecrübeleri ile desteğini esirgmeden beni yönlendiren, sadece akademisyenliğiyle değil kişiliğiyle de her zaman bana örnek olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Önder Halis Bettemir'e,

Tüm hayatım boyunca maddi-manevi her türlü desteğini benden esirgemeyen anneme, babama, ablama ve abime; çalışmalarım boyunca bana uygun çalışma ortamı sağlayan ve özellikle son dönemde onlardan aldığım zamanı anlayışla karşılayan sevgili oğlum Çağan'a ve eşim Mine'ye,

Tez çalışma aşamalarında destek olan, çalıştığım kurum Fırat Kalkınma Ajansı'nın Genel Sekreteri Sayın Abdulvahap Yoğunlu'ya,

Veri paylaşımı talebimi olumlu karşılayarak çalışmamdaki analizlerin daha sağlıklı yapılmasını sağlayan MOTAŞ AŞ Genel Müdürü Sayın Cemal Erkoç'a ve verilerin yorumlanmasında yardımcı olan Sayın Serhat Uruk'a

Teze başladığım günden bitirene kadar sürekli destekçim olan Hanifi Gül abime,

Tezimin biçimsel olarak düzenlenmesinde katkı sunan çalışma arkadaşım Eray Utku Özek'e ve Dr.Serhat Cengiz'e

şükranla...

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	2
1.2. Çalışmadan Beklenen Sonuçlar.....	3
2. TOPLU TAŞIMA	5
2.1. Toplu Taşımanın Faydaları.....	5
2.1.1. Toplu Taşımanın Birey Açısından Faydaları.....	6
2.1.2. Toplu Taşımanın Hizmet Sağlayıcı Kamu Kurumu Açısından İncelenmesi.....	6
2.1.3. Toplu Taşımanın Çevre Açısından İncelenmesi.....	7
2.2. Şehir İçi Toplu Taşıma Türleri.....	8
2.3. Malatya’da Toplu Taşımacılık.....	8
2.3.1 Otobüs İşletmesi.....	9
2.3.2 Trambüs İşletmesi.....	11
3. MALATYA İÇİN TOPLU TAŞIMA ALTERNATİFLERİ	16
3.1. Metro.....	16
3.2. Metrobüs.....	17
3.3. Akülü Otobüs.....	17
3.4. Trambüs (Trolleybüs).....	17
4. EKONOMİK UYGULANABİLİRLİK ANALİZİ	21
4.1. Nakit Akışı Analizi.....	21

4.2. Net Bugünkü Değer Yönteminin Trambüs Yatırımı Ekonomik Uygulanabilirlik Analizlerinde Kullanılması.....	24
4.3. Trambüs Yatırımı Ekonomik Uygulanabilirlik Analizi.....	24
4.3.1. Hat Uzunluğu.....	25
4.3.2. Sefer Süresi.....	25
4.3.3. Trambüsün Ortalama Hızı.....	25
4.3.4. Doluluk Oranı.....	25
4.3.5. İndi-Bindi Katsayısı.....	25
4.3.6. Yatırım Ömrü ve Faiz Oranı.....	26
4.3.7. Bir Trambüsün Bir Günde Yapabileceği Sefer Sayısı.....	26
4.3.8. Trambüslerin Günlük Gerekli Sefer Sayısı.....	26
4.3.9. Gerekli Trambüs Sayısı.....	26
4.4. Trambüs Yatırımı Gider Kalemleri.....	27
4.4.1. Trambüs Satın Alma Maliyeti.....	27
4.4.2. Trambüs Hattı İnşası Birim Maliyeti.....	27
4.4.3. İlk Yatırım Maliyeti.....	28
4.4.4. Yıllık Enerji Maliyeti.....	28
4.4.5. Yıllık Personel Maliyeti.....	29
4.4.6. Yıllık Bakım Onarım Maliyeti.....	29
4.5. Trambüs Yatırımı Gelir Kalemleri.....	29
4.5.1. Yıllık Bilet Geliri.....	30
4.5.2. Yatırımın Sağlayacağı Sosyal ve Çevresel Fayda.....	30
5 MALATYA’DA YEDİ TRAMBÜS HATTININ EKONOMİK UYGULANABİLİRLİĞİNİN ANALİZİ.....	31
5.1. Mevcut Hat.....	31
5.2. İnönü Üniversitesi-Bostanbaşı Hattı.....	37
5.3. İnönü Üniversitesi-Sivas Yolu Kavşağı Hattı.....	40
5.4. İnönü Üniversitesi-1.OSB Hattı.....	43
5.5. İnönü Üniversitesi-2.OSB Hattı.....	46
5.6. İnönü Üniversitesi-Sivas Yolu Kavşağı-Yeşilyurt Yolu-Bostanbaşı-Fahri Kayahan-İnönü Caddesi.....	49
5.7. İnönü Üniversitesi-MAŞTİ-İnönü Caddesi Hattı.....	52

5.8. İnönü Üniversitesi-Akmercan Anadolu Lisesi-Bostanbaşı-Fahri Kayahan- İnönü Caddesi Hattı.....	55
6. ÇEVRECİ ULAŞIM ARACI OLARAK TRAMBSÜLER	58
6.1. Hava Kirliliği.....	58
6.1.1. Hava Kirliliğinin Sebepleri.....	58
6.1.2. Ulaşım Araçları Kaynaklı Hava Kirliliği.....	59
6.1.3. Hava Kirliliğinin Sonuçları.....	60
6.2. Toplu Taşımada Enerji Sarfıyatının Hesaplanması.....	61
6.3. İncelenen Trambüs Hatları.....	62
6.3.1. Mevcut Hat.....	63
6.3.2. İnönü Üniversitesi-Bostanbaşı Hattı.....	65
6.3.3. İnönü Üniversitesi-Sivas Yolu Kavşağı Hattı.....	67
6.3.4. İnönü Üniversitesi-1.OSB Hattı.....	70
6.3.5. İnönü Üniversitesi-2.OSB Hattı.....	71
6.3.6. İnönü Üniversitesi-Sivas Yolu Kavşağı-Yeşilyurt Yolu-Bostanbaşı-Fahri Kayahan-İnönü Caddesi.....	74
6.3.7. İnönü Üniversitesi-MAŞTİ-İnönü Caddesi Hattı.....	76
6.3.8. İnönü Üniversitesi-Akmercan Anadolu Lisesi-Bostanbaşı-Fahri Kayahan- İnönü Caddesi Hattı.....	78
7. SONUÇ	80
8. KAYNAKLAR	83

SİMGELER VE KISALTMALAR

L_h	Hat Uzunluğu
T_s	Sefer Süresi
V_{tr}	Trambüsün Ortalama Hızı
S_{ST}	Bir Trambüsün Bir Günde Yapabileceği Sefer Sayısı
G_{ST}	Trambüslerin Yapmaları Gereken Günlük Sefer Sayısı
G_T	Alınması Gereken Trambüs Sayısı
M_E	Elektrik Maliyeti
M_{YE}	Yıllık Elektrik Maliyeti
M_{GE}	Günlük Elektrik Maliyeti
$M_{KM,E}$	Km Başına Elektrik Maliyeti
M_{BYT}	Trambüslerin Yıllık Bakım Maliyeti
G_b	Bilet Geliri
M_{HI}	Hat İnşaatı Maliyeti
M_T	Bir Adet Trambüsün Maliyeti
$İYM$	İlk Yatırım Maliyeti
M_i	İşçi Maliyeti
M_{Yi}	Yıllık İşçi Maliyeti
G_{ss}	Gerekli Şoför Sayısı
G_{ks}	Gerekli Katenerci Sayısı
M_{TT}	Trambüslerin Toplam Maliyeti
K_{ET}	Karbon Salınım Miktarı
E_s	Birim Enerji Tüketimi İle Atmosfere Salınan CO ₂ miktarı
K_s	Karbon Salınım Miktarı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	Nakit Akış Diyagramı.....	23
Şekil 2.	İnönü Üniversitesi-Maşti hattına ait harita.....	32
Şekil 3.	İnönü Üniversitesi-Bostanbaşı Kavşağı hattına ait harita.....	37
Şekil 4.	İnönü Üniversitesi-Sivas Yolu Kavşağı'na ait harita.....	40
Şekil 5.	İnönü Üniversitesi-1.OSB Girişi hattına ait harita.....	43
Şekil 6.	İnönü Üniversitesi-2.OSB hattına ait harita.....	46
Şekil 7.	İnönü Üniversitesi-Sivas Yolu Kavşağı-Yeşilyurt Yolu-Bostanbaşı-Fahri Kayahan-İnönü Caddesi hattına ait harita.....	49
Şekil 8.	İnönü Üniversitesi-Maşti-İnönü Caddesi Hattına ait harita.....	52
Şekil 9.	İnönü Üniversitesi-Akmercan Anadolu Lisesi-Bostanbaşı-Fahri Kayahan- İnönü Caddesi hattına ait harita.....	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.	2018 yılı otobüs hatlarına göre yolcu sayıları.....	9
Çizelge 2.	Yıllara göre trambüsle taşınan yolcu sayıları.....	12
Çizelge 3.	Yıllara göre gerçekleşen trambüs sefer sayıları	14
Çizelge 4.	Mevcut hat için oluşturulan net bugünkü değer hesaplama Excel çalışma sayfası.....	36
Çizelge 5.	İnönü Üniversitesi-Bostanbaşı Kavşağı hat için oluşturulan bugünkü değer hesaplama Excel çalışma sayfası.....	39
Çizelge 6.	İnönü Üniversitesi-Sivas Yolu Kavşağı hattı için oluşturulan net bugünkü değer hesaplama Excel çalışma sayfası.....	42
Çizelge 7.	İnönü Üniversitesi-1.OSB hattı için oluşturulan net bugünkü değer hesaplama Excel çalışma sayfası.....	45
Çizelge 8.	İnönü Üniversitesi-2.OSB hattı için oluşturulan net bugünkü değer hesaplama Excel çalışma sayfası.....	48
Çizelge 9.	İnönü Üniversitesi-Sivas Yolu Kavşağı-Yeşilyurt Yolu-Bostanbaşı-Fahri Kayahan-İnönü Caddesi Hattı için oluşturulan Excel çalışma sayfası.....	51
Çizelge 10.	İnönü Üniversitesi-MAŞTİ-İnönü Caddesi Hattı için oluşturulan net bugünkü değer hesaplama Excel çalışma sayfası.....	54
Çizelge 11.	İnönü Üniversitesi-Akmercan-Bostanbaşı-Fahri Kayahan-İnönü Caddesi Hattı için oluşturulan net bugünkü değer hesaplama Excel çalışma sayfası.....	57
Çizelge 12.	Hava kirleticileri ve sağlığa etkileri.....	61
Çizelge 13.	Emisyon hesabı için İnönü Üniversitesi-Maşti Hattına ait veriler.....	63
Çizelge 14.	İnönü Üniversitesi-Maşti Hattında trambüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO ₂ miktarı (kg)	64
Çizelge 15.	İnönü Üniversitesi-Maşti hattında trambüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO ₂ miktarı (kg).....	65
Çizelge 16.	İnönü Üniversitesi-Bostanbaşı Kavşağı hattında trambüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO ₂ miktarı (kg).....	66
Çizelge 17.	İnönü Üniversitesi-Bostanbaşı hattında dizel körüklü otobüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO ₂ miktarı (kg).....	67
Çizelge 18.	İnönü Üniversitesi-Sivas Yolu Kavşağı hattında trambüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO ₂ miktarı (kg).....	68
Çizelge 19.	İnönü Üniversitesi-Sivas Yolu Kavşağı dizel körüklü otobüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO ₂ miktarı (kg).....	69
Çizelge 20.	İnönü Üniversitesi-1.OSB hattında trambüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO ₂ miktarı (kg).....	70
Çizelge 21.	İnönü Üniversitesi-1.OSB hattında dizel körüklü otobüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO ₂ miktarı (kg).....	71
Çizelge 22.	İnönü Üniversitesi-2.OSB hattında trambüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO ₂ miktarı (kg).....	72
Çizelge 23.	İnönü Üniversitesi-2.OSB hattında dizel körüklü otobüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO ₂ miktarı (kg).....	73

Çizelge 24.	İnönü Üniversitesi- Sivas Yolu Kavşağı-Yeşilyurt Yolu-Bostanbaşı-Fahri Kayahan-İnönü Caddesi hattında trambüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO ₂ miktarı (kg).....	74
Çizelge 25.	İnönü Üniversitesi- Sivas Yolu Kavşağı- Yeşilyurt Yolu-Bostanbaşı hattında dizel körüklü otobüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO ₂ miktarı (kg).....	75
Çizelge 26.	İnönü Üniversitesi- Maşti-İnönü Caddesi hattında trambüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO ₂ miktarı (kg).....	76
Çizelge 27.	İnönü Üniversitesi- Maşti-İnönü Caddesi hattında dizel körüklü otobüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO ₂ miktarı (kg).....	77
Çizelge 28.	İnönü Üniversitesi- Maşti- Akmercan Anadolu Lisesi-Bostanbaşı-Fahri Kayahan-İnönü Caddesi Hattı hattında trambüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO ₂ miktarı (kg).....	78
Çizelge 29.	İnönü Üniversitesi- Maşti- Akmercan Anadolu Lisesi-Bostanbaşı-Fahri Kayahan-İnönü Caddesi Hattı hattında hattında dizel körüklü otobüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO ₂ miktarı (kg).....	79

1. GİRİŞ

Literatürde birçok tanımı olsa da ulaşım; canlı veya cansız bir varlığın belirli bir noktadan başka bir noktaya bir vasıta yoluyla taşınması/ yer değiştirmesi olarak tanımlanabilir.

18. Yüzyılda otomobilin icadından sonra uzun bir dönem otomobillerin geliştirilmesi üzerine çalışma yapılmış diğer taraftan da demir yolu taşımacılığında yoğunlaşma gözlemlenmiştir. İkinci Dünya Savaşından sonra yaşanan ekonomik buhran, hızlı gelişen teknoloji, insan nüfusunun geometrik artışı, buna bağlı olarak şehirlerin büyümesi ulaşımı önemli hale getirmiştir.

20. yüzyılda yukarda zikredilen insan nüfusunun sürekli artması, büyüyen ekonomi ve küreselleşme, hizmet sağlayıcı kurumlar ve hizmet alıcı kişiler için ulaşım yöntemlerinin çeşitlendirilmesini zorunlu kılmıştır. Artan talebe rağmen azalan petrol kaynakları, küresel ısınma gibi faktörler bireysel ve toplu taşıma hizmet sunucuları için klasik yöntemlerden (benzin veya motorinle çalışan otomobil, otobüs, dolmuş v.s) daha farklı, yenilikçi ulaşım yöntemlerinin geliştirilmesine ve uygulamaya sokulmasına ortam hazırlamıştır.

Son 50 yılda artan araç sayısı ile kazalar ve çevre kirliliği artmaktadır. Maliyeti yüksek olduğu için yol altyapısını genişletmek çok da uygun bir yöntem değildir. Bu sebeple daha yeni yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir (Figueiredo vd., 2001).

Bireysel araç kullanımı trafik yoğunluğu ile birlikte yakıt tüketimini de artırmaktadır. Bu durumun farkında olan hizmet sunucular (yerel yönetimler vd.) toplu taşımayı özendirmek için farklı projeler geliştirmektedirler. Ulaşımında yıllardır en fazla kullanılan toplu taşıma aracı olan içten yanmalı motora sahip otobüsler gelişen teknoloji, nüfus artışı, çevre hassasiyetleri ve hizmet alıcılarının beklentileri gibi sebeplerle yerlerini alternatif ulaşım araçlarına bırakmaktadır. Günümüzde tek tip ulaşım aracı yerine farklı ulaşım alternatiflerinin bir arada kullanıldığı çoklu ulaşım modelleri kullanılmaktadır. Farklı ulaşım modellerinin devreye sokulmasıyla yolcular için daha güvenilir, konforlu, hızlı ve ulaşılabilir bir ulaşım hizmeti almak mümkün olacak, yeni teknoloji ve

yenilenebilir enerji kaynaklarının devreye alınmasıyla hem yatırımların ekonomik verimliliği artacak hem de gereken enerjinin daha çevreci yollardan elde edilmesiyle doğaya salınan karbon emisyonu azalacaktır.

1.1. Çalışmanın Amacı

Elektrikli otobüs olarak tanımlanan trambüsler enerji ihtiyacını hareket ettiği güzergâh üzerine kurulmuş elektrik hattından karşılayan, bununla birlikte üzerine yerleştirilen akülerle de enerji ihtiyacını karşılayabilen ulaşım araçlarıdır. Bu araçlar yaygın olarak trolleybüs olarak adlandırılmaktadırlar.

Dünya genelinde 47 ülkede 370 şehirde trolleybüs altyapısı oluşmuş ve kullanılmaktadır. Diğer toplu taşıma araçlarıyla kıyaslandığında, trolleybüsün teknolojik, ekonomik ve ekolojik avantajları bulunmakta, bu yönüyle ekonomik kalkınmaya da katkı sunmaktadır (Slaven Tica vd., 2001).

Trambüs kullanımının avantajları;

- Uzun vadede otobüs kullanımına göre daha verimli ve ekonomik olması
- Yolcu kapasitesinin yüksek olması
- Kendisine ayrılan hattı sadece kendisi kullanması sebebiyle olası gecikmelerin nispeten daha az olması
- Kaza olasılığının daha az olması
- Emisyon değerinin sıfıra yakın olması sebebiyle çevreci olması

Trambüs kullanımının dezavantajları;

- İlk yatırım maliyetlerinin yüksek olması
- Harici bir hat kullandıkları için mevcut ulaşım yolunu daraltarak diğer ulaşım araçları için oluşturulan alanın kapasitesini azaltması

Trambüs hattı Malatya Çevreyolu üzerinde MAŞTİ - İnönü Üniversitesi üzerinde kurulmuş, elektrik ile çalışan bir toplu taşıma aracıdır. 36 km uzunluğundaki hatta 57 adet istasyon bulunmaktadır. 11 tanesi turnikeli, 46 tanesi normal binişli istasyonların bulunduğu hat, MAŞTİ'den başlayarak Yeni Devlet Hastanesi, Köy Garajı, Emeksiz, Battalgazi Kavşağı, Tandoğan, Araştırma Hastanesi ve İnönü Üniversitesi'ne kadar devam etmekte ve İnönü Üniversitesi'nde sonlanmaktadır. Trambüs hattı Türkiye'de ilk kez Malatya'da kurulan toplu taşıma sistemidir (Anonymous, 2019).

Tez konusunun amacı, Malatya Büyükşehir Belediyesince işletilen mevcut trambüs hattına alternatif olarak belirlenen 7 yeni trambüs hattının ekonomik uygulanabilirliğinin

analizini yapmaktır. Trambüs yatırımının gelir ve gider kalemleri hesaplanacak ve yatırımın nakit akışı oluşturularak bugünkü eşdeğeri hesaplanacaktır. Ayrıca, belirlenen hatlarda trambüs ve motorinle çalışan körüklü otobüslerin kullanılması durumunda çevreye salınacak olan emisyon değerlerinin hesaplanması ve bu değerlerin kıyaslanması yapılacaktır.

1.2. Çalışmadan Beklenen Sonuçlar

Kamu yatırımlarında sunulan hizmetin etkin olması kadar ekonomik olması da önemlidir. Hizmet sunarken halkın beklentilerini karşılayarak sosyal devlet olmak ne kadar önemliyse yatırım kararlarının ekonomik olarak uygulanabilirliğinin araştırılması da o kadar önemlidir. Kamu yatırımlarının büyük ölçekli ve uzun vadeli olması yatırım kararı alınmadan ön fizibilite çalışmalarının yapılmasını gerekli kılmaktadır. Whitehead vd. (2014) son yıllarda büyük ölçekli kamu yatırımları için ihaleye çıkılmadan ön çalışma yapılmasının önemini vurgulamışlardır. Rajaram vd. (2010) kamu yatırımlarını yönetmedeki zayıflığın ilerleyen zamanlarda ek mali kaynakla giderileceği algısının yanlış olduğunu vurgulamışlar ve iyi bir kamu yatırımının planında sekiz fonksiyonun göz önünde bulundurulması gerektiğini belirtmişlerdir. Bunlar;

- Proje için ön incelemelerin yapılması
- Projenin resmi olarak değerlendirilmesi
- Yapılan değerlendirmelerin bağımsız bir şekilde incelemesi
- Uygun projenin seçilmesi ve bütçesinin belirlenmesi
- Projenin uygulanması
- Tesisin işletmeye salınması
- Projede gerekli düzeltmelerin, ayarlamaların yapılması

Yapılan çalışmada Malatya Büyükşehir Belediyesince paylaşılan güncel verileri kullanarak öncelikle olası hat uzatmalarının (Bostanbaşı Kavşağı, Sivas Yolu Kavşağı, 1.OSB Kavşağı, 2.OSB, Yüzakı Bulvarı-Tecde Yolu-Çöşnük, MAŞTİ-İnönü Caddesi, Akmercan-Bostanbaşı-Hasanbey-İnönü Cad.) ekonomik olarak uygulanabilirliği net bugünkü değer analizi ile sorgulanacaktır. Böylelikle trambüs yatırımının karar vericisi ve uygulayıcısı olan MOTAŞ AŞ, mevcut trambüs hattına yeni hatların eklenmesinin belirlenmiş olan 25 yıllık sürede ekonomik olarak uygulanabilirliğini değerlendirebilecektir. Bahsi geçen olası hat uzatma yatırımlarında bir ön fizibilite çalışması olarak da değerlendirilebilecek olan bu çalışma, benzer hat kurgularında detay

alışmalara geçilmeden, eldeki verilerin oluşturulan nakit akışı şemalarına girilmesiyle önemli bilgiler verecektir.

Çalışmada ayrıca, kurgulanan hatlarda trambüs yatırımının veya körüklü otobüs yatırımının sebep olacağı emisyon değerleri, her iki ulaşım alternatifi için mukayeseli olarak verilecektir. Bu veriler de yeşil belediyeçilik ilkesiyle 2015 yılında trambüs hattını kurarak devreye sokan Malatya Büyükşehir Belediyesi'ne olası trambüs yatırımlarının çevreye olacak etkisini göstermesi bakımından da aydınlatıcı olacaktır.



2. TOPLU TAŞIMA

İnsanoğlu her çağda ulaşım ihtiyacı duymuştur. İlk çağlarda iptidai yöntemlerle yapılan ulaşımın, zaman ilerleyip insanların ihtiyaçları çeşitlendikçe, nüfus artışı sebebiyle ikamet edilen alan genişledikçe daha hızlı yapılması elzem hale gelmiştir. Murray vd. (1998) şehir merkezlerindeki büyümeye bağlı olarak ulaşımında yeni stratejiler geliştirilmesinin ve planlamaların yapılmasının önemine vurgu yapmışlardır. Ulaşım ihtiyacının karşılanmasına yönelik talepler sanayinin ve teknolojinin gelişmesiyle özel ve kamu hizmet sağlayıcıları tarafından karşılanmaya başlanmıştır. Ancak yukarıda da bahsedilen insan nüfusunun hızlı bir şekilde artması, tüm bireylerin özel araç kullanımının teoride mümkün olsa da uygulamada mümkün olmaması toplu taşıma kavramını ortaya çıkarmıştır.

Toplu taşıma, şehir içi veya şehirlerarası belirli güzergâhlar arasında birden fazla kişinin kamu veya özel sektör eliyle taşınması olarak tanımlanabilir. Toplu taşıma hizmetinin kamu eliyle sunulmasında kârdan daha ziyade yapılan yatırımın maliyetinin uzun vadede karşılanarak elde edilen getirinin yine kamu yararına yapılacak olan başka yatırımlarda kullanılması esas alınırken, özel sektör tarafından sunulan toplu taşımada şirketler minimum maliyetle maksimum getiriye elde etmeye çalışmaktadırlar. Ancak bir kamu hizmet sunucusu, özel bir şirket gibi büyük ölçüde kâr odaklı olmasa da, kamu kaynağını etkin kullanarak diğer kamu yatırımlarına kaynak oluşturabilmesi için hizmet sunucu toplu taşıma yatırımlarının ekonomik olarak da uygulanabilirliğini sorgulamak durumundadır.

2.1. Toplu Taşımanın Faydaları

Toplu taşımanın taraflarında hizmet sunucu ve hizmet alan olmak üzere iki taraf bulunmaktadır. Hizmet alan taraf bireyler iken hizmet sunucular kamu veya özel sektör eliyle ulaşım hizmetini arz eden oluşumlardır. Hizmet sunucusunun özel sektör olduğu yatırımlar bu çalışma kapsamının dışında tutulmuştur.

Sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, çevresel ve sosyal olmak üzere üç temel unsuru vardır. (Quaddus vd., 2001). Topu taşıma bu üç temel unsuru da içinde barındırır. Miller vd. (2016) ulaşımın çevresel, sosyal ve ekonomik etkilerinin sürdürülebilir şehirler için hayati olduğunu ifade etmişlerdir. İnsanların aldıkları hizmetten memnun bir şekilde taşınması, herkesin eşit ücretle aynı hizmeti alması, özel araç yerine toplu taşıma aracı tercih edilmesiyle sağlanan tasarruf sosyal (aynı zamanda ekonomik) boyutunu; doğru planlandığı takdirde yatırımcılar için getiri sağlar olması ekonomik boyutunu, yenilenebilir enerjilerin kullanımının yaygınlaşarak çevreye salınan emisyonun azalması da çevresel boyutunu göstermektedir. Kenworthy ve Laube (1996) özel araç kullanımı yerine toplu taşıma araçları kullanıldığında metropollerdeki trafik sıkışıklığı ve şehirleşmenin getirdiği bazı problemlerin azalmasının mümkün olabileceğini belirtmişlerdir.

