



**TOPRAK İŞLERİ ŞANTIYESİNDE KAZI, YÜKLEME VE  
TAŞIMA MALİYETLERİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş. Müh. Dursun BAKIR  
141139107**

**Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği Teknolojileri  
Programı: Ulaştırma**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mustafa Ethem KIZIRGİL**

**TEMMUZ-2017**

**T.C  
FIRAT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TOPRAK İŞLERİ ŞANTIYESİNDE KAZI, YÜKLEME VE TAŞIMA MALİYETLERİNİN  
İNCELENMESİ**



**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Dursun BAKIR**

**141139107**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih:19.06. 2017**

**Tezin Savunulduğu Tarih: 17.07.2017**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Mustafa Ethem KIZIRGİL (Fırat Üni.)**

**Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Remzi NAMLI (Fırat Üni.)**

**Yrd. Doç. Dr. Tacettin GEÇKİL (İnönü Üni.)**

**TEMMUZ – 2017**

## ÖNSÖZ

Bu çalışma Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Teknolojileri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

“Toprak İşleri Şantiyesinde Kazı, Yükleme ve Taşıma Maliyetlerinin İncelenmesi” isimli tez çalışmasına başlamamda ve çalışmamın tüm aşamalarında benimle yakından ilgilenen, değerli bilgileri ile beni yönlendiren, benden her türlü desteği ve yardımı esirgemeyen, kendisiyle çalışmaktan onur duyduğum kıymetli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa Ethem KİZİRGİL' e minnet ve şükranlarımı sunmayı bir borç bilirim.

Çalışmam sırasında önemli tenkit ve yardımlarını esirgemeyen, değerli görüş ve bilgilerini benimle paylaşan değerli Hocalarım Doç. Dr. Baha Vural KÖK, Doç. Dr. Mehmet YILMAZ ve Öğr. Gör. Mustafa ÜLKER' e teşekkür ederim. Ayrıca öğrenim hayatı boyunca bana emeği geçen tüm hocalarımı saygıyla anar, kendilerine minnettar olduğumu belirtmek isterim.

Tez çalışmamın her aşamasında yanımda olup desteğini bir an olsun esirgemeyen kardeşim Musa YETKİN' e teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım boyunca bana her türlü desteği veren babam Tahir BAKIR başta olmak üzere tüm aileme müteşekkir olduğumu belirtmek isterim. Bu çalışmanın, yeni çalışmalara ışık tutmasını ve cennet vatanı ülkemize faydalı olmasını dilerim.

**Dursun BAKIR**  
**ELAZIĞ - 2017**

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>I</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>II</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>IV</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>V</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>VI</b>
<b>TABLolar LİSTESİ</b> .....	<b>VIII</b>
<b>SEMBOLLER LİSTESİ</b> .....	<b>IX</b>
<b>KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....	<b>XI</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Konunun Önemi .....	1
1.2. Daha Önce Yapılmış Çalışmalar .....	2
1.3. Mevcut Çalışmanın Kapsamı.....	4
<b>2. BOYUNA TAŞIMA, DEPO VE ÖDÜNÇ MALİYETLERİ</b> .....	<b>5</b>
2.1. Taşıma Maliyeti .....	5
2.2. Depo Ödünç İşlemleri ve Maliyetleri .....	6
<b>3. BİR TEPE DEN OLUŞAN KÜTLELER DİYAGRAMINDA TOPRAK DAĞITIM</b> 7	
3.1. Brükner Yöntemi ile Toprak Dağıtımını .....	9
<b>4. PRODÜKTİF MALİYETLER</b> .....	<b>10</b>
4.1. İşçilik .....	11
4.2. Malzeme .....	11
4.3. Makine ve Ekipman.....	12
4.3.1. Kazı İşlemleri .....	13
4.3.2. Kazı İşlemlerini yapan iş makineleri .....	14
4.3.2.1. Ekskavatör .....	14
4.3.2.2. Dozer .....	15
4.3.2.3. Greyder .....	18
4.3.2.4. Silindir .....	19
4.3.2.5. Kamyon .....	20
<b>5. SAYISAL UYGULAMA</b> .....	<b>21</b>
5.1. Çalışmanın Özellikleri.....	21

5.1.1. Projenin Özellikleri .....	21
5.2. Kazı-Dolgu Hesabı .....	24
5.3. En Kesitler .....	29
5.4. Brükner Eğrisi .....	39
5.5. Taşıma Maliyetleri.....	41
5.6. Kazı Maliyetleri.....	42
5.7. Produktif Maliyetleri .....	42
5.7.1. Dozerin Saatlik Masrafı.....	42
5.7.2. Greyderin Saatlik Masrafı .....	44
5.7.3. Ekskavatörün Saatlik Masrafı.....	46
5.7.4. Silindirin Saatlik Masrafı .....	48
5.7.5. Kamyonun Saatlik Masrafı.....	51
<b>6. SONUÇLAR.....</b>	<b>56</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>57</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>59</b>

## ÖZET

Karayolu projelerinin altyapısını oluşturan toprak işleri, üzerine gelecek üstyapıya taşıyıcılık görevi gören bir bölümdür. Mavi kotu temsil eden bu bölüm, arazinin doğal kotu olan siyah kot ile asfalt kotu olan kırmızı kot arasında bulunmaktadır. Bu bölümde arazi yapısına göre yolun en uygun güzergâhı belirlendikten sonra yapının dolgu veya yarma kesitleri belirlenir. Dolgu ve yarma kesitleri belirlendikten sonra dolgu ve yarma miktarları kullanılarak dengeleme yapılır. Yolun yarma kesitinin dolgu kesitini karşılamadığı ya da yarma kesitte bulunan malzemenin dolgu kesit için fazla geldiği durumlar olmaktadır. Dolgu fazlalığı meydana geliyorsa bir ariyet ocağına ihtiyaç duyulur. Çalışma alanına en uygun mesafede ve malzeme olarak da uyuşan bir ariyet ocağı belirlenir. Eğer yarma fazlalığı oluşuyorsa bir depoya ihtiyaç duyulur ve çalışma alanına yakın bir depo alanı belirlenmektedir. Bununla birlikte bir kazı, bu kazıların depoya taşınması ve ihtiyaç duyulan miktarın ariyete taşınmasını gerektirmektedir. Böylece bir kazı ve taşıma maliyetleri oluşacağından bu maliyetler proje maliyetinde önemli bir yere sahip olacaktır. Bu maliyetler; kullanılacak malzeme, donanım, teçhizatlar ve bakımları ile işçilik maliyetlerini oluşturan prodüktif maliyetleri meydana getirmektedir. Prodüktif maliyetler, verimlilik açısından proje maliyeti için büyük önem arz etmektedir. Bu ihtiyaçlar beraberinde maliyet faktörü oluşturmakta ve bu maliyet faktörü ise projenin maliyetine önemli bir etki etmektedir.

