

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TRAFİK ve DEĞİŞKENLERİNİN ÜSTYAPI**  
**MALİYETLERİNE ETKİSİNİN ÖMÜR DÖNGÜ**  
**MALİYET ANALİZİ YÖNTEMİ ile İNCELENMESİ**

İnşaat Müh. Aydın Umut YÜKSEKLİ

**FBE İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Ulaştırma Programında**

**Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Tez Danışmanı : Yard. Doç. Dr. Halit ÖZEN

**İSTANBUL, 2006**

## İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ .....	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ .....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ .....	viii
ÖNSÖZ .....	x
ÖZET .....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KARAYOLU YAPISI.....	2
2.1 Karayolu Altyapısı.....	2
2.2 Karayolu Üstyapısı .....	3
2.2.1 Kaplama .....	4
2.2.2 Temel .....	4
2.2.3 Alt Temel .....	4
3. ÜSTYAPI KAPLAMA TİPLERİ.....	5
3.1 Yüzeysel Sathi Kaplamalar .....	5
3.1.1 Tek Tabakalı Bitümlü Sathi Kaplama .....	5
3.1.2 Çift Tabakalı Bitümlü Sathi Kaplama .....	14
3.1.3 Bir Veya Birkaç Tabaka Bitümlü Koruyucu Sathi Kaplama (Seal Coat).....	16
3.2 Sıcak Asfalt Karışımlar.....	18
4. ÖMÜR DÖNGÜ MALİYET ANALİZİ (ÖDMA).....	21
4.1 ÖDMA’NİN tarihçesi .....	21
4.2 ÖDMA Tanımı .....	22
4.2.1 ÖDMA’nin İşleyişi .....	24
4.2.2 Duyarlılık Analizi .....	26
5. ÖMÜR DÖNGÜ MALİYET ANALİZİ YAZILIMI (REALCOST) GENEL TANIMI .....	29
6. TRAFİK DEĞİŞKENLERİNİN PROJE MALİYETLERİNE ETKİSİNİN ÖDMA İLE İNCELENMESİ.....	32
6.1 YOT Değerinin Net Bugünkü Değeri Üzerine Etkisi.....	32
6.2 Trafik Artış Yüzdesinin Net Bugünkü Değeri Üzerine Etkisi .....	43
7. SONUÇLAR .....	50

KAYNAKLAR.....	52
EKLER.....	55
Ek 1 ÖDMA.....	55
Ek 2 RealCost.....	56
Ek 2.1. RealCost Nasıl Çalışır.....	57
Ek 2.2 RealCost Kullanım Kılavuzu.....	58
Ek 2.3 Kurulum.....	59
Ek 2.3.1. Sistem Gereksinimleri.....	59
Ek 2.3.2 RealCost Kurulumu.....	59
Ek 2.3.3 Çalıştırma, Dolaşma ve Çıkış.....	59
Ek 2.4 RealCost Anahtar Tablosu Fonksiyonları.....	64
Ek 2.5 Verileri Giriş, Kaydetme ve Yükleme.....	67
Ek 2.5.1 Proje-Seviye Veri Giriş Formu.....	67
Ek 2.5.2 Proje Seviye Verilerinin Kaydedilip Açılması.....	71
Ek 2.5.3 Alternatif-Seviye Veri Giriş Formları.....	72
Ek 2.5.4 Alternatif-Seviye Verilerinin Kaydedilip Açılması.....	72
Ek 2.6 Simülasyon ve Çıktılar.....	75
Ek 2.6.1 Deterministik Sonuçlar.....	76
Ek 2.6.2 Olasılıksal Analiz.....	76

## SİMGE LİSTESİ

$\text{Na}_2\text{SO}_4$  Sülfürik Asit

$\sum_{t=0}^T$  t=yatırım yılı, T=proje süresi

$B_t$  t yılında kazanılan fayda

$C_t$  t yılında gerçekleşen maliyet

d Faiz oranı

## KISALTIMA LİSTESİ

AADT	Annual Average Daily Traffic
AASHO	American Association of State Highway Officials
AC	Asfalt Çimentosu
B/C	Benefit Cost Ratio
BS	British Standards
DLL	Dynamic Link Library
EUAC	Equivalent Uniform Annual Cost
FHWA	Federal Highway Agency
GUI	Graphical User Interface
IRR	Internal Rate of Return
ISTEA	International Cooperative Highway Research Program
LCA	Alternative Level Input
LCC	Project Level Input
LCCA	Life Cycle Cost Analysis
MB	Mega Byte
NCHRP	National Highway System
NHS	National Highway System
NPV	Net Present Value
NPVC	Net Present Value Cost
OAM	Office of Asset Management
ÖDMA	Ömür Döngü Maliyet Analizi
Pen AC	Penetrasyon Asfaltı
PVB	Present Value of Benefit
PVC	Present Value of Cost
PWF	t yılındaki bugünkü değer faktörü
TS	Türk Standartları
VBA	Visual Basic Application
YOGT	Yıllık Ortalama Günlük Trafik
YOT	Yıllık Ortalama Trafik

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Karayolu üstyapısı tip enkesiti.....	2
Şekil 2.2. Karayolu tabakaları .....	3
Şekil 4.1 Nakit akış diyagramı .....	25
Şekil 4.2 Duyarlılık analizi grafiği .....	27
Şekil 4.3 ÖDMA akış diyagramı .....	28
Şekil 6.1 Toplam yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri .....	39
Şekil 6.2 Toplam yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri .....	42
Şekil 6.3 Üç alternatifin kullanıcı maliyetleri .....	42
Şekil 6.4 Trafik artış yüzdesinin değişimine göre kullanıcı maliyetleri .....	49
Şekil Ek 2.1 Veri giriş formuna bir örnek. "Kullanıcı Zaman Maliyetleri".....	57
Şekil Ek 2.2 Otomobil, kamyon ve treyler için ekonomik değerler .....	58
Şekil Ek 2.3 Güvenlik ayarları menüsü .....	60
Şekil Ek 2.4 RealCost başlat menüsü .....	60
Şekil Ek 2.5 Makroları etkinleştirme .....	61
Şekil Ek 2.6 RealCost anahtar tablosu .....	61
Şekil Ek 2.7 Veri çalışma sayfası .....	62
Şekil Ek 2.8 Yönetim fonksiyonları .....	63
Şekil Ek 2.9 Anahtar tablosu fonksiyonları .....	64
Şekil Ek 2.10 Proje detayı formu.....	67
Şekil Ek 2.11 Analiz seçenek formu.....	68
Şekil Ek 2.12 Trafik veri formu.....	69
Şekil Ek 2.13 Kullanıcı zaman değeri formu .....	70
Şekil Ek 2.14 Trafiğin saatlere göre dağılım formu .....	70
Şekil Ek 2.15 Taşıt durma maliyet formu .....	71
Şekil Ek 2.16 Değişim tahtasındaki kaydet ve aç düğmeleri .....	72
Şekil Ek 2.17 Alternatif 1 formu (alternatif 2 formu ile benzer).....	73

Şekil Ek 2.18 Elips butonu (olasılıksal girdileri gösterir).....	74
Şekil Ek 2.19 Dağılım tablosu.....	74
Şekil Ek 2.20 Olasılıksal girdi yaratmak.....	75
Şekil Ek 2.21 Deterministik sonuçlar formu .....	76
Şekil Ek 2.22 Simülasyon formu .....	77
Şekil Ek 2.23 Simülasyon çalışmasının sonunda oluşan simülasyon formu .....	78
Şekil Ek 2.24 Olasılıksal sonuç formu.....	79
Şekil Ek 2.25 Olasılıksal dağılım yoğunluğu ve çıktıları tanımlayan kümülatif yoğunluk fonksiyonu .....	80
Şekil Ek 2.26 Korelasyon katsayısı grafiği (fırtına grafiği) .....	80
Şekil Ek 2.27 Kuyruk analizi çıktısı .....	81

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 Tek tabaka sathi kaplama gradasyonları.....	6
Çizelge 3.2 Agrega özellikleri.....	7
Çizelge 3.3 Yol üstyapılarında kullanılan orta hızda kür olan sıvı asfaltlar için özellikler (TS 1083).....	8
Çizelge 3.4 Yol üstyapılarında kullanılan katranlar için özellikler. (TS 1084) .....	9
Çizelge 3.5 Yol üstyapılarında kullanılan katyonik asfalt emülsiyonları için özellikler. (TS 1082).....	10
Çizelge 3.6 Yol üstyapılarında kullanılan çabuk kür olan sıvı asfaltlar için özellikler ( TS 1083).....	11
Çizelge 3.7 Yol üstyapılarında kullanılan asfalt emülsiyonları için özellikler. (TS 1082).....	12
Çizelge 3.8 Yol üstyapılarında kullanılan asfalt çimentolarının özellikleri (TS 1081).....	13
Çizelge 3.9 Çift tabakalı sathi kaplama gradasyonları.....	14
Çizelge 3.10 Agrega özellikleri .....	15
Çizelge 3.11 Don kaybı, aşınma kaybı ve soyulma mukavemeti için agrega gradasyonları ...	17
Çizelge 3.12 Don kaybı, aşınma kaybı ve soyulma mukavemeti için agrega şartname ve tecrübe metotları .....	17
Çizelge 3.13 Agrega gradasyonları.....	18
Çizelge 3.14 Bitümlü malzeme tatbik miktarları.....	18
Çizelge 3.15 Agrega granülometrisi .....	19
Çizelge 3.16 Asfalt çimentolarının sınıflandırılması.....	20
Çizelge 4.1 ÖDMA değerlendirme formatları .....	23
Çizelge 4.2 1.alternatif için bugünkü net değerler.....	27
Çizelge 4.3 2.alternatif için bugünkü net değerler.....	27
Aşağıdaki Çizelge 5.1’de RealCost yazılımının veri girdilerini görebiliriz .....	30
Çizelge 5.1 RealCost yazılımı veri girdileri.....	30
Çizelge 6.1 YOT değişiminin maliyetlere etkisinin incelenmesinde hesap girdileri .....	33



Çizelge 6.2 YOGT 1370 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri .....	36
Çizelge 6.3 YOGT 2740 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri .....	36
Çizelge6.4 YOGT 5480 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri .....	37
Çizelge 6.5 YOGT 10959 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri .....	37
Çizelge 6.6 YOGT 21918 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri .....	37
Çizelge 6.7 YOGT 32877 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri .....	37
Çizelge 6.8 YOGT 43836 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri .....	38
Çizelge 6.9 YOGT 54795 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri .....	38
Çizelge 6.10 Toplam yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri .....	38
Çizelge 6.11 YOGT 1370 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri .....	39
Çizelge 6.12 YOGT 2740 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri .....	39
Çizelge 6.13 YOGT 5480 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri .....	40
Çizelge 6.14 YOGT 10959 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri .....	40
Çizelge 6.15 YOGT 21918 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri .....	40
Çizelge 6.16 YOGT 32877 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri .....	40
Çizelge 6.17 YOGT 43836 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri .....	41
Çizelge 6.18 YOGT 54795 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri .....	41
Çizelge 6.19 Toplam yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri .....	41
Çizelge 6.20 Toplam yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri .....	42
Çizelge 6.21. Trafik artış yüzdesinin değişimine göre alternatif 1 ve 2 için veriler .....	44
Çizelge 6.22 Trafik artış yüzdesi %2 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri.....	47
Çizelge 6.23 Trafik artış yüzdesi %4 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri.....	48
Çizelge 6.24 Trafik artış yüzdesi %6 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri.....	48
Çizelge 6.25 Trafik artış yüzdesi %8 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri.....	48
Çizelge 6.26 Trafik artış yüzdesi %10 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri.....	48
Çizelge 6.27 Kullanıcı maliyetleri .....	49
Çizelge Ek 2.1 RealCost formları ve komut düğmeleri ve bunların fonksiyonları .....	65

## **ÖNSÖZ**

Normalden çok uzun süren yüksek lisans tez çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren ve her aşamasında destekleyen tezin başlangıcında sınıf arkadaşım sonunda danışmanım olan Yrd. Doç. Dr. Halit Özen'e, ister konusu olsun veya bu tezin içeriğinde olduğu gibi ister olmasın desteğini ve sevgisini hayatımın her anında bana belli etmeden veren hayat ikizim Yrd. Doç. Dr. Berrin Akgün Yüksekli'ye, küçük yaşına rağmen benden daha olgun olan biricik oğlum Anlam Kemal Yüksekli'ye ve bu teşekkür yazısını hiç göremeyeceklerini tahmin eden Sönmez ve Yaşar Kemal Yüksekli'ye desteklerinden ve yardımlarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

## ÖZET

Karayolu üstyapısı; kaplama, temel ve alt temel olmak üzere üç ana tabakadan meydana gelmektedir. Yapımından itibaren üstyapının ömrü, yolun tipine bağlı olarak 15-30 yıl arasında değişmektedir. Bu süreçte yol üstyapısının bakım ve onarım çalışmaları büyük önem arz etmekte ve farklı alternatiflerin üretilip bu alternatiflerden en uygun çözümün elde edilmesi, kısıtlı kaynakların yerinde kullanılması açısından büyük önem taşımaktadır.

Karayolu üstyapısının bakım ve onarımı esnasında sadece bakım ve onarım maliyetlerini esas alan bir değerlendirme yapılması gerçekçi olmamaktadır. Çünkü bakım ve onarım çalışması esnasında, yol hizmete açık olup; yolun kapasitesinde, hizmet verme kabiliyetinde azalmalar söz konusu olmakta ve kullanıcılar bu nedenle de kayba uğramaktadırlar.

Ömür Döngü Maliyet Analizi (ÖDMA) çeşitli yatırım alternatiflerinin maliyetlerinin verimliliğini değerlendiren ekonomik bir analiz olarak tanımlanır. Bu nedenle bakım ve onarım maliyetlerinin değerlendirilmesinde ÖDMA'nin yapılması gerekli olmaktadır.

Bu çalışmada, karayolu altyapısı üstyapısı ve üstyapı kaplama tipleri ile ilgili bilgi verilmekte, üstyapının inşası, bakımı ve onarım çalışmaları ile, çalışmaların kullanıcıya olan maliyetini de dikkate alan ömür-döngü maliyet analizinin ( Life-Cycle Cost Analysis – LCCA) tarihçesi, tanımı kullanım alanlarıyla ilgili literatür bilgileri aktarılmıştır. Ayrıca bu çalışma kapsamında LCCA analizinde kullanılan RealCost yazılımının kullanımı açıklanmış ve yıllık trafik artış yüzdesi ile trafik hacminin değişiminin proje ömrü boyunca kullanıcı ile yapım ve bakım kuruma olan maliyetlerinin değişimi incelenmiştir.

Tezin ikinci bölümünde karayolu yapısı, üçüncü bölümünde üstyapı kaplama tipleri, dördüncü bölümünde ise ÖDMA'nin tarihçesi anlatılarak tanımı yapılmıştır. Beşinci bölümünde de ÖDMA için hazırlanan RealCost yazılımı anlatılmıştır ve bu tezin altıncı bölümünde yıllık ortalama trafik ve trafik artış yüzdesinin değişimi ele alınarak RealCost yazılımı ile analiz yapılmıştır. Son bölümde ise yapılan çalışma ve hesaplamalarından elde edilen sonuç ve değerlendirmeler verilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Karayolu Üstyapısı, Kullanıcı Maliyetleri, Ömür Döngü Maliyet Analizi, RealCost.

## **ABSTRACT**

Highway pavement consists of three main layer which are the; coat, base and subbase. From the construction day, the life of the road; (depends also the type of the road) is changing from 15 to 30 years. During this period maintenance and repairing activities are very important to find out the optimum solution among the several alternatives under the constraints of limited sources.

During the maitanence and repairing, the cost of these activities could not be considered as a whole cost of the road, because during these activities the road is open for the users and there are some reduction in the capacity and servicability of the road. The lost of money due to the delays has to be considered as a cost of these activities.

The Life Cycle Cost Analysis is an economic evaluation technique that has been particularly valuable when there is a need to compare competing alternatives for projects with entailing costs and benefits that stretch over long spans of time.

In this thesis information about road pavement, road infrastructure and types of coating has been given. The LCCA considers the investment cost, maintenance and repairing cost and user cost while evaluating the alternatives. The history, definition and fields where LCCA is used are investigated. Also in this study the RealCost software which is used in the analysis of LCCA is explained with details. Using this RealCost software, during the whole life of the road, the effect of the change in the annual average traffic and annual traffic growth rate, is examined in terms of agency and user costs.

**Keywords:** Road, Pavement, User Costs, The Life Cycle Cost Analysis, RealCost.

## 1. GİRİŞ

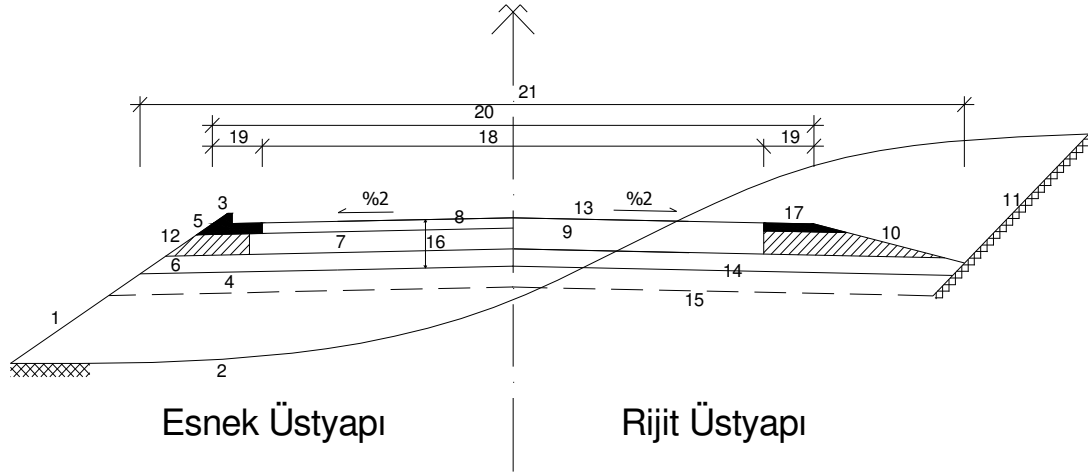
Ömür Döngü Maliyet Analizi (ÖDMA) çeşitli yatırım alternatiflerinin maliyetlerinin verimliliğini değerlendiren ekonomik bir analiz olarak tanımlanır. Bu nedenle bir yatırımı değerlendirirken o projenin ömrü boyunca ortaya çıkabilecek maliyetler ve yine ömür süresi içinde projeden doğabilecek yararlar göz önüne alınarak ÖDMA'nin yapılması gerekli olmaktadır.

Bu çalışmada, karayolu altyapısı üstyapısı ve üstyapı kaplama tipleri ile ilgili bilgi verilmekte, üstyapının inşası, bakımı ve onarım çalışmaları ile, çalışmaların kullanıcıya olan maliyetini de dikkate alan ömür-döngü maliyet analizinin (Life-Cycle Cost Analysis – LCCA) tarihçesi, tanımı kullanım alanlarıyla ilgili literatür bilgileri aktarılmıştır. Ayrıca bu çalışma kapsamında LCCA analizinde kullanılan RealCost yazılımının kullanımı açıklanmış ve yıllık trafik artış yüzdesi ile trafik hacminin değişiminin proje ömrü boyunca kullanıcı ile yapım ve bakım kurumlarına olan maliyetlerinin değişimi incelenmiştir.

Tezin ikinci bölümünde karayolu yapısı, çeşitleri ve bölümleri, üçüncü bölümünde üstyapı kaplama tipleri, dördüncü bölümünde ise ÖDMA'nin tarihçesi anlatılarak tanımı yapılmıştır. Beşinci bölümünde bir yatırımı değerlendirirken hizmet ömrü veya proje ömrü boyunca oluşabilecek yatırım, bakım ve onarım maliyetlerini değerlendiren ÖDMA için geliştirilen RealCost yazılımının nasıl çalıştığı hangi verileri değişken olarak aldığı ve kullanıcı maliyetlerinin nasıl hesaplandığı anlatılmıştır. Bu tezin altıncı bölümünde YOT'in beşyüzbin ve yirmi milyon arasında değişimi incelenerek yolda meydana gelen kullanıcı maliyetlerinin RealCost yazılımı ile farklı yatırımlarda projeye etkisi incelenmiştir, ayrıca Trafik Artış Yüzdesinin yüzde iki ile on arasında değişimi de ele incelenmiş ve yine RealCost yazılımı ile analiz yapılmıştır. Son bölümde ise yapılan çalışma ve hesaplamalardan elde edilen sonuç ve değerlendirmeler verilmiştir.

## 2. KARAYOLU YAPISI

Karayolu Yapısı, önceden belirlenen geometrik standartlara bağlı olarak saptanmış olan bir güzergâh boyunca doğal zeminin istenen yükseltilere getirilmesi ve üzerinde motorlu taşıtların hız, güvenlik ve konfor koşulları altında hareketlerinin sağlanabilmesi için inşa edilen yapılardır. Bir karayolu tip enkesiti Şekil 2.1’de gösterilmiştir. (Umar ve Ağar, 1985).



1- Dolgu Şevi	8- Kaplama Tabakası	15- Taban Zemini
2- Taban Zemini	9- Beton Plak	16- Üstyapı
3- Dolgu Seti	10- Hendek Plak	17- Banket Eğimi
4- Seçme malzemeden oluşan tabaka	11- Yarma Şevi Eğimi	18- Trafik Genişliği
5- Banket Kaplaması	12- Banket Temel Tabakası	19- Banket Genişliği
6- Alt temel Tabakası	13- Yol Enine Eğimi	20- Yol Genişliği
7- Temel Tabakası	14- Tesviye Yüzeyi	21- Üstyapı Genişliği

Şekil 2.1 Karayolu üstyapısı tip enkesiti

### 2.1 Karayolu Altyapısı

Yapımı tamamlanmış bir karayolunda tesviye yüzeyi ile doğal zemin çizgisi arasına altyapı denir (Erel, 1978). Altyapı, dolgu kesimlerinde dışarıdan getirilen dolgu malzemesi, yarma

kesimlerinde ise doğal zemindir. Ayrıca, menfez, viyadük, istinat duvarı gibi sanat yapıları da altyapıya dahildir.

Görevleri:

1. İstenen kotta düzgün bir yüzey sağlamak,
2. Üstyapıdan gelen yükleri daha geniş bir alana yaymak,
3. Az da olsa yolu dış etkenlerden korumaktır.

Altyapının görevleri yerine getirebilmesi için trafik yükleri, don ve su etkilerine karşı dayanıklı malzemedan oluşturulması gereklidir (Ilıcalı, 1988).

## 2.2 Karayolu Üstyapısı

Taşıtlara düzgün bir yuvarlanma yüzeyi sağlamak, karayolu üstyapısına gelen trafik yüklerini altyapının taşıyabileceği değere indirmek, altyapıyı dış etkenlerden korumak amacıyla altyapı üzerine inşa edilen ve kaplama, temel ve alt temel tabakalarından oluşan tabakalı yol yapısıdır. Şekil 2.2' de tipik yol üstyapı tabakaları verilmiştir (Özen, 2002).

	Aşınma
KAPLAMA	Binder
	Bağlayıcı
TEMEL	Bağlayıcısız
ALT TEMEL	Bağlayıcısız
Taban Zemini	

Şekil 2.2. Karayolu tabakaları

### **2.2.1 Kaplama**

Taşıtlara düzgün bir yuvarlanma yüzeyi sağlamak, trafiğin aşındırıcı etkilerine karşı koymak, yapıya sızan yüzeysel su miktarı ve temel tabakasına iletilen kayma gerilmelerini azaltmak amacıyla temel tabakası üzerine inşa edilen tabakaya kaplama tabakası denir (Özen, 2002).

Kaplama tabakasında kullanılan malzemenin özelliğine bağlı olarak üstyapı,

1. Esnek üstyapı (bağlayıcı olarak bitümlü bağlayıcı kullanılır)
2. Rijit üstyapı (bağlayıcı olarak çimento kullanılır) olarak iki gruba ayrılır.

### **2.2.2 Temel**

Temel tabakası, trafik yüklerinden gelen gerilmeleri karşılamak ve suyun uzaklaştırılmasını sağlamak amacıyla kaplama tabakası altına inşa edilen yapıdır.

Temel tabakası;

Bağlayıcılı: Çimento, Bitüm

Bağlayıcısız: Plentmix Temel, Roadmix Temel, Kırmataş Temel

olmak üzere gruplara ayrılır (Özen, 2002).

### **2.2.3 Alt Temel**

Alt temel;

1. İnce daneli taban zeminlerinin üste çıkmasını engellemek,
2. Trafik yüklerini taban zeminine aktarmak, amacıyla temel tabakası altına ve granüler malzemeden inşa edilen tabakadır (Özen, 2002).



### **3. ÜSTYAPI KAPLAMA TİPLERİ**

Üstyapı kaplama tabakası farklı konfigürasyonda malzeme kullanılarak oluşturulmaktadır. Genel olarak üstyapı kaplamaları,

- 1.Yüzeysel (Sathi) Kaplamalar
- 2.Sıcak Asfalt Karışımla Oluşturulan Kaplamalar
- 3.Diğer Kaplama Tipleri'dir.

Bu çalışmada, ülkemizde yoğun olarak kullanılan Sathi Kaplama ve Sıcak Asfalt karışımı kaplamalar detaylı olarak açıklanmıştır, diğer kaplama tipleri özet olarak verilmiştir.

#### **3.1 Yüzeysel Sathi Kaplamalar**

Yüzeysel kaplama, yol yüzeyine ince bir film halinde asfalt veya katran veya ikisinin karışımı serilerek oluşturulan, ince asfalt filminin üstüne tabaka halinde agrega ile örtülmesi suretiyle yapılan bir kaplama şeklidir (Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, 2001).

Yüzeysel kaplamalar, ağır trafikli anayollardan, düşük hacimli sokaklara kadar her çeşit yolda başarı ile kullanılabilir. Bu kaplamalar ucuzdur ve yapımları kolaydır. Ancak, kaplamanın uzun ömürlü olması için kontrolün iyi yapılması gereklidir.