2.1.1. Toplu Taşımanın Birey Açısından Faydaları

Şehir içi ulaşımında ulaşım ihtiyacının bireyin kendisi tarafından giderilmesi özel araç kullanımı ile mümkün olmaktadır. Özel araç sahibi olmak için belirli bir maliyete katlanması gerekmektedir. Bireylerin özel araç edinimini gün geçtikçe daha zor hale gelmektedir. Araç kullanım maliyetleri arasından sadece kullanılacak aracın satın alma maliyeti değil aynı zamanda yakıt, aracın belirli periyotlarla bakım, yıllık vergi, sigorta ve muayene gibi birçok maliyet kalemi bulunmaktadır. İfade edilen maddi maliyetlerin yanı sıra kaza olasılığının toplu taşımaya göre çok yüksek buna bağlı olarak da yaralanma, sakat kalma ve ölüm riskinin de yüksek olmasıdır. Diğer taraftan özel araç kullanımının dikkat ve fiziksel emek gerektirdiği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Sonuç olarak özel araç yerine toplu taşıma araçlarını kullanımı bireye finansal ve sağlık maliyetlerinde tasarruf sağlayacaktır. Diğer taraftan Kim vd. 2014 yılında yaptıkları çalışmada kişilerin metro yerine özel araçlarını kullanmalarındaki en önemli faktörün metro istasyonlarının evlerine olan uzaklıklarıdır. Dolayısıyla toplu taşımayı birey açısından daha cazip hale getirmek ulaşım aracının güzergahlarını çok iyi planladıktan sonra hatların tespit edilmesini, ön fizibilite ve fizibilite çalışmalarının iyi yapılmasını gerekli kılar. Ulaşım aracı alternatiflerinin çoğaltılması toplu taşımanın etkinliğini artıracak gibi ulaşım talepleri farklı olan kullanıcılara da hitabet etme imkanı olacaktır.

2.1.2. Toplu Taşımanın Hizmet Sağlayıcı Kamu Kurumu Açısından İncelenmesi

Türkiye’de 5393 sayılı Belediyenin Görev ve Sorumlulukları Hakkında Kanunun 14. Maddesinin a fıkrasında belirtildiği üzere belediyeler “İmar, su ve kanalizasyon, ulaşım

gibi kentsel alt yapı; coğrafi ve kent bilgi sistemleri; çevre ve çevre sağlığı, temizlik ve katı atık; zabıta, itfaiye, acil yardım, kurtarma ve ambulans; şehir içi trafik... hizmetlerini yapar veya yaptırır.”

Belediyenin şehir içi toplu taşımada başat rol üstlenmesi her yatırımcı gibi onun da kaynaklarını etkin ve etkili kullanmasını gerekli kılar. Belediyeler toplu taşıma yatırımlarında gelir-gider dengesini sosyal fayda-maliyet parametreleriyle birlikte değerlendirmelidir. Toplu taşıma yatırımlarının ekonomik, sosyal ve çevresel uygulanabilirliğini iyi yapan belediyeler kaynaklarını verimli kullandıkları için kamuya sunacakları diğer yatırım alanlarına daha fazla kaynak ayırabilecektir.

Sakin şehir(cittaslow) kavramının 7 temel prensibinden ilki olan “Enerji ve Çevre Politikaları yenilenebilir enerjiyi, geri dönüşümü ve ulaşımda çevreci yöntemleri öne çıkarmaktadır (cittaslow.org). Günümüzde sakin şehir olarak kabul edilen yerleşimler hava ve gürültü kirliliğinin daha az, sadece insan değil bitki ve hayvan yaşamı için de daha elverişli bir yaşam alanı olan mekânlardır. Büyük şehirlerin sakin şehre dönüşmesini planlamak gerçekçi değildir. Fakat sakin şehirlerin yukarda bahsedilen özelliklerinin ne kadarı büyük şehirlere kazandırılırsa şehrin yaşanabilirliği de o nispette artacaktır. Toplu taşıma yatırımlarının planlı, çevreci ve yenilikçi yöntemlerle kurgulanması bu açıdan büyük önem taşımaktadır.

Sonuç olarak toplu taşıma hizmeti sunan belediyeler çevreci ulaşım araçlarını, uygulanabilirlik çalışmalarını müteakip belirli bir plan dahilinde çeşitlendirerek kullanıma sokmalıdır. Böylelikle, belediyeler kaynaklarını etkin ve etkili kullanacak, kullanıcılarla daha iyi bir ulaşım hizmeti alacaklardır. Çevreci ulaşım araçlarının devreye sokulmasıyla ulaşım kaynaklı çevre problemleri de azalacaktır.

2.1.3. Toplu Taşımanın Çevre Açısından İncelenmesi

Artan nüfus, gelişen sanayi ve şehirleşme fosil kökenli kaynakların kullanımını arttırmıştır. Fosil yakıtların artan kullanımı atmosfere salınan CO₂ miktarını, dolayısı ile sera gazı etkisini de artırmaktadır. Bu durum tüm canlı varlıklara zarar vermektedir. İnsan ise sera gazından hem doğrudan hem de dolaylı olarak olumsuz etkilenmektedir. Besin piramidinin en üst düzeyinde bulunan ve oksijenli solunum yapan insan, doğadaki sera gazının yükselmesi sebebiyle beslendiği gıdalardan soluduğu havaya ve içtiği suya kadar her açıdan zarar görmektedir.

Yenilenebilir olmayan enerji kaynaklarını kullanan ulaşım araçlarından olan benzinli ve dizel araçların sebep olduğu egzoz gazının çevreye verdiği tahribat özellikle büyük şehirlerde daha fazladır. Enerjinin etkin olarak kullanılması ve karbon emisyonunun azaltılması ülkeler için daha önemli hale gelmektedir. (Tarppey vd., 2012).

Kent merkezlerinde CO emisyonunun % 70-90'ı, NO emisyonunu % 40-70'i, HC emisyonlarının %50'si ve kurşun emisyonlarının %100'ü motorlu taşıtların kullanımından kaynaklanmaktadır (İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı (İUAP), İstanbul, 2012).

2.2. Şehir İçi Toplu Taşıma Türleri

Ülkemizde kamu tarafından sunulan toplu taşımada otobüs, raylı-raysız hat kullanan araçlar önde giderken özel sektör tarafından sunulan şehir içi toplu taşıma türlerinde baskın olanlar ise minibüs ve özel halk otobüsleridir.

Otobüs yapısı itibariyle insan taşımak için imal edilmiş ve şoförü dahil 9 kişiden fazla yolcu taşımaya uygun olan motorlu taşıtı olarak tanımlanır. Şoförü dahil 17 adetten fazla oturma yeri olan otobüs büyük otobüs, şoförü dahil 10 ilâ 17 adet arasında oturma yeri olan otobüs ise küçük otobüs (minibüs) olarak sınıflandırılabilir (Karayolu Taşıma Yönetmeliği)

90'lı yıllara kadar şehir içi kullanımda neredeyse sadece otobüs ve minibüsler kullanılırken 90'lı yılların başından itibaren Ankara ve İstanbul'da metro yatırımları büyük bir ivme kazanmıştır.

Günümüzde artan nüfusa bağlı oluşan ulaşım talebiyle, insanlara daha güvenilir, konforlu, hızlı ve erişilebilir ulaşım imkanı sağlayan metro, trambüs gibi raylı, raysız toplu ulaşım araçları daha fazla rağbet görmeye başlamışlardır.

2.3. Malatya'da Toplu Taşımacılık

Malatya ilinin toplu taşıma hizmetleri Malatya Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Hizmetleri MOTAŞ A.Ş tarafından verilmektedir. MOTAŞ 2018 Yılı itibariyle bünyesinde bulunan 150 halk otobüsü ve 22 adet trambüsle ulaşım hizmeti vermektedir (M.B.B 2018 Yılı Faaliyet Raporu).

2.3.1. Otobüs İşletmesi

MOTAŞ, boyutları 9-12 ve 18 metre olan 150 adet otobüsle aşağıda gösterilen hatlarda ulaşımı sağlamaktadır. 2018 yılında aşağıdaki çizelgede gösterilmiş olan hatlarda taşınan yolcu sayıları verilmiştir.

Çizelge 1. 2018 Yılı otobüs hatlarına göre yolcu sayıları

HAT ADI	YOLCU SAYISI
1B İSTASYON-MERKEZ	24.172
1C İSTASYON-MERKEZ	41.623
2B ŞOFÖR OKULU-ÜNİVERSİTE	438.095
3A ÇARMUZU-MERKEZ	300.229
5A YEŞİLTEPE-MERKEZ	575.107
5B YEŞİLTEPE-MERKEZ	323.876
6A TEMELLİ-MERKEZ	1.214.071
6B ÖZALPER - MERKEZ	734.085
7A ŞEHİR MEZARLIĞI-MERKEZ	129.243
7B YAKA MAH-MERKEZ	220.221
8A TOKİ-MERKEZ	592.161
8B TOKİ-MERKEZ	838.569
8C TOKİ-MERKEZ	285.136
9A ÇİLESİZ-İPEK CAD.	208.463
9B ÇİLESİZ-MERKEZ	854.351
10A T.ÖZAL MAH.-MERKEZ	264.074
13A ORGANİZE-MERKEZ	15.194
13B ÖZALKÖYÜ-MERKEZ	120.859
14A MELEKBABA-AKPINAR	407.205
14B KAYNARCA-AKPINAR	25.550
15A H.HALİL ÇFT-KAPIKAYA	166.553
17B TEMELLİ-ÜNİVERSİTE	1.468.040
20B KONAK-EMEKSİZ	49.476
21A SÜTLÜCE-MERKEZ	516.620
150 YAKINCA-MERKEZ	59.319
151 YAKINCA-MAŞTİ	26.905
152 YAKINKENT-MAŞTİ	73.741
252 BATTALGAZİ-ŞİREPAZARI	6.920
300 YAYGIN-ŞİRE PAZARI	91.473
350 KALE-ŞİRE PAZARI	54.715
301-BULGURLU-ŞİRE PAZARI	120.738
2C MAŞTİ MERKEZ	61.604

HAT ADI	YOLCU
16B ARAŞTIRMA-ÜNİVERSİTE	244.375
16C MİŞMİŞ PARK	7.311
401 KALDIRIM-MERKEZ	468.500
402 ELMASUYU-VAİZPINARI	69.936
403 LEYLEKPINARI-PAZARBAŞI	141.997
404 PINARBAŞI-ŞANLIKAYA	217.519
2D MAŞTİ-TOPSAKAL İÖO	300.640
405-PINARBAŞI	72.045
YAZIHAN-FETHİYE	70.640
153 GÜNDÜZBEY-MALATYA	23.662
27A TOHMA - MALATYA	11.292
351 ERENLİ - DÜZYOL	47.595
154 YAKINKENT-YEŞİLYURT	42.652
406 SİSMAN-KARATEPE	42.457
8E KARAGÖZ-TOKİ	743.620
3G İLÇE GARAJI-GÖZTEPE	230.741
2E BOSTANBAŞI-Ç.YOLU EMEKSİZ	20.913
3D BABUKTU-DOĞU GARAJI	203.214
11B YÜZAKI-ÇÖŞNÜK	644.007
152B YAKINKENT-POLİS LOJMANI	56.067
3C HATUNSUYU-KEŞİFLER	672.853
256 KULUŞAĞI-AĞILYAZI	21.846
258 ÇOLAKOĞLU-KADIÇAYIRI	30.731
3S SARAY	47.202
3K KIRAÇLAR-UZUNOK	51.425
3P PALABIYIK-KARAOĞLAN	12.839
4C MERKEZ-ÇÖŞNÜK	15.869
1H DIŞ HAST.-NİKAH SARAYI	151.863
200 H.ÇİFTLİĞİ-ŞİRE PAZARI	209.852
24M MASKİ-GÜMRÜK MÜDÜRLÜĞÜ	7.402
11A KARAKAVAK	138.914
20B KONAK-HASTANE	12.487

2018 yılı verilerine göre toplamda altmış dört hatta çalışan seferlerdeki yolcu sayıları incelendiğinde yolcu yoğunluğunun en çok olduğu hatların Temelli-Merkez, Temelli-Üniversite, Karagöz-Toki, Hatunsuyu-Keşifler, Yüzakı- Çöşnük, Çilesiz-Merkez Hatları olduğu gözlemlenmektedir. Buradan hareketle Toki, Fahri Kayahan ve Bostanbaşı bölgelerinde yoğunluğun fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu veriler mevcut trambüs hattına alternatif olarak belirlenen hatların planlanmasında mümkün olduğunca dikkate alınmıştır.

2.3.2. Trambüs İşletmesi

2018 Yılı sonu itibariyle MOTAŞ'ın trambüs filosunda 13 adet bataryalı ve 9 adet jeneratörlü olmak üzere toplamda 22 adet Trambüs aracı mevcuttur.

Trambüs hattı toplamda 41.28 km'lik bir hatta (çift yön) 58 istasyonda hizmet vermektedir.

Çizelge 2'de belirtildiği üzere trambüsle taşınan yolcu sayısı 2015 yılında 4.094.713 kişi iken 2018 yılında bu sayı 2 kat artışla 8.178.661 kişiye çıkmıştır. Trambüsle ulaşımın rahatlığı, konforu, erişilebilirliği, trambüs ve sefer sayısının artması, halkın kullanım alışkanlığının trambüs yönünde yoğunlaşmasına sebep olmuştur. Yaz aylarında taşınan yolcu sayısındaki azalma akademik eğitim yılı bahar döneminin tamamlanmasıyla ilişkilidir. Ağustos ayından eylül ayna geçişte yolcu sayısındaki artış ise üniversite öğrencileri için sonbahar akademik takviminin başlamasıyla ilişkilidir.

Çizelge 2. Yıllara göre trambüsle taşınan yolcu sayıları

YIL/AY	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	ORTALAMA	TOPLAM
2015		-		434.033	438.302	318.563	249.308	300.822	329.645	630.963	687.884	705.193	454.968	4.094.713
2016	486.517	563.648	759.223	722.902	687.593	414.893	267.981	389.943	442.936	766.278	783.817	700.245	582.165	6.985.976
2017	616.739	537.414	816.134	737.953	771.389	428.722	380.846	362.859	547.707	880.919	853.904	761.350	641.328	7.695.936
2018	657.242	680.968	862.665	805.444	736.891	399.075	411.079	360.116	528.283	943.341	923.664	869.893	681.555	8.178.661

Trambüs sefer sayılarının yıllar içindeki değışim seyri aşağıdaki çizelgede verilmiştir.



Çizelge 3. Yıllara göre gerçekleşen trambüs sefer sayıları

YIL / AY	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	ORT.	TOPLAM
2015				1.913	2.280	2.279	2.124	2.108	2.122	2.386	2.435	2.500	2.239	20.147
2016	2.489	2.342	2.580	2.556	2.611	2.369	2.007	2.272	2.402	2.746	2.713	2.805	2.491	29.892
2017	2.819	2.561	3.046	3.071	3.335	3.003	2.569	2.490	3.210	4.335	4.546	4.496	3.290	39.481
2018	4.348	3.925	4.456	4.322	4.302	3.374	2.769	2.674	3.191	4.016	4.164	4.123	3.805	45.664

2015-2018 yılları arasında gerçekleşen sefer sayıları dikkate alındığında gerçekleşen trambüs seferi sayısı 2016 yılında 29.892 iken bu sayı 2018 yılında 45.664 sefere çıkmıştır.

Sefer sayısındaki bu hızlı artış talebin artmasıyla birebir ilişkilidir. Gerek yolcu sayısında gerekse sefer sayısındaki büyük artışlar, bu çalışmanın ortaya çıkış nedeni olan yeni trambüs güzergâhlarının belirlenmesine altlık teşkil etmiştir.



3. MALATYA İÇİN TOPLU TAŞIMA ALTERNATİFLERİ

Malatya ilinin nüfusunun hızlı artması motorlu araç sayılarının ve ulaşım taleplerinin artmasına sebep olmuştur. Yolcu sayısının artmasının yanı sıra, yolcu beklentileri de ulaşımında hız, yolculuk süresi, konfor, ulaşılabilirlik ve güvenlik konularını daha önemli hale getirmiştir. Motorlu taşıt sayısındaki artış doğaya salınan CO₂ miktarını artırmakta bu da hava kirliliği başta olmak üzere insana ve doğal yaşama ciddi zararlar vermektedir. Bu sebeple, mevcut otobüs ve minibüs hatlarını artırarak ilin ulaşım problemine geçici çözümler bulmak yerine ulaşım talebini nicel ve nitel olarak artırırken çevreci bir yaklaşımın gözetilmesi de önem arz etmektedir. Zikredilen hususlar doğrultusunda, Malatya Belediyesince farklı ulaşım seçenekleri üzerinde inceleme yapılarak çalışılmıştır. (Malatya Büyükşehir Belediyesi 2013 Yılı Faaliyet Raporu)

3.1. Metro

Alternatif ulaşım araçlarından metro çok yüksek yatırım maliyetine sahiptir. Sistemin raylı olması, yer altında yapılacak inşaat işlerinin kompleksliğine bağlı olarak inşaat maliyetlerinin yüksek olmasına sebep olmakta, bu durum da ilk yatırım maliyetlerini büyük ölçekte artırmaktadır. Metro yatırımlarının büyük ilk yatırım bedellerine rağmen uygulanabilir olması, yolcu sayısı ve ulaşım ağı ile ilgilidir. Taşınan yolcu sayısı diğer ulaşım araçlarına göre fazladır (10.000 veya 15.000 kişi/saat), ancak, metro yatırımı Malatya ölçeğinde değerlendirdiğimizde uygun görülmemiştir. Nitekim, metro hatları İstanbul, Ankara ve İzmir gibi büyük şehirlerdeki yolcu sayısının fazla, ulaşım ağının geniş olmasıyla tercih edilmektedir. Öztürk ve Dündar (2013), İstanbul'daki metro sistemlerinde yapım ve işletme maliyetlerinin optimizasyonu üzerine yaptıkları çalışmada yolcu talebi öngörüsünün yatırımın planlanmasında çok önemli olduğunu belirtmişlerdir. Optimizasyon süreci için oluşturmuş oldukları programa girdi olarak çalışmanın yapılacağı alanın konum bilgilerini, yolcu sayılarını, istasyon için önerilen yapım işi ve işletme maliyetleri gibi verileri girdikten sonra toplam maliyet belirlenmiş ve buna bağlı olarak sistem önerilerinde bulunulmuştur. Malatya'nın ulaşım ağının büyükşehire oranla kompleks olmayışı da metro yatırımının il için gerekli olmadığı sonucunu desteklemektedir.

3.2. Metrobüs

Metrobüslerin ray kullanmaması ve kendileri için ayrı bir hat kullansalar da yeni bir yol yapımının gerekli olmaması metrobüslerin ilk yatırım maliyetini ciddi bir şekilde düşürmektedir. Ancak, Malatya ilindeki ulaşım ağının dağınık olması tercihli yol kullanımında trafik yoğunluğunu azaltmak yerine artırabilecektir.

Birim araçta taşınan yolcu sayısı dikkate alındığında, otobüsler toplamda aynı yolcuyu taşıyabilecek özel araçlara göre daha az yer kaplarlar. Otobüs kullanımını daha etkili hale getirmek için sinyalizasyon, harici otobüs hatları ve aralıklı otobüs hatları gibi stratejiler kullanılabilir. Harici otobüs hattı bu alternatifler arasında en çok kullanılanıdır. Harici hat kullanımının olumlu yanı hattı sadece kendilerinin kullanmaları ve doğal olarak trafiğin çok sıkışık olduğu durumlarda dahi bundan etkilenmemeleridir. Diğer taraftan, metropollerde mevcut bir yolda harici bir hat oluşturmanın yol alanını daraltarak kapasiteyi azaltması araç trafiğinde ciddi problemlere neden olabilmektedir (Bayrak vd. , 2018).

Ayrıca metrobüs olarak motorin kullanan otobüsler kullanılacağından metrobüs yatırımı çevreci olmayacak, doğaya salınan emisyon miktarı artacaktır. Dolayısıyla, metrobüs yatırımı düşük ilk yatırım maliyetine rağmen, tercihli yol kullanımına bağlı ulaşım kapasitesinin azalmasına ve motorin kullanımına bağlı emisyon miktarına sebep olacağı için tercih edilmemiştir.

3.3. Akülü Otobüs

Diğer bir ulaşım aracı olan akülü otobüsler ise ciddi enerji tasarrufu sağlamalarına rağmen, akünün ağır olması, dünya genelinde AR-GE çalışmalarının hala yapıyor olması, aküde bir problem olması durumunda ulaşımında yaşanabilecek aksaklıklar sebebiyle tercih edilmemiştir (Malatya Büyükşehir Belediyesi 2013 Yıllık Faaliyet Raporu).

3.4. Trambüs (Trolleybüs)

Trolleybüs İngilizce kökenli olup trolley (elektrik sağlayan hat) ve bus (otobüs) kelimelerinin birleşmesiyle trolleybus kelimesini oluşturmuştur. Dilimizde elektrikli otobüs olarak çevrilebilecek trolleybus Türkçe'de İngilizce'deki telaffuzu gibi kullanılarak "trolleybüs" adını almış olup "trambüs" olarak da kullanılmaktadır.

Trambüsler, şehir içinde diğer araçların kullandığı yolu kullanabildiği için ayrı bir yol maliyeti gerektirmeyen, elektrik enerjisini güzergâhı boyunca inşa edilen hattan alan, çeşidine göre kendi aküsünü de kullanabilen araçlardır. Trambüsler metrobüsler gibi harici bir hattı kullanmazlar.

Zhendong vd. (2015) yaptıkları çalışmada, sürekli otobüs hattı ile aralıklı otobüs hattı kullanımlarından hangisinin optimum olduğunu araştırmışlardır. Yolcular ulaşım süresini ve ulaşım için katlanılan maliyetleri dikkate alırken, hizmet sunucular yatırım kaynaklarını en verimli şekilde kullanmayı önemsemektedirler.

Hacim ve otobüs kullanım oranı (bus ratio) gecikme ve doluluk oranında önemli bir etkiye sahiptir. Yolcu sayısının artması, araba ve otobüslerde gecikmeleri artırırken, otobüsler için harici bir hat kullanılması stratejileri benimsendiğinde otobüslerdeki ulaşım süresi gecikmelerinde düşüşler gözlenmektedir.

Sürekli otobüs hattı kullanımında bir hat tamamen otobüslere ayrıldığı için ortalama araç ulaşım sürelerindeki gecikmeler artacaktır.

Trafik sıkışıklığı, hava kirliliği ve artan kazalar, ulaşımında genellikle özel araç tercihindən kaynaklanmaktadır (Cipriani vd., 2010). Trafiğin yoğun olduğu bölgelerde yolcuların ve hizmet sunucuların ulaşım maliyetlerinin minimize edilmesi gerekmektedir. Yao vd. (2012), çoklu ulaşım alternatiflerinin olduğu bir konumda verim artışı için otobüs seferlerinin sıklığını artırılması ile otobüs şeridi kullanmasının etkileri üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Dünya genelinde trambüs projelerinin kilometre başına ortalama maliyeti 18 ile 24 milyon avro arasında değişmektedir. Bu değişiklik tasarım alternatifleri, iş gücü maliyeti, coğrafik ve jeolojik faktörler ve durak sayıları gibi birçok etkene bağlıdır. Fransa Tramway Birliği (L'Atelier du Tramway) 24 milyon avro olan km başına trambüs maliyetinin optimizasyon ve verimli tasarımla 14,5 milyona kadar çekilebileceğini belirtmiştir. Yapılan teorik çalışmada km maliyeti 17,5 milyon avroya düşürülmüştür.

Malatya ilinde ise trambüs hattı için ayrı bir hat kullanılması, trambüsün şehir merkezinden geçtiği durumlarda yolu daraltarak araç trafiğini artıracaktır. Trambüs için ayrı bir hat kullanılmadığı durumlarda, eğer trambüs yoksa, gerektiği trambüs hattını diğer araçlar da kullanabilecektir.

Belirli sayıda yolcunun belirli iki nokta arasında aynı araçla taşınmasında kullanılan yakıta bağlı maliyeti düşürmek ancak mesafesinin kısaltılmasıyla mümkündür. Demir vd.

(2014), yaptıkları çalışmada, yolcu sayısı ve mesafe aynı kalarak farklı ulaşım araçlarının kullanılması durumunda yakıt maliyetlerinin düşürülebileceği sonucuna varmışlardır.

Fransız tipi bir trambüsün yıllık ortalama maliyeti km başına 24 milyon avrodur. Bu maliyetin aşağı çekilmesi yatırım maliyetlerinin yanı sıra sera etkisini de azaltacaktır. Bensallah vd. (2017) Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) ile trambüs maliyetlerinin optimizasyonu üzerine teorik bir çalışma yapmışlardır. Araştırmada üç proje karşılaştırılmış ve maliyetlerin ortalamaları alınmıştır.

Çalışma yöntemi olarak maliyetler belirlenmiş ve kategorize edilmiştir. Daha sonra, teorik olarak BIM yöntemiyle çalışma yapılmıştır. Teorik analizle projekte edilen gerçek bir uygulama örneği ile olası maliyet düşüşleri gözlemlenmiştir. BIM kullanımı ile toplam maliyetlerde % 8,4 oranında düşüş ve bakım maliyetlerinde % 10 oranında bir tasarruf sağlanmıştır (Bensallah vd., 2017).

Toplu taşıma talebinin artmasına karşın kaynakların azalması, akaryakıt tüketiminin artışına paralel olarak emisyon salınımı da artırmakta, bu durum da çevreye ciddi oranda zarar vermektedir. Buna bağlı olarak, son yıllarda, klasik tip ulaşım alternatiflerinin yerini hem yolcu taşıma kapasitesi ve güvenilirliği hem de elektrikle çalışmasına bağlı olarak sebebiyet verdiği emisyonun düşük olmasından elektrikli otobüs olarak adlandırılan trambüslerin kullanımı yaygın hale gelmektedir. Trambüslerin ilk yatırım maliyetlerinin diğer şehir içi toplu taşıma alternatiflerine göre çok yüksek olması yatırım öncesi planlama çalışmalarının önemini artırmaktadır. Nüfus ve ulaşım ağının artması, rantabilite çalışmalarının zorunluluğunu ve zorluğunu artırmaktadır. Hindistan'da artan ulaşım ihtiyaçlarının doğru planlama ve arazi kullanımı olmadan karşılanamayacağı ve bu durumun metropollerdeki mevcut ulaşım problemlerinden kaynaklanan sorunları daha da artıracığı Pucher ve Koraatyswaroopam (2004) yapılan çalışmada örnekleriyle açıklanmıştır.