Bu çalışmada; daha önce uygulanmış eski bir bağlantı yolunun planı üzerinden dolgu ve yarma kesitleri belirlenerek, en uygun ocak yeri belirlenmiştir. Daha sonra boyuna taşıma, depo ve ödünç maliyetleri, prodüktif maliyetleri incelenmiştir. Bu maliyetler 2017 Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyatlarına göre hesaplanıp çalışmaya esas bir ekonomiklik sınırı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak işleri, Kazı maliyetleri, Taşıma maliyetleri, Proje maliyetleri, Prodüktif maliyetler

## SUMMARY

### **Investigation of Excavation, Loading and Transport Costs in Soils Workshop**

The land works that constitute the infrastructure of highway projects are a department that acts as a superstructure carrier. This department which represents blue elevation is located between ground elevation, which are natural elevation of the material, and grade elevation, which are asphalt elevation. In this section, the most suitable route is determined according to the land structure, then the fill or cut sections of the structure are determined. After filling and cutting cross sections are determined, balancing is needed on fill and cut quantities. There are cases where the cutting section of the path does not meet the filling section or the material in the cutting section is too much for the filling section. If fill excess takes place, a borrow pit is needed. A borrow pit that provides required material is determined in the most appropriate distance to the work area. If cut excess occurs, a storage space is needed, so a storage area close to the work area should be determined. However, an excavation requires these excavations to be transported to the storage and the amount needed to be transported to the borrow pit. Thus, as an excavation and transportation costs will be generated, these costs will have an important place in the project cost. These costs constitute the materials to be used, equipment, maintenance and the production costs that create labor costs. Productive costs are of great importance for project cost in terms of efficiency. These requirements form together a cost factor, which has a significant impact on the cost of the project.

In this study; the most suitable location of the borrow pit was determined by determining the filling and cutting sections on the plan of an old connection road which was built previously. Then, longitudinal transport, storage and borrowing costs, and productive costs were examined. These costs are calculated according to the unit prices of Environment and Urban Ministry of 2017 and a basic economic limit is set for working.

**Key Words:** Soil work, Excavation cost, Transportation cost, Project cost, Productive cost

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2. 1 Taşıma uzaklık - maliyet grafiği .....	5
Şekil 3. 1. Kütleler diyagramı .....	8
Şekil 3. 2. Depo ve ödünç maliyetleri toplamı .....	8
Şekil 3. 3. Dengeleme diyagramı .....	9
Şekil 4. 1. Prodüktif döngü.....	10
Şekil 4.2. Yarma kesiti .....	13
Şekil 4. 3. Dolgu kesiti .....	13
Şekil 4. 4. Ekskavatör genel görünüm.....	14
Şekil 4. 5. Ekskavatör.....	15
Şekil 4. 6. Dozer genel görünüm.....	16
Şekil 4. 7. Angel dozer .....	17
Şekil 4. 8 Tilt dozer .....	17
Şekil 4.9 Greyder.....	18
Şekil 4. 10. Vibrasyonlu silindirler .....	19
Şekil 4. 11. Çelik bandajlı silindirler.....	19
Şekil 4. 12. Lastik tekerlekli silindirler .....	20
Şekil 5. 1. Planda güzergah .....	22
Şekil 5. 2. Yolun tipik en kesiti .....	23
Şekil 5. 3. Kurp geometrik özellikleri .....	23
Şekil 5. 4. Depoya nakliye planı.....	24
Şekil 5. 5. En kesitler-1 .....	30
Şekil 5. 6. En kesitler-2 .....	30
Şekil 5. 7. En kesitler-3 .....	30
Şekil 5. 8. En kesitler-4 .....	31
Şekil 5. 9. En kesitler-5 .....	31
Şekil 5.10. En kesitler-6 .....	32
Şekil 5.11. En kesitler-7 .....	32
Şekil 5.12. En kesitler-8 .....	32
Şekil 5.13. En kesitler-9 .....	33
Şekil 5.14. En kesitler-10 .....	33

<b>Şekil 5.15.</b> En kesitler-11 .....	34
<b>Şekil 5.16.</b> En kesitler-12 .....	34
<b>Şekil 5.17.</b> En kesitler-13 .....	34
<b>Şekil 5.18.</b> En kesitler-14 .....	35
<b>Şekil 5.19.</b> En kesitler-15 .....	35
<b>Şekil 5.20.</b> En kesitler-16 .....	35
<b>Şekil 5.21.</b> En kesitler-17 .....	36
<b>Şekil 5.22.</b> En kesitler-18 .....	36
<b>Şekil 5.23.</b> En kesitler-19 .....	37
<b>Şekil 5.24.</b> En kesitler-20 .....	37
<b>Şekil 5.25.</b> En kesitler-21 .....	37
<b>Şekil 5.26.</b> En kesitler-22 .....	38
<b>Şekil 5.27.</b> En kesitler-23 .....	38
<b>Şekil 5.28.</b> En kesitler-24 .....	38
<b>Şekil 5.29.</b> En kesitler-25 .....	39
<b>Şekil 5.30.</b> En kesitler-26 .....	39
<b>Şekil 5.31.</b> Brükner eğrisi.....	40
<b>Şekil 5.32.</b> Kütleler diyagramı .....	40
<b>Şekil 5.33.</b> Taşıma mesafesi .....	53

## TABLULAR LİSTESİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
<b>Tablo 5.1.</b> Kùbaj tablosu-1	25
<b>Tablo 5. 2.</b> Kùbaj tablosu-2	26
<b>Tablo 5. 3.</b> Kùbaj tablosu-3	27
<b>Tablo 5. 4.</b> Kùbaj tablosu-4	28
<b>Tablo 5. 5.</b> Kazının depoya taşınması hesabı	29
<b>Tablo 5. 6.</b> Taşıma momenti	41
<b>Tablo 5. 7.</b> Dozerin amortisman masrafı	43
<b>Tablo 5. 8.</b> Yakıt tüketimi	43
<b>Tablo 5. 9.</b> İşletme masrafı	43
<b>Tablo 5. 10.</b> Toplam dozer masrafı	44
<b>Tablo 5. 11.</b> Greyder amortisman masrafı	45
<b>Tablo 5. 12.</b> Greyder yakıt tüketimi	45
<b>Tablo 5. 13.</b> Greyder işletme masrafı	45
<b>Tablo 5. 14.</b> Toplam greyder masrafı	46
<b>Tablo 5. 15.</b> Ekskavatör amortisman masrafı	47
<b>Tablo 5. 16.</b> Ekskavatör yakıt tüketimi	47
<b>Tablo 5. 17.</b> Ekskavatör işletme masrafı	47
<b>Tablo 5. 18.</b> Toplam ekskavatör masrafı	48
<b>Tablo 5. 19.</b> Silindir amortisman masrafı	49
<b>Tablo 5. 20.</b> Silindir sıkışma masrafı	49
<b>Tablo 5. 21.</b> Silindir yakıt masrafı	49
<b>Tablo 5. 22.</b> Silindir işletme masrafı	50
<b>Tablo 5. 23.</b> Silindir özellikleri	50
<b>Tablo 5. 24.</b> Toplam silindir masrafı	51
<b>Tablo 5. 25.</b> Kamyon amortisman masrafı	52
<b>Tablo 5. 26.</b> Kamyon yakıt masrafı	52
<b>Tablo 5. 27.</b> Toplam kamyon masrafı	55
<b>Tablo 5. 28.</b> Toplam maliyetler	55