Yüzeysel kaplamalar üç gruba ayrılır. Bunlar;

- 1.Bir Tabaka Bitümlü Sathi Kaplama
2. İki Tabaka Bitümlü Sathi Kaplama
3. Bir veya Birkaç Tabaka Bitümlü Koruyucu Sathi Kaplama (Seal Coat) (Scofield, 1989)

##### **3.1.1 Tek Tabakalı Bitümlü Sathi Kaplama**

Granüler temel, plent-miks temel, çimento bağlayıcılı granüler temel veya benzer temeller ile asfalt ve beton kaplamalar üzerine ince tabaka halinde bitümlü bağlayıcı uygulanması ve hemen sonra bunun üzerine agreganın serilip silindirlenmesi ile yapılan tek, çift veya daha fazla tabakalı kaplama uygulamasına “Yüzey (Sathi) Kaplama” adı verilmektedir. Bu uygulamanın amacı, yüzeyin korunması ve bozulmasının önlenmesi, yapısal bütünlüğün korunması, yüzey dokusunun ve yolun kayma direnci özelliğinin yenilenmesi olarak

sayılabilir (Yol Yapı-Üstyapı Alt Çalışma Grubu, 1984). Sathi kaplamalar genelde trafik hacminin düşük olduğu yollarda uygulanmaktadır.

Sathi kaplama yapımında kullanılan agrega ve bitümlü bağlayıcılarda aranan özellikler, gradasyon limitleri, inşa metodu, arazi ve laboratuvar kontrolleri ve diğer şartlar belirli esaslara uygun olmalıdır.

#### a. Agregada ve Özellikleri

Agregada kırma taş veya kırılmış çakıl olmalı ve temiz, pürüzlü, sağlam ve dayanıklı danelerden oluşmalıdır. Agregada içinde yumuşak ve dayanıksız parçalar, kil, organik ve diğer zararlı maddeler serbest veya agregayı sarmış halde bulunmamalıdır.

Agregada gradasyonu Çizelge 3.1'e uygun olmalıdır (KGM, 1992).

Çizelge 3.1 Tek tabaka sathi kaplama gradasyonları

Elek Boyu	% GEÇEN			
	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4
25 mm (1")	100			
19 mm (3/4")	90 - 100	100		
12.5 mm (1/2")	0 - 35	90 - 100		
9.5 mm (3/8")	0 - 10	0 - 40	100	100
4.75 mm (No.4)	0 - 5	0 - 5	75 - 100	85 - 100
2.00 mm (No.10)			0 - 10	0 - 35
0.075 mm (No.200)			0 - 2	0 - 5

Tip 1 gradasyonundaki sathi kaplama, kalınlığı yeterli, sathi düzgün granüler temel, plent-miks temel, çimento bağlayıcılı granüler temel veya benzeri temeller üzerine uygulanabilir ve bitümlü malzeme ile agregada birbiri peşi sıra uygulanarak bir yüzey tabakası oluşturur.

Tip 2, 3, 4 gradasyonlarındaki sathi kaplamalar, bitümlü yüzey tabakalarının ömrünü bir müddet daha arttırmak, bunları hava ve su etkilerinden korumak, kaygan olmayan yüzeyler elde etmek amacı ile bitümlü malzeme ile agreganın birbiri peşi sıra uygulanması ile inşa edilen bir yüzey tabakasıdır.

Agregada üretimi sırasında en çok 200 m<sup>3</sup>'de bir elek analizi yapılarak agregada dane boyutlarının şartname sınırları içine girip girmediği kontrol edilmelidir. Agregada Çizelge 3.2'de verilen fiziksel özellikleri sağlamalıdır (KGM, 1992).

Çizelge 3.2 Agrega özellikleri

Özellikler	Şartname Limiti
Aşınma Kaybı (Los Angles) Maksimum %	35
Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık(donma deneyi, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ile) Kayıp maksimum %	12
Kırılmışlık, ağırlıkça min. % (Tip - 1, Tip - 2 için 4.75 mm. elek üzerinden en az iki yüzü) (Tip - 3, Tip - 4 için 2.00 mm. elek üzerinde en az iki yüzü)	60 60
Soyulma Mukavemeti, minimum %	50
Yapışma Deneyi, (Vialit Metodu ile) düşen mıcır sayısı, maksimum %	12
Yassılık İndeksi, maksimum %	30
Cilalanma Değeri	0.50

Agrega çakıldan hazırlanmış ise Tip 1 ve Tip 2 gradasyonları için 4.75 mm (No.4); elek üzerinde kalan kısmının Tip 3 ve Tip 4 gradasyonları için 2.00 mm (No.10) elek üzerinde kalan kısmının ağırlıkça en az % 60'ının mekanik olarak kırılmış iki veya daha fazla yüzü bulunmalıdır.

Asfalt, ince toz filmi ile kaplanmış agrega danelerine yapışmayacağından, agrega yıkanmış ve temiz olmalıdır.

Agrega, Ek A da verilen deney yöntemine göre denendiğinde, soyulmaya karşı mukavemet en az % 50 olmalıdır. Soyulma mukavemeti % 50 den az olan agrega Ek B de verilen «yapışma deneyi»ne (Vialit metodu ile) tabi tutulmalı, düşen mıcır sayısı 12 adetten fazla ise agrega sathi kaplama yapımında kullanılmamalıdır.

Ekonomik ve teknik nedenlerden dolayı bu durumdaki agreganın sathi kaplama yapımında kullanılma zorunluluğu doğarsa, idarenin onayı ile soyulma mukavemetini arttırmak için bitümlü bağlayıcıya yapışma özelliğini arttırıcı katkı maddeleri ilave edilebilir. Kullanılacak katkı maddesinin cinsi ve miktarı laboratuvarca tespit edilir (Apak, 1994).

Agrega kübik danelerden oluşmalı, yassılık indeksi ve cilalanma değeri şartname limitlerine uymalıdır.

## b. Bitüm ve Özellikleri

Astar malzemesi olarak aşağıda özellikleri verilen “Yol Üstyapılarında Kullanılan Sıvı Petrol Asfaltları” (TS 1083, 1972) standardına uygun MC-30 ve MC-70 (Çizelge 3.3); “Yol Üstyapılarında Kullanılan Katranlar” (TS 1084, 1972) standardına uygun RT-1 ve RT-2 (Çizelge 3.4); “Yol Üstyapılarında Kullanılan Asfalt Emülsiyonları”(TS 1082, 1972) standardına uygun SS-1, SS-1h, CSS-1, CSS-1h malzemelerinden biri kullanılmalıdır (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.3 Yol üstyapılarında kullanılan orta hızda kür olan sıvı asfaltlar için özellikler  
(TS 1083)

Tipler	TS No:	MC — 30		MC — 70		MC — 250		MC — 800		MC — 3000	
		Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks
Saybolt - Furol viskozitesi:	TS 117										
25 °C da, sn		75	150	—	—	—	—	—	—	—	—
50 °C da, sn		—	—	60	120	—	—	—	—	—	—
60 °C da, sn		—	—	—	—	125	250	—	—	—	—
82.2 °C da, sn		—	—	—	—	—	—	100	200	300	600
Kinematik viskozite, 60 °C da, cSt.	TS 1093	30	60	70	140	250	500	800	1600	3000	6000
Parlama noktası, °C (Tagliabue açık kabı)	TS 1080	38	—	38	—	66	—	60	—	66	—
Destilasyon	TS 122										
360 °C a kadar toplu destilatın hacim olarak % si											
225 °C a kadar		—	25	—	20	—	10	—	—	—	—
260 °C a kadar		40	70	20	60	15	55	—	35	—	15
316 °C a kadar		75	93	65	90	60	87	45	80	15	75
360 °C daki destilasyon kalıntısı, hacim olarak %		50	—	55	—	67	—	75	—	80	—
Destilasyon kalıntısı üzerindeki deneyler :											
Penetrasyon, 25 °C da 100 g, 5 sn.	TS 118	120	250	120	250	120	250	120	250	120	250
Duktilite , 25 °C da 5 cm/dak, cm.	TS 119	100	—	100	—	100	—	100	—	100	—
Trikloretilende çözünürlük, ağırlıkça %	TS 1090	99	—	99	—	99	—	99	—	99	—
Su, %	TS 124	—	0,2	—	0,2	—	0,2	—	0,2	—	0,2
Not : Kalıntının 25 °C daki duktilitesi 100 den daha küçük ise kalıntının 15,6 °C daki duktilitesi tayin edilir. 15,6 °C daki duktilite değeri 100 den daha büyük çıkarsa malzemenin standarda uygun olduğu kabul edilir.											

Çizelge 3.4 Yol üstyapılarında kullanılan katranlar için özellikler. (TS 1084)

Tipler	RT 1	RT 2	RT 3	RT 4	RT 5	RT 6	RT 7	RT 8	RT 9	RT 10	RT 11	RT 12	RTCB 5	RTCB 6
Kıvamlılık;														
Engler özgül viskozitesi, 50 cc, 40 ° C da	5-8	8-13	13 - 22	22 - 35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Engler özgül viskozitesi,50 cc, 50 °C da	—	—	—	—	17 - 26	26 - 40	—	—	—	—	—	—	17 - 26	26 - 40
Yüzme deneyi, 32 °C da, sn	—	—	—	—	—	—	50 - 80	80 – 120	120 – 200	—	—	—	—	—
Yüzme deneyi, 50 °C da, sn	—	—	—	—	—	—	—	—	—	75 – 100	100 – 150	150 – 200	—	—
Özgül Ağırlık, 25/25 °C, min	1,08	1,08	1,09	1,09	1,1	1,1	1,12	1,14	1,14	1,15	1,16	1,16	1,09	1,09
Toplu, bitüm (karbon sülfürde çözünen), ağırlıkça %, min	88	88	88	88	83	83	78	78	78	75	75	75	80	80
Su, hacmen %, maks	2	2	2	2	1,5	1,5	1	0	0	0	0	0	1	1
Destilasyon, ağırlıkça % :														
170 °C a kadar	Maks 7	Maks 7	Maks 7	Maks 5	Maks 5	Maks 5	Maks 3	Maks 1	Maks 1	Maks 1	Maks 1	Maks 1	2,0 – 8	2,0 - 8,0
200 °C a kadar	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Min 5	Min 5,0
235 °C a kadar	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,0 – 18	8,0 - 18,0
270 °C a kadar	Maks35,0	Maks 35	Maks 30	Maks 30	Maks 25	Maks 25	Maks 20	Maks 15	Maks 15	Maks 10	Maks 10	Maks 10	—	—
300 °C a kadar	Maks 45	Maks 45	Maks 40	Maks 40	Maks 35	Maks 35	Maks 30	Maks 25	Maks 25	Maks 20	Maks 20	Maks 20	Maks 35	Maks 35,0
Destilasyon kalıntısının yumuşama noktası, (halka ve bilya metodu), °C	30 – 60	30 – 60	35 – 65	35 – 65	35 – 70	35 – 70	35 – 70	35 – 70	35 – 70	35 – 70	40 – 70	40 – 70	40 – 70	40 - 70
Sülfolanma indisi (*)														
Destilat üzerinde														
300 °C a kadar olan toplu destilat üzerinde, maks.	8	7	6	6	5	5	—	—	—	—	—	—	—	—
300 °C ila 355 °C arasındaki fraksiyonda maks.	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—

(\*) Sülfolanma indisi tayini ihtiyari bir deneydir

Çizelge 3.5 Yol üstyapılarında kullanılan katyonik asfalt emülsiyonları için özellikler. (TS 1082)

Tipler	Çabuk Kesilen				Orta Hızda Kesilen				Yavaş Kesilen			
	CRS —1		CRS — 2		CMS — 2		CMS — 2h		CSS — 1		CSS — 1h	
	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks
Emülsiyonlar Üzerindeki Deneyler												
Saybolt Furol viskozitesi, 25 °C da, sn.	—	—	—	—	—	—	—	—	20	100	20	100
Saybolt Furol viskozitesi, 50 °C da, sn.	20	100	100	400	50	450	50	450	—	—	—	—
Çökme (a), 5 gün %	—	5	—	5	—	5	—	5	—	5	—	5
Depolanma stabilitesi deneyi (b), 1 gün, %	—	1	—	1	—	1	—	1	—	1	—	1
Emülsiyon kesilmesi (c), 35 ml. 0.8 %												
Sodyumdioktilsulfosükat, %	40	—	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Örtme kabiliyeti ve suya karşı direnç:												
Örtme (kuru agrega ile)						iyi		iyi				
Su püskürtmesinden sonra						orta		orta				
Örtme (yaş agrega ile)						orta		orta				
Su püskürtmesinden sonra						orta		orta				
Partikül yükü deneyi		Pozitif		Pozitif		Pozitif		Pozitif		Pozitif		Pozitif
Elek deneyi, %	—	0,1	—	0,1	—	0,1	—	0,1	—	0,1	—	0,1
Çimento ile karıştırma deneyi, %	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	2
PH	—	—	—	—	—	6,5	—	6,5	—	6,5	—	6,5
Destilasyon:												
Yağ destilata, emülsiyonun hacmen %si olarak	—	3	—	3	—	12	—	12	—	—	—	—
Kalıntı, %	60	—	65	—	65	—	65	—	57	—	57	—
Destilasyon Kalıntısı Üzerindeki Deneyler												
Penetrasyon, 25 °C da, 100 g 5 sn.	100	200	100	200	100	200	40	90	100	200	40	90
Duktilite, 25 °C da, 5 cm/dak, cm.	40	—	40	—	40	—	40	—	40	—	40	—
Trikloretilende çözünürlük, %	98	—	98	—	97,5	—	97,5	—	97,5	—	97,5	—
Kül, %	—	—	—	—	—	2	—	2	—	2	—	2
Not: a) Şayet asfalt emülsiyonu satın alındıktan sonra 5 günden daha kısa bir süre içerisinde kullanılacak ise çökme deneyinin yapılmasından vazgeçilebilir. Ancak alıcı, malzemenin satın alındığı zamandan başlayacak ve kullanılacağı güne kadar devam edecek bir çökme deneyinin yapılmasını isteyebilir.												
b) 24 saatlik (1 günlük) depolanma stabilitesi deneyi 5 günlük çökme deneyi yerine kullanılabilir.												
c) Emülsiyonun kesilmesi deneyi, malzemenin sevk tarihinden itibaren 30 gün içerisinde yapılmalıdır.												

Mevcut bitümlü kaplama üzerine gerektiği hallerde yapıştırma malzemesi olarak TS 1083'e (1972) uygun RC-70 ve RC-250 (Çizelge 3.6); TS 1082'ye (1972) uygun RS-1, RS-2, CRS-1 ve CRS-2 (Çizelge 3.7) malzemelerinden biri kullanılmalıdır.

Çizelge 3.6 Yol üstyapılarında kullanılan çabuk kür olan sıvı asfaltlar için özellikler ( TS 1083)

Tipler	TS No:	RC — 70		RC — 250		RC — 800		RC — 3000	
		Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks
Saybolt - Furol viskozitesi	TS 117								
50 °C da, sn.		60	120	—	—	—	—	—	—
60 °C da, sn.		—	—	125	250	—	—	—	—
82.5 °C da, sn.		—	—	—	—	100	200	300	600
Kinematik viskozite, 60 °C da, cSt.	TS 1093	70	140	250	500	800	1600	3000	6000
Parlama noktası, °C, (Tagliabue açık kap)	TS 1080	—	—	27	—	27	—	27	—
Destilasyon	TS 122								
360 °C a kadar toplu destilatın hacim olarak % si									
190 °C a kadar		10	—	—	—	—	—	—	—
225 °C a kadar		50	—	35	—	15	—	—	—
260 °C a kadar		70	—	60	—	45	—	25	—
316 °C a kadar		85	—	80	—	75	—	70	—
360 °C daki destilasyon kalıntısı, hacim olarak %		55	—	65	—	75	—	80	—
Destilasyon kalıntısı üzerindeki deneyler:									
Penetrasyon, 25 °C da 100 g, 5 sn.	TS 118	80	120	80	120	80	120	80	120
Duktilite, 25 °C da 5 cm/dak, cm.	TS 119	100	—	100	—	100	—	100	—
Trikloretilende çözünürlük, veznen %	TS 1090	99	—	99	—	99	—	99	—
Su, %	TS 124	—	0,2	—	0,2	—	0,2	—	0,2
Not: Kalıntının 25 °C daki duktilitesi 100 den daha küçük ise kalıntının 15,6 °C daki duktilitesi tayin edilir.									
15,6 °C daki duktilite değeri 100 den daha büyük çıkarsa malzemenin standarda uygun olduğu kabul edilir.									

### c. Kaplama İçin Kullanılacak Bitümlü Malzemeler

Kaplama için TS 1081 (1972) “Yol Üstyapılarında Kullanılan Asfalt Çimentoları” (çizelge 3.8) standardına uygun 120 – 150 penetrasyonlu asfalt çimentosu (AC 120–150), 150–200 penetrasyonlu asfalt çimentosu (AC 150–200); TS 1083’e (1972) uygun RC–800, RC–3000; TS 1084’e (1972) uygun RT–9; TS 1082’ye uygun RS–1, CRS–1 veya CRS–2 bitümlü bağlayıcılarından biri kullanılmalıdır.

Çizelge 3.7 Yol üstyapılarında kullanılan asfalt emülsiyonları için özellikler. (TS 1082)

Tipler	Çabuk Kesilen				Orta Hızda Kesilen						Yavaş kesilen			
Türler	RS - 1		RS - 2		MS - 1		MS - 2		MS - 2h		SS - 1		SS - 1h	
	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks
Emülsiyonlar Üzerindeki Deneyler														
Saybolt Furol viskozitesi, 25 °C da sn.	20	100	—	—	20	100	100	—	100	—	20	100	20	100
Saybolt Furol viskozitesi, 50 °C da sn.	—	—	75	400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Çökme (a), 5 gün %	—	5	—	5	—	5	—	5	—	5	—	5	—	5
Depolanma stabilitesi deneyi, (b) 1 gün %	—	1	—	1	—	1	—	1	—	1	—	1	—	1
Emülsiyon kesilmesi (c), 35 ml. 0.02 N														
CaCl <sub>2</sub> veya 50 ml. 0.10 N CaCl <sub>2</sub> , %	60	—	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Örtme kabiliyeti ve suya karşı direnç:														
Örtme (Kuru agrega ile)					iyi		iyi		iyi					
Su püskürtmesinden sonra					orta		orta		orta					
Örtme (Yaş agrega ile)					orta		orta		orta					
Su püskürtmesinden sonra					orta		orta		orta					
Çimento ile karıştırma deneyi, % kırılma	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	2
Elek deneyi, %	—	0,1	—	0,1	—	0,1	—	0,1	—	0,1	—	0,1	—	0,1
Destilasyon kalıntısı, %	55	—	63	—	55	—	65	—	65	—	57	—	57	—
Destilasyon Kalıntısı Üzerindeki Deneyler														
Penetrasyon, 25 °C da, 100 g 5.sn	100	200	100	200	100	200	100	200	40	90	100	200	40	90
Duktilite, 25 °C da 5 cm/dak, cm	40	—	40	—	40	—	40	—	40	—	40	—	40	—
Triklorettilende çözünürlük, %	97,5	—	97,5	—	97,5	—	97,5	—	97,5	—	97,5	—	97,5	—
Kül, %	—	2	—	2	—	2	—	2	—	2	—	2	—	2

Not: a) Şayet asfalt emülsiyonu satın alındıktan sonra 5 günden daha kısa bir süre içerisinde kullanılacak ise çökme deneyinin yapılmasından vazgeçilebilir, ancak alıcı malzemenin satın aldığı zamandan başlayacak ve kullanılacağı güne kadar devam edecek bir çökme deneyinin yapılmasını isteyebilir.

b) 24 saatlik (1 günlük) depolanma stabilitesi deneyi 5 günlük çökme deneyi yerine kullanılabilir.

c) Emülsiyonun kesilmesi deneyi, malzemenin sevk tarihinden itibaren 30 gün içerisinde yapılmalıdır.



Çizelge 3.8 Yol üstyapılarında kullanılan asfalt çimentolarının özellikleri (TS 1081)

Sınıflar	Ts No:	10 — 20		20 — 30		30 — 40		40 — 50		60 — 70		75 — 100		120 — 150		150 — 200		200 — 300	
		Min.	Maks	Min.	Maks	Min.	Maks	Min.	Maks	Min.	Maks	Min.	Maks	Min.	Maks	Min.	Maks	Min.	Maks
Penetrasyon, 25°C, 100 g, 5 sn	TS 118	10	20	20	30	30	40	40	50	60	70	75	100	120	150	150	200	200	300
Yumuşama noktası (halka ve bilya metodu)	TS 120	63	73	57	67	52	62	49	59	45	55	44	49	40	46	37	44	27	37
Duktilite, 25 °C 5 cm/dak, cm olarak	TS 119	5	—	15	—	40	—	100	—	100	—	100	—	100	—	100	—	100	—
Trikloretilede çözünürlük, %	TS 1090	99	—	99	—	99	—	99	—	99	—	99	—	99	—	99	—	99	—
163 °C, 5 saat :	TS 1086	—	0,5	—	0,5	—	0,5	—	0,8	—	0,8	—	1	—	1	—	1	—	1
Isıtma kaybindan sonraki Penetrasyon (orijinal penet- rasyonun % si olarak)		60	—	60	—	60	—	58	—	54	—	50	—	46	—	43	—	40	—
Isıtma kaybindan sonraki duktilite, 25 °C, 5 cm/dak. cm olarak		—	—	—	—	—	—	—	—	50	—	75	—	100	—	100	—	100	—
Parlama noktası (Cleveland açık kap) °C	TS 123	275	—	250	—	250	—	230	—	230	—	230	—	220	—	200	—	175	—
Leke deneyi (**)	TS 1089																		
Standart nafta ile		Bütün sınıflar için negatif																	
Nafta - ksilen ile		Bütün sınıflar için negatif																	
Heptan - ksilen ile		Bütün sınıflar için negatif																	

(\*) İnce film halinde ısıtma deneyinin kullanılması ihtiyaridir.

### 3.1.2 Çift Tabakalı Bitümlü Sathi Kaplama

Granüler temel, plent-miks temel, çimento bağlayıcı granüler temel veya benzer temeller üzerine birbiri ardından iki kat sathi kaplama yapılmasıyla elde edilen bir bitümlü kaplama tabakasının yapımı, çift tabakalı bitümlü sathi kaplama adını almaktadır.

Sathi kaplama yapımında kullanılan agregası ve bitümlü bağlayıcılarda aranan özellikler, gradasyon limitleri, inşa metodu, arazi ve laboratuvar kontrolleri ve diğer şartlar bu şartnamede verilen esaslara uygun olmalıdır.

#### a. Agregası ve Özellikleri

Agregası kırma taş veya kırılmış çakıl olmalı, ayrıca temiz, pürüzlü, sağlam ve dayanıklı danelerden oluşmalıdır. Agregası içinde yumuşak ve dayanıksız parçalar, kil, organik ve diğer zararlı maddeler serbest veya agregayı sarmış halde bulunmamalıdır.

Agregası gradasyonu Çizelge 3.9'a uygun olmalıdır.

Agregası üretimi sırasında en çok 200 m<sup>3</sup> de bir elek analizi yapılarak şartname sınırları içine girip girmediği kontrol edilmelidir. Tip 2'nin 2. tabakası için agregası üretiliyor ise en çok 100 m<sup>3</sup> de bir elek analizi yapılmalıdır.

Agregası Çizelge 3.10'da verilen fiziksel özellikleri sağlamalıdır (KGM,1992).

Çizelge 3.9 Çift tabakalı sathi kaplama gradasyonları

Elek Boyu	% Geçen			
	Tip - 1		Tip - 2	
	1. Tabaka	2. Tabaka	1. Tabaka	2. Tabaka
25 mm (1")	100			
19 mm (3/4")	90 — 100		100	
12.5 mm (1/2")	0 — 35	100	90 — 100	
9.5 mm (3/8")	0 — 10	90 — 100	0 — 40	100
6.3 mm (1/4")	—	—	—	90 — 100
4.75 mm (No.4)	0 — 5	0 — 40	0 — 5	60 — 85
2.00 mm (No.10)	—	0 — 10	—	0 — 25
0.075 mm (No.200)	—	0 — 2	—	0 — 2

Agregası çakıldan hazırlanmış ise; Tip 1'in 1. ve 2. tabakası ve Tip 2'nin 1. tabakasında kullanılacak agreganın 4.75 mm. (No.4) elek üzerinde kalan kısmının, Tip 2'nin 2. tabakasında kullanılacak agreganın 2,0 mm (No.10) elek üzerinde kalan kısmının ağırlıkça en az % 60'ının mekanik olarak kırılmış iki veya daha fazla yüzü bulunmalıdır.

Asfalt, ince toz filmi ile kaplanmış agrega danelerine yapışmayacağından agrega yıkanmış ve temiz olmalıdır.

Agrega Ek-A da verilen deney yöntemine göre denendiğinde, soyulmaya karşı mukavemet en az % 50 olmalıdır. Soyulma mukavemeti % 50'den az olan agrega, yapışma deneyine (Vialit metodu ile) tabi tutulmalı, düşen mıcır sayısı 12 adetten fazla ise agrega sathi kaplama yapımında kullanılmamalıdır. Ekonomik ve teknik nedenlerden dolayı bu durumdaki agreganın sathi kaplama yapımında kullanılma zorunluluğu doğarsa, idarenin onayı ile soyulma mukavemetini arttırmak için bitümlü bağlayıcıya yapışma özelliğini artırıcı katkı maddeleri ilave edilebilmelidir (KGM, 1992).

Çizelge 3.10 Agregada özellikleri

ÖZELLİKLER	ŞARTNAME LİMİTİ
Aşınma Kaybı (Los Angeles) maksimum %	35
Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık (donma deneyi, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ile) kayıp maksimum %	12
Kırılmışlık, ağırlıkça min. %	
Tip 1 (1. ve 2. tabaka), için	60
Tip 2 1. Tabaka için 4.75mm elek.üzeri en az iki yüzü	60
Tip 2 2. Tabaka için en az iki yüzü	60
Soyulma Mukavemeti minimum %	50
Yapışma Deneyi, (Vialit metodu ile) düşen mıcır sayısı (%) maksimum	12
Yassılık İndeksi Maksimum %	30
Cıalanma Değeri minimum	0,5

#### **b.Bitüm ve Özellikleri**

Astar malzemesi olarak, TS 1083 “Yol Üstyapılarında Kullanılan Sıvı Petrol Asfaltları” (1972) standardına uygun MC-30 ve MC-70; TS 1084 “Yol Üstyapılarında Kullanılan

Katranlar” (1972) standardına uygun RT-1 ve RT-2; TS 1082 “Yol Üstyapılarında Kullanılan Asfalt Emülsiyonları” (1972) standardına uygun SS-1, SS-1h, CSS-1, CSS-1h malzemelerinden biri kullanılmalıdır.

Kullanılacak bitümlü malzemelerden TS 115 (1974) “Bitümlü Maddelerden Numune Alma Metotları” standardına göre numune alınmalı ve malzemenin şartnamesine uygun olup olmadığı tespit edilmelidir. Çizelge 3.3 yol üstyapılarında kullanılan asfalt çimentolarının, Çizelge 3.4 yol üstyapılarında kullanılan çabuk kür olan sıvı petrol asfaltlarının; Çizelge 3.5 yol üstyapılarında kullanılan orta hızda kür olan sıvı petrol asfaltlarını; Çizelge 3.6 yol üstyapısında kullanılan asfalt emülsiyonlarının; Çizelge 3.7 yol üstyapısında kullanılan katyonik asfalt emülsiyonlarının; Çizelge 3.8’de yol üstyapısında kullanılan katranların deney metotlarını ve şartname limitlerini vermektedir.