Ulaşımında emisyon değerlerinin düşürülmesi için yakıt minimizasyonu üzerine yapılan çalışmaları derleyip kıyaslamalar yapan Demir vd.(2014) kullanılabilecek mikro ve makro modelleri açıklamışlardır. Mikro modellerden bazıları; anlık yakıt tüketimi modeli, dört elementli yakıt tüketimi modeli, dört elementli yakıt tüketimi modeli, hızlanma ivmelenmesi, yavaşlama ivmelenmesi, yolcu sayısı ve boş çalışan aracın yakıt tüketimi şeklinde özetlenmiştir.

Toplu Taşımada Optimizasyon Kriterleri adlı çalışmasında Lewandowski (2000) toplu taşımada yapılan lineer optimizasyonların hat belirlenmesinde faydalı olurken zaman tablosu belirlenmesinde istenen ihtiyaçlara hitap etmediğini vurgulamıştır. Optimizasyon kriterleri ulaşım süresi, ulaşılabilirlik, ücret ve konfor olarak belirlenmiştir. Belirli bir hat, bu hattın uzatılmış hali ve fayda maliyet analizinin yapıldığı çalışmada toplu taşıma ve özel araç tercihinin bütünleşik olarak değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Parent ve Davit (1996) ise otomatikleştirilmiş şehir içi araçlar üzerine yaptıkları çalışmada elektrikle çalışan araçların yakıtla çalışan araçlardan çok daha kullanışlı ve çevre dostu olduklarını belirtmiş, elektrikli araçların mobilizasyonları için formüller üretmişlerdir.

Klion ve Mc Spurren (2006) yaptıkları çalışmada ulaşımın arazinin ve ulaşım nesnelerinin koordinasyonunun zor olduğunu, büyük şehirlerde daha çok yaşanan trafik sıkışıklığının ses, hava kirliliği, ulaşım yatırımlarının maliyetlerini arttırdığını ifade etmişlerdir. Yürüyüş, bisiklet ve uygun toplu taşıma araçlarının kullanımının artmasının, zikredilen olumsuzlukların azalmasına büyük ölçüde katkı sağlayacağını belirtmişlerdir. Ulaşımın tasarım ve planlanması büyük şehirlerde daha kompleks hale gelmektedir. Ulaşım hatlarının dizaynı ve hat sıklıklarının belirlenmesinde ulaşım ağı, sefer frekansları, zaman tabloları, otobüs ve sürücü planlamasının önemine vurgu yapılmıştır. Guilhaire, Kao Hao (2008) tarafından ulaşım ağının planlanması matematiksel olarak formüle edilmiş, mevcut durumdaki otobüslerin duruş, kalkış nodları ile modelde belirlenen nodlar (sefer, yürüyüş) tespit edilerek çalışma yürütülmüştür (Cancela vd. 2015). Enerji ihtiyacını elektrik veya motorinden karşılayan sistemlerde bir sistem diğerinin ikamesi olarak düşünülmemelidir. Yapay zekanın trafik ve ulaşım sistemlerinde uygulanabilirliği üzerine yapılan çalışmada tek bir model üzerinden çalışmak yerine farklı modellerin kullanıldığı hibrit bir sistemin daha faydalı olacağı saptanmıştır (Cohen vd., 2010).

Lajunen (2014), çevre duyarlılığının artması ve enerji maliyetlerinin yükselmesiyle hibrit ve elektrikle çalışan şehir otobüsleri üzerine çalışma yapmış ve hibrit ve elektrikle çalışan otobüslerin enerji tüketimini ve atmosfere salınan emisyonu önemli ölçüde düşürdüğünü gözlemlemiştir.

4. EKONOMİK UYGULANABİLİRLİK ANALİZİ

Tüm yatırımlar büyüklüklerinden bağımsız olarak fayda/maliyet parametrelerini içinde barındırır. Kamu yatırımları özelinde bakıldığında Damart ve Roy (2009) fayda/maliyet analizini, kamu yatırımlarının olası sosyo-ekonomik çıkarlarının ölçümünde kullanılan bir araç olarak tanımlar. Küçük ölçekli ve uygulama süresi kısa olan yatırımların ekonomik olarak uygulanabilirlik çalışmalarının yapılması basit matematiksel işlemlerin kullanımıyla mümkün olabilmektedir. Ancak, yatırımın büyüklüğü, kompleksliği arttıkça ekonomik uygulanabilirlik araştırmalarında girdi olarak kullanılacak parametreler de artmaktadır. Bununla birlikte yatırım süresinin uzun olması, gider-gelir kalemlerinin projeksiyonunu gerekli kılmaktadır. Kamu yatırımlarının çoğu büyük ölçekli, uzun süreli yatırımlardır ve içinde sosyal fayda bileşenini de bulundurmaktadır. Bireyler ve kurumlar sınırlı kaynaklarla iş yaparlar. Bu nedenle, eldeki kaynaklardan en üst düzeyde ürün elde etme ve yüksek verimde üretim amaçlanır.

Kamu yatırımlarında değerlendirme ve seçim, yatırımın barındırdığı riskin minimize edilmesinde önem arz etmektedir (Norris vd., 2012). Dolayısıyla, kamu yatırımlarında değerlendirme ve seçim yapmadan yatırım kararı alınarak uygulamaya geçilmesi ilerde telafisi mümkün olmayan sorunlara sebebiyet verecektir.

4.1. Nakit Akışı Analizi

Belirli bir amacı, bütçesi ve uygulama süresi olan faaliyetler bütününe proje denilir. Buradan hareketle bütün yatırımlar proje olarak değerlendirilebilir. Yatırımlara yönelik ekonomik uygulanabilirlik çalışmalarını yaparken gelir, gider kalemlerinin matematiksel formüller kurularak belirlenmesi ilk aşamada yatırımın uygulanabilirliği hakkında bilgi verebilir. Ancak, burada yapılan ekonomik uygulanabilirlik çalışmalarında zaman, enflasyon, faiz oranları vs. gibi uzun vadede sonuca doğrudan ve önemli ölçüde etkisi olacak parametreler dikkate alınmamaktadır. Sonuç olarak, yapılması düşünülen yatırımın bugünkü veriler ışığında ekonomik olarak bulunması zikredilen verilerin uzun vadede belirsizlikleri göz önünde bulundurulmadığından, yatırımın “n” yıl sonra da rantabl olacağını garanti etmez.

Nakit akış yöntemi süresi belli olan bir yatırımın belirli zaman periyotlarına sari gelir, gider kalemlerinin yatırımın planlandığı ana projekte edilmesi olarak tanımlanabilir. Bettemir (2017) bütün yatırımların gelir ve gider kalemlerine sahip olduğunu ve oluşturulacak nakit akış diyagramlarında gelirlerin yukarı yönlü giderlerin ise aşağı yönlü ok ile gösterilebileceğini ifade eder.

Bir ekonomik yatırımın rantabilitesi, yatırımın gerçekleşmesi için katlanılması gereken maliyet kalemlerinin ve yatırımdan elde edilecek gelir kalemlerinin, yatırım ömrü ve borçlanma faizi gibi parametrelerin de göz önünde bulundurulmasıyla yapılacak fayda/maliyet analizlerini içerir.

Ulaşım yatırımlarının ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması yatırımın ekonomik uygulanabilirliğinin gerekliliğini artırmakta, bu da kaynakların verimli bir şekilde kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Uygulanabilirlik analizi dikkatli bir şekilde yapılmayan ulaşım yatırımları ilerde daha büyük ulaşım problemlerine sebep olacaktır (Öztürk ve Dündar, 2. Uluslar arası Raylı Sistemler Mühendisliği Sempozyumu, 2013).

Malatya ilinde belirlenen mevcut hat dahil 8 trambüs hattı üzerine yapılan ekonomik verimlilik çalışmalarında ilk adım gelir ve gider kalemlerinin ayrı ayrı belirlenerek sürece dahil edilmesidir. Malatya ilinin 2007-2019 yılları arasındaki nüfus artış hızları incelenerek olarak nüfus artış hızı %3 olarak alınmıştır. Tüm gelir ve gider kalemlerinin belirlenen faiz oranında (%3) ve 25 yıllık kullanım ömrü boyunca her yılki değişimleri dikkate alınarak gelecekte oluşacak gelir ve gider kalemlerinin şimdiki zamana alınması işlemi tamamlanır. Nakit akışı yönteminde kullanılan formül aşağıda gösterilmiştir.

$$F = P(1+i)^n = P(F / P, i, n) \quad (4.1)$$

F: Gelecekteki değer

P: Şimdiki değer

i: Faiz oranı

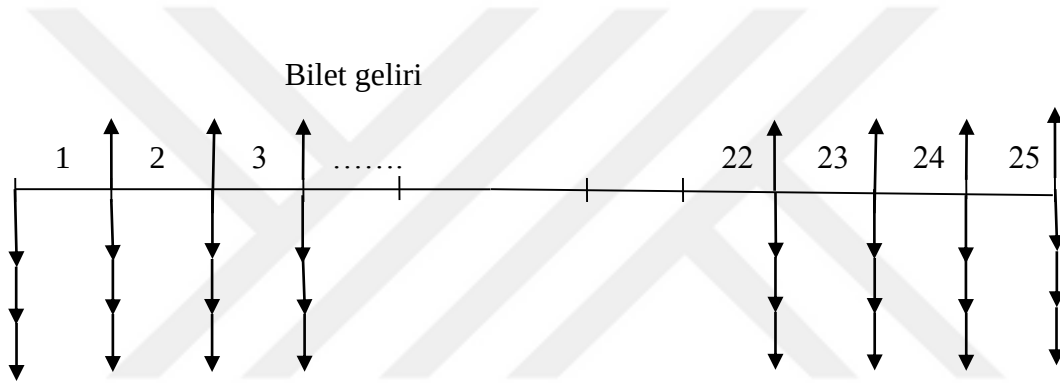
n: Seri sayısı, bir başka deyişle dönem sayısını ifade eder

Formülde P olarak ifade edilen yatırımın şimdiki zaman değeri

$$P = F \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right] = F(P/F, i, n) \quad (4.2)$$

formülüyle bulunur.

Belirlenen hatta, belirlenen yolcunun taşınması için gerekli trambüs yatırımının ekonomik uygulanabilirliği çalışmalarında nakit akışı yöntemiyle yapılan çalışmalar aşağıda örneklendirilmiştir. Gösterimde yukarı yönlü oklar yatırımda tek gelir kalemi olan bilet gelirlerini, aşağı yönlü oklar ise ilk yatırım maliyeti, satın alma maliyeti, hat inşası maliyeti, personel maliyeti ve bakım maliyetini göstermektedir.



- Hat inşası maliyeti
- Trambüs satın alma maliyeti
- Enerji maliyeti
- Personel maliyeti
- Bakım onarım maliyeti

Şekil 1. Nakit akış diyagramı

Büyük ölçekli yatırım kalemlerinin ekonomik olarak uygulanabilirliğinin çalışılması, bir çok parametrenin sürece dâhil edilmesi ve çalışma aşamasında birlikte değerlendirilmesini gerektirir. Trambüs yatırımları da büyük ölçekli yatırımlar olduğundan ekonomik uygulanabilirlik analizlerinde birçok değişken kullanılır.

Bensalah vd. (2017) yaptıkları çalışmada Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) yöntemini kullanarak bir trambüs yatırımının maliyet kalemlerini belirleyip sınıflandırmışlardır. Teorik analizle veya projekte edilen gerçek bir uygulama örneği ile olası maliyet düşüşleri gözlemlenmiştir.

Maliyetler toplamda 18 kaleme ayrılmıştır (ön fizibilite, proje yönetimi, ulaşım ağındaki sapma, yapım aşamaları, istasyonlar, yol işaretleri vb.). Araştırmada üç proje karşılaştırılmış ve maliyetlerin ortalamaları alınmıştır. Dizayn aşamasında farklı disiplinlerin bir araya gelerek koordineli bir şekilde çalışmasının dizayn değişimlerini % 10'a düşüreceğini bunun da toplam yapım maliyetinde % 1.5; dizayn ve yapım işleri planlamasının % 5, satın almaların dizayn ve yapım işleri ile senkronizasyonunun kayıpları ve iş tekrarlarını önleyerek %4,5, iyileştirilmiş/geliştirilmiş bakım maliyetlerinin % 10 oranında maliyetleri düşürdüğü gözlenmiştir.

Mwambeleko vd. (2015) şehirlerdeki trafik sıkışıklığını giderme ve enerji tasarrufu sağlamada önemli bir işlevi olan trambüs yatırımlarının planlanmasının yatırım sermayesi, kullanım ömür ve işletmeye alma maliyeti gibi birçok faktöre bağlı olduğunu belirtmiştir.

Bu çalışmada ise trambüs yatırımının ekonomik olarak uygulanabilirliği 6'sı gider, diğeri de gelir olmak üzere 7 kalem üzerinden incelenmiştir.

4.2. Net Bugünkü Eşdeğer Yönteminin Trambüs Yatırımı Ekonomik Uygulanabilirlik Analizlerinde Kullanılması

Nakit akışı yöntemindeki ilk adım gelir ve gider kalemlerinin ayrı ayrı belirlenerek sürece dahil edilmesidir. Net bugünkü değer yaklaşımı aynı yapıya (çalışmada trambüs) ait kalemlerdeki nakit akışlarının bugünkü değerlerinin toplamı olarak tanımlanır. Tüm gelir ve gider kalemlerinin yatırım süresi (kullanım ömrü) boyunca her yılki değişimleri dikkate alınarak gelecekte oluşacak gelir ve gider kalemlerinin bugünkü eş değerleri hesaplanır.

4.3. Trambüs Yatırımı Ekonomik Uygulanabilirlik Analizlerinde Kullanılacak Temel Veriler

Trambüs yatırımlarında gelir ve gider kalemleri hesaplamaları yapılırken kullanılan temel verilerdir. Bu veriler aşağıda sıralanmıştır:

- hat uzunluğu
- sefer süresi
- trambüsün ortalama hızı
- trambüs doluluk oranı
- indi-bindi katsayısı

- yatırım ömrü
- faiz oranı
- birim mesafede enerji sarfıyatı
- enerji maliyeti
- bilet bedeli

4.3.1. Hat Uzunluğu

Yapılacak işlemlerde hat uzunluğunun km cinsinden ifadesidir. Yapılacak hesaplamalarda L_h olarak ifade edilecektir.

4.3.2. Sefer Süresi

Trambüsün bir tam seferini tamamlaması için geçen sürenin saat cinsinden ifadesidir. Yapılacak işlemlerde T_s olarak ifade edilecektir.

4.3.3. Trambüsün Ortalama Hızı

Trambüsün ortalama hızı mevcut İnönü Üniversitesi-Maşti Hattı için 25 km/s olarak kabul edilmiştir. Bu değer hat uzatmalarında hattın geçtiği güzergahın yoğunluğu dikkate alınarak değiştirilecektir.

4.3.4. Doluluk Oranı

Trambüs tüm seferlerinde tam kapasite sefer yapmadığı için doluluk oranı ortalama 0,6 olarak alınmıştır. Vatandaşların, üniversiteye öğrenci ve personellerinin gidiş/gelişlerinin, özellikle sabah ve akşam seferlerinde yoğun olması, gün içinde ise yoğunluğun belirgin bir şekilde düşmesi, hesaplamaların daha sağlıklı olması için doluluk oranı kullanımını gerekli kılmıştır.

4.3.5. İndi-Bindi Katsayısı

Trambüsün ilk durağında binen bütün yolcular son durağa kadar seyahat etmezler. Duraklarda inen-binen yolcular olacağı için kapasite artacaktır. Bu durumu modelleyebilmek için indi-bindi katsayısı oluşturulmuş ve bu değer 1,15 olarak belirlenmiştir. Örneklendirilecek olursa, 100 kişinin binmesiyle sefere başlayan bir trambüs bir tam seferini tamamlayana kadar duraklarda bazı yolcular inecek, bazı yolcular

da binecektir. Trambüs bir tam turunu tamamladığında 115 kişi ile başlangıç noktasına gelecek olursa indi-bindi katsayısı 1,15 olacaktır.

4.3.6. Yatırım Ömrü ve Faiz Oranı

Yatırım ömrü 25 yıl, faiz oranı % 3 olarak alınmıştır.

4.3.7. Bir Trambüsün Bir Günde Yapabileceği Sefer Sayısı

Bir trambüsün iki vardiya halinde gün içerisinde gerçekleştirebileceği sefer sayısını ifade eder.

Tek şoförün çalışma süresinin tur süresine bölünmesiyle tek vardiyalı çalışılması halinde yapılabilecek tur sayısı elde edilir. Bulunan değer kendisinden küçük en büyük tam sayıya yuvarlanır. Vardiya sayısı olan 2 ile çarpılır. Elde edilen değer saat olarak hesaplandığı için, dakikaya çevirmek için 60 ile çarpılır. ve S_s olarak ifade edilen bir trambüsün bir günde yapabileceği sefer sayısı hesaplanır.

$$S_s = \frac{\text{Günlük Mesai} * 60 * 2}{T_s} \quad (4.3)$$

4.3.8. Trambüslerin Günlük Gerekli Sefer Sayısı

Trambüslerin yapmaları gereken sefer sayısı, günlük taşınan yolcu sayısının trambüs kapasitesinin 2 ile çarpımına bölümü ve elde edilen değer de belirlenen doluluk oranı ile indi bindi katsayısının çarpımına bölünmesiyle elde edilen sonucun yukarı yuvarlanmasıyla elde edilir. Elde edilen sonuç yukarı yuvarlanır. G_{ST} olarak ifade edilir. Doluluk oranı ve indi-bindi katsayısı dikkate alınmasaydı, trambüslerin günlük yapmaları gereken sefer sayıları günlük taşınan yolcu sayısının trambüsün kapasitesine bölümü ile bulunabilecekti. Ancak, tanımlanmış olan indi-bindi katsayısı trambüste taşınan yolcu sayısını artırıcı bir etki yaparken, doluluk oranı da azaltıcı bir etki yapar. Doluluk oranı DO , indi-bindi katsayısı ise $İBK$ ile ifade edilmek üzere;

$$G_{ST} = \frac{\text{Günlük Taşınan Yolcu Sayısı}}{\text{Trambüsün kapasitesi} * DO * İBK} \quad (4.4)$$

4.3.9. Gerekli Trambüs Sayısı

Analiz edilen hatta planlanan sayıda yolcunun taşınması için bulunması gereken minimum trambüs sayısıdır. Trambüslerin günlük yapmaları gereken sefer sayısının, bir

trambüsün bir günde yapabileceği sefer sayısına bölünmesiyle elde edilen sonucun yukarı yuvarlanmasıyla hesaplanır. G_T ile gösterilir.

$$G_T = \frac{\text{Trambüsleri Günlük Gerekli Sefer Sayısı}}{\text{Bir Trambüsün Bir Günde Yapabileceği Sefer Sayısı}}$$

4.4. Trambüs Yatırımı Gider Kalemleri

Trambüs yatırımında temel gider kalemleri aşağıda verilmiştir. Piyasa koşullarında ve döviz kurlarındaki belirsizlik sebebiyle trambüs yatırımındaki gider ve gelir kalemlerinin değerleri geçmiş yıllardaki verilerin ortalamasına göre alınmıştır.

4.4.1. Trambüs Satın Alma Maliyeti

Trambüslerin satın alınmasında katlanılacak maliyeti ifade eder. Mevcut trambüs hattında (Üniversite-Maşti) sefer yapan 22 adet trambüs bulunmaktadır. 2019 yılı verilerine göre ortalama trambüs **maliyeti 850.000,00 €/trambüs** olarak kabul edilmiştir. Trambüslerin toplam satın alma maliyeti M_{TT} olarak gösterilmiştir. Birim trambüs maliyetinin (M_T), gerekli trambüs sayısı (G_T) ile çarpılması, elde edilen tutarın de TL'ye çevrilmesi ile bulunur.

$$M_{TT} = M_T \times \text{TL/Euro} \times G_T \quad (4.5)$$

4.4.2. Trambüs Hattı İnşası Birim Maliyeti

Hat kurulumunda inşaat maliyetleri deplase yapılacak hatların kazısı, betonarme sanat yapıları imalatı gerçekleşmiştir (menfezler, direklerin betonla kaplanması, gerekli yerlerde, ankraj ve küp beton uygulamaları). Kazı yapılan hatlarda, zemin kaplamalarının ve bazı direklerin zeminlerinin iyi olmaması sebebiyle fore kazık uygulamaları yapılmıştır. Bununla birlikte yapım işleri doğası gereği çoğu zaman beklenmedik maliyetleri içinde barındırır da standart bir trambüs hattı yatırımı için ana maliyet kalemleri şu şekilde sıralanabilir;

- Elektrik hattı kurulumu maliyetleri
- Zeminden geçen kabloların kolonlar arasında bağlantısının sağlanması
- Direk maliyetleri (Her 30 m'de 1 adet olmak üzere toplam 5.000 adet ST3 demir sınıfı 5.000 adet galvanizli direk)

- Ana trafonun kurulumu (Her 3 km yani 300 direk için 1 trafo yapılmıştır). Mevcutta 9 trafo bulunmaktadır. 1 trafodan ana besleme olarak kullanılan bir direğe enerji aktarılmakta bu enerji de 300 direğe iletilmektedir.
- Beklenmedik maliyetler (fore kazık uygulamasında burgu makinesi kirası, paletli burgu makinesinin asfalta zarar verecek olması sebebiyle Kara Yolları'nın burgu makinesinin ancak tırla taşınabileceğini belirtmesi üzerine tır kiralanması gibi)
- Bakır kabloların çalınması, kabloları zarar verilmesi durumlarına karşı sahada 7/24 kontrol yapacak güvenlik araçları

Toplam hat inşaatı maliyeti M_{Hi} olarak ifade edilecektir.

Trambüs hattı inşaatının ortalama maliyeti km başına 425.000 TL olarak kabul edilmiştir.

$$M_{Hi} = \text{Birim inşaat maliyeti} \times \text{Toplam Hat Uzunluğu} \quad (4.6)$$

4.4.3. İlk Yatırım Maliyeti

İlk yatırım maliyeti, oluşturulacak hat uzunluğu için alınacak trambüslerin maliyeti (M_{TT}) ile inşaat maliyetlerinin (M_{Hi}) toplanmasıyla elde edilir. $\dot{I}YM$ olarak gösterilecektir. Böylelikle;

$$\dot{I}YM = M_{TT} + M_{Hi} \quad (4.7)$$

4.4.4. Yıllık Enerji Maliyeti

2019 yılı verilerine göre elektriğin saat başına tüketim değeri baz alınmıştır. Bu değer, trambüsün kilometre başına tükettiği elektrikle çarpılmış ve bu değer de hat uzunluğu ve günlük sefer sayısı ile çarpılarak günlük enerji maliyeti hesaplanmıştır. Günlük enerji maliyeti de (2019 TEAŞ elektrik dağıtım bedelleri)

$$GE_m = M_E \times KE_m \times S_s \times L_h \quad (4.8)$$

Belirtilen formülde;

E_m : Birim elektrik maliyeti (TL/kWh)

Analizlerde E_m 0,7 TL/kWh alınmıştır.

GE_m : Günlük Enerji Maliyeti

KE_m : Km Başına Elektrik Tüketimi (Kwh km/)

S_S: Günlük Sefer Sayısı

L_h: Hat Uzunluğu

$$YE_m = GE_m \times 365 \quad (4.9)$$

YE_m: Yıllık Enerji Maliyeti

4.4.5. Yıllık Personel Maliyeti

Bir vardiyanın 8 saat olduğu ve bir trambüsün günde iki vardiya çalıştığı kabul edilmiştir. Ancak haftalık izin, yıllık izin gibi sebeplerden ötürü 2 işçinin tam 8 saat çalışamayacağı varsayımıyla işçi sayısı trambüs başına 2,6 alınmıştır. Dolayısıyla bir trambüs için 2,6 şoför atanmıştır. 2,6 sayısı ile trambüs sayısının çarpılması sonucu elde edilen sayı yukarı yuvarlanarak şoför sayısı belirlenmiştir. Şoför personellerin aylık ücretleri brüt olarak 4.000,00 TL/Ay olarak belirlenmiştir. İki vardiya için gerekli şoför sayısı G_{ss} olarak gösterilmektedir.

Ayrıca katener hatlarında görevli personel sayısı her 5 km için 1 kişi olarak belirlenmiştir. Katenerci personelin aylık brüt maaşı 3.500,00 TL olarak belirlenmiştir. Gerekli katenerci personel sayısı G_{ks} olarak gösterilmektedir.

Yıllık personel (işçi) maliyeti MY_i olarak gösterilir. Bu durumda;

Aylık işçi maliyeti brüt ücret üzerinden

GT_S= Gerekli Trambüs Sayısı

$$MY_i = G_{ss} * 4.000,00 + G_{ks} * 3.500,00 \quad (4.10)$$

4.4.6. Yıllık Bakım Onarım Maliyeti

Trambüslerin bir yıl boyunca düzenli olarak bakım ve onarımı için ayrılan maliyet kalemidir. Her yıl için 50.000,00 TL/trambüs olarak alınmış, M_{BYT} olarak gösterilmektedir.

4.5. Trambüs Yatırımı Gelir Kalemleri

Trambüs yatırımlarının ölçülebilir (parasal) geliri ile sayısal olarak hesaplanamayan sosyal ve çevresel gelirleri bulunmaktadır. Ekonomik uygulanabilirlik analizinde paraya dönüştürülebilir tek parametrenin bilet geliri olması sebebiyle önem arz etmektedir.

4.5.1. Yıllık Bilet Geliri

Trambüs yatırımında günlük taşınan yolculardan alınan bilet geliri gelir kalemini oluşturur. Birim bilet ücreti (TL) ile günlük taşınan net yolcu sayısının çarpılması sonucu elde edilir. G_b olarak gösterilmektedir.

Taşımada trambüsü kullanan bir yolcunun ortalama bilet maliyeti 1,75 TL olarak alınmıştır. Bu durumda;

$$G_b = \text{Yıllık Taşınan Yolcu Sayısı} \times 1,75 \quad (4.11)$$

4.5.2. Yatırımın Sağlayacağı Sosyal ve Çevresel Fayda

Yapılan trambüs yatırımı hesaplamalarında, gelir kalemini sadede bilet gelirleri oluşturmaktadır. Diğer taraftan nicel olarak ölçülemeyen, ancak ulaşım hizmetini alanlar için büyük önem taşıyan konfor, hizmet süresi, ulaşılabilirlik, güvenlik gibi birçok faktör bulunmaktadır.