## SEMBOLLER LİSTESİ

$M_{di}$	: Depo yapılacak yer için kira bedeli
$M_d(l)$	: Depo taşıma maliyeti
$M_{ok}$	: Kazı maliyeti
$M_{oi}$	: Ödünç yeri için kira bedeli
$M_o(l)$	: Ödünç taşıma maliyeti
$M_{öi}$	: Ödünç yeri için kira bedeli
$\Delta$	: Sapma açısı
$R$	: Kurp yarıçapı
$L$	: Düşey kurp boyu
$E$	: Randıman faktörü
$V_g$	: Verimlilik faktörü
$g$	: Yerçekimi ivmesi
$\theta_g$	: Geçici kabarma katsayısı
$\beta$	: Şantiye katsayısı
$S$	: Sefer sayısı
$n$	: Ekskavatörün saatlik deplasmanı
$N$	: Ekskavatörün ömrü
$N_1$	: Ekskavatörün ömrü
$V_{pg}$	: Ekskavatörün günlük verimi
$G_m$	: Makine gücü
$k$	: Zemin sökme katsayısı
$Q$	: Verim
$t$	: 1 Periyotta kazı ve yükleme süresi (dk.)
$J$	: Kamyon kasa hacmi
$d$	: Ekskavatör kova hacmi
$Q_y$	: Dolu kamyonun ağırlığı
$Q_d$	: Boş kamyonun ağırlığı
$\mu$	: Motor verimi
$\omega$	: Yuvarlanma direnci

- $s$  : Yol eğimi  
 $\delta$  : Kamyonun bir seferi için geçen süre  
 $M_g$  : Kamyonun günlük verimi  
 $H_m$  : Kamyonun gücü  
 $N_k$  : Gerekli kamyon sayısı



## KISALTMALAR LİSTESİ

KGM : Karayolları Genel Müdürlüğü

HP : Makinenin beygir gücü



# 1. GİRİŞ

## 1.1. Konunun Önemi

Toprak işleri, bir mühendislik projesinin gerçekleşmesi amacıyla doğal arazi yüzeyinde yapılan işlemlerin tümünü içerir. Toprak işlerinde kazı, yükleme, taşıma ve boşaltma işlemleri yapılır. Ulaşım yollarının gövdelerini oluşturması maksadıyla yapılacak toprak işleri çalışmalarının detaylı bir şekilde incelenmesi gerekir. Bu gereklilik şantiye programının ilerleyişi ve en ekonomik çözüm yolunun bulunması bakımından gereklidir. Toprak gövdenin oluşabilmesi için yarma kesitlerini oluşturan kesimlerin kazılması ve dolgu kesitlerinin doldurulması çalışmalarından meydana gelir [1]. Bu çalışmalar neticesinde bir taşıma oluşmakta ve buna bağlı olarak da bir taşıma maliyeti ortaya çıkmaktadır.

Toprak işlerinde taşıma maliyeti, taşıma uzaklığına bağlıdır. Toprak işlerinde tek tür bir taşıma aracının kullanılması ile taşıma maliyetinin mesafeyle orantılı olması taşıma momenti olarak adlandırılan taşıma birimi taşıma maliyeti için uygun bir ölçü oluşturabilir [2]. Ancak tek tür bir taşıma aracı kullanılması hali ve taşıma maliyetinin taşıma mesafesi ile orantılı olması halinin uygulamada bir geçerliliği yoktur ya da özel durumlar için söz konusudur. Çünkü taşıma için birçok araç kullanılabildiği gibi taşıma maliyeti ile taşıma mesafesi arasındaki ilişki, kullanılan aracın türüne ve özelliklerine göre farklılık gösterir. Bu nedenle taşıma aracının, taşıma uzaklığı göz önünde bulundurularak seçilmesi gerekmektedir.

Taşıma araçlarının verimliliği, araçları kullanan ya da kullanacak olan operatörlerin yeterli teknik bilgi ve tecrübeye sahip olmalarına bağlıdır. Çünkü taşıma araçlarının oluşturduğu verimsizlik taşıma maliyetlerini büyük oranda etkilemektedir.

Şantiye yönetiminde önemli hususlardan biri de proje bütçesinde etkin maliyetin ekonomik kullanımınıdır. Etkin maliyet yönetimi, proje bütçesinin ekonomik sınırlar içinde oluşturulması ve projenin en uygun şekilde planlanmasıdır [3]. Ekipmanları, araçları, malzemeyi, işgücünü ve parayı mevcut proje süresi içerisinde en verimli şekilde kullanmak için etkili bir şekilde karşılık veren bir zaman yönetim sistemine ihtiyaç vardır. Doğru program ve plan ile sağlıklı bir koordinasyon projenin kalitesini arttıracak gibi, zamanında teslimi ve mevcut bütçe içinde tamamlanması için gereklidir.

Çalışmaları yürütecek yüklenici inşaat firmalarının hedefi kâr etme oranının yüksekliğidir. Bu sebeple, kâr oranını arttırabilmek için, toplam inşaat maliyetini mümkün olduğunca düşürmeyi hedeflemektedirler. Bu inşaat maliyeti ise; ekipman, işçilik ve malzeme maliyetinden oluşmaktadır. Burada malzeme maliyeti, inşaat maliyetinin tamamı için bakıldığında önemli bir kısmını oluşturmaktadır [4]. Yüklenici inşaat firmalarının kâr oranlarını ve çalışma performanslarını arttırabilmeleri için malzeme yönetim sisteminin etkili bir şekilde uygulanması büyük bir önem taşımaktadır. İnşaatın ilerleyişi için gerekli olan malzemenin şantiyedeki çalışma esnasında bulunmaması halinde inşaat projelerinin gecikmesine ve bu yüzden ekonomik kayıplara neden olmaktadır [5-8]. Malzeme yönetiminde başarıyı arttırabilmek için, inşaat malzemelerinin, şantiyeye parçalı bir şekilde devamlı getirilmesi gerekir. Böylece malzemelerin sıklıkla temin edilmesi kolaylaştığı gibi malzemenin fazla kalması da önlenmiş olur [9-10]. Malzeme şantiyede işin ilerleyişi ile adım adım temin edilip ihtiyaca binaen kullanıldığında şantiyedeki stok seviyesi de daha ekonomik kullanılmaktadır [11].

## **1.2. Daha Önce Yapılmış Çalışmalar**

Şantiye yönetiminde maliyet hesapları çok büyük bir öneme sahiptir. Maliyet hesapları işletmenin en ekonomik bir şekilde yönetilmesi için, şantiye yönetimine gerekli olan bilgileri sunan, şantiye başarısının elde edilmesine yönelik önemli yönetim araçlarıdır. Birçok çalışma, karayolu inşaat projelerinin diğer inşaat projelerine göre daha yüksek risk ve maliyet taşıdığını doğrulamaktadır. Çünkü karayolu projeleri daha geniş coğrafi alanlara yayılmıştır. Değişken zemin koşulları, otoyol inşaat projelerinin kumlu ve kayalık alanlar da dâhil olmak üzere birçok arazi tipine yayılması anlamına gelir [12]. Bu projelerde, beklenmeyen bir sorun bütçeyi ve zamanı aşabilmekte, donanım ve işçilik fazla olduğu için ise ekonomik maliyetleri yüksek olabilmektedir.

Ocakçı [13], yapmış olduğu çalışmada, şantiyelerin başarı ve kâr analizlerinde kullanılmak üzere her bir inşaat projesi için ayrı olarak bütçe düzenlemiştir. Bu düzenleme ile piyasa koşulları ile uyumlu esnek bütçeleme sisteminin şantiye kontrol aracı olarak biçimlendirilmesini amaçlamıştır.

Wilmot vd. [14], yapmış oldukları çalışmada, otoyol inşaat maliyetlerinin zaman içindeki değişimini incelemişlerdir. Yapay bir sinir ağı modeli ile malzeme, işçilik ve

teçhizatın maliyetine, sözleşmenin özelliklerine ve sözleşmeye orantılı olarak bir karayolu inşaat maliyeti belirlemişlerdir.

Bir karayolu inşaat projesinin evreleri, zaman ve maliyet analizleri üzerine çalışan Coşkun vd. [15], etkin bir proje yönetimi için ele aldıkları bir inşaat projesinin zaman analizini yaparak buradan bir maliyet analizi yapmışlardır.