### **c.Kaplama İçin Kullanılacak Bitümlü Malzemeler**

Kaplama için TS 1081 “Yol Üstyapılarında Kullanılan Asfalt Çimentoları” (1972) standardına uygun 120–150 penetrasyonlu asfalt çimentosu (AC 120–150); 150–200 penetrasyonlu asfalt çimentosu (AC 150–200); TS 1083’e (1972) uygun RC–800, RC–3000; TS 1084’e (1972) uygun RT–9; TS 1082’ye (1972) uygun RS–1, RS–2, CRS–1 veya CRS–2 bitümlü bağlayıcılarından biri kullanılmalıdır.

#### **3.1.3 Bir Veya Birkaç Tabaka Bitümlü Koruyucu Sathi Kaplama (Seal Coat)**

**Tip A-B-C:** Bu tip koruyucu sathi kaplamalar, mevcut herhangi tipte bir kaplama veya bir asfaltik temel tabakası üzerine, yalnız bitümlü bağlayıcı veya bitümlü bağlayıcı ve agregadan ibaret bir koruyucu tabakanın tatbikidir.

Koruyucu sathi kaplama, bitümlü bağlayıcı ile agregadan müteşekkil olduğunda bitümlü bağlayıcı ve agrega ayrı ayrı ve birbirinin peşi sıra tatbik edilmeli ve agrega silindirlenmelidir.

Seal-Coat tabakası 1/2" ten daha az kalınlıkta olmalı ve şu maksatlardan biri için yapılmalıdır (YTMK, 1995):

- a) Havanın veya rutubetin nüfuzunu önlemek (tesirlerinden korumak),
- b) Eski ve kuru satırları yenilemek,
- c) Kaygan satırlarda kaygan olmayan bir satır temin etmek,
- d) Daha iyi görüş şartları temini için sathın rengini değiştirmek,

### a. Agrega ve Özellikleri

Agrega; sağlam ve temiz kum, çakıl, kırma taş veya bunların karışımından müteşekkil olmalı ve kil topraktan ve yabancı maddelerden arınmış bulunmalıdır. Agrega; don kaybı, aşınma kaybı ve soyulma mukavemeti yönünden Çizelge 3.11 ve 3.12'deki şartlara uymalıdır.

Çizelge 3.11 Don kaybı, aşınma kaybı ve soyulma mukavemeti için agrega gradasyonları

Veznen % Geçen			
Elek Ebadı	A	B	C
3/8 "	100	100	100
1/4"	98 - 100	98 - 100	98 - 100
No:4	95- 100	75- 100	0- 50
No:6	—	—	0 - 20
No:10	0 - 95	0 - 15	0 - 5
No:40	0 - 40	0 - 5	—
No:100	0 - 5	—	—
No:200	0 - 2	0 - 2	0 - 2

Çizelge 3.12 Don kaybı, aşınma kaybı ve soyulma mukavemeti için agrega şartname ve tecrübe metotları

	Şartname	Tecrübe Metodu
Yassı ve uzun dane %	Maks. 30	B.S. 812
Aşınma Kaybı %	Maks. 35	AASHO T96- B
Don Kaybı %	Maks. 12	AASHO T - 104
Soyulma Mukavemeti %	Min. 50	
Cilalanma katsayısı	Min. 0,50	B.S. 812

## b. Bitümlü Malzeme

İnce ve normal koruyucu tabakalarında kullanılan bitümlü malzemeler ve bu malzemeler için en uygun agrega gradasyonları aşağıdaki Çizelge 3.13 ve 3.14’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.13 Agrega gradasyonları

Bitümlü Bağlayıcı	İnce Koruyucu Tabaka	Normal Koruyucu Tabaka
RC Sıvı Petrol asfaltları	RC-250, RC-800	RC-800, RC-3000
Yol katranları	RT-6, RT-7, RT-8	RT-8, RT-9, RT-10, RT-11, RT-12
Asfalt Emülsiyonları	RS-1, RS-2	RS-2
Asfalt Çimentosu	—	AC 120-150 ve AC 150-200
Mineral Agrega	A	B ve C

Çizelge 3.14 Bitümlü malzeme tatbik miktarları

Bitümlü Bağlayıcının Cinsi	Agrega Tiplerine göre Bitümlü Bağlayıcının Tatbik Miktarı (Litre/ m <sup>2</sup> )		
	A	B	C
RC Sıvı Petrol Asfaltı ve RS			
Asfa.Emüls.için	0.45-0.55	0.55-0.80	0.75-1.00
Yol Katramı için	0.45-0.55	0.45-0.70	0.70-0.90
Asfalt çimentosu			0.60-0.80

Agrega Miktarı: Agreganın miktarı her metre kareye tatbik edilen beher 0,1 litre bitümlü malzeme için 1.20 Kg. olmalı, % 10 tolerans kabul edilmelidir.

## 3.2 Sıcak Asfalt Karışımlar

İri agrega, ince agrega, filler ve asfaltın plentlerde sıcaklık, nem ve oran bakımından kontrollü olarak karıştırılmasıyla elde edilen homojen yapıya denir (AASHTO, 1986). Bitüm, karışımın kohezyonundan, agrega ise karışımın içsel sürtünme direncinden ve stabilitesinden sorumludur. Sıcak asfalt karışımlar trafiği ağır yollarda, otoyollarda ve havaalanı pistlerinde uygulanır.

### a. Agrega ve Özellikleri

Agrega kırılmış çakıl, taş, kum, mineral ve fillerden oluşur. Çakıl ve taş temiz ve sağlam olmalı, kumun içinde ise kil ve bitkisel maddeler bulunmamalıdır. Kaplama tabakası kendine gelen yükleri herhangi bir deformasyona uğramadan temel tabakasına geçirecek kadar sağlam olmalıdır. Bu da agreganın granülometrisine ve direncine bağlıdır.

Agrega granülometrisine ve diğer özelliklerine ait değerler Çizelge 3.15’de verilmiştir.

Çizelge 3.15 Agrega granülometrisi

Elek Boyutu	BİNDER TABAKASI			AŞINMA TABAKASI					
	Ağırlıkça Geçen Yüzde			Ağırlıkça Geçen Yüzde					
	Tip A	Tip B	Tip C	Tip A	Tip B	Tip C	Tip D	Tip E	Tip F
1 "	100	100	100						
3/4 "	82–100	80–100	77–100	100	100	100			
1/2 "	68–87	63–81	59–77	89–100	84–100	81–100	100	100	100
3/8 "	60–79	54–72	49–66	80–95	75–91	71–87	87–100	87–100	80–100
No: 4	46–65	50–58	34–52	64–81	57–75	52–70	66–82	60–77	55–72
No: 10	34–51	28–45	23–39	48–65	42–59	36–53	47–64	41–58	36–53
No: 40	17–29	14–25	12–22	26–40	22–35	17–30	24–36	20–32	16–28
No: 80	9–18	8–16	7–14	15–26	12–22	9–19	13–22	Kas.19	8–16
No: 200	2–7	2–7	2–7	4–10	4–10	4–10	4–10	4–10	4–10

### b. Bitüm ve Özellikleri

Asfalt çimentosu esnek kaplamalarda bağlayıcı olarak kullanılan ve 40 ila 300 penetrasyon katılığa sahip bitümlü malzemelerdir. Doğal asfaltın işlenmesi veya petrolün rafine edilmesi ile elde edilir. Kullanılmaları için ya ısıtılarak doğrudan ya da uygun çözücü (benzin, gazyağı veya bakiye yağ) ile karıştırılarak ya da ufak partiküller halinde parçalayıp suyla karıştırarak akıcı hale gelmesi sağlanır. Asfalt çimentosu (AC) veya katı asfalt veya penetrasyon asfaltı (Pen.AC) veya kısaca asfalt olarak adlandırılmaktadır.

Bağlayıcı çok çabuk sertleşmemelidir. Böylece kaplama iyi şekilde sıkıştırılır, karışım yoğun hale gelir. Yoğun bir karışımın içinde hava boşlukları kalmaz bundan dolayı bağlayıcının hava ile temasından meydana gelen sertleşme (yaşlanma) geciktirilmiş olur. Asfaltların termoplastik malzeme oluşu nedeniyle viskozlukları ısıyla değişir. Asfaltların katılıklarının ısıya bağlı olarak değişmesi ısıya karşı duyarlı olmasından kaynaklanmaktadır. Asfaltların ısıya duyarlılıklarının az olması istenir. Yani yüksek hava sıcaklıklarında yeterince katı (rijit) olması ve çok küçük ıslarda ise çok fazla gevrek (kırılgan) olmaması istenir. Aksi halde asfalt

kaplamalar yüksek ısılarda deformasyon ve düşük ısılarda ise çatlama eğilimi gösterirler. Kaplamalarda teker izi ve düşük ısı çatlakları gibi kusurların oluşumunun nedeni asfaltın bu özelliğinden kaynaklanmaktadır. Çizelge 3.16'da asfalt çimentolarının sınıflandırılması gösterilmiştir.

Çizelge 3.16 Asfalt çimentolarının sınıflandırılması

Penetrasyon Sınıflaması	Viskozite Sınıflaması
40-50 Pen.AC	AC - 40
60-70 Pen.AC	AC - 20
85-100 Pen.AC	AC - 10
120-150 Pen.AC	AC - 5
200-300 Pen.AC	AC - 2,5

Bitümlü karışımlardan beklenen fiziksel ve mekanik özellikleri de şöyle sıralayabiliriz.

**Stabilite:** Malzemenin düşey ve yatay trafik yükleri altında oluşan basınç, çekme ve kayma gerilmelerine karşı göstermiş olduğu dirençtir.

**Esneklik:** Üstyapının alt tabakasındaki çökmelerden bitümlü tabakalara intikal eden deformasyonlara karşı, karışımın çatlama karşı koyma yeteneğidir.

**Dayanıklılık:** Karışımın trafik, hava ve su etkilerine karşı göstermiş olduğu dirençtir.

**Yorulma Direnimi:** Karışımın tekrarlı dingil yüklerinden doğan tekrarlı eğilmelere karşı koyma yeteneğidir.

**Kayma Direnimi:** Karışımın tekerlekle yol yüzeyi arasında oluşan sürtünme direnidir.

**İşlenebilirlik:** Karışımın alt tabakalara su sızdırma veya geçirme kabiliyetidir.

**Reoloji:** Bir malzemenin sıcaklık süre ve zamana bağlı olarak yüklere karşı göstermiş olduğu özelliği yansıtır (Özen, 2002).



## 4. ÖMÜR DÖNGÜ MALİYET ANALİZİ (ÖDMA)

Bu bölümde, ÖDMA'nin tarihçesi tanımı ve işleyiş yöntemi açıklanmıştır.

### 4.1 ÖDMA'NİN tarihçesi

Yol mühendisliği ekonomi ile 1847 de Gillespie'nin yayınladığı “Yol Yapımı Prensipleri ve Pratikleri” el kitabı ile tanışmıştır. Bu yayında Gillespie, en ekonomik yolun inşa ve yapım maliyetlerini birlikte ele alan yaklaşımın karakteristiklerini ortaya koymuştur (Özbay vd.,2003).

Gillespie'nin çalışmalarında ÖDMA'nin var olduğu görülmektedir. 1930'lar da özellikle sel baskınlarını önlemek için ÖDMA kullanılması Amerika Birleşik Devletleri'nde Federal mevzuatta yer almıştır. Zaman içinde ulaşım maliyetlerini en aza indirme gereksinimi ortaya çıkmıştır. Bu arada ÖDMA çeşitli alanlarda gelişen kabul edilen bir uygulama yöntemi haline gelmiştir. Fakat bu yöntem 1950'lere kadar yol projelerinde kullanılmamıştır. 1960'larda mühendislik ekonomisti Winfrey Amerikan Karayolları Birliği (AASHTO) “Kırmızı Kitabı”nda ÖDMA kavramını ulaştırma terimleri arasına dahil etmiştir(Özbay vd.,2003).

Bu yıllarda eldeki mevcut veriler ve bilgiler ÖDMA ile yapılan analizlerde gerçek ve rekabetçi bir sonuca ulaşmaya yeterli olmadığından bilgi toplamaya ve bunları entegre etmeye yönelik olarak geniş bir araştırma çalışması başlatılmıştır. Bu araştırmalarda amaç, kullanıcı maliyetlerini ve araç işletim maliyetlerini sayısallaştırmak olmuştur. 1960'larda Brezilyada Dünya Bankası tarafından yürütülen araştırma ve testlerin sonuçlarından deneye dayalı bir model geliştirilmiştir.

1984'de Ulusal Otoyol Araştırma Kooperatifi (NCHRP), 20-FY 1983 numaralı projeye ÖDMA'nin işleyişinde ulaştırma firmalarının durumunu, çeşitli durumlar ve parametrelerle inceleyerek ÖDMA'nin geliştirilmesi çalışmasını başlatılmıştır (Özbay vd.,2004).

Amerikan Karayolları Birliği (AASHTO) (1983,1993) “Kaplama Tasarımı Kılavuzu”nda ekonomik değerlendirmenin yapılmasında ve karar verilmesi aşamasında ÖDMA'ni destekleyici araç olarak kullanmaya onay vermiştir.

ISTEA 1991'de ÖDMA'ni şehir içi ve şehir dışı köprü, tünel ve kaplama planlanmasında kullanılmaya başlatmış. Ardından Ulusal Otoyol Sistemi de (NHS) 1995'de Eyaletlerde \$25 milyondan büyük olan NHS projelerinde ÖDMA ile analiz yaptırmaya başlamış, 1996 yılında da Federal Otoyol Ajansı da (FHWA) aynı kararı almıştır (Walls ve Smith, 1998).

“Kaplama Tasarımında ÖDMA 115 Demonstrasyon Projesi” 1998’de FHWA tarafından tamamlanmış ve birçok eyalette ÖDMA ile ilgili eğitici seminerler düzenlenmiştir. Ayrıca ÖDMA metodolojisini ve çeşitli parametrelerini ana hatlarıyla anlatan bir bülten de yayınlanmıştır (FHWA, 1998).

2000 yılından itibaren ÖDMA çalışmalarının gerçekleştirilmesi Varlık Yönetim Ofisinin (OAM) sorumluluğuna girmiş ve 2002 yılında ise kaplamalar için ÖDMA kullanılan bir yazılım geliştirilmiştir. Halen konuyla ilgili araştırma çalışmaları FHWA ve diğer ilgili kurumlar tarafından daha geniş ölçekte devam ettirilmektedir. ÖDMA ulaştırma projelerinin planlamasında ve işletilmesinde, yolcu maliyetlerinin belirlenmesinde kullanılan bir yöntem haline gelmektedir (Al-Wazeer vd., 2005).

#### **4.2 ÖDMA Tanımı**

ÖDMA genel tanımıyla çeşitli yatırım alternatiflerinin maliyetlerinin verimliliğini değerlendiren ekonomik bir analizdir (Jiang vd., 2004). Bir projenin ekonomik değerini belirlemekte ilk yatırım maliyetini ve ileride oluşabilecek bakım, onarım, yenileme ve kullanıcı maliyetlerini bugünkü değere çekerek analiz eden bir yöntemdir. Analiz periyodu boyunca, maliyetlerin meydana gelme yıllarına göre parasal toplamı hesaplanır. Burada önemli olan sosyal maliyet (kullanıcı maliyetleri) ile bakım ve onarım zamanlarının nasıl verimli hale getirilerek, sosyal maliyetlerin en aza indirilebileceğinin saptanmasıdır. Bu değer ortak bir zamana çevrilerek çeşitli alternatiflerin birbirleriyle kıyaslanabilmesine olanak sağlar (Li ve Madanat, 2002).

Projelerin ekonomik olarak değerlendirilmesinde çeşitli formatlar ve ekonomik göstergeler vardır. Bunların başlıcaları Net Bugünkü Değer (NPV), Fayda Maliyet Oranı (B/C), Doğrusal Yıllık Eşit Maliyet (EUAC) ve İç Verimlilik Oranı (IRR)’dır. Uygun göstergenin seçimi analizin büyüklüğüne ve içeriğine bağlıdır. Aynı zamanda bazı parametrelerin belirsizliğine de bağlıdır. Örneğin gelişmekte olan ülkelerde faiz oranları yüksek ve belirsiz olduğundan içsel geri dönüşüm formatı tercih edilir. Diğer yandan projenin ömrünün belirsiz olduğu hallerde EUAC tercih edilir (FHWA, 2004).

Her gösterge için formül aşağıdaki Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 ÖDMA değerlendirme formatları

DENKLEM NO	GÖSTERGE	KISALTMA	FORMÜL	
1	Net Bugünkü Değer	NPV	$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{B_t - C_t}{(1+d)^t}$	Formül 4.1
2	Fayda Maliyet Oranı	B/C	$\frac{PVB}{PVC} = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+d)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+d)^t}}$	Formül 4.2
3	Doğrusal Yıllık Eşit Maliyet	EUAC	$EUAC = NPV \left[ \frac{1(1+d)^t}{(1+d)^t - 1} \right]$	Formül 4.3
4	İç Verimlilik Oranı	IRR	$\sum_{t=0}^T \frac{B_t - C_t}{(1+IRR)^t} = 0$	Formül 4.4
PVB= Gelecekteki faydaların bugünkü değeri PVC= Gelecekteki maliyetlerin bugünkü değeri d= Faiz oranı t= Yatırım yılı T= Proje süresi veya analiz süresi B <sub>t</sub> = t yılında kazanılan fayda C <sub>t</sub> = t yılında yatırılan maliyet				

Ekonomik gösterge seçimi yapılırken aşağıdaki sorular cevaplanmalıdır (Özbay vd., 2004):

1. Analiz yaparken oluşan faydalar analize ekleniyor mu?
2. Analizi gerektiren kararın büyüklüğü nedir?
3. İlk yatırım maliyeti gelecekteki harcamalarla karşılaştırınca büyüklüğü nedir?
4. Yatırımcı firmanın ihtiyacını en iyi hangi metot karşılar?
5. Karar vericiler için en uygun olan metot hangisidir?

NPV metodu, proje alternatifleri arasında eşit faydaya fakat değişken maliyete göre analiz yapılmasına olanak verir. NPV metodu değişik ekonomik değere sahip projeler için en uygun

değerlendirme metodudur. NPV metodu analizciye değişik maliyetlerle projeyi değerlendirme imkânı verir. Bilinen veya hesaplanabilen faydalar ve giderler birbirine eşit olduğu müddetçe değerlendirmeye katılmaz, böylece de Çizelge 4.1’de verilen 4.1 no’lu denklem Formül 4.5’e dönüşür.

$$NPVC = \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+d)^t}$$

**Formül 4.5**

Formülde  $C_t$  “t” yılında ortaya çıkan parasal veya parasal olmayan maliyetlerdir.

ÖDMA’nde maliyetler başlangıç inşa maliyeti (yatırım), bakım maliyeti, onarım maliyeti ve hurda değeri olarak sınıflandırılabilir. Buradaki maliyetlerin sadece yukarıdakilerle kısıtlanması yaklaşımı diğer bütün alternatiflerdeki kullanıcı ve sosyal maliyetlerin eşit olduğu kabulüne dayanır. Bu yaklaşım sonucu NPV bağıntısı Formül 2’ye dönüşür.

NPV = yatırım maliyeti + PWF \* onarım maliyeti + PWF \* bakım maliyeti – PWF \* hurda değeri **Formül 4.6**

PWF = “t” yılındaki maliyetin bugünkü değeri faktörü

$$PWF_t = \frac{1}{(1+d)^t}$$

**Formül 4.7**

#### 4.2.1 ÖDMA’nin İşleyişi

ÖDMA aşağıdaki adımlardan oluşur.

1. Projenin alternatifleri tanımlanması.

- ÖDMA’nin ilk adımı projenin alternatiflerini belirlemektir. Ekspertler ve deneyimli profesyoneller proje için potansiyel ömür döngü stratejileri önerirler. Her kaplama tasarımı için bir başlangıç tasarımı ve performansı ve proje süresi için de bakım onarım zamanları ile ayrıca kaplamanın performansı belirlenir.

2. Yaklaşım karar verilmesi. -ki yaklaşımdan kasıt deterministik mi yoksa istatistiksel mi olacaktır?

- ÖDMA’de parametreler belirsiz olduğundan istatistiksel yaklaşımın, eğer bütün girdileri biliniyorsa deterministik yaklaşımın kullanılması daha uygun olacaktır.

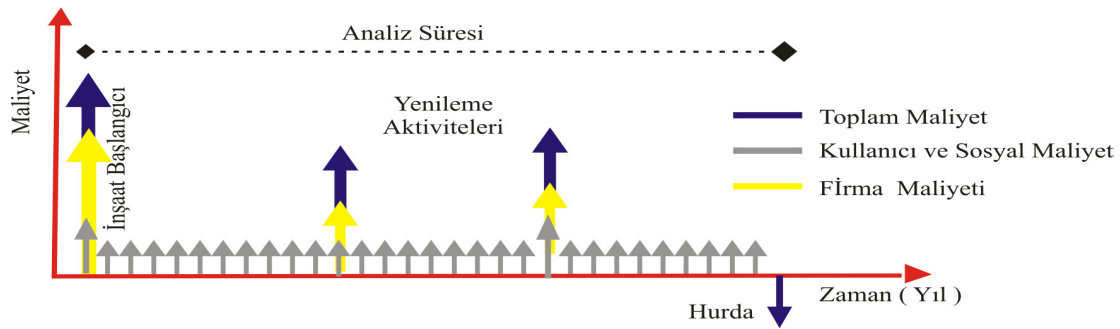
### 3. Genel ekonomik parametreler seçilmesi.

- Genel ekonomik parametreler seçilir. Analiz süresi, ıskonto oranı gibi genel ekonomik parametreler seçilir ve bunlar bütün alternatiflerde aynı alınır.

### 4. Her alternatif için nakit akış diyagramı çizilmesi.

- Bakım onarım stratejileri ve zamanları belirlenmesi.
- Firma maliyetleri hesaplanması.
- Kullanıcı maliyetleri hesaplanması.
- Sosyal maliyetler hesaplanması.

Nakit akış diyagramı oluşturulur (Şekil 4.1). Bu diyagramda, analiz süresi ve yatırımın ne zaman yapılacağı firma maliyetleri, kullanıcı maliyetleri ve sosyal maliyetler görülebilir.



Şekil 4.1 Nakit akış diyagramı

### 5. Her alternatifin net bugünkü değerinin hesaplanması.

Nakit akış diyagramı oluşturulduktan sonra firma, kullanıcı ve sosyal maliyetler tek tek hesaplanarak bugünkü değere getirilir ve böylece bugünkü toplam maliyet hesaplanır.

### 6. Sonuçların değerlendirilmesi ve duyarlılık analizinin yapılması.

Her alternatifin bugünkü değeri hesaplanır ve böylece sonuçlar birbiriyle karşılaştırılır. Alternatifler arasında NVP’si diğerlerinden %10 aşağıda olan bir alternatif varsa o alternatif tercih edilir. Eğer aralarındaki fark %10’dan küçükse bütün alternatifler birbirine eşit olarak

yorumlanabilir. Fakat deterministik yaklaşımla analiz yapılırsa en küçük NVP'ye sahip olan alternatif tercih edilir (FHWA, 1998).

#### **4.2.2 Duyarlılık Analizi**

Duyarlılık analizinde değişkenlerin etkileri girdiler üzerinde incelenmelidir. Bu analizde bazı parametreleri değişken olarak bazılarını da sabit kabul ederek analiz yapılır (Nunoo, 2002).

Duyarlılık analizi için en çok kullanılan parametreler şunlardır:

- Iskonto oranı
- Yenileme ve bakım aktivitelerinin zamanı
- Trafik büyüme oranı
- Ana inşaat maliyetleri
- Analiz süresi

İki ayrı proje için duyarlılık analizinin sonuçlarının incelenmesi aşağıda gösterilmiştir.

Birinci projede ilk yatırım maliyeti 1.100.000 YTL olsun, 15. ve 30. yıllarda iki adet yenileme yapıldığını kabul edelim ve her ikisinin de maliyeti 325.000 YTL. Kullanıcı maliyetleri de yatırım yılı için 300.000 YTL değerleri içinse 269.000 YTL ve 361.000 YTL olsun. Hurda maliyetini de kalan ömrün yatırım maliyetine oranlayalım. Proje süresi de 35 yıl olsun.

İkinci projede ilk yatırım maliyeti 975.000 YTL olsun, 10. ve 20. 30. yıllarda üç adet yenileme yapıldığını kabul edelim ve her üçünün de maliyeti 200.000 YTL. Kullanıcı maliyetleri de yatırım yılı için 200.000 YTL değerleri içinse 269.000 YTL, 361.000 YTL ve 485.000 YTL olsun. Değişik faiz oranlarına göre bugünkü net değerler Çizelge 4.2 ve 4.3'de hesaplanmıştır.