Toprak, hava ve su çevre dediğimiz ekosistemin alt bileşenlerindendir. Trambüslerin enerjisi sarfıyatı, buna bağlı olarak atmosfere salınan emisyon miktarı çok düşüktür. Trambüsler kullandıkları enerjinin kaynağına bağlı olarak şehir içi sifıra yakın emisyon değerleriyle çevre kirliliğinin azalmasına büyük katkı sağlayabilmektedir. Çevre kirlenmesinin önüne geçilebildiği ölçüde, başta insan olmak üzere tüm canlıların yaşam sağlığı iyileşecektir. Malatya ilinde trambüslerin kullandığı enerji Keban Barajı üzerinden hidro elektrik enerji ile beslendiğinden emisyon değerleri sifıra yakındır. Bu sebeple, ekonomik olarak uygulanabilir olmasının yanı sıra, Malatya ilinde belirli bir hat üzerinde motorinle çalışan otobüs yerine trambüs kullanımı durumunda, doğaya salınan CO₂ emisyonu neredeyse tamamen ortadan kalkacaktır. Bu iyileşmenin de çevre, insan ve diğer canlıların sağlığına sunacağı büyük katkı aşikârdır.

Özellikle şehir içinde sebep olduğu CO₂ emisyonu değerinin körüklü otobüslere oranla daha az olması nedeniyle çevre ve insan sağlığı üzerinde ciddi anlamda katkısı vardır. Trambüs kullanımı şehir içi toplu ulaşım araçları kaynaklı gürültü kirliliğini de asgari seviyelere indirmektedir.

Yatırımın çevre için sağlayacağı fayda, çalışmanın altıncı bölümündeki analizlerle anlatılacaktır.

5. MALATYA'DAKİ YEDİ TRAMBÜS HATTININ EKONOMİK UYGULANABİLİRLİĞİNİN ANALİZİ

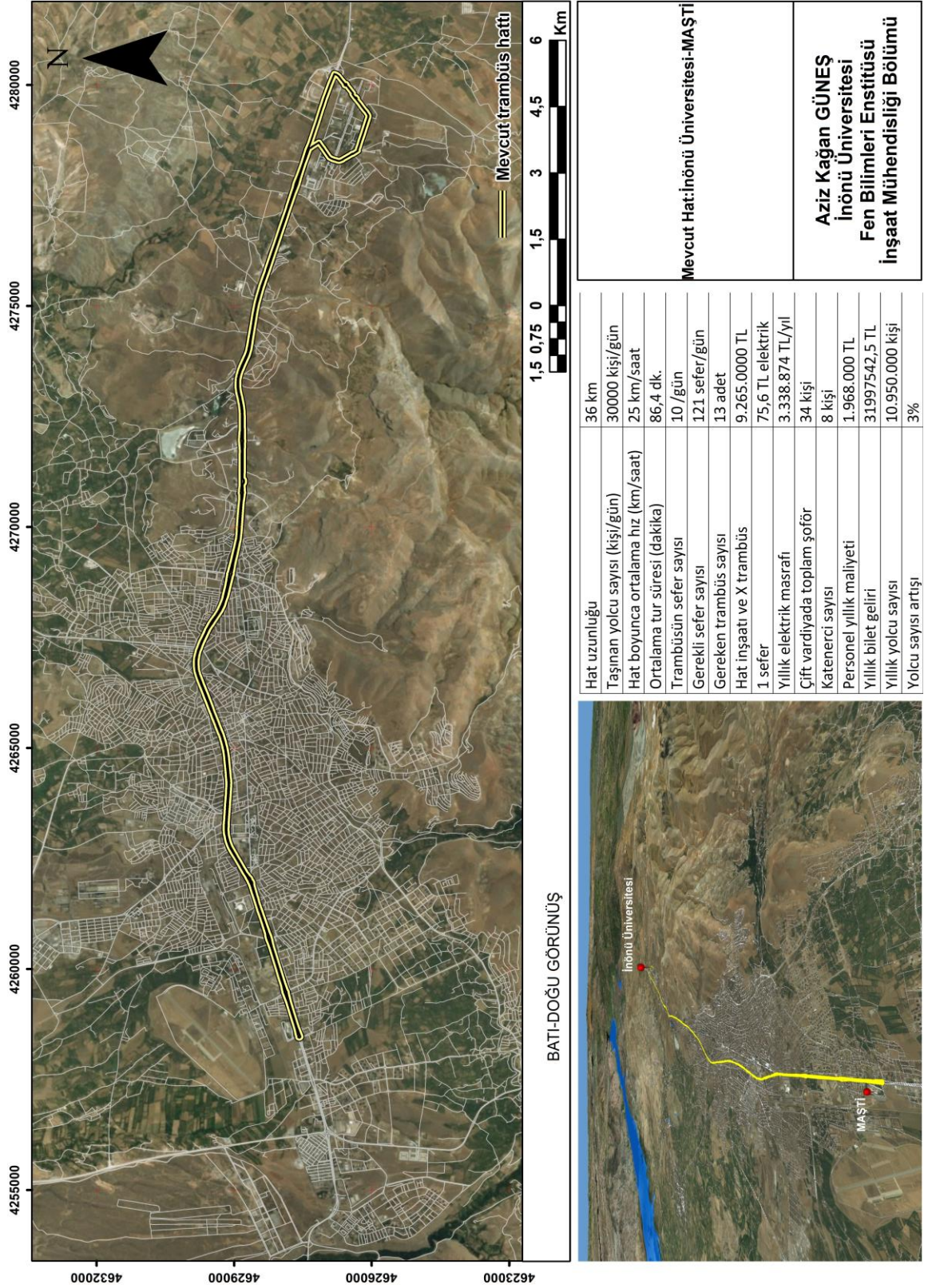
MOTAŞ tarafından işletilen mevcut hat dahil sekiz trambüs hattı belirlenerek yatırımın uygulanabilirliği analiz edilmiştir. Planlanan trambüs hattı için açıklanan gelir ve gider kalemleri nakit akışı analizlerinde girdi olarak kullanılmıştır. Bulunan net bugünkü değer sıfırdan büyük olması, analiz edilen hatta yapılacak yatırımın ekonomik olarak uygulanabilir olduğu anlamına gelmektedir. Bütün analizlerde faiz oranı %3, yatırım ömrü 25 yıl alınmıştır. İndi-bindi oranı 1,15, doluluk oranı ise 0,60 olarak alınmıştır. Şehrin batı yönünde, özellikle Fahri Kayahan ve Bostanbaşı muhitlerinde sürekli gelişmesi, nüfusunun artması ve organize sanayi bölgelerinde endüstriyel faaliyetlerde yoğunlaşmaların yaşanması, mevcut hatta eklenebilecek yeni 7 hattın seçilmesinde etkili olmuştur.

Malatya Büyükşehir Belediyesince 2015 yılında işletmeye alınan yatırımda hat İnönü Üniversitesi-MAŞTİ arası olarak belirlenmiştir. Hatta ait veriler Çizelge 4.1'de verilmiştir. Mevcut hat üzerinde yapılan hesaplamalar gösterilecek, alternatif 7 hat için de aynı hesaplamalar yapılacağından hesaplamalar her hat için ayrı ayrı gösterilmeyecek, sadece çalışmaların yapıldığı Excel çalışma sayfalarının görüntüsü verilecektir.

Tüm hatlarda öncelikle hat güzergâhı harita üzerinde gösterilecektir. Hatta ilişkin hesaplanan değerler ve bu değerlerin nakit akış diyagramında işleme alınarak yatırımın şimdiki değeri bulunarak yatırımın ekonomik olarak uygulanabilir olup olmadığı incelenmiştir.

5.1. Mevcut Hat

İnönü Üniversitesi çevre yolu üzerinden şehrin merkez bölümünden geçerek MAŞTİ'ye bağlanır.



Şekil 2. İnönü Üniversitesi-Maşti hattına ait harita

- **Ortalama tur süresi** hat uzunluğunun yarısının ortalama hıza bölünmesiyle bulunur. Ortalama hız 25 km/s olarak alınmıştır. Çıkan sonucun birimi saat olacağı için bulunan değer 60 ile çarpılır.

$$T_s = \frac{L_h/2}{V_{ort}}$$

$$\text{Bu durumda } T_s = \frac{36}{25} \times 60 = 86,4 \text{ dakika olarak bulunur}$$

- **Bir trambüsün yapacağı günlük sefer sayısı** 8 saatlik mesai süresinin ortalama tur süresine bölünüp 60 ile çarpılması (dakikaya çevirmek için), bulunan değer de 2 ile çarpılarak (2 vardiya) çıkan sonucun aşağı yuvarlanması ile elde edilir.

$$S_s = \frac{\text{Günlük Mesai} \times 60 \times 2}{T_s}$$

$$S_s = \frac{8 \times 60}{86,4} \times 2 \text{ (aşağı yuvarla)} = 10 \text{ sefer/gün}$$

- **Trambüslerin yapmaları gereken sefer sayısı** günlük taşınan yolcu sayısının trambüs kapasitesinin 2 ile çarpımına bölümü ve elde edilen değer de belirlenen doluluk oranı ile indi bindi katsayısının çarpımına bölünmesiyle elde edilen sonucun yukarı yuvarlanmasıyla elde edilir. G_{ST} olarak gösterilir.

$$G_{ST} = \frac{\text{Günlük Taşınan Yolcu Sayısı}}{\text{Trambüsün kapasitesi} \times DO \times İBK}$$

$$G_{ST} = \frac{30.000}{180 \times 2 \times 0,6 \times 1,15} \text{ (yukarı yuvarla)} = 120,77 \text{ (121 olarak yukarı yuvarlanır)}$$

121 adet sefer gerçekleşmelidir.

- **Gerekli trambüs sayısı** trambüslerin bir günde yapmaları gereken toplam sefer sayılarının bir trambüsün bir günde yapacağı sefer sayısına bölünmesiyle elde edilen sonucun yukarı yuvarlanmasıyla bulunur. G_T olarak ifade edilir.

$$G_T = \frac{G_{st}}{S_s}$$

$$G_T = \frac{121}{10} \text{ (yukarı yuvarla)} = 13 \text{ trambüs bulunmalıdır.}$$

- **İlk yatırım maliyeti**, km başı hat birim maliyeti ile hat uzunluğunun çarpımı ve trambüs sayısı ile birim trambüs maliyetlerinin çarpımının toplanması sonucu elde

edilen Euro cinsinden değerinin Türk Lirasına çevrilmesiyle bulunur. İYM olarak gösterilir. Euro kuru 7 TL, hat inşaat maliyeti 60.714 €/km olarak alınmıştır.

$$\text{İYM} = M_{TT} + M_{Hi}$$

$$M_{TT} = 13 \times 850.000,00 \times 7 = 77.350.000,00$$

$$M_{Hi} = 36 \times 60.714,00 \text{ €} \times 7 = 15.299.928,00$$

$$\text{İYM} = 77.350.000,00 + 15.299.928,00 = 92.649.928 \text{ TL}$$

- **Yıllık enerji maliyeti** günlük enerji maliyetinin 365 ile çarpılması sonucu bulunur.

$$M_{GE} = E_m \times M_E \times S_{ST} \times L_H$$

M_{GE} : Günlük Enerji Maliyeti

M_E : Elektrik maliyeti (TL/kWh) =0,7 TL/kWh

$M_{KM,E}$: Km Başına Elektrik Sarfıyatı (3 Kwh/ km)

S_{ST} : Günlük Sefer Sayısı

L_H : Hat Uzunluğu

$$M_{YE} = M_{GE} \times 365$$

M_{YE} : Yıllık Enerji Maliyeti

Bu durumda;

$$M_{GE} = 0,7 \times 3 \times 36 \times 121 = 9.147,60 \text{ TL}$$

$$M_{YE} = 9.147,60 \times 365 = 3.338.874 \text{ TL olarak hesaplanır}$$

- **şoför sayısı**, trambüslerin günlük toplam 16 saat çalıştığı ve 8'er saatten 2 işçinin bulunduğu varsayılmıştır. Ancak burada 1 şoförün her gün tam 8 saat çalışamayacağı düşünülerek trambüs başına 2,6 şoför belirlenmiş, trambüs sayısı ile 2,6' nın çarpılması sonucu elde edilen değer yukarı yuvarlanmıştır. G_{ss} ile gösterilir.

Bu durumda 13 trambüs hattı için gerekli şoför sayısı;

$$G_{ss} = 13 \times 2,6 = 33,8 \text{ yukarı yuvarlanarak 34 alınır.}$$

- **Katenerci sayısı** her 5 km'de 1 kişi olarak belirlenmiştir. G_{ks} olarak ifade edilir.

$$G_{ks} = \frac{Lh}{5}$$

$$G_{ks} = \frac{36}{5} = 7,2 \text{ yukarı yuvarlanarak 8 alınır.}$$

Şoför aylık brüt ücreti 4.000,00 TL, katenerci personelin ise brüt 3.000,00 TL olarak belirlenmiştir.

Bu durumda yıllık işçi(personel maliyeti) M_{Yi}

$$M_{Yi} = (G_{ss} \times 4.000 + G_{ks} \times 3.500) \times 12$$

$$M_{Yi} = (34 \times 4.000,00 + 8 \times 3.500,00) \times 12$$

$$M_{Yi} = 1.968.000,00 \text{ TL olarak hesaplanır.}$$

Yıllık bilet geliri, bilet fiyatı olarak kabul edilen 1,75 TL ile trambüs kapasitesi olan 180 sayısının 2 katının indi-bindi oranı olan 1,15 ve gerekli sefer sayısı ile çarpılarak bulunan sonucun 365 ile çarpılmasıyla elde edilir. G_b olarak ifade edilir.

T_k trambüs kapasitesi olmak üzere

$$G_b = 1,75 \times T_k \times 1,15 \times 2 \times G_{sfr} \times 365$$

$$G_b = 1,75 \times 180 \times 1,15 \times 2 \times 121 \times 365 = 31.997.5452,5 \text{ tl olarak hesaplanır.}$$

Yıllık bakım onarım maliyeti, trambüs başına 50.000 TL olarak hesaplanmıştır. 13 adet trambüs gerektiği için yıllık bakım (YB_m)

$$YB_m = 13 \times 50.000,00 = 650.000 \text{ TL olarak hesaplanır.}$$

Bütün hesaplamalarda yatırım ömrü 25 yıl, faiz oranı ise % 3 olarak alınmıştır.

Çalışılan yeni 7 hatta hattın km cinsinden uzunluğu ve günlük taşınan yolcu sayısına göre gider ve gelir hesapları mevcut hatta gösterildiği üzere ayrı ayrı hesaplanarak nakit akışı analizi gerçekleştirilmiştir.

Hesaplamalar sonunda yatırımın net bugünkü değeri 131.482.166,26 olarak bulunur. $131.482.166,26 > 0$ olduğu için mevcut hat ekonomik olarak uygundur.

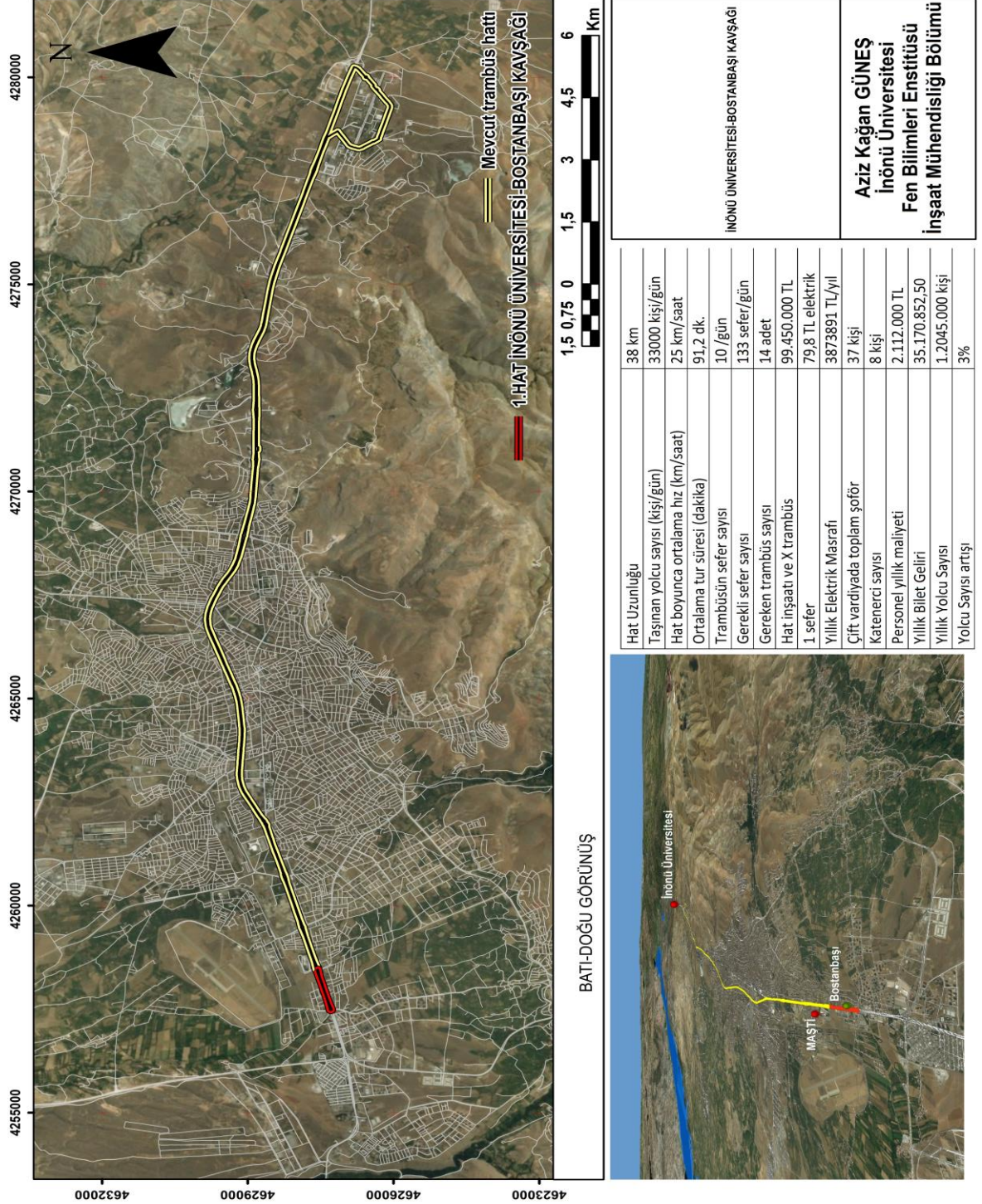
Mevcut hat için yapılan nakit akış analizinin Excel çalışma sayfası Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4. Mevcut hat için oluşturulan net bugünkü değer hesaplama Excel çalışma sayfası

YILLAR	GÜNLÜK YOLCU SAYISI	BİLET GELİRİ	TRAMBÜS SAYISI	ALINAN TRAMBÜS MALİYETİ	İLK YATIRIM MALİYETİ	YILLIK ENERJİ MALİYETİ	YILLIK PERSONEL MALİYETİ	YILLIK BAKIM	NET BUGÜNKÜ DEĞER
0					92.650.000				-92.650.000
1	30.900,00	19.737.375,00	13	0		3.449.250	1.968.000	650.000	13.019.166,67
2	31.827,00	20.329.496,25	13	0		3.559.626	1.968.000	650.000	12.836.163,49
3	32.781,81	20.939.381,14	14	5.950.000		3.642.408	2.112.000	700.000	7.372.830,70
4	33.765,26	21.567.562,57	14	0		3.752.784	2.112.000	700.000	12.342.823,06
5	34.778,22	22.214.589,45	15	5.950.000		3.890.754	2.208.000	750.000	7.377.553,45
6	35.821,57	22.881.027,13	15	0		4.001.130	2.208.000	750.000	11.881.164,78
7	36.896,22	23.567.457,95	15	0		4.111.506	2.208.000	750.000	11.724.786,43
8	38.003,10	24.274.481,68	16	5.950.000		4.221.882	2.352.000	800.000	7.411.796,90
9	39.143,20	25.002.716,14	16	0		4.359.852	2.352.000	800.000	11.274.766,97
10	40.317,49	25.752.797,62	17	5.950.000		4.497.822	2.496.000	850.000	7.341.773,63
11	41.527,02	26.525.381,55	17	0		4.635.792	2.496.000	850.000	10.842.052,75
12	42.772,83	27.321.142,99	18	5.950.000		4.773.762	2.592.000	900.000	7.297.566,52
13	44.056,01	28.140.777,28	18	0		4.911.732	2.592.000	900.000	10.466.976,51
14	45.377,69	28.985.000,60	19	5.950.000		5.049.702	2.736.000	950.000	7.222.117,47
15	46.739,02	29.854.550,62	19	0		5.215.266	2.736.000	950.000	10.078.888,16
16	48.141,19	30.750.187,14	20	5.950.000		5.353.236	2.832.000	1.000.000	7.153.389,03
17	49.585,43	31.672.692,75	20	0		5.518.800	2.832.000	1.000.000	9.738.967,87
18	51.072,99	32.622.873,54	21	5.950.000		5.684.364	2.976.000	1.050.000	7.048.273,07
19	52.605,18	33.601.559,74	22	5.950.000		5.849.928	3.120.000	1.100.000	6.957.648,70
20	54.183,34	34.609.606,53	22	0		6.043.086	3.120.000	1.100.000	9.175.947,53
21	55.808,84	35.647.894,73	23	5.950.000		6.208.650	3.216.000	1.150.000	6.864.142,68
22	57.483,10	36.717.331,57	24	5.950.000		6.401.808	3.360.000	1.200.000	6.770.515,68
23	59.207,60	37.818.851,52	24	0		6.594.966	3.360.000	1.200.000	8.680.996,03
24	60.983,82	38.953.417,07	25	5.950.000		6.788.124	3.456.000	1.250.000	6.669.341,55
25	62.813,34	40.122.019,58	26	5.950.000		6.981.282	3.600.000	1.300.000	6.582.516,59
									131.482.166,26

5.2. İnönü Üniversitesi-Bostanbaşı Hattı

Hat Bostanbaşı Kavşağına kadar uzatılmıştır. Uzunluğu 38 km'dir.



Şekil 3. İnönü Üniversitesi-Bostanbaşı Kavşağı hattına ait harita

İnönü Üniversitesi-Bostanbaşı Kavşağı hattına ait veriler aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir. Gelir ve giderleri oluşturacak kalemler hattın uzunluğu, taşınan yolcu sayısı ve kabul edilen hıza göre hesaplanarak nakit akış diyagramına işleme alınmıştır.

Yapılan hesaplama sonucunda yatırımın net bugünkü değeri 143.643.468,76 TL olarak hesaplanmıştır. Değer 0'dan büyük olduğu için yatırım ekonomik olarak uygulanabilir. Hesaplamalara ait Excel çalışma sayfası görüntüsü Çizelge 5'te verilmiştir.