Uğur [16], yapmış olduğu çalışmada bir yüklenici inşaat firmasının çalışmalarında teklif sırasında değerlendirmeye aldıkları hususlar vardır. Bu hususların önemleri, proje süresinin ekonomik bir şekilde belirlemek için kullandıkları teknikler, maliyet hesabı yapmak için uyguladıkları yöntemler ile beklenmeyen faktörleri değerlendirme şekilleri, kullandıkları değişkenlerin kullanım sıklıklarının belirlenmesi için çalışmıştır. Bu çalışmada daha sonra gerçekleşen projedeki ana kalemlerin maliyetleri ile başlangıçta öngördükleri maliyetlerle kıyaslama yapılmış olup, sapma oranları belirlenmiştir.

Acar vd. [17], yapmış oldukları çalışmada, Artvin bölgesinde bir yol projesi tasarlanmış olup daha etkili bir çalışma için belirlerken yolun inşası için ihale, kazı miktarı ve araziye dağılımı en uygun şekilde belirlemeyi amaçlamıştır.

Hassanein vd. [18], yapmış olduğu çalışmada, öncelikle planlama hususlarına odaklanarak, karayolu inşaat projelerinin planlama ve zamanlama aşamalarının bütünleştirilmesi için tasarlanmış bir model sunulmaktadır.

Göktepe vd. [19], yapmış olduğu çalışmada, eksen kotlarından geçen siyah çizginin yerine, hayali bir siyah çizgi oluşturarak toprak işlerini optimize etmeyi ve bu optimize ile toprak işleri maliyetlerini düşürmeyi amaçlamıştır.

Turabi vd. [20], yapmış oldukları çalışmada, karayolu projesinin kaliteli ve ekonomik bir yapım ile tamamlanması için proje kaynaklarını verimli bir şekilde kullanılmasının zorunluluğunu belirtmişlerdir. Böylece kaliteli bir proje ile sonuçlanabilmesi için kalite yönetim sisteminin uygulanabilirliğini ele almış olup, bu yöntemin proje için önemli katkılar sağladığını belirtmişlerdir.

Kabasakal vd. [21], yapmış oldukları çalışmada, karayolu ve demiryolu projelerinin yapımı, bakım-onarımı ve işletme maliyetlerini ayrı ayrı incelemişlerdir. Maliyet temelli yaptıkları karşılaştırma ile pozitif ve negatif yönlerini belirtmişlerdir.

Özkan [22], yapmış olduğu çalışmada tasarımcı tarafından hâlihazırda oluşturulan bir düşey güzergâhı optimize etmeye odaklanmıştır. Autocad Civil 3D yazılımına program modülü entegre edildikten sonra gerçek bir karayolu projesinin bir kesimi uygulanmıştır.

Projenin temel tasarım özelliklerini deęiřtirmeden dūsey eksenini bir miktar ayarlayarak toprak iřleri maliyetinde azalma olduęunu gōstermiřtir.

Acar vd. [23], yapmış oldukları çalışmada, Gōller Bōlgesinde 2003 ile 2008 yılları arasında yapılan 43 adet orman yolu inşaata için, ihale, kesin hesap, hakediş dosyalarını incelemişlerdir. Bu çalışmadaki orman yollarının ihale sūreci ile hakediş sūrecindeki iř miktarları ve maliyetleri karşılaştırılmıştır.

Alver [24], yapmış olduğu çalışmada çoęu inşaat firması tarafından ngōrōlmeyen, çok yōksek tutarlarda harcamalara mal olan, zaman zaman kontrolden çıkan şantiye yōnetimi maliyetleri ūzerine bir inceleme yapmıştır.

Kırmanlı [25], yapmış olduğu bu çalışmada zemin özelliklerinin makine seçimi için önemini vurgulamıştır. Burada makinenin dolma periyodu ve faktōrū ile zemin taşıma direnci ekskavatōr seçimi yaparken dikkate alınmıştır. Taşıma için ise kamyon sayısı ve kapasitesi belirlemek için optimum kepçe sayısı ile doldurulduğunda toplam hacim ve boř kasa hacmine bağlı olduğu belirlenmiştir. Satın alma maliyetleri de kullanılarak yapılacak iři yapacak ekskavatōr ve kamyon maliyetleri içerisinde en dūřuk maliyetleri elde edilerek optimum kamyon ve ekskavatōr sayısı belirlenmiştir.

### **1.3. Mevcut alışmanın Kapsamı**

Karayolu projelerinin altyapısını oluřturan toprak iřleri, yapılacak karayolunun siyah kot ve mavi kot arasını oluřturan, ūzerine gelecek ūstyapıya tařıyıcılık yapan önemli bir bōlūmdūr. Toprak iřlerinde tařıma maliyetleri ve dięer prodūktif maliyetler proje maliyetinde önemli bir yere sahiptir.

Tez kapsamında, karayolu projesinin toprak işlerinde maliyet analizi yapılmıştır. En uygun ekonomik koşulların meydana gelmesi için ekonomik sınırlılığın belirlenmesi amaçlanmıştır.

Tez altı bōlūmden oluřmaktadır. Birinci bōlūmdede, konunun önemi, literatūr çalıřmaları ve mevcut çalıřmanın kapsamı yer almıřtır. İkinci bōlūmdede; boyuna tařıma, depo ve dūn maliyetlerinin ekonomik deęerlendirmeleri. Ūūncū bōlūmdede; Tařıma araçlarının verimlilięinin incelenmesi. Dōrdūncū bōlūmdede; Prodūktif maliyetlerin incelenmesi. Beřinci bōlūmdede; sayısal uygulama anlatılmıřtır. Sayısal uygulamada, daha önceden tamamlanmıř bir otoyol projesinin toprak iřleri incelenmiřtir. Altıncı bōlūmdede ise; tezdende elde edilen sonuçlar özetlenmiřtir.

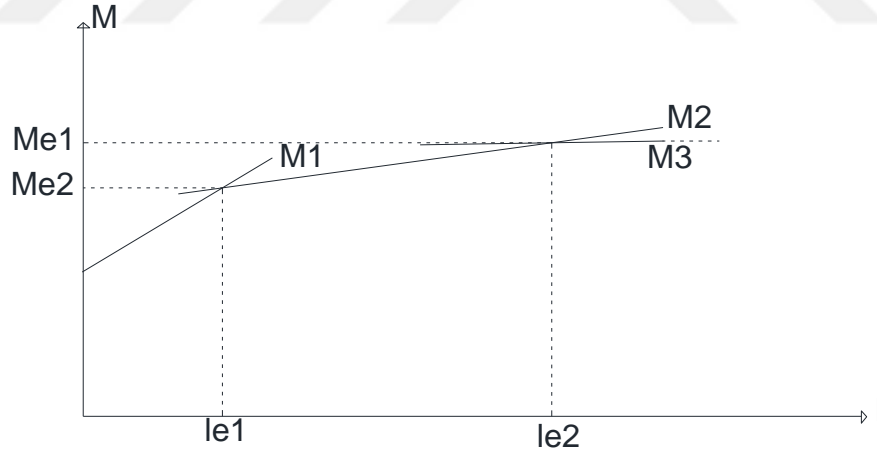
## 2. BOYUNA TAŞIMA, DEPO VE ÖDÜNÇ MALİYETLERİ

### 2.1. Taşıma Maliyeti

Bir toprak işleri şantiyesinde, birbirinden farklı özellikler gösteren ve farklı görevler üstlenen birçok taşıma aracı bulunduğu sırada sırasıyla  $T_1, T_2, T_3$  araçları olarak belirlersek taşıma uzaklığını da " $l$ " ile gösterirsek,  $m^3$  taşıma maliyetini ifade eden maliyet denklemleri birbirinden farklı olurlar. Kullanılan araçlar için belirtilen sıraya uygun olarak;

$$M_1=F_1(l), M_2=F_2(l), M_3=F_3(l), \quad (2.1)$$

biçiminde ifade edilebilirler. Apsis ekseninin uzaklık eksenini ( $l$ ) ve ordinat ekseninin maliyet eksenini ( $M$ ) olarak belirlenen bir eksen takımında yukarıdaki maliyet bağıntılarının eğrileri çizilirse "taşıma uzaklık-maliyet grafiği" elde edilebilir (Şekil 2. 1).