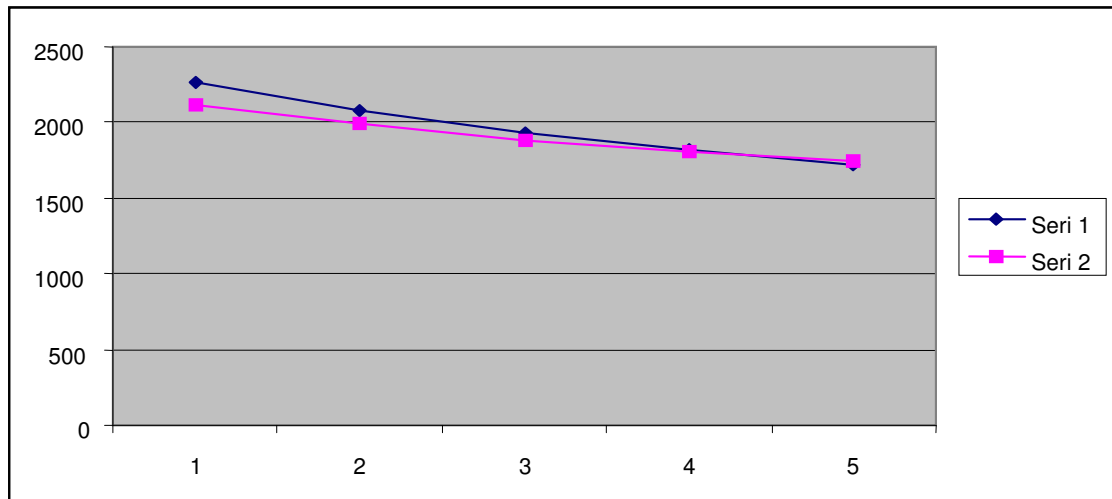
Çizelge 4.2 1.alternatif için bugünkü net değerler

1. ALTERNATİF							
Aktivetiler	Yıl	Maliyet(*1000)	Bugünkü Net Değer				
			2%	3%	4%	5%	6%
İlk Yatırım	0	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100
Kullanıcı Maliyeti	0	300	300	300	300	300	300
Yenileme 1	15	325	241	209	180	156	136
1.Kullanıcı Maliyeti	15	269	200	173	149	129	112
Yenileme 2	30	325	179	134	100	75	57
2.Kullanıcı Maliyeti	30	361	199	149	111	84	63
Hurda Maliyeti	35	-217	-108	-77	-55	-39	-28
Toplam Bugünkü Değer			<b>2111</b>	<b>1988</b>	<b>1885</b>	<b>1805</b>	<b>1740</b>

Çizelge 4.3 2.alternatif için bugünkü net değerler

2. ALTERNATİF							
Aktivetiler	Yıl	Maliyet(*1000)	Bugünkü Net Değer				
			2%	3%	4%	5%	6%
İlk Yatırım	0	975	975	975	975	975	975
Kullanıcı Maliyeti	0	200	200	200	200	200	200
Yenileme 1	10	200	164	149	135	123	112
1.Kullanıcı Maliyeti	10	269	220	200	182	165	150
Yenileme 2	20	200	135	111	91	75	62
2.Kullanıcı Maliyeti	20	361	243	200	165	136	113
Yenileme 3	30	200	110	82	62	46	35
3.Kullanıcı Maliyeti	30	485	268	200	150	122	85
Hurda Maliyeti	35	-100	-50	-36	-25	-18	-13
Toplam Bugünkü Değer			<b>2265</b>	<b>2081</b>	<b>1935</b>	<b>1824</b>	<b>1719</b>

Çizelge 4.2 ve 4.3 deki değerlerden oluşan grafik Şekil 4.2 de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Duyarlılık analizi grafiği

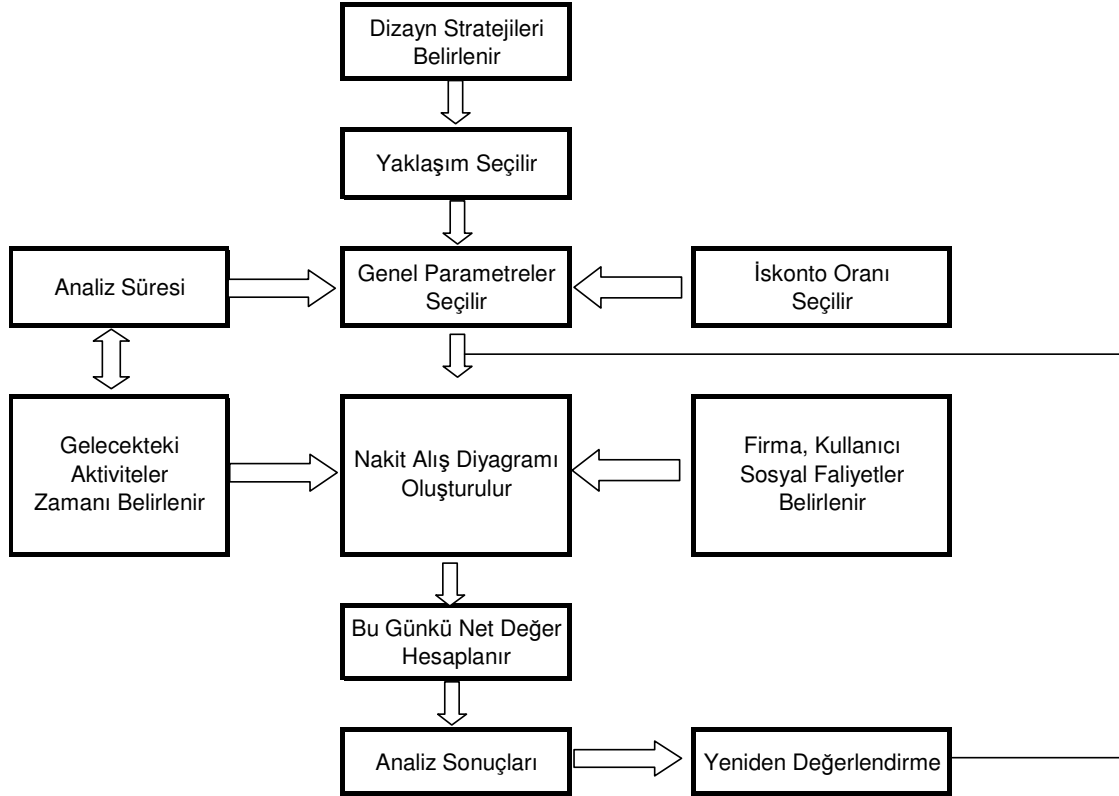
Bu örnekten de görüldüğü gibi faiz oranı artııkça alternatif 1 daha pahalı hale gelmektedir.

7. Tasarım stratejileri gerekirse yeniden değerlendirilir.

Sonuçların ve analizin ortaya çıkması sonucunda gerekirse tasarım değişikliğine gidilebilir.

Bazen geri dönüp yapılan küçük değişiklikler projenin daha iyi sonuç vermesini sağlayabilir.

Aşağıda Şekil 4.3’de ÖDMA akış diyagramı gösterilmiştir (Özby vd., 2003).



Şekil 4.3 ÖDMA akış diyagramı



## 5. ÖMÜR DÖNGÜ MALİYET ANALİZİ YAZILIMI (REALCOST) GENEL TANIMI

RealCost yazılımı FHWA tarafından ÖDMA'ni desteklemek için geliştirilmiş bir programdır. Bu programın iki amacı vardır. Birincisi ÖDMA'ni öğrenmek isteyen karar vericiler için eğitici özelliğidir. Bu sayede ekonomik verilerin ve hizmet ömrünün maliyet üstündeki etkisi incelenerek bu metoda alışkanlık kazandırılır. İkincisi ise üstyapı planlayıcıları için çeşitli alternatifleri değerlendirmelerine olanak sağlayan yardımcı bir yazılımdır. Gerçek Maliyet (RealCost) yazılımı bir yol üstyapısının projelendirirken yolda oluşacak kullanıcı maliyetlerini hesaplayarak yolun değerlendirme esnasında sadece yatırım maliyetlerine bağlı kalmayarak kullanıcı maliyetlerini de hesaba katarak değerlendirme yapılmasına olanak verir. RealCost yazılımı asfalt çalışmaları ve projelendirmeleri ile ilgilendiği için ÖDMA metodunu otomatikleştirerek kullanıcılara kolaylık ve pratiklik sağlar (FHWA, 2004). Yazılım hem şirketlerin hem de kullanıcıların inşaat ve yenileme değerlerini göz önünde bulundurarak her iki taraf içinde uygun çözümü bulmaya çalışır. RealCost iki alternatifi aynı anda ele alarak asfalt mühendislerinin alternatifler arasında karar vermesini sağlar (Al-Wazeer vd., 2005).

RealCost yazılımı kullanıcı maliyetlerini hesaplar. İki çeşit kullanıcı maliyeti hesaplarda kullanılır.

1.Yolda veya inşaat sahasında gecikmelerden oluşan kullanıcı maliyeti

2.Yolda veya inşaat sahasında araçların işletiminden doğan kullanıcı maliyetleri

Yolda ve inşaat sahasında oluşan maliyetler farklı hesaplanır. Yolda gecikmeler sadece hız ve kat edilecek mesafenin uzunluğuna bağlı iken çalışma sahasında birçok başka faktör gecikmelere etki eder. Örneğin çalışma sahasında çalışmanın kaç şeritte yapıldığı, çalışma sahasının hız limiti, çalışmanın günde kaç saat yapıldığı hangi saatlerde yapıldığı, çalışmanın kaç gün süreceği, çalışma süresinde yolun kapasitesinin ne kadar olacağı kullanıcı maliyetleri üzerinde etki eder.

İnşaat sahasında maliyetlere etki eden iki durum vardır. Birincisi trafiğin akıcı olması halidir. Bu durumda kullanıcı maliyetleri hız değiştirmekten oluşan gecikme maliyeti, hız değiştirmekten dolayı oluşan araç işletim maliyeti ve hız düşürmekten oluşan kullanıcı gecikme maliyetleridir. İkincisi ise inşaat sahasında trafiğin sıkışarak akması durumudur. Bu durumda da kullanıcı maliyetlerine durmalardan kaynaklanan kullanıcı maliyeti, durmalardan kaynaklanan araç işletim maliyeti, kuyrukta bekleme maliyeti ve atıl kalma kullanıcı maliyeti etki eder.

Aşağıdaki Çizelge 5.1’de RealCost yazılımının veri girdilerini görebiliriz

Çizelge 5.1 RealCost yazılımı veri girdileri

### Girdiler

#### 1. Ekonomik Değişkenlers

Otomobil için maliyet (YTL/saat)	11,5
Kamyon için maliyet (YTL/saat)	18,5
Treyler için maliyet (YTL/saat)	21,5

#### 2. Analiz Seçenekleri

Kullanıcı maliyeti analizde kullanılsın mı?	Evet
Kullanıcı maliyeti kalan servis ömrüne eklensin mi?	Evet
Kullanıcı maliyetleri arasındaki fark hesaplınsın mı?	Evet
Kullanıcı maliyetleri hesaplınsın mı ?	Hesaplınsın
Firma maliyeti kalan servis ömrüne eklensin mi?	Evet
Trafiğin yönü	Çift
Analiz süresi (yıl)	30
Analizin başlangıç yılı	2000
Faiz oranı (%)	3,0

#### 3. Proje Detayları

Yolun Konumu	Ankara
Proje adı	Batı
Bölge	İç Anadolu
Şehir	Ankara
Analizi yapan	Proje Mühendisi
Yolun kilometresi	
Başlangıç	185,00
Bitiş	191,00
Projenin uzunluğu	6,00

Uyarılar

#### 4. Trafik Verileri

Başlangıç yılındaki YOGT (çift yön)	33.800
Otomobil yüzdesi	85,0
Kamyon yüzdesi	10,0
Treyler yüzdesi	5,0
Trafik artış yüzdesi	10,0
Hız limiti (mph)	65
Şerit sayısı	3
Şerit kapasitesi	2000
Şehirlerarası veya şehir içi	Şehir içi

Kuyruk dağılıma yüzdesi  
Maksimum YOGT  
Maksimum kuyruk uzunluğu

1800
500.000
1,0

## 5. Yapım

### I. 1. Alternatif

#### İlk inşaat

Firma inşaat maliyeti (1000YTL)  
İnşaat alanındaki kullanıcı maliyeti  
İnşaat süresi  
İnşaat sırasındaki açık şerit sayısı  
Hizmet ömrü  
Bakım periyodu  
Firma bakım maliyeti (1000YTL)  
Çalışma sahası uzunluğu  
Çalışma sahası hız limiti (mph)  
Çalışma bölgesi şerit kapasitesi  
Şeritlerin kapalı olduğu saatler

Esnek Üstyapı
6" yeni kaplama yapımı
10.000

250
2
10
4
100
1,00
45
1470

#### Geliş yönü

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	0

#### Gidiş yönü

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	0

RealCost programında kullanıcı yatırım ve inşaat maliyetleri ile bakım senaryolarını öngörerek programa sabit veri olarak girer. Çizelge 5.1'deki trafik verileri, yapım ve bakım yöntemi gibi verileri değiştirerek çeşitli senaryolara göre alternatifler üretilerek değerlendirilebilir.

## **6. TRAFİK DEĞİŞKENLERİNİN PROJE MALİYETLERİNE ETKİSİNİN ÖDMA İLE İNCELENMESİ**

Bu bölümde, ÖDMA'ne örnek olmak üzere trafik değişkenlerinden, trafiğin yıllık artış yüzdesi ve Yıllık Ortalama Trafik (YOT) miktarlarının değişiminin projenin net bugünkü değerine olan etkisi araştırılmıştır.

### **6.1 YOT Değerinin Net Bugünkü Değeri Üzerine Etkisi**

2x2 şeritli 6 kilometrelik bir yolu inceleyelim. Projenin ömrü 30 yıldır. Araç dağılım yüzdeleri sırasıyla otomobil, kamyon, treyler için % 85, 10 ve 5 olsun, proje hızı 65 mil/saat, şerit kapasitesi 2000 otomobil/saat ve kuyruk boşalma kapasitesi 1800 otomobil/saat'tir. Otomobil, kamyon ve treyler için saatlik işletme maliyetlerde sırasıyla 11.5, 18.5 ve 21.5 YTL olarak kabul edelim

Birinci Alternatif için ilk yatırım maliyeti 8.000.000 YTL ve her dört yılda bir bakım için 100.000 YTL ve 10. yılda 5 cm yeni kaplama yapılacak ve maliyeti de 1.500.000 YTL olacak, ayrıca 20. yılda kaplama kazınacak ve yine 5 cm kaplama yapılacak bunun da maliyeti 2.150.000 YTL' dir.

İkinci Alternatif için ilk yatırım maliyeti 10.000.000 YTL ve her beş yılda bir bakım için 100.000 YTL ve 10. yılda 5 cm yeni kaplama yapılacak ve maliyeti de 1.500.000 YTL olacak, ayrıca 20. yılda kaplama kazınacak ve yine 5 cm kaplama yapılacak bununda maliyeti 2.150.000 YTL' dir.

Bu 2x2 şeritli yolda Yıllık Ortalama Trafik'in (YOT) değişimine göre projenin yatırım ve kullanıcı maliyetlerini inceleyelim.

Sırasıyla YOT'in 500.000, 1.000.000, 2.000.000, 4.000.000, 8.000.000, 12.000.000, 16.000.000 ve 20.000.000 olmasına göre maliyetler hesaplanmıştır. Aşağıdaki Çizelge 6.1.'de hesap için veri girdileri gösterilmiştir.

Çizelge 6.1 YOT değişiminin maliyetlere etkisinin incelenmesinde hesap girdileri

## Girdiler

### 1. Ekonomik Değişkenler

Otomobil için maliyet (YTL/saat)	11,5
Kamyon için maliyet (YTL/saat)	18,5
Treyler için maliyet (YTL/saat)	21,5

### 2. Analiz Seçenekleri

Kullanıcı maliyeti analizde kullanılsın mı	Evet
Kullanıcı maliyeti kalan hizmet ömrüne eklensin mi	Evet
Değişken kullanıcı maliyetleri hesaplınsın mı	Evet
Kullanıcı maliyetleri karşılaştırma metodu hesaplınsın mı	Hesaplınsın
Kurum maliyeti kalan servis ömrüne eklensin mi	Evet
Trafiğin yönü	Çift
Analiz süresi (yıl)	30
Analizin başlangıç yılı	2000
Faiz oranı (%)	3,0

### 3. Proje Detayları

Yolun Konumu	Ankara
Proje adı	Batı
Bölge	İç Anadolu
Şehir	Ankara
Analizi yapan	Proje Mühendisi
Yolun kilometresi	
Başlangıç	185,00
Bitiş	191,00
Projenin uzunluğu	6,00
Uyarılar	

### 4. Trafik Verileri

Başlangıç yılındaki YOGT (çift yön)	DEĞİŞKEN
Otomobil yüzdesi	85,0
Kamyon yüzdesi	10,0
Treyler yüzdesi	5,0
Trafik artış yüzdesi	4,0
Hız limiti (mph)	65
Şerit sayısı	2
Şerit kapasitesi	2000
Şehirlerarası veya şehiriçi	Şehiriçi
Kuyruk boşalma yüzdesi	1800
Maksimum YOGT	25.000
Maksimum kuyruk uzunluğu	1,0

### 5. Yapım

#### 1. Alternatif İlk inşaat

Firma inşaat maliyeti (1000YTL)	Esnek Üstyapı
İnşaat alanındaki kullanıcı maliyeti	5cm yeni kaplama yapımı
İnşaat süresi (gün)	8.000
İnşaat sırasındaki açık şerit sayısı	250
Hizmet ömrü (yıl)	1
Bakım periyodu	10,0
	4

Firma bakım maliyeti (1000YTL)  
Çalışma sahası uzunluğu  
Çalışma sahası hız limiti (mph)  
Çalışma bölgesi şerit kapasitesi  
Şeritlerin kapalı olduğu saatler

100
1,00
45
1470

*Geliş yönü*

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	0

*Gidiş yönü*

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	0

**1. İyileştirme**

Firma inşaat maliyeti (1000YTL)  
İnşaat alanındaki kullanıcı maliyeti  
İnşaat süresi (gün)  
İnşaat sırasındaki açık şerit sayısı  
Hizmet ömrü (yıl)  
Bakım periyodu  
Firma bakım maliyeti (1000YTL)  
Çalışma sahası uzunluğu  
Çalışma sahası hız limiti (mph)  
Çalışma bölgesi şerit kapasitesi  
Şeritlerin kapalı olduğu saatler

1.500
24
1
10,0
4
100
1,00
45
1470

*Geliş yönü*

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	0

*Gidiş yönü*

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	8

**2. İyileştirme**

Firma inşaat maliyeti (1000YTL)  
İnşaat alanındaki kullanıcı maliyeti  
İnşaat süresi (gün)  
İnşaat sırasındaki açık şerit sayısı  
Hizmet ömrü (yıl)  
Bakım periyodu  
Firma bakım maliyeti (1000YTL)  
Çalışma sahası uzunluğu  
Çalışma sahası hız limiti (mph)  
Çalışma bölgesi şerit kapasitesi

Kazıma ve 5cm yeni kaplama
2.150
34
1
10,0
4
100
1,00
45
1470

Şeritlerin kapalı olduğu saatler

*Geliş yönü*

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	0

*Gidiş yönü*

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	0

**I. 2. Alternatif**

**İlk inşaat**

Firma inşaat maliyeti (1000YTL)  
İnşaat alanındaki kullanıcı maliyeti  
İnşaat süresi (gün)  
İnşaat sırasındaki açık şerit sayısı  
Hizmet ömrü (yıl)  
Bakım periyodu  
Firma bakım maliyeti (1000YTL)  
Çalışma sahası uzunluğu  
Çalışma sahası hız limiti (mph)  
Çalışma bölgesi şerit kapasitesi  
Şeritlerin kapalı olduğu saatler

Esnek Üstyapı
5cm yeni kaplama yapımı
10.000
200
1
10,0
5
100
1,00
45
1470

*Geliş yönü*

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	0

*Gidiş yönü*

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	0

**1. İyileştirme**

Firma inşaat maliyeti (1000YTL)  
İnşaat alanındaki kullanıcı maliyeti  
İnşaat süresi (gün)  
İnşaat sırasındaki açık şerit sayısı  
Hizmet ömrü (yıl)  
Bakım periyodu  
Firma bakım maliyeti (1000YTL)  
Çalışma sahası uzunluğu  
Çalışma sahası hız limiti (mph)  
Çalışma bölgesi şerit kapasitesi  
Şeritlerin kapalı olduğu saatler

1.500
24
1
10,0
5
100
1,00
45
1470

*Geliş yönü*

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	0

*Gidiş yönü*

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	8

**2. İyileştirme**

Firma inşaat maliyeti (1000YTL)  
İnşaat alanındaki kullanıcı maliyeti  
İnşaat süresi (gün)  
İnşaat sırasındaki açık şerit sayısı  
Hizmet ömrü (yıl)  
Bakım periyodu  
Firma bakım maliyeti (1000YTL)  
Çalışma sahası uzunluğu  
Çalışma sahası hız limiti (mph)  
Çalışma bölgesi şerit kapasitesi  
Şeritlerin kapalı olduğu saatler

Kazıma ve 5cm yeni kaplama
2.150
34
1
10,0
5
100
1,00
45
1470

*Geliş yönü*

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	0

*Gidiş yönü*

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	0

Yukarıdaki çizelgede verilerle RealCost programının hesapladığı yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri sırasıyla Çizelge 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.2 YOGT 1370 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

Toplam Maliyet				
Toplam Maliyet	Alternatif 1: Esnek Ustyapı		Alternatif 2: Esnek Ustyapı	
	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)
<b>İskontosuz Maliyet</b>	12.250,00 YTL	94,24 YTL	13.950,00 YTL	81,16 YTL
<b>Bugünkü Değer</b>	10.692,09 YTL	83,16 YTL	12.504,75 YTL	70,07 YTL

Çizelge 6.3 YOGT 2740 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

Toplam Maliyet				
Toplam Maliyet	Alternatif 1: Esnek Ustyapı		Alternatif 2: Esnek Ustyapı	
	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)
<b>İskontosuz Maliyet</b>	12.250,00 YTL	188,49 YTL	13.950,00 YTL	162,31 YTL
<b>Bugünkü Değer</b>	10.692,09 YTL	166,32 YTL	12.504,75 YTL	140,14 YTL



Çizelge6.4 YOGT 5480 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

Toplam Maliyet				
	Alternatif 1: Esnek Ustyapı		Alternatif 2: Esnek Ustyapı	
	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)
<b>Toplam Maliyet</b>				
<b>İskontosuz Maliyet</b>	12.250,00 YTL	376,98 YTL	13.950,00 YTL	324,62 YTL
<b>Bugünkü Değer</b>	10.692,09 YTL	332,64 YTL	12.504,75 YTL	280,29 YTL

Çizelge 6.5 YOGT 10959 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

Toplam Maliyet				
	Alternatif 1: Esnek Ustyapı		Alternatif 2: Esnek Ustyapı	
	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)
<b>Toplam Maliyet</b>				
<b>İskontosuz Maliyet</b>	12.250,00 YTL	753,89 YTL	13.950,00 YTL	649,19 YTL
<b>Bugünkü Değer</b>	10.692,09 YTL	665,22 YTL	12.504,75 YTL	560,52 YTL

Çizelge 6.6 YOGT 21918 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

Toplam Maliyet				
	Alternatif 1: Esnek Ustyapı		Alternatif 2: Esnek Ustyapı	
	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)
<b>Toplam Maliyet</b>				
<b>İskontosuz Maliyet</b>	12.250,00 YTL	1.324,05 YTL	13.950,00 YTL	1.114,65 YTL
<b>Bugünkü Değer</b>	10.692,09 YTL	1.222,22 YTL	12.504,75 YTL	1.012,83 YTL

Çizelge 6.7 YOGT 32877 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

Toplam Maliyet				
	Alternatif 1: Esnek Ustyapı		Alternatif 2: Esnek Ustyapı	
	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)
<b>Toplam Maliyet</b>				
<b>İskontosuz Maliyet</b>	12.250,00 YTL	6.639,18 YTL	13.950,00 YTL	6.158,23 YTL
<b>Bugünkü Değer</b>	10.692,09 YTL	5.066,25 YTL	12.504,75 YTL	4.585,30 YTL

Çizelge 6.8 YOGT 43836 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

Toplam Maliyet				
	Alternatif 1: Esnek Ustyapı		Alternatif 2: Esnek Ustyapı	
	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)
<b>Toplam Maliyet</b>				
<b>İskontosuz Maliyet</b>	12.250,00 YTL	13.945,18 YTL	13.950,00 YTL	12.032,86 YTL
<b>Bugünkü Değer</b>	10.692,09 YTL	12.334,08 YTL	12.504,75 YTL	10.421,76 YTL

Çizelge 6.9 YOGT 54795 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

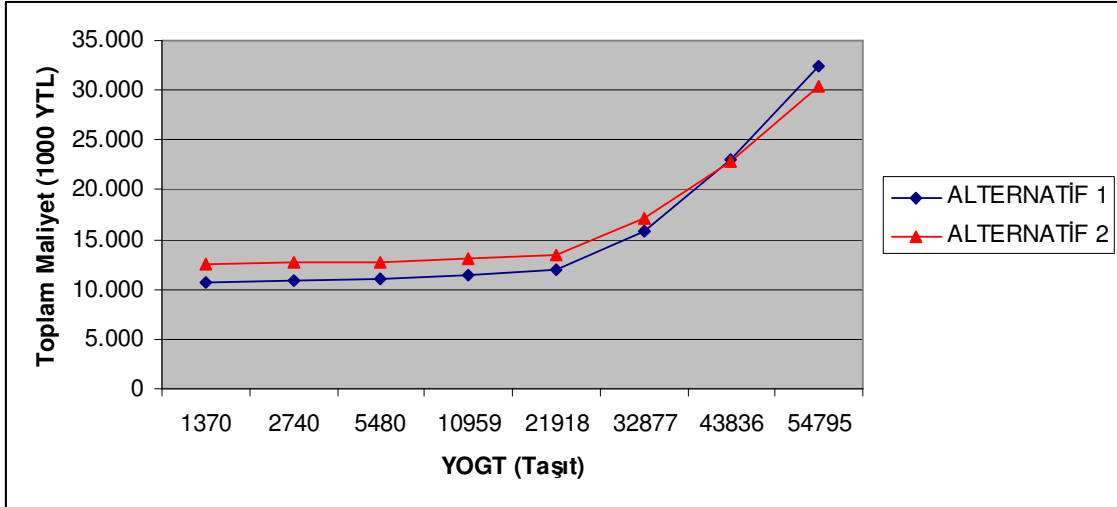
Toplam Maliyet				
	Alternatif 1: Esnek Ustyapı		Alternatif 2: Esnek Ustyapı	
	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)
<b>Toplam Maliyet</b>				
<b>İskontosuz Maliyet</b>	12.250,00 YTL	23.278,37 YTL	13.950,00 YTL	19.499,41 YTL
<b>Bugünkü Değer</b>	10.692,09 YTL	21.667,27 YTL	12.504,75 YTL	17.888,31 YTL

Aşağıdaki Çizelge 6.10'da kullanıcı ve yatırımcı maliyetleri bir arada gösterilmiştir. Bu çizelgeden de görüldüğü gibi yatırım maliyeti daha yüksek olan alternatif 2 YOT 16.000.000 altında iken projenin net bugünkü değerine bakınca ekonomik olmamaktadır. Bu durumda alternatif 1 daha ekonomik olmaktadır fakat yoldan geçen YOT 16.000.000'nun üstüne çıkınca ilk yatırım maliyeti daha yüksek de olsa alternatif 2 daha ekonomik hale gelmektedir.

Çizelge 6.10 Toplam yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

YOGT	ALTERNATİF 1	ALTERNATİF 2
1370	10.775	12.575
2740	10.858	12.645
5480	11.025	12.785
10959	11.357	13.065
21918	11.914	13.518
32877	15.758	17.090
43836	23.026	22.927
54795	32.359	30.393

Yukarıdaki çizelgeye göre her iki alternatif için yatırımcı ve kullanıcı maliyetlerinden oluşan toplam maliyet grafiği Şekil 6.1'de gösterilmiştir.