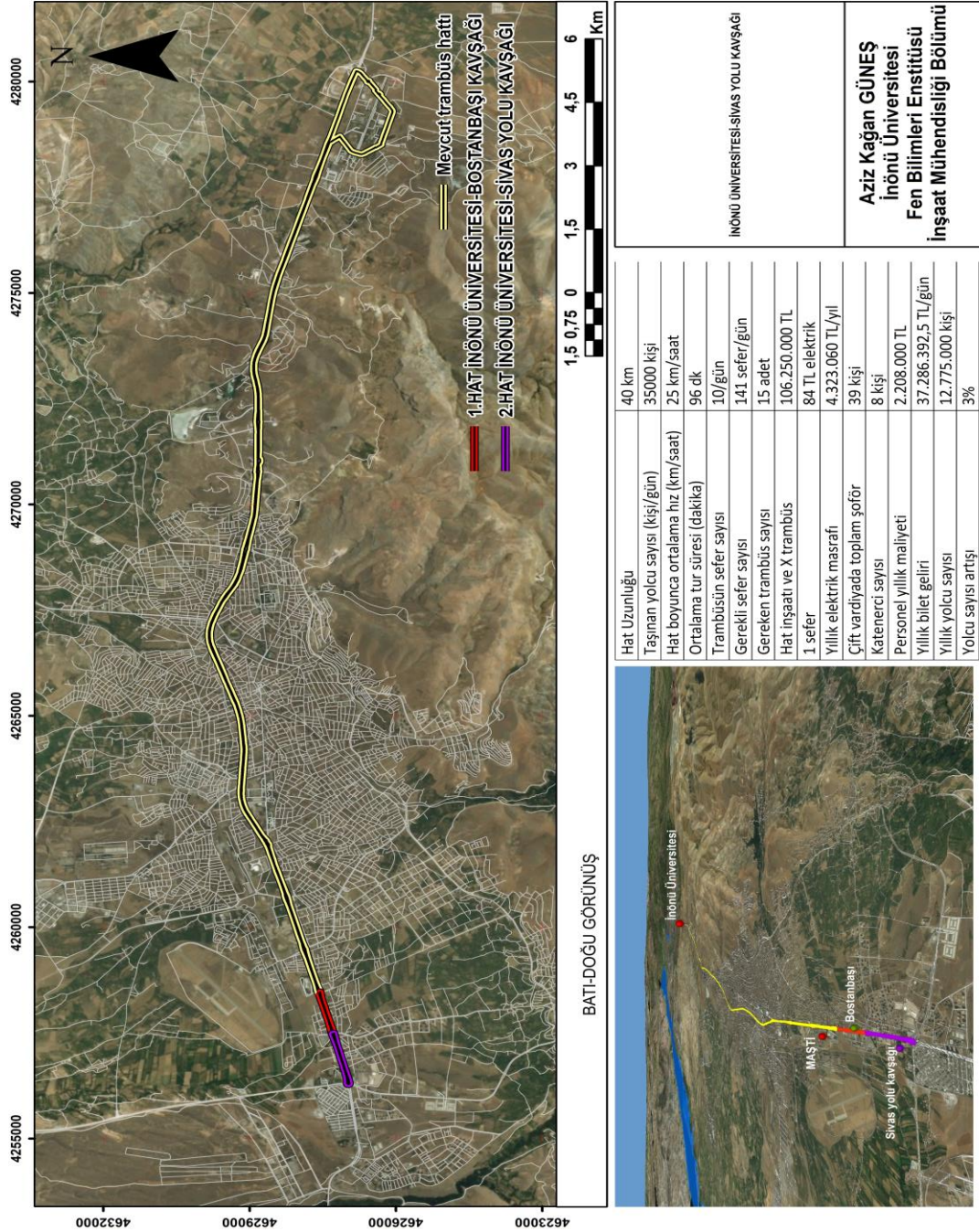


Çizelge 5. İnönü Üniversitesi-Bostanbaşı Kavşağı hattı için oluşturulan net bugünkü değer hesaplama Excel çalışma sayfası

YILLAR	GÜNLÜK YOLCU SAYISI	BİLET GELİRİ	TRAMBÜS SAYISI	ALINAN TRAMBÜS MALİYETİ	İLK YATIRIM MALİYETİ	YILLIK ENERJİ MALİYETİ	YILLIK PERSONEL MALİYETİ	YILLIK BAKIM	NET BUGÜNKÜ DEĞER
0					99.450.000				-99.450.000,00
1	33.990,00	21.711.112,50	14	0		3.990.399	2.112.000	700.000	14.198.774,76
2	35.009,70	22.362.445,88	15	5.950.000		4.106.907	2.208.000	750.000	8.478.493,31
3	36.059,99	23.033.319,25	15	0		4.252.542	2.208.000	750.000	13.668.309,90
4	37.141,79	23.724.318,83	15	0		4.369.050	2.208.000	750.000	13.490.073,65
5	38.256,04	24.436.048,39	16	5.950.000		4.514.685	2.352.000	800.000	8.477.254,32
6	39.403,73	25.169.129,85	16	0		4.631.193	2.352.000	800.000	12.973.653,76
7	40.585,84	25.924.203,74	17	5.950.000		4.776.828	2.496.000	850.000	8.422.551,48
8	41.803,41	26.701.929,85	17	0		4.922.463	2.496.000	850.000	12.476.495,94
9	43.057,52	27.502.987,75	18	5.950.000		5.068.098	2.592.000	900.000	8.375.332,58
10	44.349,24	28.328.077,38	18	0		5.213.733	2.592.000	900.000	12.046.417,28
11	45.679,72	29.177.919,70	19	5.950.000		5.359.368	2.736.000	950.000	8.292.244,25
12	47.050,11	30.053.257,29	19	0		5.534.130	2.736.000	950.000	11.600.664,81
13	48.461,61	30.954.855,01	20	5.950.000		5.708.892	2.832.000	1.000.000	8.200.869,75
14	49.915,46	31.883.500,66	21	5.950.000		5.854.527	2.976.000	1.050.000	8.107.842,55
15	51.412,92	32.840.005,68	21	0		6.029.289	2.976.000	1.050.000	10.959.838,30
16	52.955,31	33.825.205,85	22	5.950.000		6.233.178	3.120.000	1.100.000	7.981.231,70
17	54.543,97	34.839.962,03	22	0		6.407.940	3.120.000	1.100.000	10.563.625,01
18	56.180,29	35.885.160,89	23	5.950.000		6.611.829	3.216.000	1.150.000	7.877.162,96
19	57.865,70	36.961.715,72	24	5.950.000		6.786.591	3.360.000	1.200.000	7.782.157,62
20	59.601,67	38.070.567,19	24	0		6.990.480	3.360.000	1.200.000	9.995.141,95
21	61.389,72	39.212.684,20	25	5.950.000		7.223.496	3.456.000	1.250.000	7.657.385,02
22	63.231,41	40.389.064,73	26	5.950.000		7.427.385	3.600.000	1.300.000	7.558.874,87
23	65.128,35	41.600.736,67	27	5.950.000		7.660.401	3.744.000	1.350.000	7.454.389,90
24	67.082,21	42.848.758,77	28	5.950.000		7.893.417	3.840.000	1.400.000	7.368.869,86
25	69.094,67	44.134.221,53	28	0		8.126.433	3.840.000	1.400.000	9.085.813,23
									143.643.468,76

5.3. İnönü Üniversitesi-Sivas Yolu Kavşağı Hattı

Hat Sivas Yolu Kavşağı'na kadar uzatılmıştır, uzunluğu 40 km'dir. Hatta ait verilen haritada gösterilmiştir.



Şekil 4. İnönü Üniversitesi-Sivas Yolu Kavşağı'na ait harita

İnönü Üniversitesi- Sivas Yolu Kavşağı trambüs hattına ait veriler aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir. Gelir ve giderleri oluşturacak kalemler hattın uzunluğu, taşınan yolcu sayısı ve kabul edilen hıza göre hesaplanarak nakit akış diyagramına işleme alınmıştır. Yatırımın net bugünkü değeri 148.410.406,62'dir. Değer 0'dan büyük olduğu için ekonomik olarak uygulanabilir. Hesaplamalara ait Excel çalışma sayfası Çizelge 6'da gösterilmiştir.

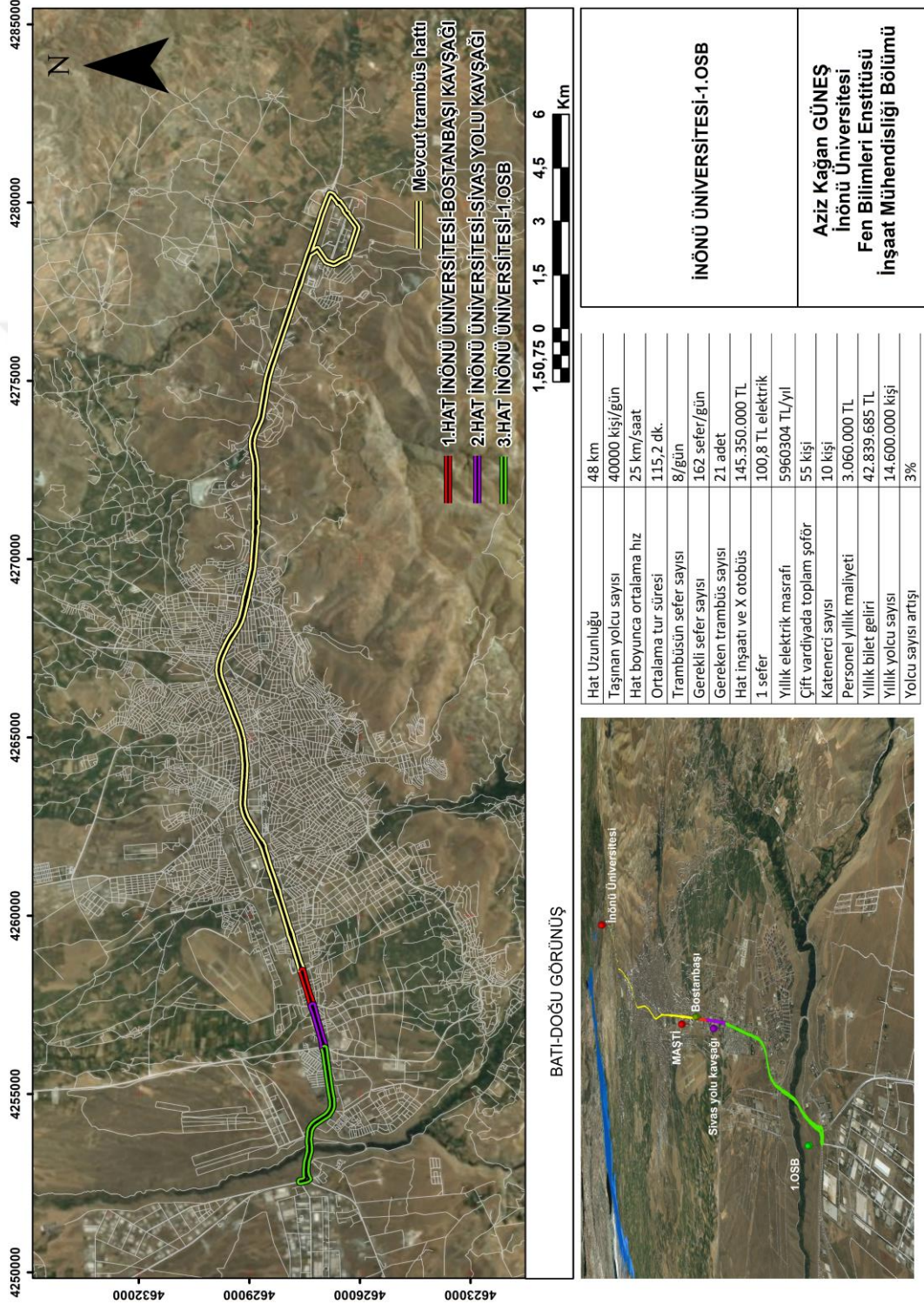


Çizelge 6. İnönü Üniversitesi-Sivas Yolu Kavşağı hattı için oluşturulan net bugünkü değer hesaplama Excel çalışma sayfası

YILLAR	GÜNLÜK YOLCU SAYISI	BİLET GELİRİ	TRAMBÜS SAYISI	ALINAN TRAMBÜS MALİYETİ	İLK YATIRIM MALİYETİ	YILLIK ENERJİ MALİYETİ	YILLIK PERSONEL MALİYETİ	YILLIK BAKIM	NET BUGÜNKÜ DEĞER
0					106.250.000				-106.250.000
1	36.050,00	23.026.937,50	15	0		4.476.360	2.208.000	750.000	14.850.073,81
2	37.131,50	23.717.745,63	15	0		4.599.000	2.208.000	750.000	14.658.272,68
3	38.245,45	24.429.277,99	16	5.950.000		4.721.640	2.352.000	800.000	9.161.548,86
4	39.392,81	25.162.156,33	16	0		4.874.940	2.352.000	800.000	14.097.184,88
5	40.574,59	25.917.021,02	17	5.950.000		5.028.240	2.496.000	850.000	9.083.247,27
6	41.791,83	26.694.531,65	17	0		5.181.540	2.496.000	850.000	13.556.488,88
7	43.045,59	27.495.367,60	18	5.950.000		5.334.840	2.592.000	900.000	9.038.820,11
8	44.336,95	28.320.228,63	18	0		5.488.140	2.592.000	900.000	13.090.133,25
9	45.667,06	29.169.835,49	19	5.950.000		5.641.440	2.736.000	950.000	8.955.162,00
10	47.037,07	30.044.930,56	19	0		5.825.400	2.736.000	950.000	12.605.806,55
11	48.448,19	30.946.278,47	20	5.950.000		6.009.360	2.832.000	1.000.000	8.860.766,96
12	49.901,63	31.874.666,83	21	5.950.000		6.162.660	2.976.000	1.050.000	8.762.397,41
13	51.398,68	32.830.906,83	21	0		6.346.620	2.976.000	1.050.000	11.910.109,01
14	52.940,64	33.815.834,04	22	5.950.000		6.561.240	3.120.000	1.100.000	8.628.880,94
15	54.528,86	34.830.309,06	22	0		6.745.200	3.120.000	1.100.000	11.479.525,50
16	56.164,73	35.875.218,33	23	5.950.000		6.959.820	3.216.000	1.150.000	8.520.598,68
17	57.849,67	36.951.474,88	24	5.950.000		7.143.780	3.360.000	1.200.000	8.419.520,35
18	59.585,16	38.060.019,13	24	0		7.358.400	3.360.000	1.200.000	10.862.382,70
19	61.372,71	39.201.819,70	25	5.950.000		7.603.680	3.456.000	1.250.000	8.287.515,81
20	63.213,89	40.377.874,29	26	5.950.000		7.818.300	3.600.000	1.300.000	8.182.110,23
21	65.110,31	41.589.210,52	27	5.950.000		8.063.580	3.744.000	1.350.000	8.069.609,62
22	67.063,62	42.836.886,83	27	0		8.278.200	3.744.000	1.350.000	10.072.499,40
23	69.075,53	44.121.993,44	28	5.950.000		8.554.140	3.840.000	1.400.000	7.936.729,58
24	71.147,79	45.445.653,24	29	5.950.000		8.799.420	3.984.000	1.450.000	7.833.007,87
25	73.282,23	46.809.022,84	30	5.950.000		9.075.360	4.080.000	1.500.000	7.738.014,27
									148.410.406,62

5.4. İnönü Üniversitesi-1.OSB Hattı

Hat 1.OSB girişine kadar uzatılmıştır. Hat uzunluğu 48 km'dir. Sanayi bölgesi olması sebebiyle kullanacak işçi sayısı düşünülerek seçilmiştir.



Şekil 5. İnönü Üniversitesi-1.OSB Girişi hattına ait harita

İnönü Üniversitesi-1.OSB Girişi trambüs hattına ait veriler aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir. Gelir ve giderleri oluşturacak kalemler hattın uzunluğu, taşınan yolcu sayısı ve kabul edilen hıza göre hesaplanarak nakit akış diyagramına işleme alınmıştır. Yatırımın net bugünkü değeri 96.491.334,44'dir. Değer 0'dan büyük olduğu için ekonomik olarak uygulanabilir. Hesaplamalara ait Excel çalışma sayfası Çizelge 7'de gösterilmiştir.

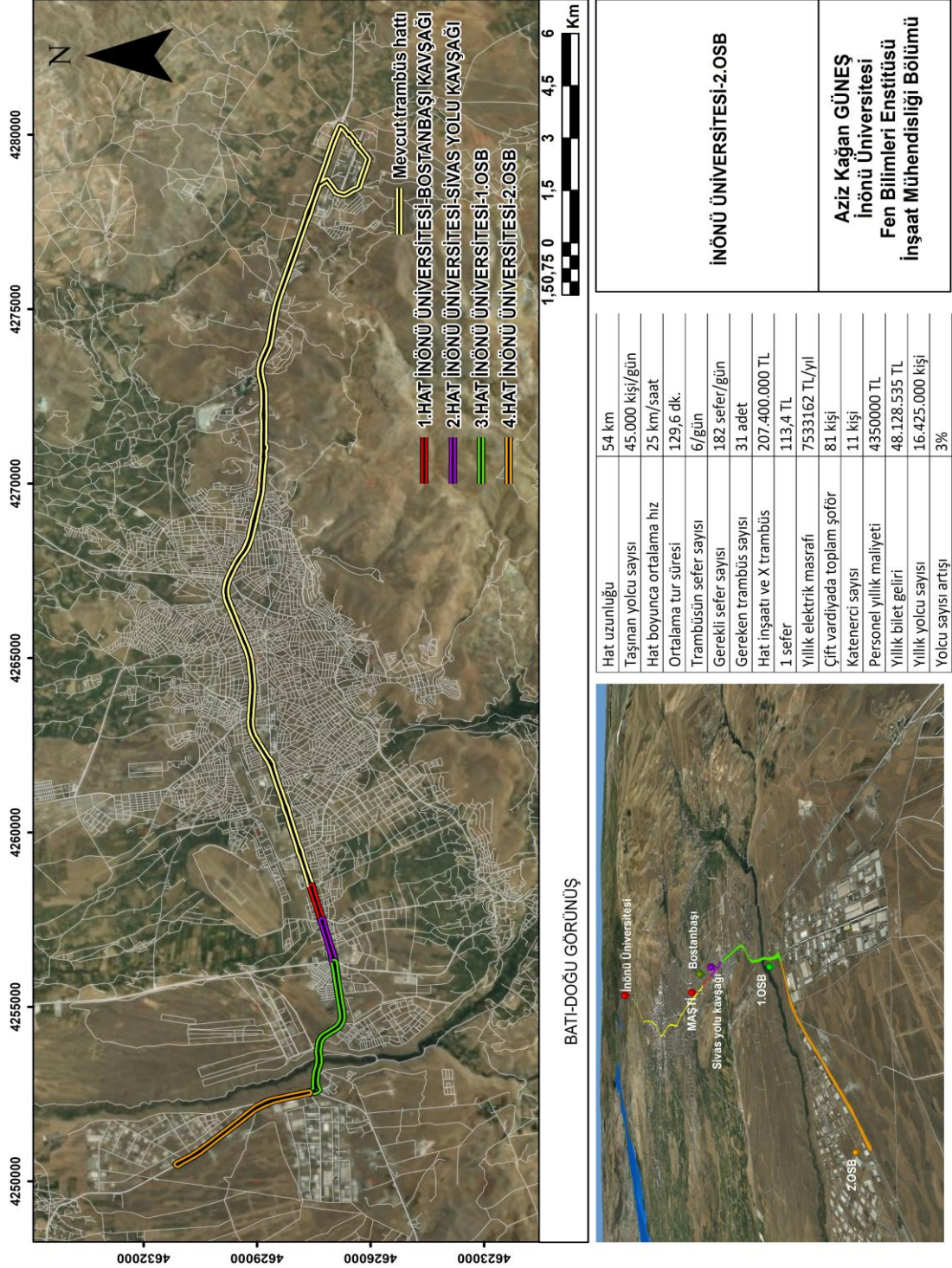


Çizelge 7. İnönü Üniversitesi-1.OSB hattı için oluşturulan net bugünkü değer hesaplama Excel çalışma sayfası

Yıllar	Günlük Yolcu Sayısı	Bilet Geliri	Trambüs Sayısı	Alınan Trambüs Maliyeti	İlk Yatırım Maliyeti	Yıllık Enerji Maliyeti	Yıllık Personel Maliyeti	YILLIK BAKIM	Net Bugünkü Değer
0					145.350.000				-145.350.000
1	41.200,00	26.316.500,00	21	0		6.107.472	3.060.000	1.050.000	15.332.407,62
2	42.436,00	27.105.995,00	22	5.950.000		6.291.432	3.204.000	1.100.000	9.578.741,95
3	43.709,08	27.919.174,85	22	0		6.475.392	3.204.000	1.100.000	14.805.988,86
4	45.020,35	28.756.750,10	23	5.950.000		6.696.144	3.300.000	1.150.000	9.593.209,49
5	46.370,96	29.619.452,60	24	5.950.000		6.880.104	3.444.000	1.200.000	9.516.198,43
6	47.762,09	30.508.036,18	25	5.950.000		7.100.856	3.540.000	1.250.000	9.452.444,88
7	49.194,95	31.423.277,26	25	0		7.321.608	3.540.000	1.250.000	13.724.442,80
8	50.670,80	32.365.975,58	26	5.950.000		7.505.568	3.684.000	1.300.000	9.425.940,82
9	52.190,93	33.336.954,85	27	5.950.000		7.763.112	3.828.000	1.350.000	9.311.919,10
10	53.756,66	34.337.063,49	28	5.950.000		7.983.864	3.924.000	1.400.000	9.257.320,42
11	55.369,35	35.367.175,40	28	0		8.204.616	3.924.000	1.400.000	12.768.553,38
12	57.030,44	36.428.190,66	29	5.950.000		8.462.160	4.068.000	1.450.000	9.186.720,80
13	58.741,35	37.521.036,38	30	5.950.000		8.719.704	4.164.000	1.500.000	9.114.809,32
14	60.503,59	38.646.667,47	31	5.950.000		8.977.248	4.308.000	1.550.000	9.021.230,57
15	62.318,70	39.806.067,49	32	5.950.000		9.234.792	4.452.000	1.600.000	8.932.139,01
16	64.188,26	41.000.249,52	33	5.950.000		9.529.128	4.548.000	1.650.000	8.852.144,61
17	66.113,91	42.230.257,00	34	5.950.000		9.823.464	4.692.000	1.700.000	8.754.202,73
18	68.097,32	43.497.164,71	35	5.950.000		10.117.800	4.788.000	1.750.000	8.680.793,55
19	70.140,24	44.802.079,66	36	5.950.000		10.412.136	4.932.000	1.800.000	8.590.570,44
20	72.244,45	46.146.142,05	37	5.950.000		10.706.472	5.076.000	1.850.000	8.504.009,94
21	74.411,78	47.530.526,31	38	5.950.000		11.037.600	5.172.000	1.900.000	8.424.709,79
22	76.644,14	48.956.442,10	39	5.950.000		11.368.728	5.316.000	1.950.000	8.331.467,32
23	78.943,46	50.425.135,36	40	5.950.000		11.699.856	5.412.000	2.000.000	8.257.555,98
24	81.311,76	51.937.889,42	41	5.950.000		12.067.776	5.556.000	2.050.000	8.159.162,16
25	83.751,12	53.496.026,10	43	11.900.000		12.435.696	5.796.000	2.150.000	6.264.650,48
									96.491.334,44

5.5. İnönü Üniversitesi-2.OSB Hattı

Trambüs hattı 2. OSB’de çalışan yolcuların da faydalanabilmesi için 2.OSB’nin Malatya Havaalanı’na paralel olan yolunun sonuna kadar uzamaktadır. Hat uzunluğu 54 km’dir.



Şekil 6. İnönü Üniversitesi-2.OSB hattına ait harita

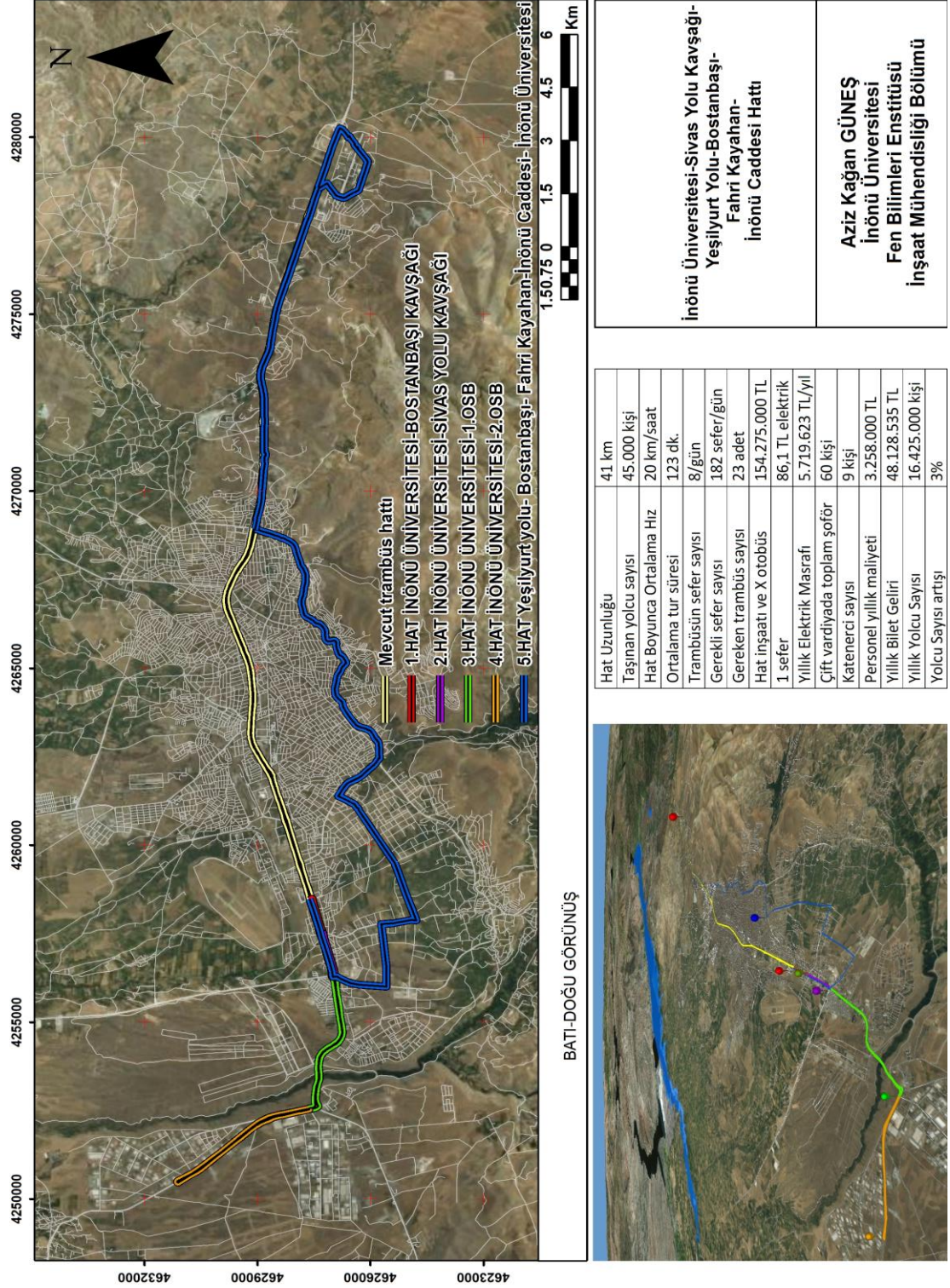
İnönü Üniversitesi-2.OSB hattına ait veriler aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir. Gelir ve giderleri oluşturacak kalemler hattın uzunluğu, taşınan yolcu sayısı ve kabul edilen hıza göre hesaplanarak nakit akış diyagramına işleme alınmıştır. Yatırımın net bugünkü değeri hesaplandığında - 4.033.582,81 olarak bulunur. Değer 0'dan küçük olduğu için ekonomik olarak uygulanabilir değildir. Hesaplamalara ilişkin Excel çalışma sayfası Çizelge 8'de verilmiştir.