Şekil 2. 1 Taşıma uzaklık - maliyet grafiği

Şekil 2. 1' deki mevcut taşıma araçları için belirlenmiş maliyet eğrisi incelendiğinde taşıma uzaklığına bağlı olarak ekonomik olan ve dolayısıyla kullanılması gereken araçların kolaylıkla belirlenebileceği anlaşılmaktadır.

$$F_1(l)=F_2(l), F_2(l)=F_3(l), \dots, F_{n-1}(l)=F_n(l) \quad (2.2)$$

Denklem 2. 2 eşitliği ile taşıma araçlarının ekonomik taşıma yapacakları mesafelerin sınırları belirlenebilir. Örneğin  $le_1$  uzaklığı belirlenmişse  $le_1$ 'den küçük uzaklıklarda  $T_1$ 'in ekonomik çalışacağı anlaşılır, dolayısıyla  $T_1$  aracının maliyet eğrisinde geçerliliği olan kesim 0 ile arasındaki kesimdir. İkinci eşitliğin vereceği  $le_2$  uzaklığı  $le_1$ 'den büyük uzaklıklarda ekonomik olan  $T_2$  aracı için üst uzaklık sınırını belirler. Böylece  $T_2$  aracının maliyet eğrisi  $le_1$  ve  $le_2$  arasındaki kesimiyle, ekonomik taşıma alanına ve kullanılma durumuna karşı gelmektedir. Bu belirlemeler ile tüm taşıma araçları için sürdürülerek  $le_1$ ,  $le_2$ ,  $le_3, \dots, le_{n-1}$  gibi uzaklık sınırları ve taşıma araçlarının ekonomik kullanım alanları tanımlanabilir [2]. Bunların dışında taşıma maliyeti zeminin yapısı ve özellikleri ile bu eğrinin çizilmesi için ölçekler değişebilir. Zemin türünün  $1m^3$  taşıma maliyeti uzaklık maliyet eğrisinde belirlenebildiği gibi taşıma mesafesi de belirlenebilir.

## 2.2. Depo Ödünç İşlemleri ve Maliyetleri

1- Depo maliyeti kazı işi iki bölümden oluşur:

a- Depo yapılacak yer için ödenecek kamulaştırma ya da kira maliyeti ( $M_{di}$  TL/ $m^3$  m),

b- Taşıma Maliyeti ( $M_{dl}$  TL/ $m^3$ )

Böylece  $1 m^3$  zeminin depo maliyeti:

$$M_d = M_{di} + M_{dl} \quad (2.3)$$

olur.

2- Ödünç maliyeti üç bölümden oluşur:

a- Ödünç yeri için ödenecek kamulaştırma ya da kira maliyeti ( $M_{oi}$  TL/ $m^3$  )

b- Kazı maliyeti ( $M_{ok}$  TL/ $m^3$ )

c- Taşıma Maliyeti ( $M_{ol}$  TL/ $m^3$  m)

Böylece  $1m^3$  zeminin ödünç maliyeti:

$$M_o = (M_{oi} + M_{ok} + M_o(l)) \quad (2.4)$$

bağıntısı ile verilebilir.

### 3. BİR TEPEDEDEN OLUŞAN KÜTLELER DİYAGRAMINDA TOPRAK DAĞITIMI

Toprak gövdenin oluşmasına ilişkin sorunlar yarma kesimlerinin kazılması ve dolgu kesimlerinin doldurulması çalışmalarında ortaya çıkar. Dolgu kesimlerinin doldurulması için gereken malzeme iki yoldan temin edilebilir. :

1. Yarma kesimlerinden çıkan toprağın dolguya elverişli olmaması durumunda, uygun nitelikteki toprak yol gövdesi dışında seçilmiş yerlerden sağlanır. Bu işlem ödünç olarak adlandırılır.

2. Yarma kesimlerinden kazılan zemin, dolguları oluşturmak için gerekli özelliklere sahip ise, yarmalardan çıkan toprak dolguları oluşturmak için kullanılır[1].

Yarma kazısından çıkan toprak dolguya elverişli değilse ya da dolguda kullanılması ekonomik değilse, kullanılmayacak toprak uygun bir yere yığılmalıdır. Bu işlem depo olarak adlandırılır. Bütün bu durumlar değerlendirildiğinde:

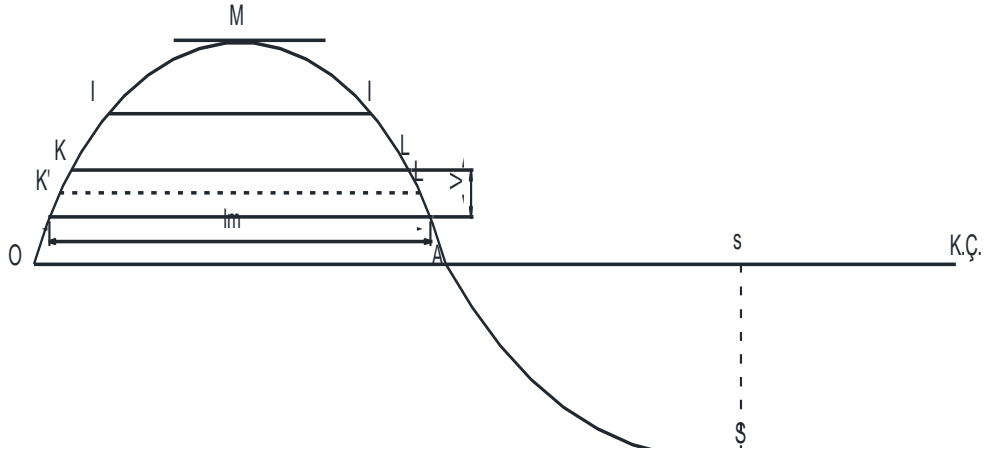
1. Güzergâh boyunca her yarma kesiminden kazılacak toprağın dolguya mı götürüleceği yoksa depoya mı konulacağı,

2. Zemin dolguya taşınacaksa hangi kesimlerdeki yarma toprağıyla hangi kesimlerdeki dolguların oluşturulacağı, hangi kesimlerdeki yarma toprağının nerelere depo edileceği,