Şekil 6.1 Toplam yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

Aynı trafik ve proje değerlerine sahip aynı yolu birde başlangıçta 2x3 şeritli tasarlasaydık kullanıcı maliyetleri nasıl değişecekti? RealCost yazılımıyla inceleyelim. Aşağıdaki Çizelge 6.11, 6.12, 6.13, 6.14, 6.15, 6.16, 6.17, 6.18’de başlangıç yatırımı 12.000.000 YTL olan bir üç şeritli yolun kullanıcı maliyetleri gösterilmiştir.

Çizelge 6.11 YOGT 1370 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

Toplam Maliyet				
Toplam Maliyet	Alternatif 1: Esnek Ustyapı		Alternatif 3: Esnek Ustyapı	
	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)
<b>İskontosuz Maliyet</b>	12.250,00 YTL	94,24 YTL	16.250,00 YTL	94,24 YTL
<b>Bugünkü Değer</b>	10.692,09 YTL	83,16 YTL	14.692,09 YTL	83,16 YTL

Çizelge 6.12 YOGT 2740 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

Toplam Maliyet				
Toplam Maliyet	Alternatif 1: Esnek Ustyapı		Alternatif 3: Esnek Ustyapı	
	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)
<b>İskontosuz Maliyet</b>	12.250,00 YTL	188,49 YTL	16.250,00 YTL	188,49 YTL
<b>Bugünkü Değer</b>	10.692,09 YTL	166,32 YTL	14.692,09 YTL	166,32 YTL

Çizelge 6.13 YOGT 5480 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

Toplam Maliyet				
	Alternatif 1: Esnek Ustyapı		Alternatif 3: Esnek Ustyapı	
	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)
<b>Toplam Maliyet</b>				
<b>İskontosuz Maliyet</b>	12.250,00 YTL	376,98 YTL	16.250,00 YTL	376,98 YTL
<b>Bugünkü Değer</b>	10.692,09 YTL	332,64 YTL	14.692,09 YTL	332,64 YTL

Çizelge 6.14 YOGT 10959 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

Toplam Maliyet				
	Alternatif 1: Esnek Ustyapı		Alternatif 3: Esnek Ustyapı	
	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)
<b>Toplam Maliyet</b>				
<b>İskontosuz Maliyet</b>	12.250,00 YTL	753,89 YTL	16.250,00 YTL	753,89 YTL
<b>Bugünkü Değer</b>	10.692,09 YTL	665,22 YTL	14.692,09 YTL	665,22 YTL

Çizelge 6.15 YOGT 21918 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

Toplam Maliyet				
	Alternatif 1: Esnek Ustyapı		Alternatif 3: Esnek Ustyapı	
	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)
<b>Toplam Maliyet</b>				
<b>İskontosuz Maliyet</b>	12.250,00 YTL	1.324,05 YTL	16.250,00 YTL	1.507,77 YTL
<b>Bugünkü Değer</b>	10.692,09 YTL	1.222,22 YTL	14.692,09 YTL	1.330,45 YTL

Çizelge 6.16 YOGT 32877 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

Toplam Maliyet				
	Alternatif 1: Esnek Ustyapı		Alternatif 3: Esnek Ustyapı	
	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)
<b>Toplam Maliyet</b>				
<b>İskontosuz Maliyet</b>	12.250,00 YTL	6.639,18 YTL	16.250,00 YTL	2.118,49 YTL
<b>Bugünkü Değer</b>	10.692,09 YTL	5.066,25 YTL	14.692,09 YTL	1.916,40 YTL

Çizelge 6.17 YOGT 43836 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

Toplam Maliyet				
	Alternatif 1: Esnek Ustyapı		Alternatif 3: Esnek Ustyapı	
	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)
<b>Toplam Maliyet</b>				
<b>İskontosuz Maliyet</b>	12.250,00 YTL	13.945,18 YTL	16.250,00 YTL	2.648,10 YTL
<b>Bugünkü Değer</b>	10.692,09 YTL	12.334,08 YTL	14.692,09 YTL	2.444,45 YTL

Çizelge 6.18 YOGT 54795 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

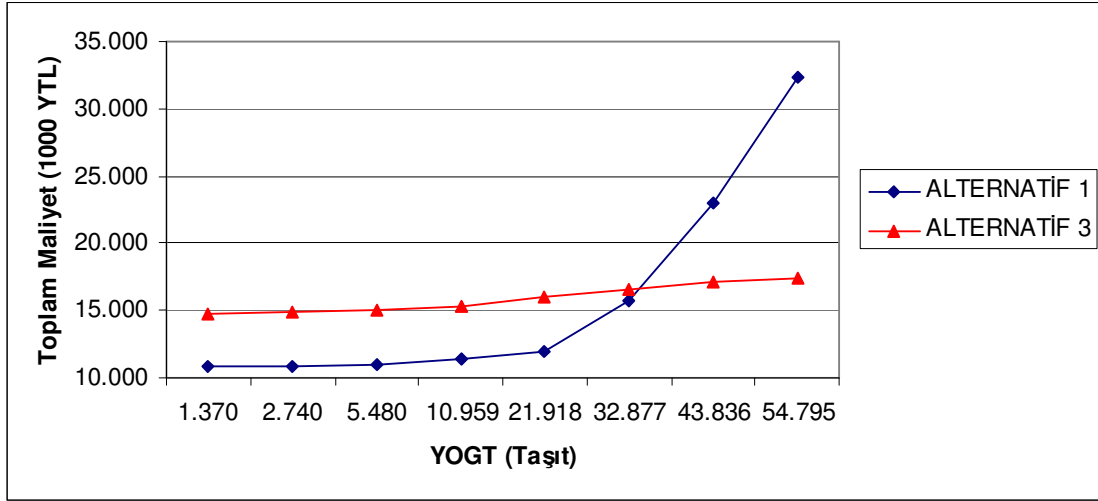
Toplam Maliyet				
	Alternatif 1: Esnek Ustyapı		Alternatif 3: Esnek Ustyapı	
	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)
<b>Toplam Maliyet</b>				
<b>İskontosuz Maliyet</b>	12.250,00 YTL	23.278,37 YTL	16.250,00 YTL	2.942,55 YTL
<b>Bugünkü Değer</b>	10.692,09 YTL	21.667,27 YTL	14.692,09 YTL	2.738,90 YTL

Aşağıdaki Çizelge 6.19’da yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri bir arada gösterilmiştir. Alternatif 3’de 3 şeritli yol için daha fazla yatırım yapılırken YOGT 32877’den sonra 2 şeritli yol olan alternatif 1’de kullanıcı maliyetleri çok artmaktadır. Alternatif 1’in başlangıçta daha düşük maliyeti olmasına rağmen kullanıcı maliyetlerinin etkisiyle ekonomikliğini yitirmekte ve başlangıçta 3. şerit yüzünden daha fazla yatırım gerektiren Alternatif 3 daha ekonomik hale gelmektedir.

Çizelge 6.19 Toplam yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

YOT	YOGT	ALTERNATIF 1	ALTERNATIF 3
500.000	1.370	10.775	14.775
1.000.000	2.740	10.858	14.858
2.000.000	5.480	11.025	15.025
4.000.000	10.959	11.357	15.357
8.000.000	21.918	11.914	16.023
12.000.000	32.877	15.758	16.608
16.000.000	43.836	23.026	17.137
20.000.000	54.795	32.359	17.431

Yukarıdaki çizelgeye göre her iki alternatif için yatırımcı ve kullanıcı maliyetlerinden oluşan grafik Şekil 6.2’de gösterilmiştir.

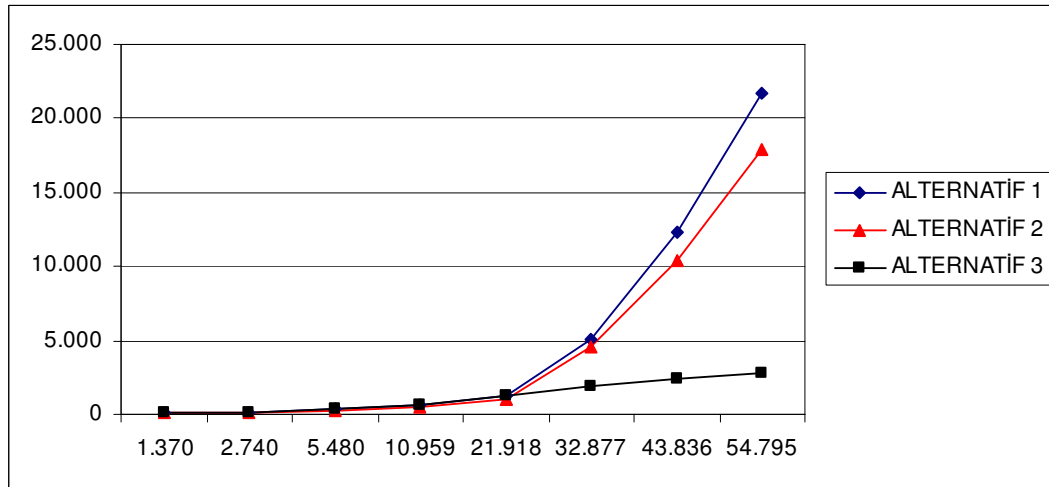


Şekil 6.2 Toplam yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

Bu üç alternatifin kullanıcı maliyetleri çizelge 6.20 ve şekil 6.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.20 Toplam yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

YOT	YOGT	ALTERNATIF 1	ALTERNATIF 2	ALTERNATIF 3
500.000	1.370	83	70	83
1.000.000	2.740	166	140	166
2.000.000	5.480	333	280	333
4.000.000	10.959	665	561	665
8.000.000	21.918	1.222	1.013	1.330
12.000.000	32.877	5.066	4.585	1.916
16.000.000	43.836	12.334	10.422	2.444
20.000.000	54.795	21.667	17.888	2.739



Şekil 6.3 Üç alternatifin kullanıcı maliyetleri

## 6.2 Trafik Artış Yüzdesinin Net Bugünkü Değere Etkisi

Bu bölümde, 2x2 ve 3x2 şeritli 6 kilometrelik iki farklı geometriye sahip yollar üzerinde inceleme yapılmıştır. Projenin ömrü 30 yıl olarak alınmıştır. Her ikisinde de araç dağılım yüzdeleri sırasıyla otomobil, kamyon, treyler için % 85, 10 ve 5 kabul edilmiş, proje hızı 65 mil/saat, şerit kapasitesi 2000 otomobil/saat ve kuyruk boşalma kapasitesi ise 1800 otomobil/saat olarak alınmıştır. Otomobil, kamyon ve treyler için saatlik maliyetlerde sırasıyla 11.5, 18.5 ve 21.5 YTL olarak kabul edilmiştir.

2x2 şeritli birinci alternatif için ilk yatırım maliyeti 6.000.000 YTL ve her dört yılda bir bakım için 100.000 YTL ve 10. yılda 5 cm yeni kaplama yapılacak ve maliyeti de 1.500.000 YTL olacak, ayrıca 20. yılda kaplama kazınacak ve yine 5 cm kaplama yapılacak bunun da maliyeti 2.150.000 YTL' dir.

2x3 şeritli ikinci alternatif için ilk yatırım maliyeti 8.000.000 YTL ve diğer bakım ve yenileme maliyetlerini birinci alternatifin aynısı olarak kabul edelim, ikinci alternatifte sadece yolun geometrik standartlarına bir şerit ekleyelim ve buna göre kullanıcı ve yatırımcı maliyetlerini değerlendirelim.

Sırasıyla Trafik artış yüzdesinin %2, %4, %6, %8 ve %10 olmasına göre maliyetler hesaplanmıştır. Aşağıdaki Çizelge 6.20'de programa girilen veriler gösterilmiştir.

Çizelge 6.21. Trafik artış yüzdesinin değişimine göre alternatif 1 ve 2 için veriler

## Girdiler

### 1. Ekonomik Değişkenler

Otomobil için maliyet (YTL/saat)	11,5
Kamyon için maliyet (YTL/saat)	18,5
Treyler için maliyet (YTL/saat)	21,5

### 2. Analiz Seçenekleri

Kullanıcı maliyeti analizde kullanılsın mı	Evet
Kullanıcı maliyeti kalan hizmet ömrüne eklensin mi	Evet
Değişken kullanıcı maliyetleri hesaplınsın mı	Evet
Kullanıcı maliyetleri karşılaştırma metodu hesaplınsın mı	Hesaplınsın
Kurum maliyeti kalan servis ömrüne eklensin mi	Evet
Trafiğin yönü	Çift
Analiz süresi (yıl)	30
Analizin başlangıç yılı	2000
Faiz oranı (%)	3,0

### 3. Proje Detayları

Yolun Konumu	Ankara
Proje adı	Batı
Bölge	İç Anadolu
Şehir	Ankara
Analizi yapan	Proje Mühendisi
Yolun kilometresi	
Başlangıç	185,00
Bitiş	191,00
Projenin uzunluğu	6,00
Uyarılar	

### 4. Trafik Verileri

Başlangıç yılındaki YOGT (çift yön)	10.959
Otomobil yüzdesi	85,0
Kamyon yüzdesi	10,0
Treyler yüzdesi	5,0
Trafik artış yüzdesi	DEĞİŞKEN
Hız limiti (mph)	65
Şerit sayısı	2 VE 3
Şerit kapasitesi	2000
Şehirlerarası veya şehiriçi	Şehiriçi
Kuyruk boşalma yüzdesi	1800
Maksimum YOGT	25.000
Maksimum kuyruk uzunluğu	1,0

### 5. Yapım

#### 1. Alternatif

#### İlk inşaat

Firma inşaat maliyeti (1000YTL)	Esnek Üstyapı
Inşaat alanındaki kullanıcı maliyeti	5cm yeni kaplama yapımı
Inşaat süresi (gün)	6.000
Inşaat sırasındaki açık şerit sayısı	250
Hizmet ömrü (yıl)	1
Bakım periyodu	10,0
	4



Firma bakım maliyeti (1000YTL)  
Çalışma sahası uzunluğu  
Çalışma sahası hız limiti (mph)  
Çalışma bölgesi şerit kapasitesi  
Şeritlerin kapalı olduğu saatler

100
1,00
45
1470

*Geliş yönü*

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	0

*Gidiş yönü*

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	0

**1. İyileştirme**

Firma inşaat maliyeti (1000YTL)  
İnşaat alanındaki kullanıcı maliyeti  
İnşaat süresi (gün)  
İnşaat sırasındaki açık şerit sayısı  
Hizmet ömrü (yıl)  
Bakım periyodu  
Firma bakım maliyeti (1000YTL)  
Çalışma sahası uzunluğu  
Çalışma sahası hız limiti (mph)  
Çalışma bölgesi şerit kapasitesi  
Şeritlerin kapalı olduğu saatler

1.500
24
1
10,0
4
100
1,00
45
1470

*Geliş yönü*

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	0

*Gidiş yönü*

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	8

**2. İyileştirme**

Firma inşaat maliyeti (1000YTL)  
İnşaat alanındaki kullanıcı maliyeti  
İnşaat süresi (gün)  
İnşaat sırasındaki açık şerit sayısı  
Hizmet ömrü (yıl)  
Bakım periyodu  
Firma bakım maliyeti (1000YTL)  
Çalışma sahası uzunluğu  
Çalışma sahası hız limiti (mph)  
Çalışma bölgesi şerit kapasitesi

Kazıma ve 5cm yeni kaplama
2.150
34
1
10,0
4
100
1,00
45
1470

Şeritlerin kapalı olduğu saatler

*Geliş yönü*

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	0

*Gidiş yönü*

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	0

**I. 2. Alternatif**

**İlk inşaat**

Firma inşaat maliyeti (1000YTL)  
İnşaat alanındaki kullanıcı maliyeti  
İnşaat süresi (gün)  
İnşaat sırasındaki açık şerit sayısı  
Hizmet ömrü (yıl)  
Bakım periyodu  
Firma bakım maliyeti (1000YTL)  
Çalışma sahası uzunluğu  
Çalışma sahası hız limiti (mph)  
Çalışma bölgesi şerit kapasitesi  
Şeritlerin kapalı olduğu saatler

Esnek Üstyapı
5cm yeni kaplama yapımı
8.000
200
1
10,0
5
100
1,00
45
1470

*Geliş yönü*

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	0

*Gidiş yönü*

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	0

**1. İyileştirme**

Firma inşaat maliyeti (1000YTL)  
İnşaat alanındaki kullanıcı maliyeti  
İnşaat süresi (gün)  
İnşaat sırasındaki açık şerit sayısı  
Hizmet ömrü (yıl)  
Bakım periyodu  
Firma bakım maliyeti (1000YTL)  
Çalışma sahası uzunluğu  
Çalışma sahası hız limiti (mph)  
Çalışma bölgesi şerit kapasitesi  
Şeritlerin kapalı olduğu saatler

1.500
24
1
10,0
5
100
1,00
45
1470

*Geliş yönü*

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	0

*Gidiş yönü*

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	8

**2. İyileştirme**

Firma inşaat maliyeti (1000YTL)  
İnşaat alanındaki kullanıcı maliyeti  
İnşaat süresi (gün)  
İnşaat sırasındaki açık şerit sayısı  
Hizmet ömrü (yıl)  
Bakım periyodu  
Firma bakım maliyeti (1000YTL)  
Çalışma sahası uzunluğu  
Çalışma sahası hız limiti (mph)  
Çalışma bölgesi şerit kapasitesi  
Şeritlerin kapalı olduğu saatler

Kazıma ve 5cm yeni kaplama	
2.150	
34	
1	
10,0	
5	
100	
1,00	
45	
1470	

*Geliş yönü*

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	0

*Gidiş yönü*

Birinci şerit kapama süresi  
İkinci şerit kapama süresi  
Üçüncü şerit kapama süresi

Başlangıç	Bitiş
0	24
0	0
0	0

Yukarıdaki çizelgedeki verilerle RealCost programının hesapladığı yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri sırasıyla Çizelge 6.22, 6.23, 6.24, 6.25, 6.26'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.22 Trafik artış yüzdesi %2 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

Toplam Maliyet				
Toplam Maliyet	Alternatif 1: Esnek Ustyapı		Alternatif 2: Esnek Ustyapı	
	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)
<b>İskontosuz Maliyet</b>	10.250,00 YTL	690,55 YTL	12.250,00 YTL	690,55 YTL
<b>Bugünkü Değer</b>	8.692,09 YTL	627,66 YTL	10.692,09 YTL	627,66 YTL

Çizelge 6.23 Trafik artış yüzdesi %4 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

Toplam Maliyet				
Toplam Maliyet	Alternatif 1: Esnek Ustyapı		Alternatif 2: Esnek Ustyapı	
	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)
<b>İskontosuz Maliyet</b>	10.250,00 YTL	753,89 YTL	12.250,00 YTL	753,89 YTL
<b>Bugünkü Değer</b>	8.692,09 YTL	665,22 YTL	10.692,09 YTL	665,22 YTL

Çizelge 6.24 Trafik artış yüzdesi %6 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

Toplam Maliyet				
Toplam Maliyet	Alternatif 1: Esnek Ustyapı		Alternatif 2: Esnek Ustyapı	
	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)
<b>İskontosuz Maliyet</b>	10.250,00 YTL	1.163,57 YTL	12.250,00 YTL	841,83 YTL
<b>Bugünkü Değer</b>	8.692,09 YTL	895,03 YTL	10.692,09 YTL	716,89 YTL

Çizelge 6.25 Trafik artış yüzdesi %8 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

Toplam Maliyet				
Toplam Maliyet	Alternatif 1: Esnek Ustyapı		Alternatif 2: Esnek Ustyapı	
	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)
<b>İskontosuz Maliyet</b>	10.250,00 YTL	3.201,69 YTL	12.250,00 YTL	963,83 YTL
<b>Bugünkü Değer</b>	8.692,09 YTL	2.027,01 YTL	10.692,09 YTL	787,96 YTL

Çizelge 6.26 Trafik artış yüzdesi %10 için yatırımcı ve kullanıcı maliyetleri

Toplam Maliyet				
Toplam Maliyet	Alternatif 1: Esnek Ustyapı		Alternatif 2: Esnek Ustyapı	
	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)	Yatırımcı Maliyeti (1000YTL)	Kullanıcı Maliyeti (1000YTL)
<b>İskontosuz Maliyet</b>	10.250,00 YTL	5.807,58 YTL	12.250,00 YTL	1.839,66 YTL
<b>Bugünkü Değer</b>	8.692,09 YTL	3.473,99 YTL	10.692,09 YTL	1.277,04 YTL

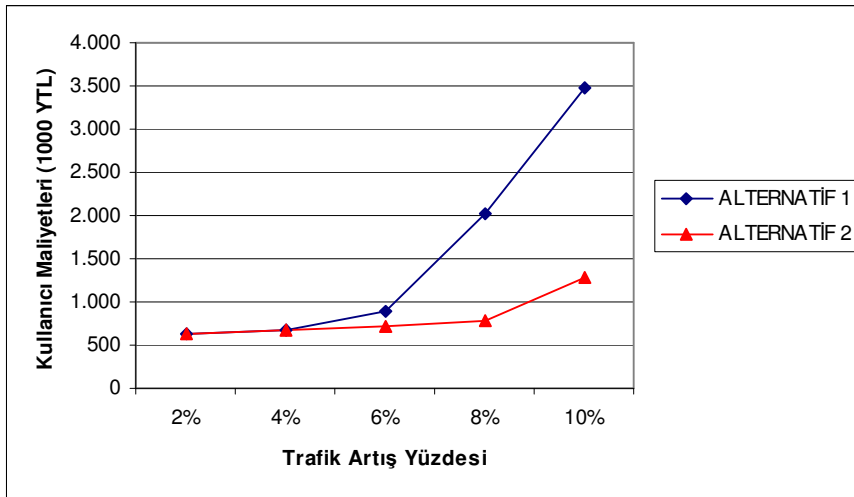
Aşağıdaki Çizelge 6.27’de kullanıcı maliyetleri gösterilmiştir, bu çizelgeden de görüldüğü gibi yatırım maliyeti daha yüksek olan alternatif 2 Trafik artış yüzdesi %6’nın altında iken projenin net bugünkü değerine bakınca ekonomik olmamaktadır. Bu durumda alternatif 1

daha ekonomik olmaktadır. Fakat trafik artış yüzdesi %6'nın üzerine çıkınca ilk yatırım maliyeti daha yüksek de olsa alternatif 2 daha ekonomik hale gelmektedir.

Çizelge 6.27 Kullanıcı maliyetleri

Trafik Artış Yüzdesi	ALTERNATİF 1	ALTERNATİF 2
2%	628	628
4%	665	665
6%	895	717
8%	2.027	788
10%	3.474	1.277

Yukarıdaki çizelgeye göre her iki alternatif için kullanıcı maliyetlerinden oluşan grafik Şekil 6.4'de gösterilmiştir.



Şekil 6.4 Trafik artış yüzdesinin değişimine göre kullanıcı maliyetleri

## 7. SONUÇLAR

Bu araştırmada Yıllık Ortalama Taşıt Trafiğinin değişiminin kullanıcı maliyetlerine etkisi üç farklı yatırım ve bakım onarım senaryolarında incelenmiştir. Bir karayolu yatırımında taşıt trafiğinin belirlenmesinde yapılması muhtemel hataların proje üzerindeki etkisinin ÖDMA ile projenin üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla YOT değeri beş yüz bin ile 20 milyon arasında değiştirilmiştir

Birinci alternatifte yatırım maliyeti düşük tutulmuş fakat bakım periyotları kısaltılmıştır, ikinci alternatifte ise yatırım maliyeti yüksek tutulmuş bakım periyodu uzatılmıştır. Bunun dışında bakım maliyeti, onarım periyodu ve onarım maliyetleri her iki alternatifte eşit olarak alınmıştır. Daha sonra birinci alternatifte bir şerit ekleyerek üçüncü bir alternatif oluşturulmuş ve kullanıcı maliyetlerinin değişimi incelenmiştir. Üçüncü alternatifte de bakım ve onarım süreleri ve maliyetleri birinci alternatifin aynısı olarak alınmıştır.

Bölüm 6 Çizelge 6.20'de veya şekil 6.4'de görülebileceği gibi her birinci ve ikinci alternatifte YOT sekiz milyondan sonra kullanıcı maliyetleri çok hızlı artmaktadır YOT onaltı milyonun üzerine çıkınca alternatif 2 daha ekonomik olmaktadır. Burada önemli nokta YOT onaltı milyonu geçince kullanıcı maliyetleri on milyon YTL'yi yani ilk yatırım maliyetlerini aşmaktadır, bundan dolayı gelecekte yoldan geçecek trafik miktarının mümkün olduğunca doğru tahmin edilmesi gerekmektedir. Yatırımcı kendi başlangıç yatırım maliyetini düşük tutmakla yol hizmete açıldıktan sonra yolu kullanacak kullanıcılara büyük bir maliyet yüklenmektedir. Alternatif 3'te yine çizelge 6.20'den görüleceği gibi ilk yatırım maliyeti yüksekte olsa kullanıcı maliyeti diğer iki alternatifte göre çok düşük kalmakta ve yolun ömür döngüsü içinde oluşan toplam maliyetler bakımından en ekonomik sečecek haline gelmektedir.

Ayrıca bir karayolu projesinde trafik artış oranının tahmininde yapılmış muhtemel hataların proje maliyeti üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla, diğer değişkenler sabit tutulup trafik artış oranı %2 ile %10 arasında değiştirilerek ÖDMA yapılmıştır.

Bölüm 6 şekil 6.4'den de görülebileceği gibi trafik artış oranı %6 seviyelerine kadar kullanıcı maliyetlerinde her iki yol için de büyük fark doğmamaktadır, fakat trafik artış oranı %6'nın üzerine çıkınca kullanıcı maliyetleri arasında iç kata varan artışlar olmaya başlamaktadır.

Bir yol projelendirilirken yolda oluşabilecek yıllık trafik ve trafik artış oranları mümkün olduğunca iyi değerlendirilmelidir ki yol kullanılırken oluşabilecek kullanıcı maliyetleri en aza indirgenerek projeyi kaynakların kullanımını ačeısından en verimli hale getirebilelim.

Yapılan çalışmalar ve değerlendirmelerden elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- Trafik artış yüzdesinin artmasıyla beraber kullanıcı maliyetleri de artmakta ancak bakım ve onarım yapılan yolun geometrisinin değişmesiyle beraber artış eğiliminin aniden artmaya başladığı noktalarda farklılıklar oluşmaktadır. Örneğin 2x2 bir yol için trafik artış oranı %6 ile %8 arasındaki kullanıcı maliyeti oranı 1.75 iken bu oran 2x3 bir yol için 1.5 olmaktadır.
- Yatırımcı başlangıçta fazla yatırım yapsa da ileride yolda oluşacak kullanıcı maliyetleri göz önüne alındığında başlangıçta bir şerit ekleyerek yapılan fazla yatırım diğerlerine göre daha ekonomik hale gelmektedir (şekil 6.3).
- Yıllık trafik miktarı 8.000.000'a kadar kullanıcı maliyetlerinin artış eğilimi çok düşük seviyelerde olmaktadır. Trafik miktarının 8.000.000'nun üzerinde olması durumunda kullanıcı maliyetlerindeki artış eğilimi hızlanmaktadır.
- Başlangıçta yapılan yatırım miktarının azalmasıyla beraber kullanıcı maliyetlerindeki artış eğilimi hızlanmaktadır.