Çizelge 8. İnönü Üniversitesi-2.OSB hattı için oluşturulan net bugünkü değer hesaplama Excel çalışma sayfası

YILA R	GÜNLÜK YOLCU SAYISI	BİLET GELİRİ	TRAMBÜS SAYISI	ALINAN TRAMBÜS MALİYETİ	İLK YATIRIM MALİYETİ	YILLIK ENERJİ MALİYETİ	YILLIK PERSONEL MALİYETİ	YILLIK BAKIM	NET BUGÜNKÜ DEĞER
0					207.400.000				-207.400.000
1	46.350,00	29.606.062,50	32	5.950.000		7.740.117	4.494.000	1.600.000	9.354.233,81
2	47.740,50	30.494.244,38	33	5.950.000		7.988.463	4.590.000	1.650.000	9.356.717,80
3	49.172,72	31.409.071,71	33	0		8.195.418	4.590.000	1.650.000	14.662.480,26
4	50.647,90	32.351.343,86	34	5.950.000		8.443.764	4.734.000	1.700.000	9.480.477,67
5	52.167,33	33.321.884,17	36	11.900.000		8.733.501	4.974.000	1.800.000	4.634.073,97
6	53.732,35	34.321.540,70	37	5.950.000		8.981.847	5.118.000	1.850.000	9.269.259,09
7	55.344,32	35.351.186,92	38	5.950.000		9.230.193	5.214.000	1.900.000	9.279.361,81
8	57.004,65	36.411.722,53	39	5.950.000		9.519.930	5.358.000	1.950.000	9.227.887,44
9	58.714,79	37.504.074,20	40	5.950.000		9.809.667	5.454.000	2.000.000	9.211.723,90
10	60.476,24	38.629.196,43	41	5.950.000		10.099.404	5.598.000	2.050.000	9.166.825,27
11	62.290,52	39.788.072,32	42	5.950.000		10.389.141	5.742.000	2.100.000	9.125.049,51
12	64.159,24	40.981.714,49	44	11.900.000		10.720.269	5.982.000	2.200.000	5.668.296,15
13	66.084,02	42.211.165,93	45	5.950.000		11.051.397	6.078.000	2.250.000	8.952.762,50
14	68.066,54	43.477.500,90	46	5.950.000		11.382.525	6.222.000	2.300.000	8.900.800,37
15	70.108,53	44.781.825,93	48	11.900.000		11.713.653	6.462.000	2.400.000	5.919.479,59
16	72.211,79	46.125.280,71	49	5.950.000		12.044.781	6.606.000	2.450.000	8.738.248,09
17	74.378,14	47.509.039,13	50	5.950.000		12.417.300	6.702.000	2.500.000	8.699.642,13
18	76.609,49	48.934.310,30	52	11.900.000		12.789.819	6.990.000	2.600.000	6.089.243,82
19	78.907,77	50.402.339,61	53	5.950.000		13.162.338	7.086.000	2.650.000	8.529.650,35
20	81.275,01	51.914.409,80	55	11.900.000		13.576.248	7.326.000	2.750.000	6.166.726,70
21	83.713,26	53.471.842,10	57	11.900.000		13.990.158	7.614.000	2.850.000	6.144.262,01
22	86.224,65	55.075.997,36	58	5.950.000		14.404.068	7.710.000	2.900.000	8.242.659,94
23	88.811,39	56.728.277,28	60	11.900.000		14.817.978	7.950.000	3.000.000	6.205.486,53
24	91.475,73	58.430.125,60	62	11.900.000		15.273.279	8.238.000	3.100.000	6.176.195,14
25	94.220,01	60.183.029,37	64	11.900.000		15.728.580	8.478.000	3.200.000	6.164.873,36
									-4.033.582,81

5.6. İnönü Üniversitesi-Sivas Yolu Kavşağı-Yeşilyurt Yolu-Bostanbaşı-Fahri Kayahan-İnönü Caddesi Hattı



Şekil 7. İnönü Üniversitesi-Sivas Yolu Kavşağı-Yeşilyurt Yolu-Bostanbaşı-Fahri Kayahan-İnönü Caddesi hattına ait harita

Şehrin nüfus yoğunlaşmasının fazla olduğu batı bölümünü büyük ölçüde geçen hat 41 km uzunluğundadır.

Yapılan hesaplama sonucunda yatırımın net bugünkü değeri 135.289.532,20 TL olarak hesaplanmıştır. Değer 0'dan büyük olduğu için yatırım ekonomik olarak uygulanabilir. Hesaplamalara ait Excel çalışma sayfası görüntüsü Çizelge 9'da verilmiştir.

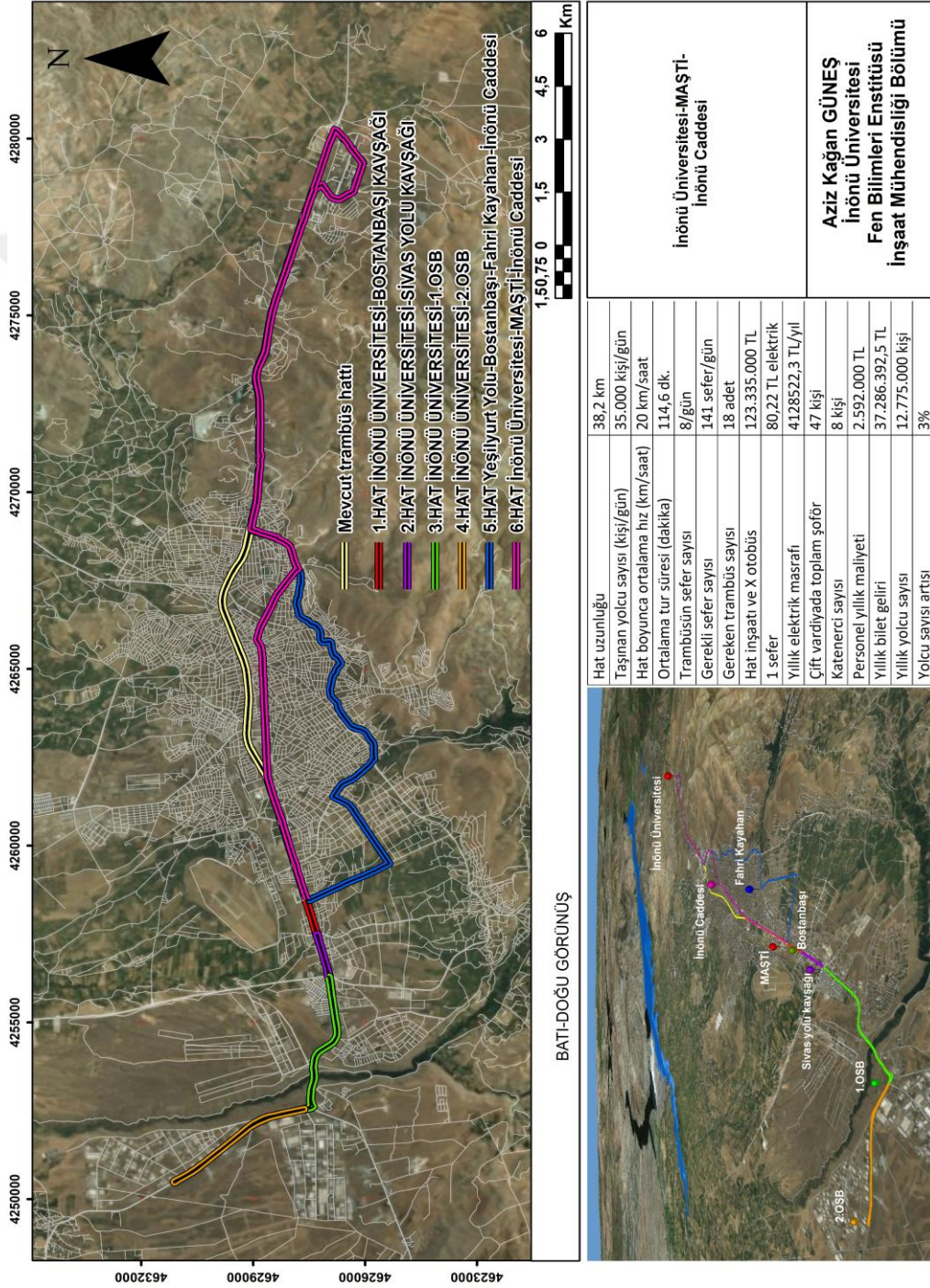


Çizelge 9. İnönü Üniversitesi-Sivas Yolu Kavşağı-Yeşilyurt Yolu-Bostanbaşı-Fahri Kayahan-İnönü Caddesi Hattı için oluşturulan Excel Çalışma Sayfası

YILLAR	GÜNLÜK YOLCU SAYISI	BİLET GELİRİ	TRAMBÜS SAYISI	ALINAN TRAMBÜS MALİYETİ	İLK YATIRIM MALİYETİ	YILLIK ENERJİ MALİYETİ	YILLIK PERSONEL MALİYETİ	YILLIK BAKIM	NET BUGÜNKÜ DEĞER
0					154.275.000,00				-154.275.000,00
1	46.350,00	29.606.062,50	24	5.950.000		5.876.755,50	3.402.000	1.200.000	12.549.816,19
2	47.740,50	30.494.244,38	25	5.950.000		6.065.314,50	3.498.000	1.250.000	12.454.358,16
3	49.172,72	31.409.071,71	25	0		6.222.447,00	3.498.000	1.250.000	17.655.652,48
4	50.647,90	32.351.343,86	26	5.950.000		6.411.006,00	3.642.000	1.300.000	12.380.304,80
5	52.167,33	33.321.884,17	27	5.950.000		6.630.991,50	3.786.000	1.350.000	12.226.841,73
6	53.732,35	34.321.540,70	28	5.950.000		6.819.550,50	3.882.000	1.400.000	12.140.917,19
7	55.344,32	35.351.186,92	28	0		7.008.109,50	3.882.000	1.400.000	16.389.077,17
8	57.004,65	36.411.722,53	29	5.950.000		7.228.095,00	4.026.000	1.450.000	12.019.061,29
9	58.714,79	37.504.074,20	30	5.950.000		7.448.080,50	4.122.000	1.500.000	11.914.947,15
10	60.476,24	38.629.196,43	31	5.950.000		7.668.066,00	4.266.000	1.550.000	11.784.144,97
11	62.290,52	39.788.072,32	32	5.950.000		7.888.051,50	4.410.000	1.600.000	11.658.517,20
12	64.159,24	40.981.714,49	33	5.950.000		8.139.463,50	4.506.000	1.650.000	11.546.720,46
13	66.084,02	42.211.165,93	34	5.950.000		8.390.875,50	4.650.000	1.700.000	11.412.669,49
14	68.066,54	43.477.500,90	35	5.950.000		8.642.287,50	4.746.000	1.750.000	11.308.074,18
15	70.108,53	44.781.825,93	36	5.950.000		8.893.699,50	4.890.000	1.800.000	11.182.746,31
16	72.211,79	46.125.280,71	37	5.950.000		9.145.111,50	5.034.000	1.850.000	11.061.638,33
17	74.378,14	47.509.039,13	38	5.950.000		9.427.950,00	5.130.000	1.900.000	10.951.522,04
18	76.609,49	48.934.310,30	39	5.950.000		9.710.788,50	5.274.000	1.950.000	10.824.114,36
19	78.907,77	50.402.339,61	40	5.950.000		9.993.627,00	5.370.000	2.000.000	10.719.923,43
20	81.275,01	51.914.409,80	41	5.950.000		10.307.892,00	5.514.000	2.050.000	10.587.774,51
21	83.713,26	53.471.842,10	43	11.900.000		10.622.157,00	5.754.000	2.150.000	8.272.072,70
22	86.224,65	55.075.997,36	44	5.950.000		10.936.422,00	5.898.000	2.200.000	10.286.801,16
23	88.811,39	56.728.277,28	45	5.950.000		11.250.687,00	5.994.000	2.250.000	10.185.039,34
24	91.475,73	58.430.125,60	47	11.900.000		11.596.378,50	6.282.000	2.350.000	8.155.327,76
25	94.220,01	60.183.029,37	48	5.950.000		11.942.070,00	6.378.000	2.400.000	9.896.469,79
									135.289.532,20

5.7. İnönü Üniversitesi-MAŞTİ-İnönü Caddesi Hattı

Mevcut hattı dönüş güzergâhını çevre yolu üzerinden değil şehrin en yoğun ana caddesi olan İnönü Caddesi üzerinden geçirilmesiyle oluşturulmuştur. 38,2 km uzunluğundadır.



Şekil 8. İnönü Üniversitesi-Maşti-İnönü Caddesi Hattına ait harita

İnönü Üniversitesi-MAŞTİ-İnönü Caddesi Hattı için yapılan hesaplamalar sonucunda yatırımın net bugünkü değeri 108.267.335,80 TL olarak hesaplanmıştır. Değer 0'dan büyük olduğu için yatırım ekonomik olarak uygulanabilir. Excel çalışma sayfası Çizelge 10'da gösterilmiştir.

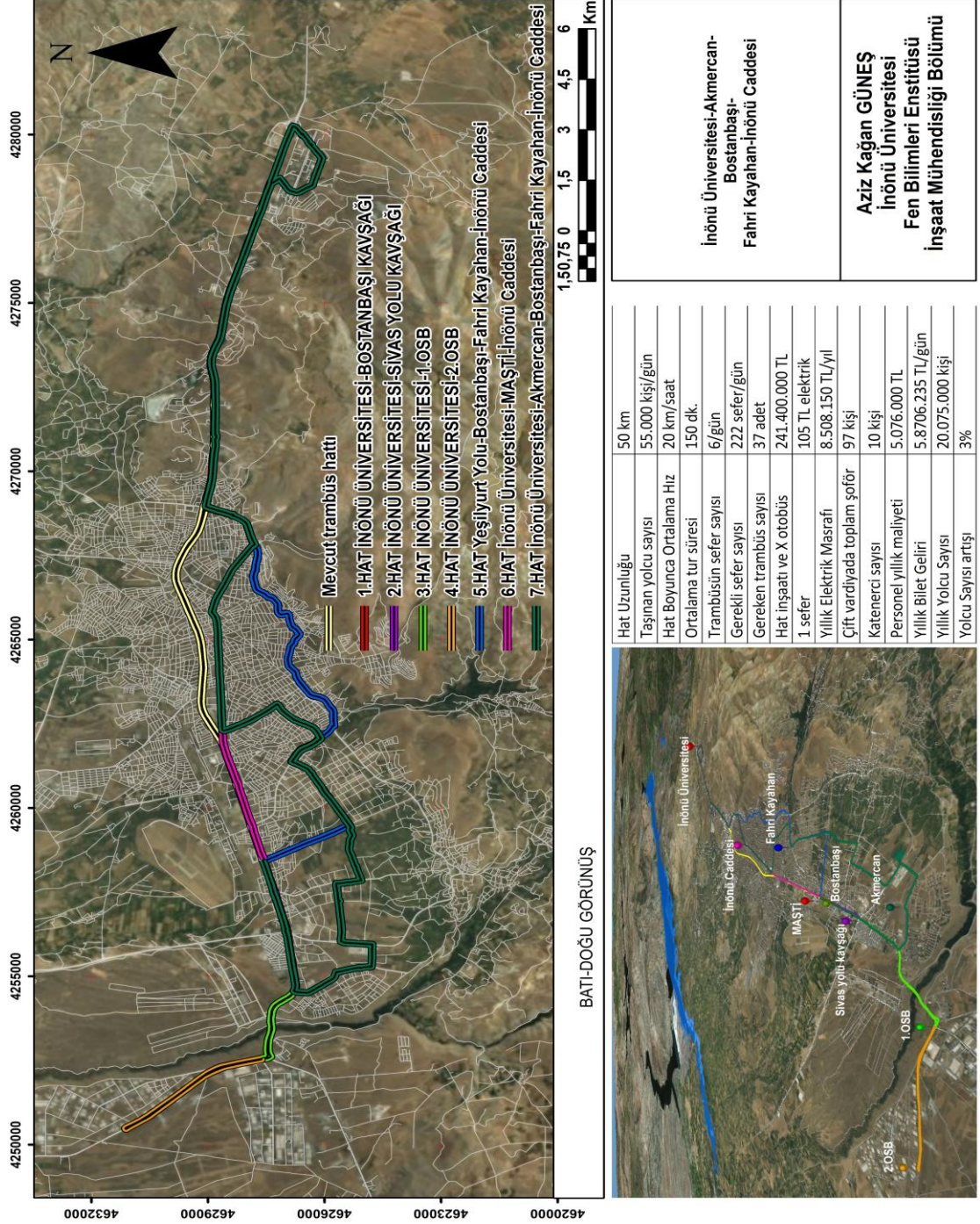


Çizelge 10. İnönü Üniversitesi-Maşti-İnönü Caddesi Hattı için oluşturulan net bugünkü değer hesaplama Excel çalışma sayfası

YILLAR	GÜNLÜK YOLCU SAYISI	BİLET GELİRİ	TRAMBÜS SAYISI	ALINAN TRAMBÜS MALİYETİ	İLK YATIRIM MALİYETİ	YILLIK ENERJİ MALİYETİ	YILLIK PERSONEL MALİYETİ	YILLIK BAKIM	NET BUGÜNKÜ DEĞER
0					123.335.000				-123.335.000
1	36.050,00	23.026.937,50	19	5.950.000		4.274.923,80	2.736.000	950.000	8.681.917,81
2	37.131,50	23.717.745,63	19	0		4.392.045,00	2.736.000	950.000	14.185.669,50
3	38.245,45	24.429.277,99	20	5.950.000		4.509.166,20	2.832.000	1.000.000	8.757.682,15
4	39.392,81	25.162.156,33	20	0		4.655.567,70	2.832.000	1.000.000	13.718.225,33
5	40.574,59	25.917.021,02	21	5.950.000		4.801.969,20	2.976.000	1.050.000	8.727.738,57
6	41.791,83	26.694.531,65	22	5.950.000		4.948.370,70	3.120.000	1.100.000	8.638.309,54
7	43.045,59	27.495.367,60	22	0		5.094.772,20	3.120.000	1.100.000	12.920.609,72
8	44.336,95	28.320.228,63	23	5.950.000		5.241.173,70	3.216.000	1.150.000	8.638.537,96
9	45.667,06	29.169.835,49	23	0		5.387.575,20	3.216.000	1.150.000	12.515.894,50
10	47.037,07	30.044.930,56	24	5.950.000		5.563.257,00	3.360.000	1.200.000	8.577.395,57
11	48.448,19	30.946.278,47	25	5.950.000		5.738.938,80	3.456.000	1.250.000	8.507.866,93
12	49.901,63	31.874.666,83	26	5.950.000		5.885.340,30	3.600.000	1.300.000	8.430.143,50
13	51.398,68	32.830.906,83	26	0		6.061.022,10	3.600.000	1.300.000	11.598.066,81
14	52.940,64	33.815.834,04	27	5.950.000		6.265.984,20	3.744.000	1.350.000	8.336.575,79
15	54.528,86	34.830.309,06	28	5.950.000		6.441.666,00	3.840.000	1.400.000	8.272.841,37
16	56.164,73	35.875.218,33	29	5.950.000		6.646.628,10	3.984.000	1.450.000	8.174.812,39
17	57.849,67	36.951.474,88	30	5.950.000		6.822.309,90	4.080.000	1.500.000	8.114.754,07
18	59.585,16	38.060.019,13	30	0		7.027.272,00	4.080.000	1.500.000	10.576.142,15
19	61.372,71	39.201.819,70	31	5.950.000		7.261.514,40	4.224.000	1.550.000	8.000.278,49
20	63.213,89	40.377.874,29	32	5.950.000		7.466.476,50	4.368.000	1.600.000	7.912.190,84
21	65.110,31	41.589.210,52	33	5.950.000		7.700.718,90	4.464.000	1.650.000	7.833.734,63
22	67.063,62	42.836.886,83	34	5.950.000		7.905.681,00	4.608.000	1.700.000	7.750.832,49
23	69.075,53	44.121.993,44	35	5.950.000		8.169.203,70	4.704.000	1.750.000	7.666.810,23
24	71.147,79	45.445.653,24	36	5.950.000		8.403.446,10	4.848.000	1.800.000	7.579.364,23
25	73.282,23	46.809.022,84	37	5.950.000		8.666.968,80	4.992.000	1.850.000	7.485.941,22
									108.267.335,80

5.8. İnönü Üniversitesi-Akmercan Anadolu Lisesi-Bostanbaşı-Fahri Kayahan-İnönü Caddesi Hattı

Son olarak seçilen bu hat şehrin doğu kısmından batı kısmına uzanmakta ve nüfusun görece yoğun olduğu yerlerden geçmektedir. Hat uzunluğu 50 km'dir.



Şekil 9. İnönü Üniversitesi-Akmercan-Bostanbaşı-Fahri Kayahan-İnönü Caddesi hattına ait harita

Yapılan hesaplama sonucunda yatırımın net bugünkü değeri 19.161.139,03 TL olarak hesaplanmıştır. Değer 0'dan büyük olduğu için yatırım ekonomik olarak uygulanabilir. Hesaplamalara ait Excel çalışma sayfası Çizelge 11'de görüntüsü aşağıda verilmiştir.



Çizelge 11. İnönü Üniversitesi-Akmercan-Bostanbaşı-Fahri Kayahan-İnönü Caddesi Hattı için oluşturulan net bugünkü değer hesaplama Excel çalışma sayfası

YILLAR	GÜNLÜK YOLCU SAYISI	BİLET GELİRİ	TRAMBÜS SAYISI	ALINAN TRAMBÜS MALİYETİ	İLK YATIRIM MALİYETİ	YILLIK ENERJİ MALİYETİ	YILLIK PERSONEL MALİYETİ	YILLIK BAKIM	NET BUGÜNKÜ DEĞER
0					241.400.000				-241.400.000
1	56.650,00	36.185.187,50	39	11.900.000		8.776.425	5.316.000	1.950.000	7.850.250,00
2	58.349,50	37.270.743,13	40	5.950.000		9.006.375	5.412.000	2.000.000	13.516.887,19
3	60.099,99	38.388.865,42	41	5.950.000		9.274.650	5.556.000	2.050.000	13.439.771,44
4	61.902,98	39.540.531,38	42	5.950.000		9.581.250	5.700.000	2.100.000	13.335.415,91
5	63.760,07	40.726.747,32	43	5.950.000		9.849.525	5.796.000	2.150.000	13.305.232,03
6	65.672,88	41.948.549,74	45	11.900.000		10.156.125	6.036.000	2.250.000	8.660.892,84
7	67.643,06	43.207.006,23	46	5.950.000		10.462.725	6.180.000	2.300.000	13.015.617,75
8	69.672,35	44.503.216,42	47	5.950.000		10.769.325	6.324.000	2.350.000	12.934.326,72
9	71.762,53	45.838.312,91	49	11.900.000		11.075.925	6.564.000	2.450.000	8.926.794,32
10	73.915,40	47.213.462,30	50	5.950.000		11.420.850	6.660.000	2.500.000	12.697.329,81
11	76.132,86	48.629.866,17	52	11.900.000		11.765.775	6.948.000	2.600.000	9.013.469,23
12	78.416,85	50.088.762,16	53	5.950.000		12.110.700	7.044.000	2.650.000	12.436.441,51
13	80.769,35	51.591.425,02	55	11.900.000		12.493.950	7.284.000	2.750.000	9.102.157,25
14	83.192,43	53.139.167,77	56	5.950.000		12.838.875	7.428.000	2.800.000	12.183.397,03
15	85.688,21	54.733.342,80	58	11.900.000		13.222.125	7.668.000	2.900.000	9.160.113,37
16	88.258,85	56.375.343,09	60	11.900.000		13.643.700	7.908.000	3.000.000	9.127.250,46
17	90.906,62	58.066.603,38	61	5.950.000		14.026.950	8.052.000	3.050.000	11.774.623,78
18	93.633,82	59.808.601,48	63	11.900.000		14.448.525	8.292.000	3.150.000	9.148.965,56
19	96.442,83	61.602.859,53	65	11.900.000		14.908.425	8.532.000	3.250.000	9.106.801,78
20	99.336,12	63.450.945,31	67	11.900.000		15.330.000	8.820.000	3.350.000	9.064.548,34
21	102.316,20	65.354.473,67	69	11.900.000		15.789.900	9.060.000	3.450.000	9.029.042,16
22	105.385,69	67.315.107,88	71	11.900.000		16.288.125	9.300.000	3.550.000	8.982.783,21
23	108.547,26	69.334.561,12	73	11.900.000		16.748.025	9.540.000	3.650.000	8.952.083,17
24	111.803,68	71.414.597,95	76	17.850.000		17.284.575	9.924.000	3.800.000	6.993.898,90
25	115.157,79	73.557.035,89	78	11.900.000		17.782.800	10.164.000	3.900.000	8.803.045,28
									19.161.139,03

6. ÇEVRECİ ULAŞIM ARAÇLARI OLARAK TRAMBÜSLER

Tez çalışmasında şehir içi toplu taşımacılığın trolleybüs hatları kullanılarak yapılmasının çevreye sunacağı katkılar da incelenmiştir. Malatya ili içinde verilen toplu taşıma hizmetinin trolleybüs hatları ile yapılması ile doğaya salınan CO₂ miktarının aynı hizmetin dizel araçlarla verilmesi sonucu atmosfere salınacak CO₂ miktarı karşılaştırılmıştır. Türkiye'de üretilen her kWh enerji için atmosfere yaklaşık 378 gram CO₂ salınmaktadır. Bunun sonucunda trolleybüs hatlarında kullanılan elektrik enerjisinin üretilmesi için atmosfere aynı oranda CO₂ salınmaktadır. Ülkemizde elektrik, ağırlıklı olarak linyit ve doğalgaz ile çalışan termik santrallerden üretilmektedir. Bu durumun güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi ve hidroelektrik enerjisi yönünde değişmesi ile gerçekleşecek CO₂ salınımı daha da azalacaktır.

Yapılan karşılaştırmada dizel yakıtlı araçların toplu taşıma hizmetini gerçekleştirirken atmosfere salınan her 100 gr CO₂'ye karşılık trolleybüs hatlarından 55 gr CO₂ salındığı hesaplanmıştır. Trolleybüs hatlarının atmosfere salınan CO₂ miktarını azaltmasının yanı sıra şehir merkezinde hiç CO₂ salınımı yapmaması başka bir avantajdır. Sanayi üretimi ve konutların ısıtılması sonucu havası kirlenen şehir merkezleri için toplu taşımanın şehir merkezinde CO₂ salınımı olmadan gerçekleştirilmesi önemli bir faydadır.

6.1. Hava Kirliliği

Hava kirliliği sanayi, ulaşım, elektrik üretimi gibi nedenlerle insan eliyle veya volkanik aktiviteler, deprem gibi doğal afetler sonucu zararlı gazların atmosfere salınmasıdır (TMMOB Hava Kirliliği Raporu 2018). Havayı kirleten gaz ve partiküllerin atmosferde belli bir seviyenin üstüne çıkması da hava kirliliği olarak tanımlanabilir. Atmosfere salınan zararlı gazlardan bazılarına Kükürtdioksit (SO₂) Azotoksitler (NO_x) gazları örnek olarak verilebilir.