3. Güzergâh boyunca her dolgu kesiminin oluşturulması için gerekli toprağın yarmadan mı yoksa ödünçten mi sağlanacağı,

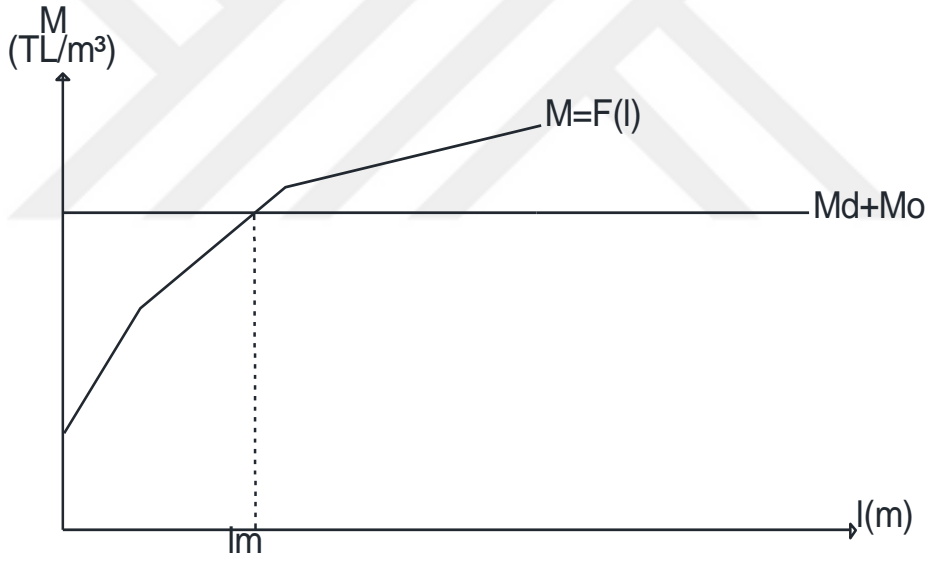
4. Yarma ve dolguların oluşturulması için gerekli kazı, yükleme ve taşıma işlemlerinin güzergâhın neresinden ve hangi araçlarla gerçekleştirileceğini belirlemek gerekir.

Bu sorunların çözümünde kütleler diyagramından yararlanır. Bir ulaşım yolunun toprak gövdesinin oluşturulması geçit yerlerinden başlar ve iki yana doğru ilerler. Kütleler diyagramında karşılaştırma çizgisine paralel ve kapalı alan oluşturan çizgiler dengeleme yaptığına göre, tepe biçimindeki diyagram kesiminde maksimum, vadi biçiminde diyagram kesiminde minimum noktalarından başlanarak dengelemeyi geliştirmek gerekmektedir. Başka bir anlatımla toprak dengelemesi boy kesitte geçit noktalarından, kütleler diyagramında bu noktaya karşı gelen maksimum ya da minimum noktalardan başlar. O halde kütleler diyagramında en uygun toprak dengelemesini sağlamak için, maksimum ya da minimum noktasından başlayarak geliştirilen dengelemede karşılaşılabilecek seçenekleri maliyet ölçütüne göre değerlendirmek ve ucuz seçenekleri seçmek gerekecektir (Şekil 3. 1).



Şekil 3. 1. Kütteleler diyagramı

Şantiyede kullanılacak taşıma araçlarının taşıma uzaklık-maliyet diyagramı üzerine depo ve ödünç maliyetleri toplamı  $M_d+M_o$  grafiği çizilmelidir (Şekil 3. 2).



Şekil 3. 2. Depo ve ödünç maliyetleri toplamı

$(M_d + M_o)$  toplamı sabit olduğundan grafiği yatay eksene paralel bir doğru olacaktır. Böylece aynı eksen takımı üzerinde boyuna taşımaları, depo ve ödünçlü çözümlerin maliyet eğrilerinin kesim noktası iki çözüm arasındaki ekonomiklik sınırını belirler.  $l_m$ ' den küçük uzaklıklarda boyuna taşımanın  $l_m$ ' den büyük uzaklıklarda depo ve ödünçle dengelemenin ucuz olduğu görülmektedir [2].

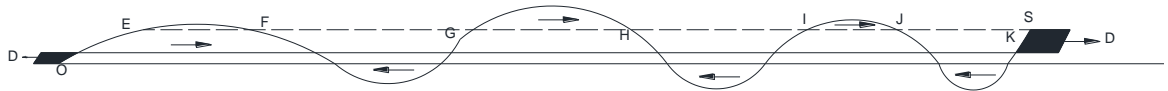
### 3.1. Brükner Yöntemi ile Toprak Dağıtımı

Brükner yöntemi ile toprak dağıtımını yaparken boyuna taşıma ile taşıma maliyetinin taşıma uzaklığı ile orantılı olarak hesaplanmaktadır. Burada dağıtım çizgisinin kapattığı alanlar maliyeti belirtmektedir. Amaç olarak kapalı alanlar toplamını minimum değere düşürmektir. Bu amaca en uygun yaklaşım dağıtım çizgisinin tepe ve vadi kısımlarında ayırdığı parçaların eşit olmasıdır.

Bu yöntemde yarma kazısı ile çıkan malzeme dolguda kullanılması gerekir. Çünkü yarma ve dolgu dengelenmelidir. Brükner yönteminde yarma kazısında çıkan zemin dolguda kullanılabilir olması gerekir. Bu yöntemde başka bir önemli husus, taşıma momentidir. Taşıma momenti eğride dağıtım çizgisinin sınırladığı kapalı alandaki V hacmindeki toprağın ortalama  $L_0$  mesafesine taşınması için oluşan alanın değeridir. Böylece taşıma momenti ne kadar az olursa brükner dağıtımı o kadar ekonomik olur ve maliyet düşmüş olur. Burada kazı fiyatları sabit olup taşıma maliyetleri ise doğal olarak uzaklıkla orantılı olarak değişebilmektedir.

Brükner yönteminde ilk olarak karşılaştırma çizgisinin altında veya üstünde kapalı alan oluşmayacağı için dengeleme olamayacak depo ve ödünç işlemleri gerekebilecektir. Bu yüzden oluşan kütleler diyagramında son noktaların karşılaştırma çizgisi üzerinde bulunan kütleler diyagramındaki dağıtım çizgisi ile çakışması gerekir (Şekil3.3). Yarma miktarı fazla olan kütleler diyagramında depo ve ödünce imkân verilmediğinden dağıtım çizgisinin karşılaştırma çizgisi ile S noktasından geçmiş olan yatay çizgi arasında bulunmalıdır.

Esas denge çizgisi ve yardımcı denge çizgisine bakıldığında yardımcı denge çizgisi üstte kalıyor ise arada kalan miktar depo olarak yardımcı denge çizgisi altta kalıyorsa arada kalan miktar ariyet olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 3. 3. Dengeleme diyagramı

Şekil 3. 3. deki diyagrama göre;

$EF=t_1$ ,  $FG=v_1$ ,  $GH=t_2$ ,  $HI=v_2$ ,  $IJ=t_3$ ,  $JK=v_3$  olsun.

$$M(t_1) + M(t_2) + M(t_3) + M_d = M(v_1) + M(v_2) + M(v_3) + M_d \quad (3.1)$$

eşitliği yardımıyla taşıma maliyeti  $M=k \times l$  ifade edildiğinden;

k.  $t_1 + k \times t_2 + k \times t_3 = k \times v_1 + k \times v_2 + k \times v_3$ , k sadeleşmesi yapılırsa

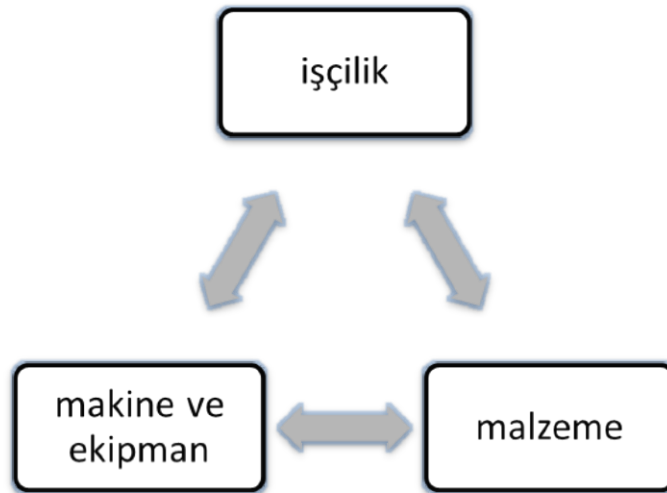
$$t_1 + t_2 + t_3 = v_1 + v_2 + v_3 \quad (3.2)$$

bağıntısı bulunur.