Sonuç olarak, bir yolun tüm hizmet ömrü boyunca kullanıcıya ve yatırımcıya olan maliyetlerinin analiz edilerek doğru yatırım seğeneğinin tespitinde ÖDMA çok önemli bir araçtır. İleride yapılacak daha üst düzey çalışmalarda bu tezde kullanılan değişkenlerin ve yapılan kabullerin daha gerçekçi olarak (ülkemiz koşullarına uygun) seğilip kapsamı genişletilerek ÖDMA'nin yapılması ülkemiz kısıtlı kaynaklarının daha verimli kullanılmasına yardımcı olacaktır.

## **KAYNAKLAR**

AASHTO, (1986), Guide for Design of Pavement Structures, AASHTO.

Al-Wazeer, A., Haris, B., Nutakor, C., (2005), "Applying Life-Cycle Cost Analysis to Bridges", Public Roads, FWHA, Vol.69, No.3.

Apak, M. Y., (1999), Esnek Yol Üstyapısı İnşaatında Kalite Kontrolleri, İ.T.Ü., F.B.E., Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı Üstyapı Şubesi Müdürlüğü, (2001), Karayolları Esnek Üstyapı Projelendirme Rehberi, Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.

Dolgun, A., (2003), Karayolu Üstyapısında Meydana Gelen Bozulmalar, Nedenleri ve Onarılması, Osmangazi Ü., F.B.E., Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.

Erel, A., (1978), Düşey Dinamik Dingil Yükleri Altındaki Demiryolu Yapısında Taban Zeminlerinin Taşıma Güçlerine Bağlı Olarak, Minimum Balast Kalınlığının Hesaplanması, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul.

FHWA, (1998), "Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design", Demonstration Project 115, Participant Handbook, FHWA-SA-98-040, FHWA.

FHWA, (2004) Life-Cycle Cost Analysis RealCost v.2.1. User Manual, Office of Asset Management, FHWA.

Ilıcalı, M., (1988), Karayolu Üstyapısında Erdemir Cürufunun Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.

Jiang, R., Zhang, W. J., Ji, P., (2004), "Selecting the Best Alternative Based on Life-Cycle Cost Distributions of Alternatives", Int. J. Production Economics, 89, pp:69-75.

KGM (2004), Yollar Fenni Şartnamesi, Karayolları Genel Müdürlüğü Matbaası, Yayın No:170/2, Ankara.

KGM, (1992), Yüzey (Sathi) Kaplamalar ve Tasarım Yöntemleri, T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma Daire Başkanlığı, Ankara.



Li, Y., Madanat, S., (2002), "A Steady-State Solution for the Optimal Pavement Resurfacing Problem", Transportation Research, Part A, 36, pp:525-535.

Nunoo, C., (2002), Life-Cycle Cost Analysis Lecture Note 10, Pavement Management Systems TTE 6737/CGN 4930.

Ozbay, K., Parker, N. A., Jawad, D., (2004), "Life-Cycle Cost Analysis State-of-the-Practice vs State-of-the-Art", 83<sup>rd</sup> Annual Meeting of the Transportation Research Board, January 2004, National Academy of Science, Washington DC.

Ozbay, K., Parker, N. A., Jawad, D., (2003), "Guidelines for Life-Cycle Cost Analysis", Final Report FHWA-NJ-2003-012, FHWA.

Önal M., Kahramangil M., (1993), Bitümlü Karışımlar Laboratuvar El Kitabı, T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma Daire Başkanlığı, Ankara.

Sarıkaya, E., (1993), Karayolu Esnek Yol Üstyapısında Bakım Hizmetleri ve Esnek Yol Üstyapısında Oluşan Bozulmalar ve Onarım, K.T.Ü., F.B.E., Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.

Scofield, L. A., (1989), "The History Development and Performance of Asphalt Rubber at ADOT", Report AZ-SP-89-02, Arizona Transportation Research Center, Arizona Department of Transportation.

TSE, (1972), TS 1081 Yol Üst yapılarında Kullanılan Asfalt Çimentoları, Türk Standartları Enstitüsü Basımevi, Ankara.

TSE, (1972), TS 1082 Yol Üstyapılarında Kullanılan Asfalt Emülsiyonları, Türk Standartları Enstitüsü Basımevi, Ankara.

TSE, (1972), TS 1083 Yol Üstyapılarında Kullanılan Sıvı Petrol Asfaltları, Türk Standartları Enstitüsü Basımevi, Ankara.

TSE, (1972), TS 1084 Yol Üstyapılarında Kullanılan Katranlar, Türk Standartları Enstitüsü Basımevi, Ankara.

TSE, (2003), TS 1081 EN 12591 Bitümler ve Bitümlü Bağlayıcılar-Kaplama Sınıfı Bitümler-Özellikler, Türk Standartları Enstitüsü Basımevi, Ankara.

TSE, (2005), TS 1084 EN 14260, Kömür Proliz Ürünleri-Kömür Katranı ve Zift Esaslı Bağlayıcılar ve İlgili Ürünler:Yol Katranları-Özellikler ve Deney Metotları, Türk Standartları Enstitüsü Basımevi, Ankara.

Umar, F., Ağar, E., (1985) Yol Üstyapısı, 3. Baskı, İstanbul.

Walls, J., Smith M.R., (1998), “Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design”, Report FHWA-SA-98-079, FHWA.

Yol Yapı-Üstyapı Alt Çalışma Grubu, (1995), Yol Üstyapılarında Kullanılan Asfalt Emülsiyonları ve Sıvı Petrol Asfaltlarının Teknik ve Ekonomik Yönden Karşılaştırmalı Değerlendirilmesi, YTMK Yayınları, Ankara.

## **Ek.1.ÖDMA**

ÖDMA, yapılması planlanan bir projede henüz tasarım aşamasındayken; yatırımın proje ömrü boyunca, meydana gelebilecek bakım, onarım ve kullanıcı maliyetlerini göz önüne alarak alternatifler arasında değerlendirme yapan bir ekonomik analiz metodudur. Bu analitik yöntem, ulaştırma planlayıcılarının, yapım ve bakım maliyetleri ile yolun proje servis süresini göz önünde bulundurarak alternatifler arasında en uygun maliyetli seçeneği belirlemelerine yardımcı olur. Ayrıca, kullandığı yapısal metot sayesinde, kullanıcı maliyetlerinin alternatifleri değerlendirmedeki etkilerini ölçmekle beraber; bu maliyetlerin sistemin yapımı, iyileştirmesi ve korunması gibi işletme maliyetlerinin de göz önüne alınmalarına imkan sağlar.

Ulaştırma yatırımlarının karar aşamasında ÖDMA kullanılabilir. Özellikle bir proje uygulanmak için seçildiğinde, o projenin en düşük maliyetli performansını belirlemek için ÖDMA kullanılabilir. Fakat mevcut bir yolun genişletilmesi projesi veya kavşak çıkışlarının rehabilite edilmesi gibi kullanıcıların yoldan elde ettiği birbirinden farklı düzeydeki yararların karşılaştırılmasında kullanılamaz. ÖDMA yalnızca proje alternatifleri arasındaki kullanıcı maliyetlerini hesaplar ve bu metot sadece faydaları eşit olan alternatifler için kullanılabilir.

Özet olarak, bu yöntem proje için mali kaynakları göz önünde bulundurarak, alternatiflerin geliştirilmesini sağlar. Analist önce her tasarım alternatifi için hem şimdiki hem de gelecekte oluşacak aktivitelerden doğacak maliyetler için bir çizelge hazırlar. Sonraki aşama, bu aktivitelerin maliyet tahminlerinin belirlenmesidir. ÖDMA sadece yatırımcının ilk yatırım maliyetlerini göz önüne almakla kalmaz aynı zamanda yapım ve bakım esnasında, inşaat sahasında meydana getirdiği kullanıcı maliyetlerini de hesaplar.

Hem yatırımcı hemde kullanıcı maliyetleri bir arada tahmin edilerek her tasarım alternatifi için ÖDMA akış diyagramı oluşturulur. Ömür döngüsü (Life-Cycle) daha sonra bu maliyetleri yıllık iskonto oranı kullanarak net bugünkü değere çevirir. Analist daha sonra maliyet açısından en verimli alternatifi seçer. ÖDMA'de deterministik ve olasılıksal olmak üzere iki farklı hesap yaklaşımı kullanılabilir.

Deterministik yaklaşımda, analiz girdileri sabit veya değişken olarak belirlenebilir. Yani, analist hangi parametreyi sabit, hangi parametreyi değişken olarak seçeceğini, tarihsel olaylara veya profesyonel yargılara dayandırarak belirler. Seçilen her bir değişken için farklı bir ÖDMA yapılabilir.

Geleneksel olarak ÖDMA uygulamaları deterministiktir. Deterministik ÖDMA'nin anlaşılması kolay ve açıktır, aynı zamanda da elle, hesap makinesiyle veya otomatik olarak bir

hesap çizelgesiyle hesaplanabilir. Duyarlılık analizlerinde, bir girdiyi değiştirip diğer girdileri sabit tutarak sonuçlardaki değişikliği gözlemlemek suretiyle değişkenler test edilebilir. Tüm bunlara rağmen deterministik yaklaşım, aynı anda birçok değişken ile çözüme ulaşmakta başarısız olmaktadır. Aynı zamanda ömür döngü maliyetinin tahmininde de belirsizlikleri ifade etmekte zorlanmaktadır.

Olasılıksal ÖDMA birçok farklı değişken için ayrı kabullerle eşzamanlı hesap olanağı sunar. Çıktılar da girdiler gibi, belirli ömür-döngü maliyetinin gerçekte oluşma olasılığını ifade eder. Son 20 yılda gelişen bilgisayar programlama kapasitesindeki artış ile beraber olasılıksal analiz daha pratik hale gelmiştir. Benzeşimler ve eşzamanlı değişimler ile beraber ÖDMA girdisi parametreleri artık daha kolay ve hızlı hesaplanabilir hale gelmiştir.

## **Ek 2.RealCost**

RealCost iki amaçla oluşturulmuştur. Birincisi, ÖDMA'ni öğrenmek isteyenler için üstyapı tasarımında kullanılacak eğitici bir yazılım oluşturmaktır. Yazılım, ÖDMA öğrenenlerin; maliyetin, servis süresinin, ekonomik girdilerin ömür-döngü üzerindeki etkilerini keşfetmelerini sağlar. Bu amaçla yazılımı rahatça kullanabilmek için grafik ve tablolar arabirimi oluşturulmuştur.

İkinci amaç üstyapı tasarımcıları için, üstyapı yatırım kararlarında kullanabilecekleri, ömür süresince oluşabilecek maliyetleri hesaba katabilecekleri kesin bir araç oluşturmaktır.

Bu yazılım, yatırımcı ve kullanıcı için yapım ile bakım ve onarım maliyetlerini ömür döngü için ortaklaşa olarak hesaplar. Yazılım, üstyapı ÖDMA problemlerini hem olasılıksal hem de deterministik modellemelerle çözebilir. Çıktılar tablo ve grafik şeklinde elde edilebilir. Ayrıca RealCost deterministik duyarlılık analizini ve olasılıksal risk analizini destekler.

Her ne kadar RealCost aynı zamanda iki alternatifi karşılaştırırsa da, program birçok alternatifi karşılaştırma olanağı sağlar. Alternatiflerin değişken dosyalarını kaydetmek suretiyle çok sayıda karşılaştırma yapılabilir. Buna ilaveten ÖDMA temel seviyede anlaşıldığı takdirde, programı kolayca kullanabilme olanağı sağlamaktadır. Yazılım FHWA'nın inşaat sahası kullanıcı maliyeti hesaplama metodunu otomatikleştirir. Bu metotta yolu saatlere göre trafik talebi, kullanıcı maliyetlerinin hesaplanmasında kullanılır. Bu metot hesap odaklı olup hesap tablosu uygulamasına uygundur.

Bu program, yatırım, bakım, onarım maliyetlerini ve yolun servis süresini hesaplamaz. Bu değerler analist tarafından elle girilmelidir ve bunlara yatırımcının yapım ve bakım maliyetleri tecrübesine göre karar verilmelidir. RealCost alternatif tasarımların yatırımcı ve kullanıcı

ömür döngü maliyetlerini karşılaştırsa da, çıktı sonuçları tek başına hangi alternatifin daha iyi olduğunu açıklamaz.

Düşük ömür-döngü opsiyonu, diğer parametreler de göz önünde bulundurulduğunda (risk, kullanılabilir bütçe, politik ve çevresel şartlar) uygulanmayabilir. Ekonomik kaynakların kullanımıyla ilgili konularda, ÖDMA kritik bilgiler verir ancak cevabı hiç bir zaman kendisi vermez.

### Ek 2.1. RealCost nasıl çalışır

RealCost, Microsoft Excel 2000 çalışma sayfasına ilaveten, Visual Basic for Applications (VBA) kodu içerir. VBA kodu, analizdeki Monte Carlo simülasyonunun çalışmasına olanak sağlar ve görsel arayüzlü yazılım (GUI) yapımında rol oynar. Yazılımın iki arabirim mekanizması vardır, form ve çalışma sayfası.

Form Arabirimi, yazılımla çalışmak için ilk vasıtaadır. Her formun dört parçası vardır, bazı bilgi giriş formlarının ise olasılıksal analizi destekleyen beşinci bir fonksiyonu vardır(Şekil Ek 2.1).

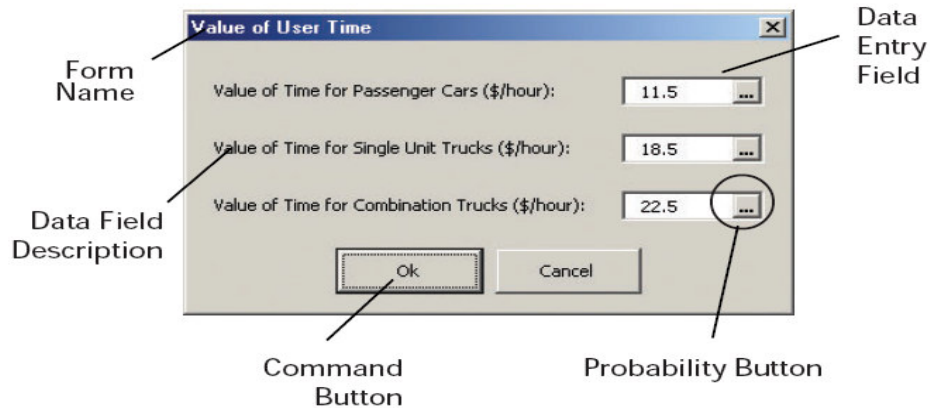
**Form Adı:** RealCost'da formu belirtmek için kullanılan isim.

**Veri Giriş Alanı:** Veri girdileri için ayrılmış alan.

**Veri Açıklaması:** Veri giriş alanını tariflemek için kullanılmış cümle.

**Komut Düğmesi:** Bir komutu veya komutlar serisini yazılımda tetikleyen GUI (görsel arabirim) aygıtı.

**Olasılık Düğmesi:** İçine olasılıksal girdilerin atanabileceği bir form açan command button'un (komut düğmesi) özel bir tiptir.



Şekil Ek 2.1 Veri giriş formuna bir örnek. "Kullanıcı Zaman Maliyetleri"

Çalışma sayfası arabirimi, form arabirimi kapalıyken de kullanılabilir. Bilgiler form arabirimindeki uygun alanlarla aynı etiketi taşıyan uygun çalışma sayfası arabirimine girilebilir. Her ne kadar yazılımla öncelikli etkileşim vasıtası GUI (görsel) olsa da, girilen tüm veriler Excel 2000 çalışma sayfası hücrelerine yüklenir. Bir form'un veri giriş alanına girilen tüm veriler otomatik olarak uygun çalışma sayfası tabanındaki ilgili hücrelere transfer edilir. Örneğin, Şekil Ek 2.2 de gösterilen çalışma sayfasında mevcut olan veriler, Şekil Ek 2.1 de gösterilen Value of User Time (kullanıcı zaman değerleri) formunda girilen değerlerdir. Veriler direk olarak çalışma sayfasına da girilebilir ancak form arabirimi bazı fonksiyonlar için gereklidir. Tüm çıktılar (örneğin hesap sonuçları, analiz sonuçları) aynı zamanda da çalışma sayfasına yazılır. Bu çıktılara da girdiler gibi ulaşılabilir. Not: Excel 2000 dosyaları, 1 veya daha fazla çalışma sayfasından ibarettir. Çalışma sayfalarının toplanması, çalışma kitabı olarak adlandırılır. (workbook)

<b><u>EKONOMİK CESİTLİLİK</u></b>	
<u>Yolcu arabası için saatlik değer (\$/saat )</u>	\$11.50
<u>Minibüs için saatlik değer (\$/saat)</u>	\$18.50
<u>Kamyon için saatlik değer (\$/saat)</u>	\$22.50

Şekil Ek 2.2 Otomobil, kamyon ve treyler için ekonomik değerler

### **Ek 2.2 RealCost kullanım kılavuzu**

RealCost, FHWA'nın teknik bülteninde ( "Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design (FHWA SA-98-079)" başlığı altında anlatılmıştır. RealCost ÖDMA'nin yapılmasını sağlayan bir yazılımdır. Teknik bülten aynı zamanda RealCost'un kullandığı verilerin de kaynağını oluşturmaktadır. ÖDMA çalışmaları, FHWA's Life-Cycle Cost Analysis Primer (FHWA IF-02-047)'da sunulmuştur. Bu kullanım kılavuzu RealCost'un çalışma bilgilerini verse de, yukarıda sıralanan kaynaklarla programın derinlemesine bilgileri elde edilebilir. Primer(okuma kitabı) ve Technical Bulletin(teknik bülten) FHWA'nın ÖDMA'inin web sayfasından veya FHWA'nın ürün müdürlüğünden temin edilebilir. ([www.fhwa.dot.gov/infrastructure/asstmgmt/lcca.htm](http://www.fhwa.dot.gov/infrastructure/asstmgmt/lcca.htm))

## **Ek 2.3 Kurulum**

### **Ek 2.3.1 Sistem gereksinimleri**

RealCost Microsoft Excel 2000'de kullanılmak üzere tasarlanmıştır ve Excel'in önceki versiyonlarını desteklemez. Ayrıca şimdiye kadarki Windows ve Office 2000 servis paketleri programı çalıştırmak için gereklidir.

RealCost'u kullanmak için en azından aşağıdaki sistem gereksinimleri sağlanmalıdır.

Yürürlükteki servis paketleri yüklenmiş Excel 2000

Yürürlükteki servis paketleri yüklenmiş Windows 98 (veya yükseği)

Yazıcı (RealCost'un düzgün çalışması için yazıcı sürücüsü gereklidir)

350 MHz Pentium işlemcisi

128 MB RAM

100 MB Harddisk

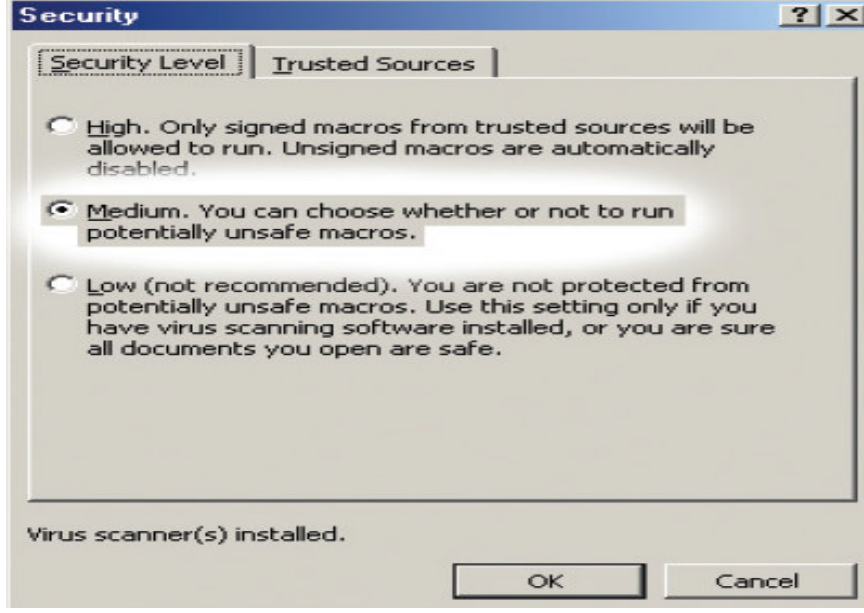
### **Ek 2.3.2 RealCost kurulumu**

RealCost'u kurmak için "Setup.exe" dosyasını çalıştırınız. Böylece, yazılımın önceden belirtilen yere kurulmasına izin verirsiniz.

Setup. exe "RealCost.xls" adındaki bir Excel 2000 çalışma sayfası ve birçok (DLL) dinamik link kütüphanesi dosyası içerir . DLL, ÖDMA çalışma sayfası ihtiyaç duyduğunda çağırılabilen, küçük programlar yığıdır. The DLL, ÖDMA çalışma sayfalarının belirli fonksiyonlarını yapabilmek için talimatlar sağlar.

### **Ek 2.3.3 Çalıştırma, dolaşma ve çıkış**

RealCost kullanılmadan önce, Excel 2000 makrolara izin verecek şekilde ayarlanmalıdır; çünkü Excel RealCost içindeki VBA kodlarına genelde makro gibi davranmaktadır. Şekil Ek 2.3'de gösterildiği gibi, yazılımı başlatmadan önce, Excel 2000'i açın ve "makro security settings"i işaretleyin ve böylece Excel'in makroları çalıştırmasına izin verin. Güvenlik ayarları menu bar'da mevcuttur. (araç çubuğu)

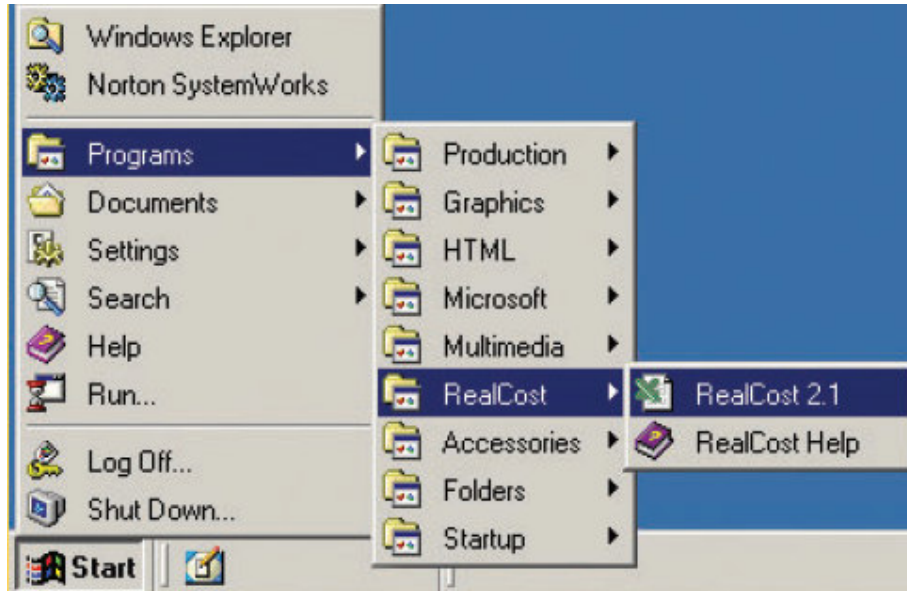


Şekil Ek 2.3 Güvenlik ayarları menüsü

**a) RealCost'u çalıştırma**

RealCost, Windows Start Menu (Başlat menüsü) ile açılır.(Şekil Ek 2.4)

Start (Başlat)>> Programs (Programlar) >> RealCost >> RealCost 2.1

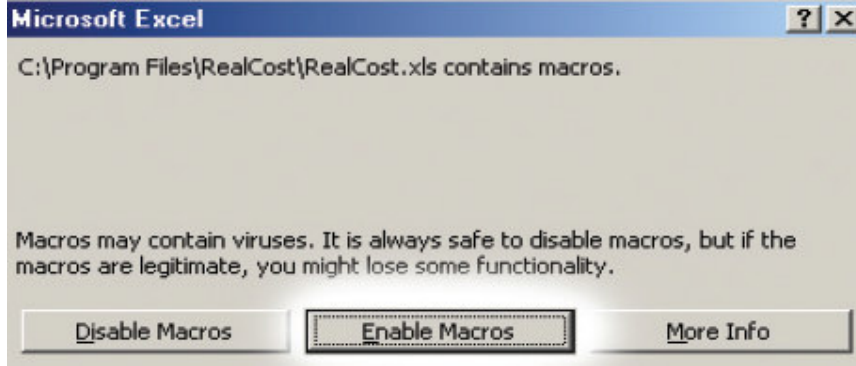


Şekil Ek 2.4 RealCost başlat menüsü



Bu komut Excel programıyla beraber RealCost'u da açar. Alternatif olarak, yazılımı açmak için masaüstünde bir kısa yol oluşturulabilir.

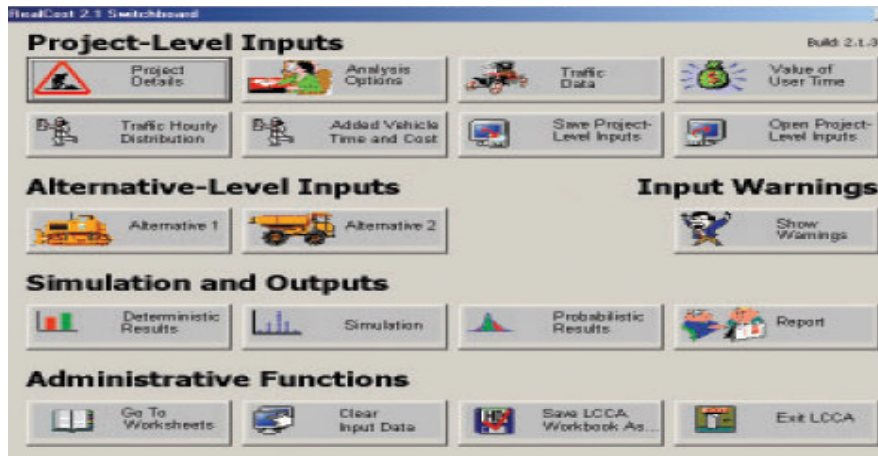
Eğer Excel 2000'in güvenlik ayarları orta seviye olarak ayarlanmadıysa, Excel her açılışta RealCost'u açmak için izin ister.(Şekil Ek 2.5).RealCost'u çalıştırmak için enable macros (makroları etkinleştir) komutu seçilmelidir.