6.1.1. Hava Kirliliğinin Sebepleri

Hava kirliliğinin sebepleri, insan eliyle veya doğal olaylarca oluşan faaliyetlere bağlanabilir. Bireysel araç kullanımı sonucu benzin veya dizel yakıtının yakılması sonucu

doğaya salınan CO₂ emisyonunu insan kaynaklı hava kirliliği olarak değerlendirilirken, deprem sonucu fay hatlarındaki kırılmalar sonucu ortaya çıkan gazlardan kaynaklı hava kirliliği de doğal olaylara bağlı hava kirliliğine örnek olarak gösterilebilir. Enerji üretimi için fosil yakıtlar kullanılır veya yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanılır. OECD 2019 Türkiye raporuna göre, Türkiye’de enerji ihtiyacının % 30’u petrol, % 28’i kömür, % 30’u doğalgaz ve kalan %12 ise yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmaktadır (OECD Environmental Performance Reviews: Turkey 2019). Aynı raporda Türkiye’de hava kirliliğinin 2005 yılından 2016 yılına kadar düzenli olarak arttığı, ve toplam artış oranının % 46 olduğu belirtilmiştir. Türkiye’nin enerji üretiminin %88 ‘inin fosil yakıtlardan karşıladığı ve 2015-2016 yılları arasında hava kirliliğinde % 46’lık artış birlikte düşünüldüğünde, Türkiye’nin enerji üretiminde yenilenebilir enerjiye yoğunlaşması gerektiği ve dolayısıyla, fosil kaynaklı enerji üretiminin de azaltılması gerektiğini ifade edebiliriz. Tez çalışması özelinde ulaşım açısından bakıldığında ise bireylerin özel araç kullanmak yerine toplu taşımaya yönlendirilmesi, motorinle çalışan ve atmosfere salınan CO₂ emisyonunu ciddi şekilde artıran otobüs, minibüs vb. araçlar yerine daha çevreci araçların kullanımı yönünde çalışmaların yapılması önem arz etmektedir. Kirletici parametreler atmosferde kendileri içim belirlenen eşik değerlerin üzerine çıktıklarında hava kirliliğine sebep olmaktadır.

6.1.2. Ulaşım Araçları Kaynaklı Hava Kirliliği

Şehir merkezlerinin kalabalıklaşması önemli çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Şehir içi ulaşım önemli ölçüde gürültü ve hava kirliliği oluşturur. Toplu taşıma ağırlıklı olarak dizel araçlarla yürütülmektedir. Sınırlı sayıda CNG kullanan otobüs bulunsa da toplu taşımada kullanılan otobüslerin sayısı göz önüne alındığında oranın çok düşük olduğu görülmektedir. Şehir içinde kullanılan dizel yakıt, kırsal kesim ve şantiyelerde kullanılan dizel yakıtı göre daha fazla rafine edilerek içerdiği kurşun ve diğer ağır metaller düşürülmektedir. Buna rağmen büyük şehirlerde toplu taşıma araçlarının çok sayıda olması nedeniyle atmosfere salınan ağır metal ve CO₂ çok fazladır.

Motorin yakıldığında atmosfere salınan ağır metal ve CO₂ miktarını düşürmek için motor standartları teknolojik gelişmelere bağlı olarak yükselmektedir. Dizel yakıtı mavi sıvı ilave edilerek zararlı gazların salınımı düşürülmesine rağmen çevresel kaygılar nedeniyle şehir merkezinde dizel araç kullanımını sınırlayan çevre kanunları gündeme daha sık gelmektedir.

Genel yönelim dizel araçların üretiminin sınırlandırılması yönünde olduğu için şehir içi toplu taşıma araçlarını üreten sanayiciler de dizel araçlar yerine alternatif araçlara yönelmektedir. Rusya Federasyonu ve Bağımsız Devletler Topluluğunda yaygın biçimde şehir içi toplu taşıma özel olarak inşa edilmiş elektrik hatlarından enerji alan elektrikli otobüslerle gerçekleştirilmektedir. Trolleybüs olarak adlandırılan elektrikli otobüsler şehir içinde hiç CO₂ salınımına neden olmadıkları için tercih edilmektedir. Fakat trolleybüsler katener hattından ayrılamayacakları için yolun mutlaka sağ şeridini kullanmak zorunda kalmaktadır. Ayrıca katener hat üzerinde içten yanmalı araçlara göre daha düşük hızla seyretmektedir. Şehir merkezinin çok kalabalık kısımlarında ve katlı kavşaklarda katener hatların inşası ve kullanımı zorlaşmaktadır. Belirtilen dezavantajları nedeniyle trolleybüs hatları Rusya ve BDT ülkeleri dışında fazla yaygınlaşmamıştır.

Teknolojik gelişmelerle birlikte elektrik enerjisi depolama araçlarının kapasitesi artmış ve maliyetleri azalmıştır. Bunun sayesinde elektrikli otobüsler katener hatta mutlak bağımlı olmaktan kurtulmuş ve sınırlı da olsa hareket serbestliğine sahip olmuştur. Bunun sayesinde şehir içi toplu taşımada trolleybüs hatları tekrar gündeme gelmiştir. Malatya Büyükşehir Belediyesi de toplu taşıma sorununu çözmek için şehirlerarası otobüs terminali ile İnönü Üniversitesi arasındaki güzergâha katener hat inşa edip trolleybüslerle toplu taşıma hizmeti vermeye başlamıştır. Bu çalışmada elektrikli otobüs kullanımı ile atmosfere salınan CO₂ gazının ne kadar azaltıldığı hesaplanmıştır. Ayrıca Malatya ili için 7 alternatif hattın analizi yapılarak 25 yıllık kullanım sonucunda CO₂ salınımının ne kadar azaltılabileceği tahmin edilmiştir.

6.1.3. Hava Kirliliğinin Sonuçları

Hava kirliliği başta insan olmak üzere tüm canlılara zarar vermektedir. İnsanların ve bir çok canlının oksijenli solunum yapmaları, oksijensiz solunum yapan canlı türlerinin dahi enerji üretirken kullandıkları organik veya inorganik maddelerin kalitesinde havanın içindeki yararlı gazların oranca fazla olması havanın mümkün olduğunca temiz olmasına bağlıdır.

Cacciola v.d (2002) Birleşmiş Milletler'in 600 milyondan fazla insanın tehlikeli düzeyde trafiğe bağlı hava kirliliğine maruz kaldığını belirtmiştir. Hava kirliliği birçok hastalığa sebep olmaktadır. Akciğer hastalıkları, solunum yolu rahatsızlıkları, göz hastalıkları ve kanser hava kirliliğinden direk veya dolaylı olarak etkilenen rahatsızlıklar arasında sayılabilir. Çevre Mühendisleri Odası 2018 yılı Hava Kirliliği raporuna göre hava

kirliliğine sebep olan maddeler ile bu maddelerin sebep olduğu hastalıklar aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 12. Hava kirleticileri ve sağlığa etkileri

Kirletici Adı	Sebepleri	Sonuçları
Kükürtdioksit (SO ₂)	Fosil Yakıt Yakılması, Taşıt Emisyonları	Solunum Yolu Hastalıkları
Azotoksitler (NO _x)	Taşıt Emisyonları, Yüksek Sıcaklıkta Yakma Prosesleri	Göz ve Solunum Yolu Hastalıkları
Partikül Madde	Sanayi, Taşıt Emisyonları, Fosil Yakıt Yakılması, Tarım ve İkincil Kimyasal Reaksiyonlar	Kanser, Kalp Problemleri, Solunum Yolu Hastalıkları, Bebek Ölüm Oranlarında Artış,
Ozon (O ₃)	Trafikten Kaynaklanan Azot Oksitler ve Uçucu Organik Bileşiklerin (VOC) Güneş Işıyla Değişimi	Solunum Sistemi Problemleri, Göz ve Burunda İritasyon, Astım, Vücut Direncinde Azalma
Karbonmonoksit (CO)	Eksik Yanma Ürünü, Taşıt Emisyonları	Kandaki Hemeoglobin ile Birleşerek Oksijen Taşınma Kapasitesinde Azalma, Ölüm

CO₂ emisyonu hesaplanırken Tier 1 yöntemi kullanılabilir. Bu yöntemde aşağıdaki adımlar takip edilir;

- Tüketilen yakıt miktarı ve cinsi belirlenir ve miktar TeraJoul'e çevrilir
- Yakıt cinslerine göre karbon emisyon faktörleri ve toplam karbon miktarları belirlenir.
- Karbon emisyonu ağırlık olarak karbondioksit emisyonuna çevrilir (Diler, 2006).

6.2. Toplu Taşımada Enerji Sarfiyatının Hesaplanması

Trolleybüs hatlarının kullanımı sonucu gerçekleşecek CO₂ salınımı ile aynı sayıda yolcuların dizel yakıtla çalışan körüklü otobüslerle taşınması sonucu oluşacak CO₂ salınımının hesaplanması bu bölümde açıklanmıştır.

Toplu taşıma aracının kilometre başına tükettiği ortalama enerji miktarı hat uzunluğu ile çarpılarak 1 sefer için harcanan enerji miktarı hesaplanır. Günlük taşınan yolcu sayısı ve toplu taşıma araçlarının ortalama doluluk oranları göz önüne alınarak gün içinde yapılması gereken sefer sayısı hesaplanır. Birim seferde harcanan enerji ile günlük sefer sayısı çarpılarak günlük enerji sarfiyatı hesaplanır. Yıllık enerji sarfiyatı ise günlük

enerji sarfiyatının 365 ile çarpılmasıyla hesaplanır. CO₂ salınımı ise harcanan birim enerji için atmosfere salınan CO₂ miktarının toplam enerji tüketimi ile çarpılması sonucu elde edilir.

$$K_S = E_S \times K_{et} \times S_{ST} \times L_h \times 365 \quad (6.1)$$

K_{et} : Km başına enerji tüketimi

E_S : Birim enerji tüketimi ile atmosfere salınan CO₂ miktarı

S_{ST} : Günlük sefer sayısı

L_h : Hat uzunluğu(km)

K_S : Karbon salınım miktarı

Günlük yapılması gereken sefer sayısı, günlük taşınması gereken yolcu sayısının toplu taşıma aracının kapasitesine bölünmesi ile elde edilir. Fakat, toplu taşıma aracı günün her saatinde tam dolu hizmet veremeyeceği için kapasite ortalama doluluk oranı katsayısı ile çarpılır. Bu değer trambüsler için 0,6, körüklü otobüsler için 0,7 olarak alınmıştır. Ayrıca hat boyunca trambüs ilk duraktan son durağa kadar aynı kişileri taşımayacaktır. Sefer sırasında yolcular devinim içinde olacak ve çeşitli duraklarda inip bineceklerdir. Bu sayede toplu taşıma aracı sefer boyunca içine alabileceği maksimum yolcu sayısından daha fazla sayıda yolcu taşıyabilecektir. Bu durum hattın genel karakteristiği ile ilgili bir katsayı ile tanımlanır.

$$S_s = \frac{\text{GünlükTaşınanYolcuSayısı}}{\text{AraçKapasitesi} * \text{DolulukOranı} * \text{SeferKatsayısı}}$$

6.3. İncelenen Trambüs Hatları

MOTAŞ tarafından işletilen mevcut hat dâhil alternatif 8 trambüs hattının enerji ihtiyacı Keban Barajı'ndan karşılanmaktadır. Böylelikle Malatya ilinde trambüs kullanımı kaynaklı atmosfere salınan CO₂ emisyonu yok denecek kadar azdır. Çalışmanın bu kısmında, Malatya dışındaki herhangi bir yerleşim merkezinde trambüslerin kullandıkları enerjinin tamamının termik santralden karşılanması üzerinde çalışılmıştır. Çalışmada belirlenmiş olan mevcut hat dahil sekiz hatta ait veriler aynı kalarak (hat uzunluğu, yolcu sayısı, işletme ömrü v.d.) durumu düşünülerek mevcut trambüs hatları belirlenerek atmosfere salınan CO₂ miktarının nasıl değişeceği hesaplanmıştır. Ayrıca Malatya ilinde belirlenmiş olan trambüs hatlarında, trambüs yerine dizel körüklü otobüs kullanımı

durumunda, doğaya salınan CO₂ emisyonu hesaplanmış ve böylelikle trambüs kullanımıyla doğaya sağlanan katkı gösterilmiştir.

6.3.1. Mevcut Hat

M.A.Ş.T.İ- İnönü Üniversitesindeki faaliyet gösteren trambüs hattına ait veriler aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 13. Emisyon hesabı için İnönü Üniversitesi-Maşti Hattına ait veriler

Hatta ilişkin veriler	Değerler
Hat Uzunluğu	36 km
Taşıman yolcu sayısı (kişi/gün)	30.000 kişi/gün
Hat Boyunca Ortalama Hız (km/saat)	25 km/saat
Ortalama tur süresi (dakika)	86,4 dk.
Trambüsün sefer sayısı	10 gün
Gerekli sefer sayısı	121 sefer/gün

Malatya ilinde ulaşım hizmeti sunan trambüslerin ihtiyaç duyduğu enerji Keban Barajı'ndan karşılanmaktadır. Bu sebeple, trambüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO₂ emisyonu sıfıra yakındır. Çalışmanın bundan sonraki safhasında, , trambüsler için gerekli enerjinin termik santralden karşılandığı başka bir ilde, mevcut hat ve alternatif hatlara ait değerler aynı kalmak kaydıyla, trambüs ve körüklü dizel otobüs kullanımı sonucu 25 yıllık kullanım süresi için gerçekleştirilecek karbon salınımı kıyaslamaları yapılmıştır.

Çizelge 14. İnönü Üniversitesi-Maşti Hattında trambüs hattı kullanımı sonucu atmosfere salınan CO₂ miktarı (kg)

Yıllar	Günlük Yolcu sayısı(kişi)	CO ₂ Salınımı(kg)
1	30.900	1.788.091
2	31.827	1.847.694
3	32.781	1.907.297
4	33.765	1.966.900
5	34.778	2.026.503
6	35.821	2.086.106
7	36.896	2.145.709
8	38.003	2.205.312
9	39.143	2.264.915
10	40.317	2.339.419
11	41.527	2.413.923
12	42.772	2.488.426
13	44.056	2.562.930
14	45.377	2.637.434
15	46.739	2.711.938
16	48.141	2.786.442
17	49.585	2.875.846
18	51.072	2.965.251
19	52.605	3.054.655
20	54.183	3.144.060
21	55.808	3.233.464
22	57.483	3.337.770
23	59.207	3.427.174
24	60.983	3.531.480
25	62.813	3.635.785

Hatta ait tüm veriler aynı kalmak kaydıyla, 25 yıl boyunca toplu taşıma hizmetinin trambüsle sağlanması durumunda atmosfere salınacak CO₂ miktarı 65.385 tondur.

Aynı analiz taşınan yolcuların mazotla çalışan körüklü otobüslerle taşınması sonucu atmosfere salınacak CO₂ miktarının belirlenmesi için yapılmıştır.

Körüklü otobüs kullanımı sonucu 25 yıl içerisinde atmosfere salınacak CO₂ miktarı 119.745 ton olarak hesaplanmıştır. Elde edilen değerin trambüs hattında gerçekleşecek salınımla karşılaştırıldığında çok büyük olduğu görülmektedir. Elektrikli otobüs kullanımı atmosfere salınan CO₂ miktarını önemli ölçüde düşürmüştür.

Çizelge 15. İnönü Üniversitesi-Maşti Hattında dizel körüklü otobüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO₂ miktarı (kg)

Yıllar	Günlük Yolcu sayısı(kişi)	CO ₂ Salınımı(kg)
1	30.900	3.279.744
2	31.827	3.382.236
3	32.782	3.484.728
4	33.765	3.587.220
5	34.778	3.706.794
6	35.822	3.809.286
7	36.896	3.928.860
8	38.003	4.048.434
9	39.143	4.168.008
10	40.317	4.287.582
11	41.527	4.407.156
12	42.773	4.543.812
13	44.056	4.680.468
14	45.378	4.817.124
15	46.739	4.970.862
16	48.141	5.124.600
17	49.585	5.261.256
18	51.073	5.432.076
19	52.605	5.585.814
20	54.183	5.756.634
21	55.809	5.927.454
22	57.483	6.115.356
23	59.208	6.286.176
24	60.984	6.474.078
25	62.813	6.679.062

6.3.2. İnönü Üniversitesi-Bostanbaşı Hattı

Malatya dışında ve trambüsler için gerekli elektrik ihtiyacını termik santralden karşılayan herhangi bir şehirde, hatta ait tüm veriler aynı kalmak kaydıyla, 25 yıl boyunca toplu taşıma hizmetinin trambüsle sağlanması durumunda atmosfere salınacak CO₂ miktarı 75.859 tondur. Yıllara göre yolcu sayısı ve CO₂ salınımını Çizelge 16.'da gösterilmiştir.

Çizelge 16. İnönü Üniversitesi-Bostanbaşı Kavşağı hattında trambüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO₂ miktarı (kg)

Yıllar	Günlük Yolcu Sayısı	CO ₂ Salınımı(kg)
1	33.990	2.076.173
2	35.010	2.139.087
3	36.060	2.202.001
4	37.142	2.280.644
5	38.256	2.343.558
6	39.404	2.406.473
7	40.586	2.485.116
8	41.803	2.563.759
9	43.058	2.642.401
10	44.349	2.721.044
11	45.680	2.799.687
12	47.050	2.878.330
13	48.462	2.972.702
14	49.915	3.051.345
15	51.413	3.145.716
16	52.955	3.240.087
17	54.544	3.334.459
18	56.180	3.444.559
19	57.866	3.538.931
20	59.602	3.649.031
21	61.390	3.759.131
22	63.231	3.869.231
23	65.128	3.979.331
24	67.082	4.105.159
25	69.095	4.230.988

Bostanbaşı-İnönü Üniversitesi arasında 25 yıl boyunca toplu taşıma hizmetinin körüklü otobüsler tarafından sağlanması sonucu atmosfere toplam 139.019 ton CO₂ salınacağı hesaplanmıştır. Yıllara göre yolcu sayısı ve CO₂ salınımını Çizelge 17’de gösterilmiştir.

Çizelge 17. İnönü Üniversitesi-Bostanbaşı hattında dizel körüklü otobüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO₂ miktarı (kg)

Yıllar	Günlük Yolcu Sayısı	CO ₂ Salınımı(kg)
1	33.990	3.822.572
2	35.010	3.930.758
3	36.060	4.038.944
4	37.142	4.165.161
5	38.256	4.291.378
6	39.404	4.417.595
7	40.586	4.561.843
8	41.803	4.688.060
9	43.058	4.832.308
10	44.349	4.976.556
11	45.680	5.120.804
12	47.050	5.283.083
13	48.462	5.445.362
14	49.915	5.607.641
15	51.413	5.769.920
16	52.955	5.932.199
17	54.544	6.112.509
18	56.180	6.292.819
19	57.866	6.491.160
20	59.602	6.689.501
21	61.390	6.887.842
22	63.231	7.086.183
23	65.128	7.302.555
24	67.082	7.518.927
25	69.095	7.753.330

6.3.3. İnönü Üniversitesi- Sivas Yolu Kavşağı Hattı

Malatya dışında ve elektrik ihtiyacını termik santralden karşılayan herhangi bir şehirde, hatta ait tüm veriler aynı kalmak kaydıyla, 25 yıl boyunca toplu taşıma hizmetinin trambüsle sağlanması durumunda atmosfere salınacak CO₂ miktarı 84.719 tondur. Yıllara göre yolcu sayısı ve CO₂ salınımını Çizelge 16.'da gösterilmiştir.

Çizelge 18. İnönü Üniversitesi-Sivas Yolu Kavşağı hattında trambüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO₂ miktarı (kg)

Yıllar	Günlük Yolcu sayısı(kişi)	CO ₂ Salınımı(kg)
1	36.050,00	2.317.896,00
2	37.131,50	2.400.678,00
3	38.245,45	2.466.903,60
4	39.392,81	2.533.129,20
5	40.574,59	2.615.911,20
6	41.791,83	2.698.693,20
7	43.045,59	2.781.475,20
8	44.336,95	2.864.257,20
9	45.667,06	2.947.039,20
10	47.037,07	3.029.821,20
11	48.448,19	3.129.159,60
12	49.901,63	3.211.941,60
13	51.398,68	3.311.280,00
14	52.940,64	3.410.618,40
15	54.528,86	3.509.956,80
16	56.164,73	3.625.851,60
17	57.849,67	3.725.190,00
18	59.585,16	3.841.084,80
19	61.372,71	3.956.979,60
20	63.213,89	4.072.874,40
21	65.110,31	4.188.769,20
22	67.063,62	4.321.220,40
23	69.075,53	4.453.671,60
24	71.147,79	4.586.122,80
25	73.282,23	4.718.574,00

İnönü Üniversitesi-Sivas Yolu Kavşağı hattında 25 yıl boyunca toplu taşıma hizmetinin körüklü otobüsler tarafından sağlanması sonucu atmosfere toplam 155.180 ton

CO₂ salınacağı hesaplanmıştır. Yıllara göre yolcu sayısı ve CO₂ salınımını Çizelge 19’de gösterilmiştir

Çizelge 19. İnönü Üniversitesi-Sivas Yolu Kavşağı hattında dizel körüklü otobüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO₂ miktarı (kg)

Yıllar	Günlük Yolcu sayısı(kişi)	CO ₂ Salınımı(kg)
1	36.050,00	4.251.520,00
2	37.131,50	4.384.380,00
3	38.245,45	4.517.240,00
4	39.392,81	4.650.100,00
5	40.574,59	4.801.940,00
6	41.791,83	4.934.800,00
7	43.045,59	5.086.640,00
8	44.336,95	5.238.480,00
9	45.667,06	5.390.320,00
10	47.037,07	5.561.140,00
11	48.448,19	5.712.980,00
12	49.901,63	5.883.800,00
13	51.398,68	6.073.600,00
14	52.940,64	6.244.420,00
15	54.528,86	6.434.220,00
16	56.164,73	6.624.020,00
17	57.849,67	6.832.800,00
18	59.585,16	7.041.580,00
19	61.372,71	7.250.360,00
20	63.213,89	7.459.140,00
21	65.110,31	7.686.900,00
22	67.063,62	7.914.660,00
23	69.075,53	8.161.400,00
24	71.147,79	8.389.160,00
25	73.282,23	8.654.880,00

6.3.4. İnönü Üniversitesi-1.OSB Hattı

Malatya dışında ve elektrik ihtiyacını termik santralden karşılayan herhangi bir şehirde, hatta ait tüm veriler aynı kalmak kaydıyla, 25 yıl boyunca toplu taşıma hizmetinin trambüsle sağlanması durumunda atmosfere salınacak CO₂ miktarı 108.813 tondur. Yıllara göre yolcu sayısı ve CO₂ salınımını Çizelge 20.'de gösterilmiştir.

Çizelge 20. İnönü Üniversitesi-1.OSB hattında trambüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO₂ miktarı (kg)

Yıllar	Günlük Yolcu sayısı(kişi)	CO ₂ Salınımı(kg)
1	41.200,00	2.980.152,00
2	42.436,00	3.073.281,75
3	43.709,08	3.166.411,50
4	45.020,35	3.259.541,25
5	46.370,96	3.371.296,95
6	47.762,09	3.464.426,70
7	49.194,95	3.557.556,45
8	50.670,80	3.669.312,15
9	52.190,93	3.781.067,85
10	53.756,66	3.892.823,55
11	55.369,35	4.004.579,25
12	57.030,44	4.134.960,90
13	58.741,35	4.265.342,55
14	60.503,59	4.377.098,25
15	62.318,70	4.507.479,90
16	64.188,26	4.656.487,50
17	66.113,91	4.786.869,15
18	68.097,32	4.935.876,75
19	70.140,24	5.084.884,35
20	72.244,45	5.233.891,95
21	74.411,78	5.382.899,55
22	76.644,14	5.550.533,10
23	78.943,46	5.718.166,65
24	81.311,76	5.885.800,20
25	83.751,12	6.072.059,70

İnönü Üniversitesi-1.OSB hattında 25 yıl boyunca toplu taşıma hizmetinin körüklü otobüsler tarafından sağlanması sonucu atmosfere toplam 199.475 ton CO₂ salınacağı hesaplanmıştır. Yıllara göre yolcu sayısı ve CO₂ salınımını Çizelge 19'de gösterilmiştir

Çizelge 21. İnönü Üniversitesi-1.OSB hattında dizel körüklü otobüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO₂ miktarı (kg)

Yıllar	Günlük Yolcu sayısı(kişi)	CO ₂ Salınımı(kg)
1	41.200,00	5.466.240,00
2	42.436,00	5.637.060,00
3	43.709,08	5.807.880,00
4	45.020,35	5.978.700,00
5	46.370,96	6.170.872,50
6	47.762,09	6.341.692,50
7	49.194,95	6.533.865,00
8	50.670,80	6.726.037,50
9	52.190,93	6.939.562,50
10	53.756,66	7.131.735,00
11	55.369,35	7.345.260,00
12	57.030,44	7.580.137,50
13	58.741,35	7.793.662,50
14	60.503,59	8.028.540,00
15	62.318,70	8.284.770,00
16	64.188,26	8.519.647,50
17	66.113,91	8.775.877,50
18	68.097,32	9.032.107,50
19	70.140,24	9.309.690,00
20	72.244,45	9.587.272,50
21	74.411,78	9.886.207,50
22	76.644,14	10.185.142,50
23	78.943,46	10.484.077,50
24	81.311,76	10.804.365,00
25	83.751,12	11.124.652,50

6.3.5. İnönü Üniversitesi-2.OSB Hattı

Malatya dışında ve elektrik ihtiyacını termik santralden karşılayan herhangi bir şehirde, hatta ait tüm veriler aynı kalmak kaydıyla, 25 yıl boyunca toplu taşıma hizmetinin

trambüsle sağlanması durumunda atmosfere salınacak CO₂ miktarı 146.869 tondur. Yıllara göre yolcu sayısı ve CO₂ salınımını Çizelge 22.'de gösterilmiştir.