Bu diyagramda dağıtma çizgisinin ayırması ile oluşan uzunlukların toplamı, diyagramın vadilerinden ayırdığı uzunlukların toplamına eşit olması gerektiğini göstermektedir [2].

#### 4. PRODÜKTİF MALİYETLER

Projeyi tamamlamak için harcanan maliyetlerdir. Ürünsel maliyet, işçilik, malzeme, makine ve ekipmanlar gibi üretim için yapılan masraflardır. Bu masraflar birbirleriyle ilişkili ve birbirlerine bağımlıdır. Bunlardan birinin eksikliği veya birinde meydana gelecek kayıp doğrudan maliyeti de etkilemektedir.



Şekil 4. 1. Ürünsel döngü

#### 4.1. İşçilik

Söz konusu projenin tamamlanabilmesi ve projenin ortaya çıkmasını sağlamak için saat başına yapılan üretimdir. Başka bir deyişle; yapılacak projenin şartnamelere uygun özelliklerde, hedeflenen süre içerisinde, iş programına uygun vaziyette tamamlanabilmesidir.

İşçiliğin, işçilik saati ve saatlik ücret olmak üzere iki elemanı vardır. İşçinin ya da üretimin birim ölçüsüne ( $m^3$ ,  $m^2$ , m, ad, ton, kg v.b.) harcanan toplam işçilik saati ile çarpıldığında, birim üretime harcanan işçiliğin maliyeti bulunur. İhale hesaplarında birim üretime harcanan işçilik saati, önceki işlerden edinilen deneyimlere göre hesaplanır. İşçilik saat ücreti ise işçiye işverenin ödediği doğrudan masraftır [26].

#### 4.2. Malzeme

Projenin işçiliğine sebep olan ve işin bitimi için gerekli olan, yapıyı oluşturan unsurlardır. Projede kullanılan malzemeyi iki grupta inceleyebiliriz; Ana malzemeler (yapı malzemeleri gibi) ve yardımcı malzemeler (iskele, kalıp, v. b.). Malzeme maliyeti, satın alma maliyeti ve yükleme, boşaltma ve malzemedeki kayıpların oluşturduğu maliyettir. Ana malzemeler yapı elemanlarına, karayolu platformuna giren malzemelerdir. Örneğin; agrega, bitüm, çimento, gibi yapı elemanı için önem teşkil eden malzemelerdir. Yardımcı malzemeler ise yapı elemanları için kullanılan küçük malzemelerdir. Örneğin; Bağlayıcı malzemeler, Katkı malzemeleri, tel, kalıp gibi malzemelerdir. İki grup içinde de tek kullanımlık malzemeler ya da sürdürülebilir kullanımdaki malzemeler vardır. Bu ölçütte maliyetleri göz önüne alınıp, bakım-onarım hatta kira maliyetleri de dâhil olabilmektedir.

Malzeme miktarı; işçilik saati gibi inşaat metodunun seçimine bağlı olarak, önceki metraj hesaplarına göre azalması söz konusu olmayacağına göre inşaat bünyesine giren malzeme ile yardımcı malzeme zayıtının minimumda olmasının teminine çalışılır[27]. Malzeme zayıtının azaltılması için alınacak önlemlerin yanında işçilerin de eğitilmeleri oldukça önemlidir. Bu zayıtı en aza indirmek için gerekli önlemler birim fiyatlara, şantiyenin kapasitesine, malzeme fiyatına, işin hızına bağlı olmamalıdır.

### 4.3. Makine ve Ekipman

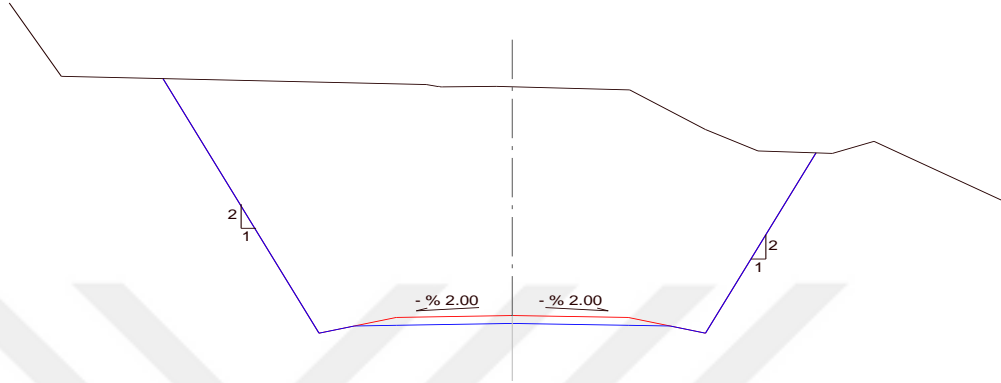
Toprak işlerinde kullanılan makine ve ekipman (iş makineleri grubu) işin kolaylaştırılmasında işçiliğe yardımcı olan mekanizmalardır. Son teknolojiye iş makineleri daha pratik ve kullanışlı olması nedeniyle işin tamamlanmasında büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Çoğu yapısal süreçler teknolojik sistemlerle çalışan makineler tarafından yürütülmektedir. Mevcut projeyi yürütmek için kullanılacak makinelerin seçiminde, teknik parametreleri, dış çevrenin (hava koşulları, iklim koşulları, çalışma sahasındaki zorluklar) etkisi işin verimliliğini ve güvenilirliğini arttırmaktadır.

Toprak işlerinde kullanılan makineler robotik mekanizmalar olup farklı kombinasyonları mevcuttur. Robotik mekanizma, tipik bir hidrolik sistem ile malzeme yükleme veya kazı gibi görevler için tasarlanmıştır. Bu özellikler yanında bu özellikteki makinelerin kullanımını yapan operatörlerde makine verimliliğine etki etmektedir. Operatörün makinesini kullanılabilirliği yanında makine kapasitesini güvenli ve en iyi şekilde kullanması gerekir. Makinesini en iyi kapasite kullanması için yağcısı ile birlikte makinenin bakımına özen göstermelidir. İşveren operatör alırken şantiye deneyimi ile sanatkâr bir operatör arar, çünkü elindeki projeyi mevcut makinelerle mevcut sürede tamamlamak için işi kolaylaştıran makineleri kullanan operatörlerin sanatkâr, makine bilgisi iyi olması makinede kötü veya yanlış kullanımdan kaynaklanan arızalar sebebiyle aksamasını engeller.

### 4.3.1. Kazı İşlemleri

Yol en kesitinde kırmızı çizgi üzerinde kalan ve kazılması gereken kısımdır (Şekil 4.2). Yarmadan çıkan malzeme miktarı dolguya veya depoya gönderilir.