Şekil Ek 2.5 Makroları etkinleştirme

#### b) Anahtar tablosuyla çalışma sayfaları arasında hareket etmek

RealCost, Excel çalışma sayfası üzerine eklenmiş “Switchboard (Anahtar Tablosu)” ana menü formunu açar. Şekil Ek 2.6’da gösterilen anahtar tablosuyla yazılımın neredeyse tüm fonksiyonlarına ulaşılabilir (veri girişi, analiz, raporlar, yararlar). Bu fonksiyonlar detaylı şekilde “RealCost Switchboard Functions” (RealCost Anahtar Tablosu Fonksiyonları) bölümünde ele alınmıştır. Temel bir önizleme ve yöntemle ilgili fonksiyonlar burada belirtilmiştir.



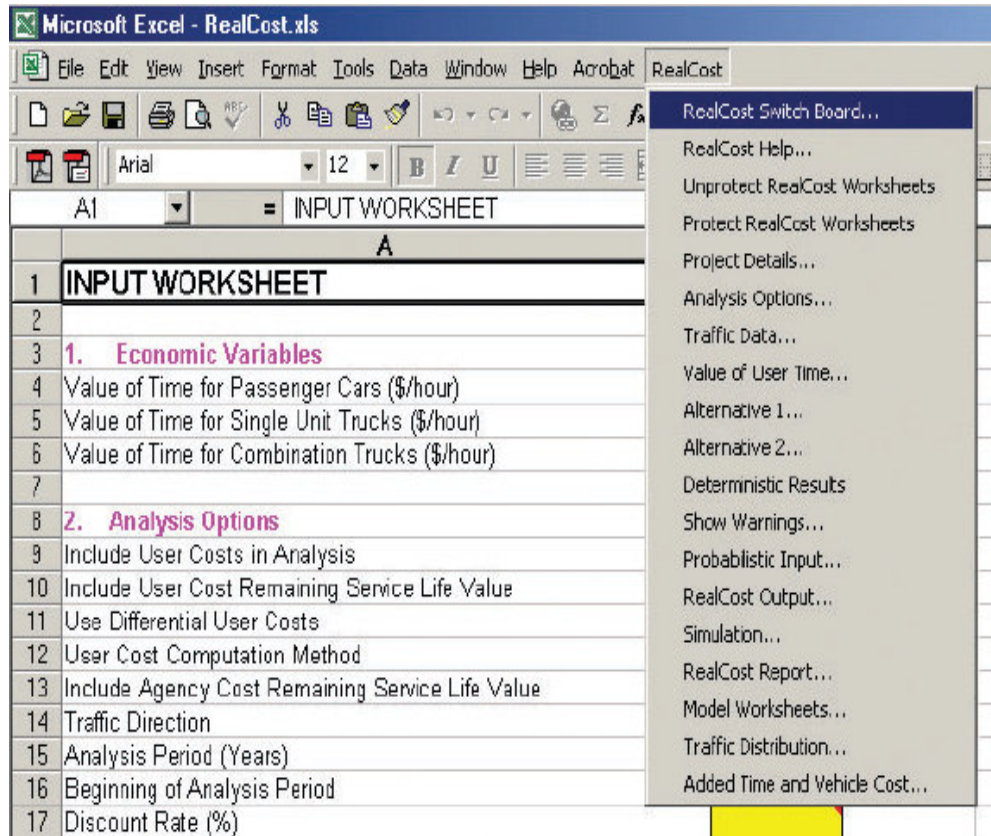
Şekil Ek 2.6 RealCost anahtar tablosu

Anahtar tablosu aktifken, anahtar tablosu formlarına ve Excel araç çubuğuna girilen verileri tutan önde gelen Excel 2000 çalışma sayfalarına erişilemez. RealCost'u küçültmek için ve çalışma sayfası moduna çevirmek için 2 yol vardır:

Administrative Fonctions (yönetim fonksiyonları) düğmesinin altındaki Go to Worksheets (çalışma sayfalarına git) düğmesine basın ve listeden bir çalışma sayfası seçin.

Anahtar Tablosunun sağ üst köşesinde bulunan "x" düğmesine basın.

Anahtar Tablosunu yeniden açmak için, araç çubuğundaki RealCost sekmesinden RealCost Switchboard seçeneğine basın. (Şekil Ek 2.7)



Şekil Ek 2.7 Veri çalışma sayfası

Bazı kullanıcılar çalışma sayfasını kullanmak isteyebilir, bazıları da anahtar tablosunu. Bu istisnalar dışında çoğu fonksiyon iki modda da çalışır.

Yeni bir olasılıksal girdi oluşturmak, alternatif verileri değiştirmek veya alternatif dosyaları kaydetmek için anahtar tablosuna ihtiyaç vardır.

RealCost 2000 menüsü bazen Excel araç çubuğundan kaybolabilir, (bu durum RealCost

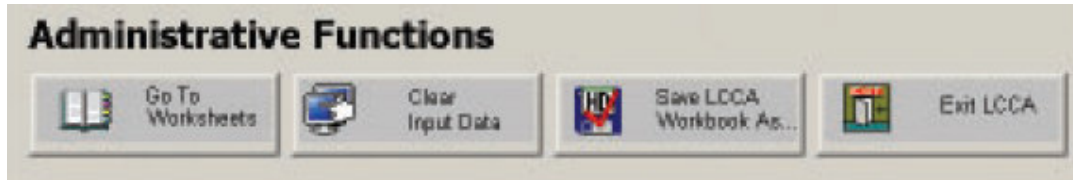
çalışırken başka bir uygulama açıldığı zaman olur) Excel araç çubuğundaki Tools (araçlar) sekmesiyle menü geri çağrılabilir.

Tools(Araçlar) >> Macro >> Macros >> AddLCCAMenu

### c) Anahtar tablosundaki yönetim fonksiyonları

**Administrative Functions** (yönetim fonksiyonları): Bu fonksiyon, çalışma sayfasına geçmek, veri silmek, bütün Excel 2000 dosyasını kaydetmek(çalışma kitabı-workbook) ve yazılımdan çıkmak v.b. gibi bilgileri derleyici görevi yürütür. (Şekil Ek 2.8).

Bu fonksiyonlar, sıradan Windows fonksiyonlarıyla benzerlik gösterir (dosya kaydetme, dosya açma gibi).



Şekil Ek 2.8 Yönetim fonksiyonları

**Go to Worksheets** (Çalışma Sayfasına Git): Çalışma kitabı içindeki belirli çalışma sayfalarına direkt ulaşım imkanı verir. Anahtar tablosunu kapatıp bireysel çalışma sayfaları arasından bir tanesini seçmek için Çalışma Sayfalarına Git (Go to worksheets) kullanılır. Hali hazırda aktif olan çalışma sayfasına anahtar tablosunun köşesindeki “x” seçeneği tıklanarak da ulaşılabilir.

**Clear Input Data** (Girdi Verisini Temizle): Tüm proje-seviye verisi, alternatif-seviye verisi ve hesap çıktıları siler. “temiz yüzey” oluşturur.

**Save Workbook As** (Çalışma Kitabını Farklı Kaydet): Excel Çalışma kitabının tamamını, girdi ve çıktı çalışma sayfalarını da içine alarak kaydeder. Analiz sonuçlarını kaydetmek için, çalışma kitabını kaydetmek tek yoldur. Bir analiz dosyası genellikle 8 MB veya daha fazladır ve kaydetme birkaç saniye alabilir. Çalışma kitabını kaydetme işlemi, Excel araç çubuğundan da yapılabilir.

**Exit LCCA** (ÖDMA'den çıkış): RealCost'dan çıkar. Yazılım dosyayı kaydetmeyi sorar. The software will ask you whether the file should be saved. Excel'deki File menüsü ile RealCost menüsü aynı kaydetme seçeneğini sunar. Yukarıda da belirtildiği gibi analiz sonuçlarını kaydetmek için, çalışma kitabını kaydetmek gerekir. Bir analiz dosyası genelde 8 MB veya çok tutar ve kaydetmek birkaç saniye alabilir. Buna rağmen, veri girdileri \*.LCC (project-

level inputs) (proje-seviye girdileri) ve \*.LCA (alternative-level inputs) (alternatif-seviye girdileri) dosyalarını kaydetmek için tüm çalışma kitabını kaydetmeye gerek yoktur.

#### d) RealCost'u kapatma

Anahtar Tablosuyla Kaydetme ve Çıkış: RealCost, anahtar tablosundaki Administrative Functions (yönetim fonksiyonları) Exit LCCA (ÖDMA'dan çık) düğmesiyle kapatılabilir.

Çıkarken analiz sonuçlarını kaybetmemek için çalışma kitabını kaydetmek gerekir. Exit LCCA (ÖDMA'dan çık)düğmesi çalışma kitabını kaydetmeye sevkeder. Save RealCost (RealCost'u kaydet) düğmesi çalışma kitabını herhangi bir anda kaydetmek için kullanılabilir. Çıkış ve Kaydet düğmeleri dosya için kaydederken isim ve yer ister.

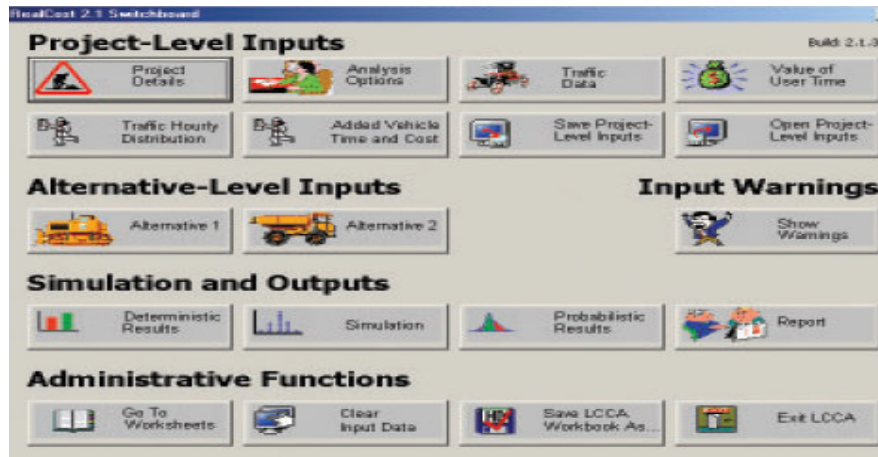
Çalışma Sayfalarıyla Kaydetme ve Çıkış: Çalışma sayfası modundayken, çalışma kitabını kaydetmek ve çalışma sayfasından çıkmak için Excel araç çubuğundaki Save As (farklı kaydet) seçeneğinin kullanılması tavsiye edilir. Uygun bir isimle kaydetmek analiz sonuçlarını korur. Çalışmalarınızı RealCost'a kaydettikten sonra başka bir projeye başladığınızda girilen verileri silmeniz gereklidir.

#### Ek 2.4 RealCost anahtar tablosu fonksiyonları

Şekil Ek 2.9'da gösterilen Anahtar Tablosunun beş bölümü vardır.

Project-Level Inputs (proje-seviye girdileri): Tüm alternatifler için kullanılacak verilerdir.

Proje karakteristiğini belgeler, sağlanacak ortak faydalar tanımlanır, her bir alternatifte uygulanacak ortak değerler belirtilir. (Ör: ıskonto oranı)



Şekil Ek 2.9 Anahtar tablosu fonksiyonları

**Alternative-Level Inputs** (Alternatif Seviye Girdileri): Belirli bir tasarım alternatifi için

kullanılacak verilerdir. Bu veriler alternatifleri birbirinden farklılaştıran değerlerdir.

**Simulation and Output** (Simülasyon ve Çıktı): Belirlenimci (belirleyici) sonuçları, olasılıksal girdiler için Monte Carlo simülasyonun çalışması ve raporların çıktısının alınması bu formlarla mümkündür.

**Administrative Functions** (Yönetim Fonksiyonları): RealCost'u veya anahtar tablosunu kapatmak için, verileri kaydetmek, silmek ve düzeltmek için kullanılan formlardır.

19 anahtar tablosu düğmesi ve bunların fonksiyonları Çizelge Ek 2.1'de sıralanmıştır. Veri girme ve RealCost'un önceliklerini kullanmak aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge Ek 2.1 RealCost formları ve komut düğmeleri ve bunların fonksiyonları

AnahtarTablosu Düğmesi/Form	İşlevi
Project-Level Inputs	Tüm proje alternatifleri için kullanılacak verilerdir. Bu veriler, alternatifler için ortak olan değerleri, karakteristikleri ve faydaları içerir..
Project Details	Projeyi belirleyen tanımlayıcı verileri depolar.
Analysis Options	Tüm alternatiflere uygulanacak proje-seviye verilerini dikkate alır. (örn: analiz periyodu, iskonto oranı, maliyetleme seçenekleri)
Traffic Data	Normal icraattaki trafik verilerini içerir: miktar,araç çeşidi, kapasite.
Value of User Time	3 araç tipi için saatlik kullanıcı zaman değeri.
Traffic Hourly Distribution	Kentsel ve kırsal olmak üzere ayrılmış, yıllık ortalama günlük trafik miktarı.
Added Vehicle Time and Cost	Araç tipine göre aracı yavaşlat veya durdurmak için gerekli zaman ve maliyet.Maliyet artışı sağlar.
Save Project-Level Inputs	Proje-seviye girdilerini bir *.LCC dosyasına

	kaydeder.
Open Project-Level Inputs	*.LCC dosyasından, proje-seviye girdilerini açar.
Alternative-Level Inputs	Belirli bir proje alternatifi için kullanılacak verilerdir. Bu veriler alternatifleri birbirinden ayırır.
Alternative 1 or 2	Tüm alternatif –seviye verileri:alternatif-seviye acentası, yapım maliyeti, servis ömrü, süre, çalışma alanı verisi.Herbir alternatif, bireysel alternatif veri ayarlarını kaydetmek ve geri çağırmak için komutlar içerir.
Input Warnings	Unutulan veya hatalı olan verileri belirtir.
Show Warnings	Şüpheli, unutulan, hatalı verileri belirtir. Uyarılar, Simulation Worksheet (Simülasyon çalışma sayfasında) gösterilir.
Simulation and Outputs	Belirlenimci sonuçları görmek, olasılıksal girdilerin Monte Carlo simülasyonunu çalıştırmak ve olasılıksal sonuçları görmek için kullanılan formlardır.
Deterministic Results	Belirlenimci veya genellikle olasılıksal girdilere dayanan belirlenimci sonuçları hesaplar ve gösterir.
Simulation	Sonuçlarla simülasyonu gerçekleştirir.
Probabilistic Results	Olasılıksal sonuçları gösterir. Olasılıksal sonuçların çalışma sayfalarına ulaşımına izin verir.
Report	Girdileri ve sonuçları gösteren çıktısı alınabilecek rapor oluşturur.
Administrative Functions	RealCost'u veya anahtar tablosunu kapatmak için, verileri kaydetmek, silmek ve düzeltmek için

	kullanılan formlardır.
Go to Worksheets	Excel 2000 çalışma sayfalarına direk ulaşım sağlar.
Clear Input Data	Proje-seviye verilerini, alternatif seviye verilerini ve sonuçları yazılımdan temizler. “temiz yüzey” oluşturur.
Save LCCA Workbook As...	Oluşturulmuş Excel 2000 çalışma kitabını kullanıcı tarafından belirlenen bir isim altına kaydeder.
Exit LCCA	RealCost’u kapatır.

## Ek 2.5 Verileri giriş, kaydetme ve yükleme

### Ek 2.5.1 Proje-seviye veri giriş formu

Proje-seviye veri giriş formunda seçilen bütün seçenekler ve girilen bütün veriler, uygulanan projenin bütün alternatiflerine uygulanır. Eğer proje veri giriş formu veya seçenekleri değişirse, bütün alternatiflerde yeni veriler dolayısıyla gözden geçirilmelidir. Farklı proje seviyelerinde analiz edilen alternatifler direkt olarak ÖDMA ile karşılaştırılmaz.

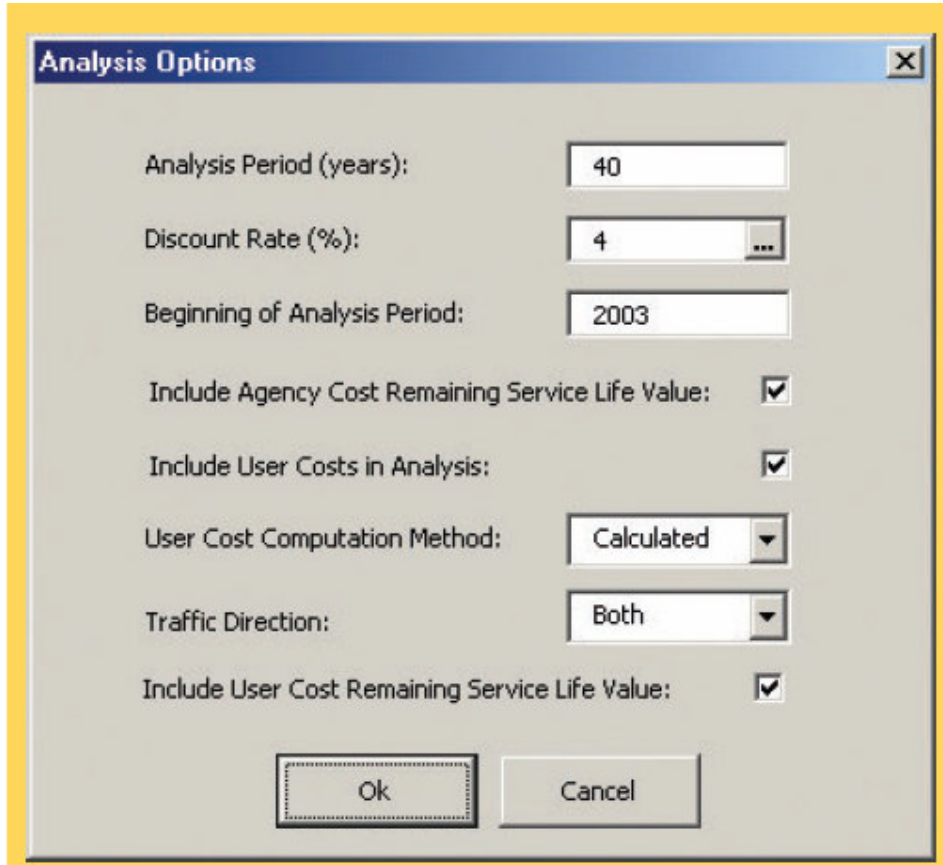
**Proje detayları:** Proje detayları formu (Şekil Ek 2.10) projeyi belirtmek için kullanılır. Buraya girilen veriler analizde kullanılmaz.

The image shows a 'Project Details' dialog box with the following information:

- State Route: I-370
- Project Name: Improvement FY2004
- Region: District 3
- County: Montgomery
- Analyzed By: Tom Canick
- Mileposts: Begin: 4.2, End: 6.7
- Comments: Project-level data file for Deterministic Class Exercise

Şekil Ek 2.10 Proje detayı formu

**Analiz seçenekleri:** Genel olarak analiz seçeneklerine, proje üstyapı tasarım sorumlusu yerine, kamu sözleşmelerine bakılarak karar verilir. Analiz seçenekleri seçenek formu (Şekil Ek 2.11) “Analiz periyodu”, “Başlangıç yılı”, “İskonto oranı”nı içerir. Ayrıca seçenek kutusu bize yolun kalan servis ömrünün analize eklenip eklenmeyeceğini ve hesap yaparken kullanıcı maliyetlerini hesaba katıp katmayacağımızı sorar, analizin tek yönde mi yoksa her iki yönde mi yapılacağı yine bu kutucukta belirtilir.



The image shows a software dialog box titled "Analysis Options". It contains the following fields and controls:

- Analysis Period (years): 40
- Discount Rate (%): 4
- Beginning of Analysis Period: 2003
- Include Agency Cost Remaining Service Life Value:
- Include User Costs in Analysis:
- User Cost Computation Method: Calculated
- Traffic Direction: Both
- Include User Cost Remaining Service Life Value:

At the bottom of the dialog box, there are two buttons: "Ok" and "Cancel".

Şekil Ek 2.11 Analiz seçenek formu

**Trafik verileri:** Üstyapı mühendisleri, trafik verilerini, dizayn parametrelerini belirlemek için kullanırlar. Trafik veri kutusunda yıllık ortalama günlük trafik, araç dağılım yüzdeleri, trafiğin yıllık artış yüzdesi, yoldaki hız limiti, yolun kaç şeritli olduğu, yolun kapasitesinin ne kadar olduğu, izin verilen kuyruklanma uzunluğunun ne kadar olacağı ve yolun şehir içi bir yomlu yoksa şehirlerarası bir yol mu olduğu trafik verileri kutusuna girilir. Trafik veri kutusu şekil 2.12’de gösterilmiştir.



**Traffic Data**

AADT Construction Year (total for both directions): 75400

Single Unit Trucks as Percentage of AADT (%): 5

Combination Trucks as Percentage of AADT (%): 6

Annual Growth Rate of Traffic (%): 1.25

Speed Limit Under Normal Operating Conditions (mph): 65

Lanes Open in Each Direction Under Normal Conditions: 3

Free Flow Capacity (vphpl): 2085

Free Flow Capacity Calculator

Queue Dissipation Capacity (vphpl): 1800

Maximum AADT (total for both directions): 250000

Maximum Queue Length (miles): 100

Rural or Urban Hourly Traffic Distribution: Urban

Ok Cancel

Şekil Ek 2.12 Trafik veri formu

**Kullanıcı zaman değeri:** Her araç kombinasyonu için saatlik bir kullanıcı maliyeti belirlenir. RealCost'da otomobil, kamyon ve treyler için ayrı ayrı saatlik maliyetler kullanıcı zaman değeri kutusuna (Şekil 2.13) yazılır. Yolda oluşan gecikmelerin maliyeti hesaplanırken bu değerlerden hesap yapılır.

Value of User Time

Value of Time for Passenger Cars (\$/hour): 11.5

Value of Time for Single Unit Trucks (\$/hour): 18.5

Value of Time for Combination Trucks (\$/hour): 22.5

Ok Cancel

Şekil Ek 2.13 Kullanıcı zaman değeri formu

Yıllık günlük ortalama trafiğin (YOGT), saat başına dağılımını görmek istenirse (şehir içi ve şehir dışı yollarda) RealCost programında bu dağılımlar mevcuttur ama bu çalışma değişik bir yerde yapılıyorsa ve dağılımlar mevcut dağılıma uymuyorsa yeni projenin trafik saatlik dağılımı Şekil Ek 2.14'te gösterilen trafiğin saatlere göre dağılım formuna ellede girilebilir. Dağılımlar yüzde cinsindedir ve toplamı yüz olmak zorundadır.

Hour	AADT Rural (%)	Inbound Rural (%)	Outbound Rural (%)	AADT Urban (%)	Inbound Urban (%)	Outbound Urban (%)
0 - 1	1.8	48	52	1.2	47	53
1 - 2	1.5	48	52	0.8	43	57
2 - 3	1.3	45	55	0.7	46	54
3 - 4	1.3	53	47	0.5	48	52
4 - 5	1.5	53	47	0.7	57	43
5 - 6	1.8	53	47	1.7	50	42
6 - 7	2.5	57	43	5.1	63	37
7 - 8	3.5	56	44	7.8	60	40
8 - 9	4.2	56	44	6.3	59	41
9 - 10	5	54	46	5.2	55	45
10 - 11	5.4	51	49	4.7	46	54
11 - 12	5.6	51	49	5.3	49	51
12 - 13	5.7	50	50	5.6	50	50
13 - 14	6.4	52	48	5.7	50	50
14 - 15	6.8	51	49	5.9	49	51
15 - 16	7.3	53	47	6.5	46	54
16 - 17	9.3	49	51	7.9	45	55
17 - 18	7	43	57	8.5	40	60
18 - 19	5.5	47	53	5.9	46	54
19 - 20	4.7	47	53	3.9	48	52
20 - 21	3.8	46	54	3.3	47	53
21 - 22	3.2	48	52	2.8	47	53
22 - 23	2.6	48	52	2.3	48	52
23 - 24	2.3	47	53	1.7	45	55

Total Rural: 100 Total Urban: 100

Restore Defaults Ok

Şekil Ek 2.14 Trafiğin saatlere göre dağılım formu

**Taşıt duraklama maliyetleri:** Bu forma yolculuk sırasında otomobil, kamyon, treyler'in 1000 duraklama sırasında meydana gelen maliyetleri girilir. Bu değerler yine RealCost yazılım içinde mevcuttur ama istenirse analistin kendi verileri de Şekil 2.15'te gösterilen taşıt durma maliyetleri formuna girilebilir.

Initial Speed (mph)	Added Time per 1,000 Stops (Hours)			Added Cost per 1,000 Stops (\$)		
	Passenger Cars	Single Unit Trucks	Combination Trucks	Passenger Cars	Single Unit Trucks	Combination Trucks
0	0	0	0	0	0	0
5	1.02	0.73	1.1	2.7	9.25	33.62
10	1.51	1.47	2.27	8.83	20.72	77.49
15	2	2.2	3.48	15.16	33.89	129.97
20	2.49	2.93	4.76	21.74	48.4	190.06
25	2.98	3.67	6.1	28.67	63.97	256.54
30	3.46	4.4	7.56	36.1	80.23	328.21
35	3.94	5.13	9.19	44.08	96.88	403.84
40	4.42	5.87	11.09	52.7	113.97	482.21
45	4.9	6.6	13.39	62.07	130.88	562.14
50	5.37	7.33	16.37	72.31	145.96	642.41
55	5.84	8.07	20.72	83.47	160.89	721.77
60	6.31	8.8	27.94	95.7	178.98	798.99
65	6.78	9.53	31.605	109.02	195.84	849.64
70	7.25	10.27	38.48	123.61	209.06	921.08
75	7.71	11	47.9	139.53	224.87	992.42
80	8.17	11.73	57.68	156.85	240.68	1063.82

Cost Escalation:  
Base Transp. Component CPI: 142.8  
Base Year: 1996  
Current Transp. Component CPI: 142.8  
Current Year: 1996  
Escalation Factor: 1.00  
Escalate

Liding Cost per Veh-Hr (\$): 0.6927 0.7661 0.8246  
Restore Defaults Ok

Şekil Ek 2.15 Taşıt durma maliyet formu

### Ek 2.5.2 Proje seviye verilerinin kaydedilip açılması

Değişim tahtasında bulunan, proje-seviye girdileri bölümündeki son iki tuş (bakınız Şekil Ek 2.16), verilerin kaydedilmesini ve açılmalarını sağlar. (Not: Alternatif-seviye girdileri, proje-seviye girdilerinden bağımsız olarak kaydedilir. Alternatif-seviye girdilerini kaydedip, açmaya yarayan mekanizma, Alternatif 1 ve Alternatif 2 formlarında mevcuttur.)