Çizelge 22. İnönü Üniversitesi-2.OSB hattında trambüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO₂ miktarı (kg)

Yıllar	Günlük Yolcu sayısı(kişi)	CO ₂ Salınımı(kg)
1	45.320,00	4.023.205,20
2	46.679,60	4.157.312,04
3	48.079,99	4.269.067,74
4	49.522,39	4.403.174,58
5	51.008,06	4.537.281,42
6	52.538,30	4.671.388,26
7	54.114,45	4.805.495,10
8	55.737,88	4.961.953,08
9	57.410,02	5.096.059,92
10	59.132,32	5.252.517,90
11	60.906,29	5.408.975,88
12	62.733,48	5.587.785,00
13	64.615,48	5.744.242,98
14	66.553,95	5.923.052,10
15	68.550,57	6.101.861,22
16	70.607,08	6.280.670,34
17	72.725,30	6.459.479,46
18	74.907,05	6.660.639,72
19	77.154,27	6.861.799,98
20	79.468,89	7.062.960,24
21	81.852,96	7.264.120,50
22	84.308,55	7.487.631,90
23	86.837,81	7.711.143,30
24	89.442,94	7.957.005,84
25	92.126,23	8.180.517,24

İnönü Üniversitesi-2.OSB hattında 25 yıl boyunca toplu taşıma hizmetinin körüklü otobüsler tarafından sağlanması sonucu atmosfere toplam 506.799 ton CO₂ salınacağı hesaplanmıştır. Yıllara göre yolcu sayısı ve CO₂ salınımını Çizelge 23'te gösterilmiştir

Çizelge 23. İnönü Üniversitesi-2.OSB hattında dizel körüklü otobüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO₂ miktarı (kg)

Yıllar	Günlük Yolcu sayısı(kişi)	CO ₂ Salınımı(kg)
1	45.320,00	13.891.462,00
2	46.679,60	14.310.920,00
3	48.079,99	14.755.052,00
4	49.522,39	15.199.184,00
5	51.008,06	15.643.316,00
6	52.538,30	16.112.122,00
7	54.114,45	16.605.602,00
8	55.737,88	17.099.082,00
9	57.410,02	17.617.236,00
10	59.132,32	18.135.390,00
11	60.906,29	18.678.218,00
12	62.733,48	19.245.720,00
13	64.615,48	19.813.222,00
14	66.553,95	20.405.398,00
15	68.550,57	21.022.248,00
16	70.607,08	21.663.772,00
17	72.725,30	22.305.296,00
18	74.907,05	22.971.494,00
19	77.154,27	23.662.366,00
20	79.468,89	24.377.912,00
21	81.852,96	25.093.458,00
22	84.308,55	25.858.352,00
23	86.837,81	26.623.246,00
24	89.442,94	27.437.488,00
25	92.126,23	28.251.730,00

6.3.6. İnönü Üniversitesi- Sivas Yolu Kavşağı-Yeşilyurt Yolu-Bostanbaşı-Fahri Kayahan-İnönü Caddesi

Malatya dışında ve elektrik ihtiyacını termik santralden karşılayan herhangi bir şehirde, hatta ait tüm veriler aynı kalmak kaydıyla, 25 yıl boyunca toplu taşıma hizmetinin trambüsle sağlanması durumunda atmosfere salınacak CO₂ miktarı 111.511 tondur. Yıllara göre yolcu sayısı ve CO₂ salınımını Çizelge 24.'de gösterilmiştir.

Çizelge 24. İnönü Üniversitesi- Sivas Yolu Kavşağı-Yeşilyurt Yolu-Bostanbaşı-Fahri Kayahan-İnönü Caddesi hattında trambüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO₂ miktarı (kg)

Yıllar	Günlük Yolcu sayısı(kişi)	CO ₂ Salınımı(kg)
1	46.350,00	2.317.896,00
2	47.740,50	2.400.678,00
3	49.172,72	2.466.903,60
4	50.647,90	2.533.129,20
5	52.167,33	2.615.911,20
6	53.732,35	2.698.693,20
7	55.344,32	2.781.475,20
8	57.004,65	2.864.257,20
9	58.714,79	2.947.039,20
10	60.476,24	3.029.821,20
11	62.290,52	3.129.159,60
12	64.159,24	3.211.941,60
13	66.084,02	3.311.280,00
14	68.066,54	3.410.618,40
15	70.108,53	3.509.956,80
16	72.211,79	3.625.851,60
17	74.378,14	3.725.190,00
18	76.609,49	3.841.084,80
19	78.907,77	3.956.979,60
20	81.275,01	4.072.874,40
21	83.713,26	4.188.769,20
22	86.224,65	4.321.220,40
23	88.811,39	4.453.671,60
24	91.475,73	4.586.122,80
25	94.220,01	4.718.574,00

İnönü Üniversitesi- Sivas Yolu Kavşağı-Yeşilyurt Yolu-Bostanbaşı-Fahri Kayahan-İnönü Caddesi hattında 25 yıl boyunca toplu taşıma hizmetinin körüklü otobüsler tarafından sağlanması sonucu atmosfere toplam 204.408 ton CO₂ salınacağı hesaplanmıştır. Yıllara göre yolcu sayısı ve CO₂ salınımını Çizelge 23'te gösterilmiştir.

Çizelge 25. İnönü Üniversitesi- Sivas Yolu Kavşağı-Yeşilyurt Yolu-Bostanbaşı-Fahri Kayahan-İnönü Caddesi hattında dizel körüklü otobüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO₂ miktarı (kg)

Yıllar	Günlük Yolcu sayısı(kişi)	CO ₂ Salınımı(kg)
1	46.350,00	5.602.896,00
2	47.740,50	5.777.986,50
3	49.172,72	5.953.077,00
4	50.647,90	6.128.167,50
5	52.167,33	6.322.712,50
6	53.732,35	6.497.803,00
7	55.344,32	6.692.348,00
8	57.004,65	6.906.347,50
9	58.714,79	7.100.892,50
10	60.476,24	7.314.892,00
11	62.290,52	7.528.891,50
12	64.159,24	7.762.345,50
13	66.084,02	7.995.799,50
14	68.066,54	8.229.253,50
15	70.108,53	8.482.162,00
16	72.211,79	8.735.070,50
17	74.378,14	8.987.979,00
18	76.609,49	9.260.342,00
19	78.907,77	9.552.159,50
20	81.275,01	9.824.522,50
21	83.713,26	10.116.340,00
22	86.224,65	10.427.612,00
23	88.811,39	10.738.884,00
24	91.475,73	11.069.610,50
25	94.220,01	11.400.337,00

6.3.7. İnönü Üniversitesi- MAŞTİ-İnönü Caddesi Hattı

Malatya dışında ve elektrik ihtiyacını termik santralden karşılayan herhangi bir şehirde, hatta ait tüm veriler aynı kalmak kaydıyla, 25 yıl boyunca toplu taşıma hizmetinin trambüsle sağlanması durumunda atmosfere salınacak CO₂ miktarı 81.542 tondur. Yıllara göre yolcu sayısı ve CO₂ salınımını Çizelge 26.'da gösterilmiştir.

Çizelge 26. İnönü Üniversitesi- Maşti-İnönü Caddesi hattında trambüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO₂ miktarı (kg)

Yıllar	Günlük Yolcu sayısı(kişi)	CO ₂ Salınımı(kg)
1	36.050,00	2.230.974,90
2	37.131,50	2.310.652,58
3	38.245,45	2.374.394,72
4	39.392,81	2.438.136,86
5	40.574,59	2.517.814,53
6	41.791,83	2.597.492,21
7	43.045,59	2.677.169,88
8	44.336,95	2.756.847,56
9	45.667,06	2.836.525,23
10	47.037,07	2.916.202,91
11	48.448,19	3.011.816,12
12	49.901,63	3.091.493,79
13	51.398,68	3.187.107,00
14	52.940,64	3.282.720,21
15	54.528,86	3.378.333,42
16	56.164,73	3.489.882,17
17	57.849,67	3.585.495,38
18	59.585,16	3.697.044,12
19	61.372,71	3.808.592,87
20	63.213,89	3.920.141,61
21	65.110,31	4.031.690,36
22	67.063,62	4.159.174,64
23	69.075,53	4.286.658,92
24	71.147,79	4.414.143,20
25	73.282,23	4.541.627,48

İnönü Üniversitesi- Maşti-İnönü Caddesi hattında 25 yıl boyunca toplu taşıma hizmetinin körüklü otobüsler tarafından sağlanması sonucu atmosfere toplam 149.361 ton

CO₂ salınacağı hesaplanmıştır. Yıllara göre yolcu sayısı ve CO₂ salınımını Çizelge 27’de gösterilmiştir

Çizelge 27. İnönü Üniversitesi- Maşti-İnönü Caddesi hattında dizel körüklü otobüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO₂ miktarı (kg)

Yıllar	Günlük Yolcu sayısı(kişi)	CO ₂ Salınımı(kg)
1	36.050,00	4.092.088,00
2	37.131,50	4.219.965,75
3	38.245,45	4.347.843,50
4	39.392,81	4.475.721,25
5	40.574,59	4.621.867,25
6	41.791,83	4.749.745,00
7	43.045,59	4.895.891,00
8	44.336,95	5.042.037,00
9	45.667,06	5.188.183,00
10	47.037,07	5.352.597,25
11	48.448,19	5.498.743,25
12	49.901,63	5.663.157,50
13	51.398,68	5.845.840,00
14	52.940,64	6.010.254,25
15	54.528,86	6.192.936,75
16	56.164,73	6.375.619,25
17	57.849,67	6.576.570,00
18	59.585,16	6.777.520,75
19	61.372,71	6.978.471,50
20	63.213,89	7.179.422,25
21	65.110,31	7.398.641,25
22	67.063,62	7.617.860,25
23	69.075,53	7.855.347,50
24	71.147,79	8.074.566,50
25	73.282,23	8.330.322,00

6.3.8. İnönü Üniversitesi- MAŞTİ-Akmercan Anadolu Lisesi-Bostanbaşı-Fahri Kayahan-İnönü Caddesi Hattı

Malatya dışında ve elektrik ihtiyacını termik santralden karşılayan herhangi bir şehirde, hatta ait tüm veriler aynı kalmak kaydıyla, 25 yıl boyunca toplu taşıma hizmetinin trambüsle sağlanması durumunda atmosfere salınacak CO₂ miktarı 332.142 tondur. Yıllara göre yolcu sayısı ve CO₂ salınımını Çizelge 28.'da gösterilmiştir.

Çizelge 28. İnönü Üniversitesi- Maşti- Akmercan Anadolu Lisesi-Bostanbaşı-Fahri Kayahan-İnönü Caddesi Hattı hattında trambüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO₂ miktarı (kg)

Yıllar	Günlük Yolcu sayısı(kişi)	CO ₂ Salınımı(kg)
1	56.650,00	9.106.020,00
2	58.349,50	9.395.757,00
3	60.099,99	9.664.798,50
4	61.902,98	9.954.535,50
5	63.760,07	10.264.968,00
6	65.672,88	10.554.705,00
7	67.643,06	10.885.833,00
8	69.672,35	11.196.265,50
9	71.762,53	11.548.089,00
10	73.915,40	11.879.217,00
11	76.132,86	12.251.736,00
12	78.416,85	12.603.559,50
13	80.769,35	12.996.774,00
14	83.192,43	13.369.293,00
15	85.688,21	13.783.203,00
16	88.258,85	14.197.113,00
17	90.906,62	14.611.023,00
18	93.633,82	15.045.628,50
19	96.442,83	15.500.929,50
20	99.336,12	15.976.926,00
21	102.316,20	16.452.922,50
22	105.385,69	16.949.614,50
23	108.547,26	17.446.306,50
24	111.803,68	17.984.389,50
25	115.157,79	18.522.472,50

İnönü Üniversitesi- Maşti-İnönü Caddesi hattında 25 yıl boyunca toplu taşıma hizmetinin körüklü otobüsler tarafından sağlanması sonucu atmosfere toplam 609.044 ton CO₂ salınacağı hesaplanmıştır. Yıllara göre yolcu sayısı ve CO₂ salınımını Çizelge 29'da gösterilmiştir

Çizelge 29. İnönü Üniversitesi- Maşti- Akmercan Anadolu Lisesi-Bostanbaşı-Fahri Kayahan-İnönü Caddesi Hattı hattında hattında dizel körüklü otobüs kullanımı sonucu atmosfere salınan CO₂ miktarı (kg)

Yıllar	Günlük Yolcu sayısı(kişi)	CO ₂ Salınımı(kg)
1	56.650,00	16.702.400,00
2	58.349,50	17.200.625,00
3	60.099,99	17.722.575,00
4	61.902,98	18.244.525,00
5	63.760,07	18.813.925,00
6	65.672,88	19.359.600,00
7	67.643,06	19.952.725,00
8	69.672,35	20.545.850,00
9	71.762,53	21.162.700,00
10	73.915,40	21.803.275,00
11	76.132,86	22.443.850,00
12	78.416,85	23.131.875,00
13	80.769,35	23.819.900,00
14	83.192,43	24.531.650,00
15	85.688,21	25.267.125,00
16	88.258,85	26.026.325,00
17	90.906,62	26.809.250,00
18	93.633,82	27.615.900,00
19	96.442,83	28.446.275,00
20	99.336,12	29.276.650,00
21	102.316,20	30.178.200,00
22	105.385,69	31.079.750,00
23	108.547,26	32.005.025,00
24	111.803,68	32.954.025,00
25	115.157,79	33.950.475,00

SONUÇ

2018 yılı sonu itibariyle MOTAŞ'ın trambüs filosunda 13 adet bataryalı ve 9 adet jeneratörlü olmak üzere toplamda 22 adet araç mevcuttur. Trambüs hattı MAŞTİ-İnönü Üniversitesi arasındaki toplamda 41.28 km'lik bir hatta (çift yönlü) 58 istasyonda hizmet vermektedir (Malatya Büyükşehir Belediyesi 2018 Yılı Faaliyet Raporu).

Trambüsle taşınan yolcu sayısı 2015 yılında 4.094.713 kişi iken bu değer 2018 yılının sonunda yaklaşık iki kat artışla 8.178.661 kişiye çıkmıştır. Artan nüfusa bağlı talep artışı, trambüsle ulaşımın rahatlığı, erişilebilirliği, trambüs ve sefer sayısının artması trambüs kullanımını artırmıştır. Motorine kıyasla daha az emisyonu sebebiyet vermesi yolcu davranışlarında çok etkili olmasa da bu durumun çevreye olan katkısı yadsınamaz düzeydedir. Trambüs yatırımının hizmet alan bireye ve çevreye sağladığı olumlu katkıya rağmen, kamu yararı gözetse de belirli bir yatırım bütçesi olan hizmet sunucu MOTAŞ AŞ'nin önümüzdeki yıllarda olası hat uzatmalarının rota belirleme çalışmalarının rantabilite analizlerini yapması önem arz etmektedir. Nakit akışı analizi yöntemiyle bir trambüs yatırımındaki gelir ve gider kalemleri belirlenmiş, 25 yıllık yatırım ömrü ve % 3 faiz oranıyla yapılan hesaplamalarda yıllara sari gelir ve giderlerin bugünkü değerleri hesaplanmıştır. Şehrin batıya doğru her geçen yıl büyümesi Yeşilyurt merkez ilçesinin de nüfusunu artırmıştır. Nüfus artışı beraberinde ulaşım talebinde de artışı getirecektir. 2015-2018 yılları arasında trambüsü tercih eden yolcu sayısındaki iki katı bulan artışın önümüzdeki yıllarda artarak devam edeceği öngörülmektedir. Bu sebeple yapılan çalışmada mevcut durumda İnönü Üniversitesi-Maşti arasında faaliyet gösteren trambüs hattının olası yedi yeni hatta uzatılmasının rantabilite çalışması yapılmıştır. Hatlar üzerinde yapılan ekonomik olarak uygulanabilirlik sorgulamaları çalışmaları neticesinde olası yedi hattan sadece 2.Organize Sanayi Bölgesi uzatılmasının ekonomik olarak uygulanabilir olmadığı sonucuna varılmıştır. Son hat olan ve üniversiteden başlayıp Akmercan Anadolu Lisesine oradan da nüfus yoğunluğunun fazla olduğu Bostanbaşı ve Fahri Kayahan olarak adlandırılan bölgeleri de geçerek şehrin merkez caddesi olan İnönü Caddesi üzerinden turunu tamamlayacak olması ilin ulaşım talebine büyük ölçüde cevap verecek, motorin tüketimini düşürecek ve buna bağlı emisyon değerlerini de düşecektir.

Bilim dünyası gelişen teknolojiyle dünya genelindeki enerji kaynaklarının hızla azalmasına çözüm bulabilmek için elektrik enerjisini daha efektif kullanmanın yollarını aramaktadır. Dolayısıyla teknolojinin gelişmesine paralel olarak elektrik üretiminde ve

ulaşım alternatiflerinin çeşitlendirilmesinde hızlı gelişmeler yaşanacaktır. Bu alışma mevcut durumdaki verilere ve çalışma şartlarına göre yapıldığından daha farklı bakış açılarıyla yeni çalışmaların yapılmasına ihtiyaç duyulacaktır.

Çalışmanın ikinci bölümünde şehir içi toplu taşımacılığın trambüs hatları kullanarak yapılmasının çevreye sunacağı katkılar incelenmiştir. Malatya ili içinde verilen toplu taşıma hizmetinin trambüs hatları ile yapılması ile doğaya salınan CO₂ miktarının aynı hizmetin dizel araçlarla verilmesi sonucu atmosfere salınacak CO₂ miktarı karşılaştırılmış ve trolleybüs hatlarının dizel hatların %55'i kadar salınım yaptığı belirlenmiştir.

Türkiye'de üretilen her kWh enerji için atmosfere yaklaşık 378 gram CO₂ salınmaktadır. Ülkemizde elektrik ağırlıklı olarak linyit ve doğalgaz ile çalışan termik santrallerden üretilmektedir. Bu durumun güneş enerji, rüzgâr enerji ve hidroelektrik enerji yönünde değişmesi ile gerçekleşecek CO₂ salınımı daha da azalacaktır.

Malatya ilinde kullanılan trambüslerin enerji ihtiyaı Keban Barağı'ndan karşılanmaktadır. Bu sebeple trambüsle ulaşım sebebiyle atmosfere salınan CO₂ gazı emisyonu yok denecek kadar azdır. Malatya dışında, trambüslerin enerji ihtiyacının termik santrallerden karşılandığı herhangi bir ilde, sorgulanan yedi yeni hatta, alternarif hatlara ait veriler aynı kalmak kaydıyla, trambüs-dizel körüklü otobüs kullanımı kıyaslaması yapılmıştır. 7 hatta kullanılan trambüslerin enerji ihtiyaçlarının termik santralden karşılandığı varsayımıyla, trambüs ve dizel körüklü otobüs kullanımı kaynaklı doğaya salınan emisyon değerleri dizel araçların trambslere oranla iki kattan fazla CO₂ emisyonuna sebep olduğu hesaplanmıştır. Malatya'da hali hazırda faaliyet gösteren İnönü Üniversitesi-MAşTİ hattında emisyon değerı sıfıra yakın iken aynı hatta dizel körüklü otobüs kullanılması durumunda yıllık yaklaşık 120.000 ton CO₂ emisyonu meydana gelecektir. Trambüs kullanımın başta şehirde yaşayan insanlar olmak üzere diğer canlıların hayatına sağladığı katkı ortadadır. Trambüs hatlarının atmosfere salınan CO₂ miktarını azaltmasının yanı sıra şehir merkezinde hiç CO₂ salınımı yapmaması başka bir avantajdır. Sanayi retimi ve konutların ısıtılması sonucu havası kirlenen şehir merkezleri için toplu taşımının şehir merkezinde CO₂ salınımı olmadan gerçekleştirilmesi önemli bir faydadır.

Çalışmada Malatya ilinde mevcut bir hatta hizmet veren bir trambüs her ne kadar kendisi için oluşturulan bir elektrik hattını kullansa da kullandığı hat İşstanbul'daki metrobüs örneğinde olduğu gibi sadece kendisine ait olan bir yolu kullanmamaktadır.

İlerleyen dönemlerde trambüs hatları için hem harici hem de tüm ulaşım araçlarının kullanabileceği hibrit yollar için çalışmalar yapılabilir. Benzer bir şekilde elektrik enerjisini gerektiğinde üstünde bulunan katener hattından alan gerektiği durumlarda ise menzili ve pil ömrü yüksek bir aküye sahip olması sebebiyle harici bir elektrik hattına ihtiyaç duymayan hibrit trambüslerin hızla gelişen teknolojiyle ilerleyen dönemlerde üretilebileceğini düşündürmektedir. Bu sebeple hibrit yol ve hibrit enerji kullanan trambüsler için ayrı akademik çalışmaların yapılamamış olması bu çalışmanın ilerleyen dönemlerde geliştirilmesi gereken yanlarından. Ulaşımdaki parametrelerin çokluğu ve değişkenliği düşünüldüğünde bu çalışmada sınırlı sayıda parametrenin kullanılabilmesi çalışmanın geliştirilmeyi bekleyen yönlerindendir.

Trambüs ve yol kullanımı üzerine farklı çalışmaların yanı sıra Osorio ve Bierlaire (2013) tarafından yapılan çalışmada ulaşımda emisyon değeri, anlık enerji tüketimi ve sürücü davranışları gibi bir çok parametre üzerinde çalışılmıştır. Tekolojideki hızlı değişimler, yenilenebilir enerji kullanımının ve bu metotla enerji üretimi üzerinde yapılacak çalışmalar ulaşım sektöründe de önemli değişiklikleri getirecektir. İlerleyen yıllarda sadece tek tip değil esnek ve farklı özelliklerde ulaşım hizmeti veren araçların da kullanılacağı öngörülmektedir. Örneğin Bartłomiejczyk (2017) gece şarjı ve akıllı şarj özelliği elektrikli otobüsleri şarj etmede kullanılan iki yöntem olsa da hareket halindeyken kendini şarj edebilen trambüslerin de şarj sorununun çözümü için iyi bir alternatif olabileceğini belirtmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının entegre edilmesi ve talep yönetimiyle akıllı şebekelerin trolleybüs, hızlı tren ve banliyö trenlerine enerji aktarımı mümkün olabilecektir (Diez vd., 2012).

KAYNAKLAR

- Bayrak, M., & Guler, S. I. (2018, November). Optimizing Bus Lane Placement on Networks while Accounting for Queue Spillbacks. In 2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) (pp. 920-925). IEEE.
- Bensalah vd., (2017). Optimization of a Cost Of A Tram Through The Integration of BIM: A Theoretical Analysis, 2320-2092
- Cancellla vd., (2015), S. M. (1989). Mathematical programming formulations for transit network design 115(2), 302-316.
- Cipriani vd., (2012), Transit Network Design: A procedure and application to a large urban areas, 20(12) 3-14
- Demir, Bektaş, Laporte(2014)(A review of recent research on green road freight transportation,237(14), 775-793
- Fillion,MC Spurren. (2006) Smart Growth and Development Reality: The Difficult Coordination of Land Use and Transport Objectives, 521-523
- Guihaire, Kao Hao (2008) Transit Network Design and Scheduling: A Global Review, 1251-1273
- Kenworthy JR, Laube FB. Automobile dependence in cities: an international comparison of urban transit and land use patterns with implications for sustainability. Environ Impact Assess Rev. 1996;16:279–308.
- Lewandowski, (2000). Optimization Criteria For Public Transportation Services(27-30)
- Osorio, C., & Bierlaire, M. (2013). A simulation-based optimization framework for urban transportation problems. Operations Research, 61(6), 1333-1345.
- Parent, Daviet. (1996). Automated urban vehicles: towards a dual mode PRT(Personal Rapid Transit)
- Pucher, Korattyswaroopam, (2004)The Crisis of Public Transport In India: Overwhelming Needs but Limited Resources, 1-8
- Quaddus, M. A., & Siddique, M. A. B. (2001). Modelling sustainable development planning: a multicriteria decision conferencing approach. Environment International, 27(2-3), 89-95.

Tica, S., Filipović, S., Živanović, P., & Bajčetić, S. (2011). Development of Trolleybus Passenger Transport Subsystems In Terms Of Sustainable Development And Quality Of Life In Cities. *International Journal for Traffic & Transport Engineering*, 1(4).

Yao vd., (1990). Combinatorial Optimization of Exclusive Bus Lanes and Bus Frequencies in Multi-Modal Transportation, 138(12) 1422-1429

Zhendong, D. L. Z. N. Q. (2015). Analysis of Managed Bus Lane Strategies Based on Microcosmic Traffic Simulation.

Figueiredo, L., Jesus, I., Machado, J. T., Ferreira, J. R., & De Carvalho, J. M. (2001, August). Towards the development of intelligent transportation systems. In *ITSC 2001. 2001 IEEE Intelligent Transportation Systems. Proceedings* (Cat. No. 01TH8585) (pp. 1206-1211). IEEE.

Whitehead, A. L., Sully, B. G., & Campbell, M. J. (2014). Pilot and feasibility studies: is there a difference from each other and from a randomised controlled trial?. *Contemporary clinical trials*, 38(1), 130-133.

Murray, A. T., Davis, R., Stimson, R. J., & Ferreira, L. (1998). Public transportation access. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 3(5), 319-328.

Miller, P., de Barros, A. G., Kattan, L., & Wirasinghe, S. C. (2016). Public transportation and sustainability: A review. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 20(3), 1076-1083.

Damart, S., & Roy, B. (2009). The uses of cost–benefit analysis in public transportation decision-making in France. *Transport Policy*, 16(4), 200-212.

Trappey, A. J., Trappey, C., Hsiao, C., Ou, J. J., Li, S., & Chen, K. W. (2012). An evaluation model for low carbon island policy: The case of Taiwan's green transportation policy. *Energy Policy*, 45, 510-515.

Malatya Büyükşehir Belediyesi 2018 Yılı Faaliyet Raporu

Rajaram, A., Le, T. M., Biletska, N., & Brumby, J. (2010). A diagnostic framework for assessing public investment management. *World Bank policy research working paper*, (5397).

Diler, A. (2006). Şehir İçi Toplu Taşımacılıkta Kullanılan Otobüslerde, Doğal Gaz Kullanımının Karbon Dioksit Emisyonlarına Etkileri (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Bartłomiejczyk, M. (2017, May). Practical application of in motion charging: Trolleybuses service on bus lines. In 2017 18th International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE) (pp. 1-6). IEEE.

Dabla-Norris, E., Brumby, J., Kyobe, A., Mills, Z., & Papageorgiou, C. (2012). Investing in public investment: an index of public investment efficiency. *Journal of Economic Growth*, 17(3), 235-266.

Diez, A. E., Diez, I. C., Lopera, J. A., Bohorquez, A., Velandia, E., Albarracin, A., & Restrepo, M. (2012, March). Trolleybuses in Smart Grids as effective strategy to reduce greenhouse emissions. In 2012 IEEE International Electric Vehicle Conference (pp. 1-6). IEEE.

Mwambeleko, J. J., Kulworawanichpong, T., & Greyson, K. A. (2015, October). Tram and trolleybus net traction energy consumption comparison. In 2015 18th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS) (pp. 2164-2169). IEEE.

Öztürk, z., & Dünder, m. T. (2013). Metro Sistemlerinde Yapım Ve İşletme Maliyetlerinin Optimizasyonu İçin Bir Yaklaşım.