Proje seviye girdileri, küçük bir dosyada saklanır. Bu dosyaya, Windows'un desteklediği herhangi bir isim verilebilir ve bu dosya otomatik olarak ".LLC" uzantısı altında kaydedilir.

Dosyanın uzantısının değiştirilmesi halinde RealCost, dosyayı algılayamayacaktır. (Dikkat : “LLC” uzantılı dosyaların açılınca, Proje-seviye girdileri kısmının üzerine yazılmış olacaktır.)



Şekil Ek 2.16 Değişim tahtasındaki kaydet ve aç düğmeleri

### **Ek 2.5.3 Alternatif-seviye veri giriş formları**

Alternatiflerde, kamu maliyetleri ve iş alanının belirli işlerindeki alternatifler arasındaki farkı belirleyen faktör alternatif-seviye girdileridir. Her proje alternatifi yedi adet aktiviteden oluşabilir. Seride gösterilmiş olan aktivitelerden oluşabilir.

Alternatif 1 veya alternatif 2 formu: Alternatif 1 ve alternatif 2'nin formları (Şekil Ek 2.17) benzerdir. Formun en üstünde, seri halinde farklı aktivite geçiş tuşları mevcuttur. Her tuş, farklı bir aktiviteye geçiş yapar. Bu formdaki veriler, kullanıcı ve kamu maliyetlerini hesaplamak için kullanılır. Yapım ve korunum verileri, kamu maliyet girdileridir. Servis ömrü verileri, kamu ve kullanıcı maliyetlerinin her ikisini de etkiler (iş alanının ne zaman etkili olacağına göre.) İş alanı spesifik verisi, kullanıcı maliyetlerini de etkiler.

### **Ek 2.5.4 Alternatif-seviye verilerinin kaydedilip açılması**

Kaydet ve Aç tuşları (alternatif formunun üzerindeki), alternatif seviye verilerini kaydedip, açmak için kullanılır. Alternatif seviye girdileri, küçük bir dosyada saklanır. Bu dosyaya, Windows'un desteklediği herhangi bir isim verilebilir ve bu dosya otomatik olarak “.LLC” uzantısı altında kaydedilir. Dosyanın uzantısının değiştirilmesi halinde RealCost, dosyayı algılayamayacaktır. (Dikkat “.LLC” uzantılı dosyaların açılınca, Alternatif-seviye girdileri kısmının üzerine yazılmış olacaktır.)

Kopyala ve yapıştır tuşları ise, verinin bir yerden, başka bir yere taşınması için kullanılır. Aktiviteye başlamak için, kopyala butonuna basınız, kopyalamak istediğiniz yeri gidiniz ve yapıştırma basınız.

Activity Tabs

Alternative 1

Alternative Description: SMA

Initial Construction | Rehabilitation 1 | Rehabilitation 2 | Rehabilitation 3 | Rehabilitation 4 | Rehabilitation 5 | Rehabilitation 6

Activity Description: 10' ABC, 6" HPA, 2" SMA

**Activity Cost and Service Life Inputs**

Agency Construction Cost (\$1000): 5566 Activity Service Life (years): 13

User Work Zone Costs (\$1000): 200 (Inactive if User Costs are to be Calculated by Software)

Maintenance Frequency (years): 7 Agency Maintenance Cost (\$1000): 164

**Activity Work Zone Inputs**

Work Zone Length (miles): 2.5 Work Zone Duration (days): 180

Work Zone Capacity (vphpl): 1415 Work Zone Speed Unit (mph): 40

No. of Lanes Open in Each Direction During Work Zone: 2

Work Zone Hours

	Inbound		Outbound	
	Start	End	Start	End
First Period of Lane Closure:	0	24	0	24
Second Period of Lane Closure:	0	0	0	0
Third Period of Lane Closure:	0	0	0	0

Copy Activity

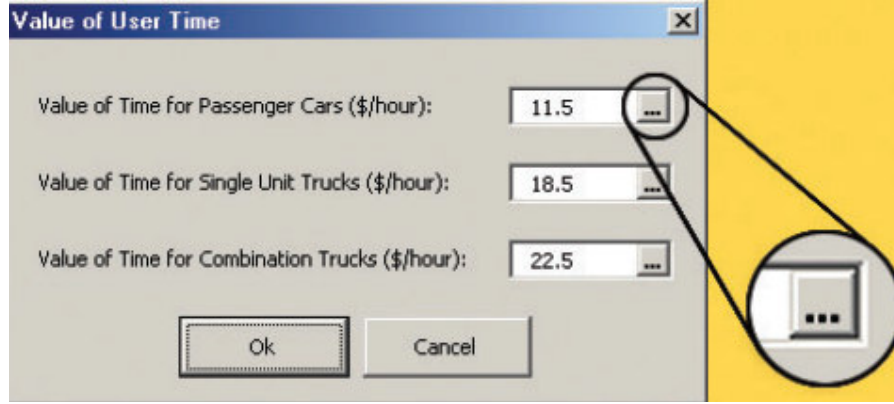
Paste Activity

Open... Save... Ok Cancel

Şekil Ek 2.17 Alternatif 1 formu (alternatif 2 formu ile benzer)

Olasılıksal veri: Analiz girdilerinde RealCost şüphelere yer vermez. Veri güvenilirliği, olasılıksal olarak deterministik verilerle arttırılabilir.

Olasılık fonksiyonu: Alternatif 1 ve 2 formlarında ki bazı girdiler, ya önceden belirli değerlerle anlaşılabilir, ya da olasılıksal değerlerle anlaşılabilir. Bütün veriler için başlangıç değeri, ilk söylenen önceden deterministik olan değerlerdir. Olasılıksal girdiler, veri giriş alanının sağ tarafındaki elips tuşu yardımıyla açıklanabilir. Elips tuşuna (Şekil Ek 2.18) basınca, önünüze bir olasılık dağılım formu açılır. Analiz eden kişi bunlardan birini seçebilir.



Şekil Ek 2.18 Elips butonu (olasılıksal girdileri gösterir)

RealCost'da 7 adet olasılık dağılımı mevcuttur.(Şekil Ek 2.19)

\*NORMAL

\*TRUNCATED NORMAL

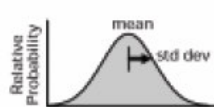
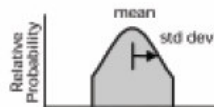


\*TRIANGULAR

\*UNIFORM

\*BETA

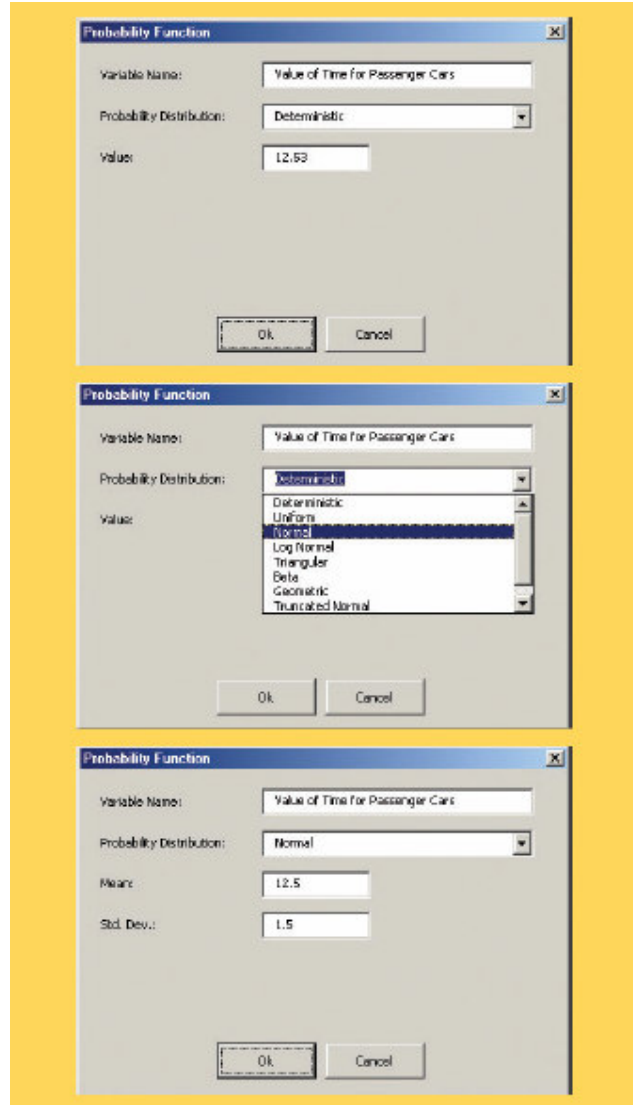
\*GEOMETRIC

\*LOG NORMAL

Distribution Type	Spreadsheet Formula	Illustration
Normal	lccanormal (mean, std dev)	
Truncated Normal	lccatnormal (mean, std dev, lower bound, upper bound)	
Triangular	lccatriang (minimum, most likely, maximum)	
Uniform	lccauniform (minimum, maximum)	

Şekil Ek 2.19 Dağılım tablosu

## Ek 2.6 Simülasyon ve çıktılar



Şekil Ek 2.20 Olasılıksal girdi yaratmak

Değişim tahtasındaki, “Simülasyon ve Çıktı” kısmı, deterministik ömür-döngü maliyetleri ve olasılıksal ömür-döngü maliyetlerinin uygulandığı kısımdır. Deterministik analiz, deterministik girdilerle veya olasılıksal girdilerle belirlenir. (Şekil Ek 2.20)

### Ek 2.6.1 Deterministik sonuçlar

Deterministik sonuçlar formu (Şekil Ek 2.21), deterministik, şimdiki değerleri, kamu ve kullanıcı maliyeti için hesaplar ve gösterir. En düşük maliyetli alternatifi seçer ve belirtir. Form aynı zamanda bu hesaplamaların görülebileceği Excel tablosuna geçiş imkânı da verir.

Total Cost	Alternative 1: Hot Mix Asphalt - Deterministic Class Exercise		Alternative 2: Stone Matrix Asphalt - Deterministic Class Exercise	
	Agency Cost (\$1000)	User Cost (\$1000)	Agency Cost (\$1000)	User Cost (\$1000)
<b>Present Value</b>	<b>\$5,909.73</b>	<b>\$21,450.18</b>	<b>\$6,026.59</b>	<b>\$18,764.58</b>
Lowest Present Value Agency Cost	<b>Alternative 1: Hot Mix Asphalt</b>			
Lowest Present Value User Cost	<b>Alternative 2: Stone Matrix Asphalt</b>			

Şekil Ek 2.21 Deterministik sonuçlar formu

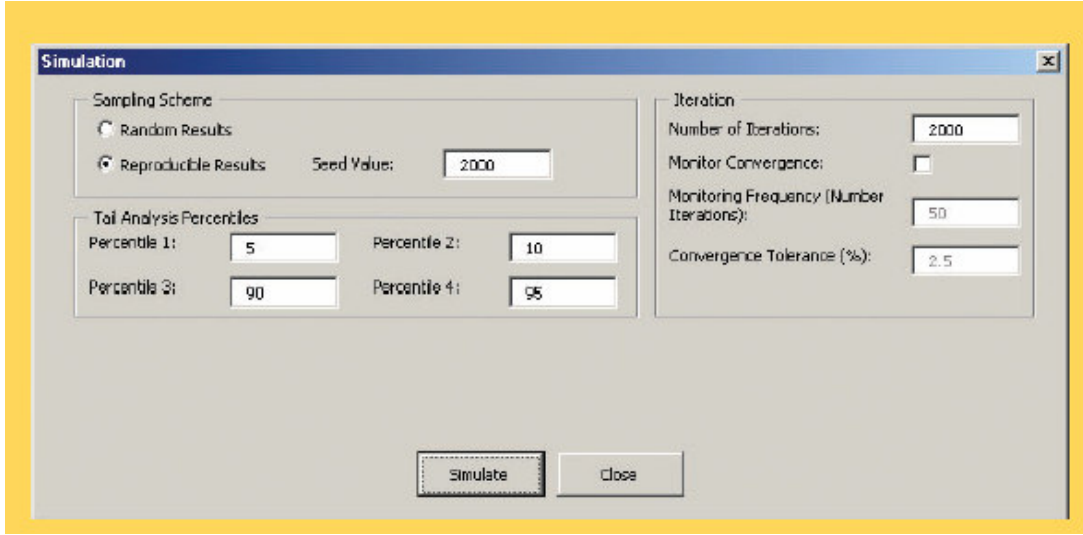
### Ek 2.6.2 Olasılıksal analiz

#### a) Simülasyonu çalıştırma

Olasılıksal analizi görüntülemek için, simülasyonu çalıştırmak gerekir. Olasılıksal analizi elde etmek için, RealCost programı, Monte Carlo simülasyonunu kullanır. Simülasyon, olasılıksal çıktıları elde eder. Simülasyonu çalıştırmadan, olasılıksal çıktılar mümkün değildir. Simülasyon formu Şekil Ek 2.22’de gösterilmiştir.



Formun, örnekleme alanı, programını mı yoksa kullanıcının mı simülasyon numaralarını gireceğini sorar. “Random” tuşu, simülasyon numaralarını bilgisayarın seçmesini sağlar, altındaki “çoğaltılabilir sonuçlar” butonu ise simülasyon numaralarının kullanıcı tarafından girilmesini sağlar.



Şekil Ek 2.22 Simülasyon formu

Simülasyon numarasını, kullanıcının girmesi halinde, analist ikiden fazla alternatifi, farklı simülasyonlarla karşılaştırabilir. Bu fonksiyon aynı simülasyonu, girilen değere göre değerlendirir.

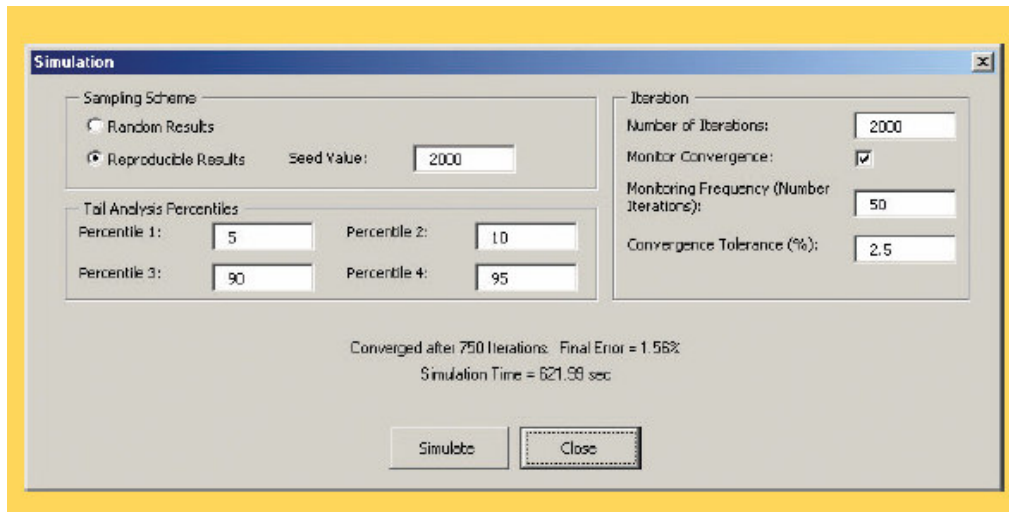
Örnekleme alanı, programın simülasyon değerlerini nasıl seçeceğini belirler. “Random” butonu, simülasyonun değerinin bilgisayar saatinden başlayarak, bir seri halinde devam etmesini sağlar. Bu değer kullanıcı tarafından değiştirilemez.

Çoğaltılabilir değerler seçeneği, analiste, simülasyon numarasını seçme hakkı verir, ve onu bütün simülasyonlarda kullanır. Bu seçenekte aynı seri kullanılır. “Çoğaltılabilir sonuçlar” seçeneği, analiste farklı simülasyonlar yaratarak, birçok alternatifi karşılaştırma olanağı sağlar. Ve buradaki değişimlerin, girdi değişikliklerinden kaynaklandığını gözlemlene fırsatı verir.

Kuyruk analiz yüzdeleri, toplam maliyet olasılıksal dağılım grafiklerini oluşturmak için kullanılır. Yüzdelerik değerler sıra halinde girilmelidir.

Programın iterasyon kısmı, simülasyonun kaç iterasyonda gerçekleşeceğini tayin etmede kullanılır. Analistin, çıktıları doğru olarak alabilmesi için, kendi iterasyon değerini girebilir. İterasyon sayısı en az 2000 olmalıdır. Görüntüleme frekansı 100 iterasyonda düzgün hale ulaşır. Yüzde iki buçuk tolerans düzgün olasılıksal çıktı alma imkânı verir.

Şekil Ek 2.23 yüzde iki buçuk toleranstan az olduğu için sona eren bir simülasyonu göstermektedir. Hatalar formun altında kullanıcıya belirtilir. Bu örnekte de hatalar, formun altında belirtilmiştir.



Şekil Ek 2.23 Simülasyon çalışmasının sonunda oluşan simülasyon formu

### b) Olasılıksal sonuçların analizli

Simülasyonun çalışmasından sonra, olasılıksal sonuçlar, analiz için uygun hale gelir. Olasılıksal sonuçlara ulaşmak için, simülasyonun çalıştırılması zorunludur. Şekil Ek 2.24, olasılıksal simülasyonun sonuçlarını göstermektedir.

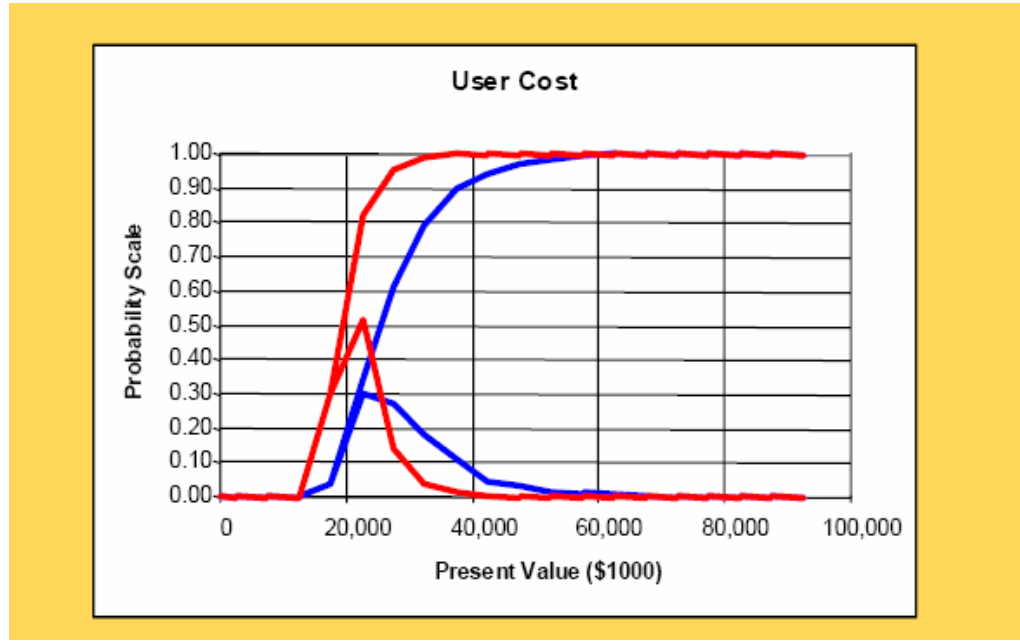
Olasılıksal sonuç formundan, dört ayrı sayfaya ulaşılabilir. Olasılıksal sonuç sayfası ve çıktı dağılımı sayfasının her ikisi de olasılıksal dağılıma, ve kümülatif yoğunluk fonksiyonuna olanak sağlar. Şekil Ek 2.25'te bunlarla ilgili örnek mevcuttur.

Fırtına grafik sayfası, girdilerin, çıktıları nasıl etkilediğine dair fırtına grafikler gösterir (Şekil Ek 2.26'da örnek gösterilmiştir.) Örnek olarak, ilk yapım maliyeti girdisinin, alternatif 1

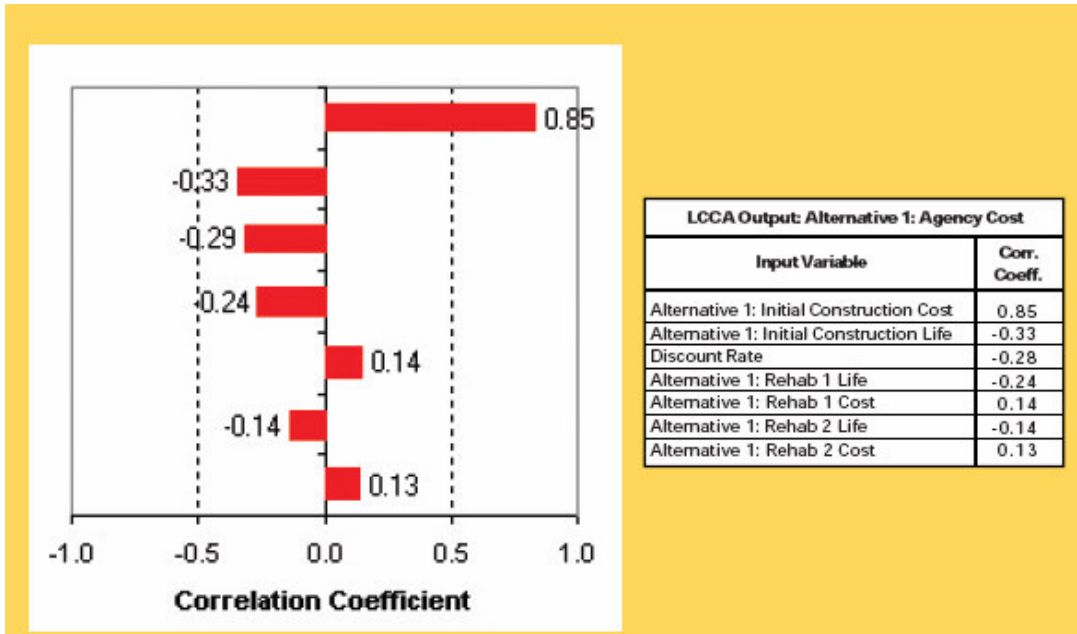
çıktısında büyük bir etkisi vardır. Korelasyon katsayısı olarak “1”, iki değer arasında tamamen artı korelasyona neden olur. Korelasyon katsayısı “-1” ise, iki değer arasında tamamen farklı bir etkiye neden olur. “0” değeri ise, değerler arasında hiçbir korelasyonun mevcut olmadığını, değerlerin bağımsız olduğunu gösterir. Diğer korelasyon değerleri, kısmi bir korelasyonu gösterir. Çıktılar, girdilerdeki değişimlerden etkilenir.

Total Cost (Present Value)	Alternative 1:		Alternative 2:	
	Agency Cost (\$1000)	User Cost (\$1000)	Agency Cost (\$1000)	User Cost (\$1000)
Mean	\$5,891.25	\$29,718.71	\$6,000.48	\$22,253.63
Standard Deviation	\$291.11	\$8,204.36	\$396.65	\$3,621.03
Minimum	\$5,019.33	\$18,481.19	\$4,877.29	\$17,489.52
Maximum	\$6,746.17	\$75,287.59	\$7,712.63	\$42,753.00

Şekil Ek 2.24 Olasılıksal sonuç formu



Şekil Ek 2.25 Olasılıksal dağılım yoğunluğu ve çıktıları tanımlayan kümülatif yoğunluk fonksiyonu



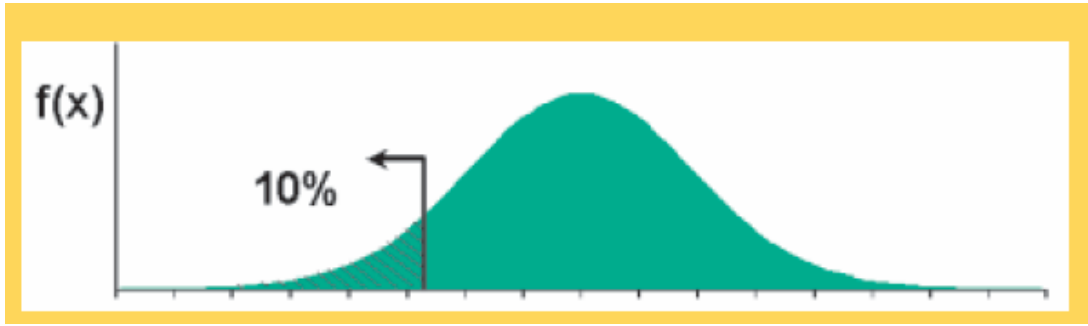
Şekil Ek 2.26 Korelasyon katsayısı grafiği (firtına grafiği)

### c) Toplam Maliyet Olasılıksal Dağılımı

Korelasyon katsayısı grafiği, çıktıların duyarlılığını, sadece girdilere bağlarken, toplam maliyet olasılıksal dağılım grafikleri, çıktıların duyarlılığını, girdilerin kombinasyonuna bağlar. Kuyruk dağılımı analizde en fazla maliyeti yaratır. Analist, en yoğun kuyruk alanını belirlemek için dört adet kuyruk analiz yüzdesi girebilir. RealCost, bu dört alanı, ne türlü girdilerin birlikte oluşturduğunu canlandırır.

Örnek olarak, Şekil Ek 2.27’de, yatırımcı proje alternatif toplam maliyet dağılımını gösterir. Dağılımın sol tarafındaki taranmış alan, toplam alanın yüzde onluk kısmının eğrinin altında kaldığını gösterir. Yüzde onun altındaki değerler, ortalamada oluşan standart sapmayı belirtir.

Kuyruk analiz değeri, girdileri “başarılı”, “başarısız”, veya “alternatif olabilir” şeklinde tanımlar. Altyapı dizaynından sorumlu kişiler, projeye olumlu veya olumsuz katkı sağlayabilecek alternatifleri ayırt edebilir.



Şekil Ek 2.27 Kuyruk analizi çıktısı

## **ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi 30.05.1966

Doğum yeri Ankara

Lise 1977–1984 TED Ankara Koleji

Lisans 1986–1990 Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak.  
İnşaat Mühendisliği Bölümü

### **Çalıştığı kurumlar**

1991–1992 YTÜ İnşaat Mühendisliği Ulaştırma Anabilim Dalı  
Araştırma Görevlisi  
1993–1998 Üç Yıldız İnşaat Ltd. Şti.  
1998–2000 BİAT İnşaat A.Ş  
2000–2002 AKS İnşaat A.Ş  
2002- KUR İnşaat A.Ş.