Şekil 4.2. Yarma kesiti

Yol en kesitinde kırmızı çizgi altında kalan, yarmadan ya da ödünç deposundan temin edilerek doldurulan kısımdır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Dolgu kesiti

Toprak işlerinde yarma kesitinde bulunan malzeme miktarı kazılarak dolgu kesitine taşıma yapılarak veya başka bir dolgu kesitinde kullanılmak üzere depoya taşınır. Dolgudaki malzeme miktarı yarma kesitindeki malzemeyi karşılamıyorsa, malzemesi uygun bulunan arizet ocağından temin edilir. Ocakta malzeme ihtiyacı için yapılan kazı yarmada yapılan kazıdan farkı yoktur. Ancak yarma kesitinde yapılan kazı gibi şev oluşturma, şev oranını baz alma, kot ayarlama yoktur.

### 4.3.2. Kazı İşlemlerini yapan iş makineleri

Modern iş makineleri inşaat sahasındaki çeşitli türdeki işlerin yapımında görev yapmak üzere kullanılmıştır. Makine seçiminde özellikle hangi işlerde kullanılacağını bilmek gerekir. İş makinelerini tanıyıp teknik özelliklerini bilmek, onların iş güçlerinden en verimli bir şekilde yararlanmak, her teknik eleman için gerekliliktir. İş makineleri kullanılarak gerçek bir üretim ve maliyet analizi yapılmalıdır[28].

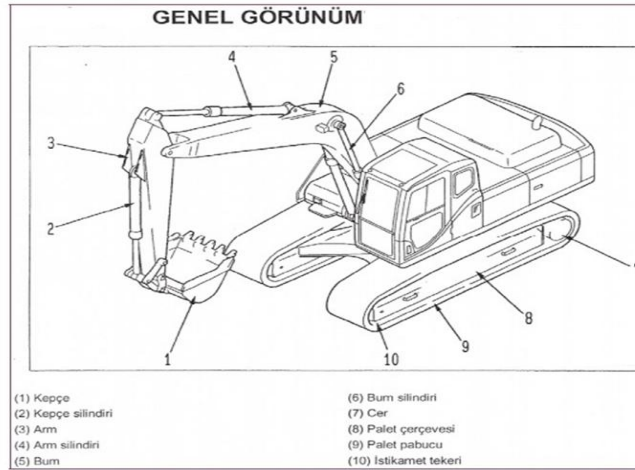
Çalışma kapsamında incelenen iş makineleri;

- Ekskavatör,
- Dozer,
- Greyder,
- Silindir

olarak incelenecektir.

#### 4.3.2.1.Ekskavatör

Toprak işlerinde zemine paletleriyle mesnetlenen ana bölümünden hareket yönetimi sağlanarak özel olarak kazı ve yükleme amacına hizmet eden araçlara ekskavatör denir. (Şekil4.4.)



Şekil 4. 4. Ekskavatör genel görünüm

Motor güçleri 50-800 HP, ağırlıkları ise 6-100 ton arasında değişmektedir. Çalışma sistemlerine göre mekanik ekskavatörler ve hidrolik ekskavatörler olarak ikiye ayrılırlar.

Mekanik Ekskavatörler, uzun bumlara sahip oldukları için derin kotu yüksek geniş alanlarda yapılan işlerde ekonomik çalışma sağlayan makinelerdir. Kullanılan kepçeye göre adlandırılırlar. Şovel (kaşık), dreglayn, klemşel (kavrama) gibi sallama kepçe ve klemşel (kavrama) büyük çoğunlukla kum-çakıl gibi gevşek malzemelerle yapılan yükleme, boşaltma işlerinde kullanılırlar [28].

Hidrolik Ekskavatörler ise yer değiştirmeden dönerek çalışabilme özelliğine sahip olduklarından dolayı çok geniş çalışma alanlarına sahiptir. Hidrolik Ekskavatörlere beko kepçe veya önden yüklemeli şovel kepçe de takılabilmektedir. Büyük kapasiteli hidrolik ekskavatörler paletli olup, beko kepçeli ekskavatörler ise hem paletli hem de tekerlekli olarak bulunabilir.



Şekil 4. 5. Ekskavatör

#### 4.3.2.2. Dozer

Zemin kotu ve altındaki kotlarda her cins malzemeyi sermek, sökmek, düzeltmek gibi işleri yapabilen paletli ve lastikli iş makinesidir. Genellikle dolgu, yarma, kazı işlerinde kullanılır. Dozerlerin önlerinde çelik bir levha(bıçak) bulunur. Bu bıçak yatay eksen etrafında hareket ederek zeminde bulunan malzemeyi sürüklemeye, zemin kotunu düşürmeye ve kazıdan çıkan malzemeyi sermeye, yaymaya yarar. Dozerler zeminde yürürken bıçağı ile sıyrarak kazarlar, kazılmış malzemeyi de bıçaklarıyla yayarak, iterek taşırlar.



Şekil 4. 6. Dozer genel görünüm

Dozerlerin bıçakları zemin çeşidine göre, değişik fonksiyonlardaki işleri yerine getirmek için hidrolik olarak ya da mekanik olarak değiştirilebilir. Dozerler, 40-700 HP motor gücünde, 4-80 ton ağırlığında üretilirler. Dozerlerin çoğunluğunun motor gücü 300-400 HP ve ağırlığı 30-40 tondan oluşmaktadır. Bıçak tipine göre, buldozer, angle dozer, tilt dozer olarak adlandırılırlar.

Buldozerler, şantiyelerde dozer olarak bilinir. Toprak tesviyesi için kullanılır ve bıçağı düzdür. Buldozerin önünde uzun ve güçlü bir kepçesi vardır. Buldozer bu kepçenin yardımıyla altında bulunan bıçakla toprak yüzeyini kazma, parçalama, kaldırma ve sürükleme işlemlerini yapabilir (Şekil4.6).

Zemin üzerindeki engebeleri, tümsekleri kazıyıp kaldırarak çukur olan bölgelere dağıtıp zemin yüzeyinin kabaca düzeltilmesini sağlar. Buldozerlerle yakın mesafeli 40 m ye kadar mesafelerde ekonomiktir.

Angle Dozerler, uzun mesafeli işlerde kullanılırlar. Karışık en kesitlerde yarmadan kazılan malzemenin dolgu gerektiren yerlere taşınmasında oldukça elverişlidir. Buldozerlerin bıçaklarının açısı değiştirildiğinde hem angle dozer hem de buldozer kullanılabilir. Ancak makinenin verimi % 8-12 civarında değişebilmektedir (Şekil4.7).



Şekil 4. 7. Angel dozer

Tilt dozerler, buldozerle aynı bıçak kullanılır ancak bıçağın bir ucu yukarı kaldırıldığında diğer ucu aşağıda kalabilmektedir. Bu iki uç arasındaki fark 25 cm olabilmektedir. Hendek açma ağaç kökü temizliği, kazma işlerinde kullanılırlar (Şekil4.8).



Şekil 4. 8 Tilt dozer

Genel olarak dozerler,

- Riperleme, kazma, küreme, zemin üzerini nebatiden temizleme,
- Her türlü kazı işleri,
- Açılan hendekleri doldurmak,
- Kaba tesviye ve kazılan zemini 100 m. ye kadar taşımak,
- Dolguda malzemeyi serme,

işlerinde kullanılır.

#### 4.3.2.3. Greyder

Toprak işlerinde buldozerlerin daha bir gelişmiş hali olan greyder lastik tekerlekli büyük araçlardır. Paletli dozerler 10 kilometre hızına çıkabiliyorken greyderler 50 kilometreye kadar çıkabilmektedir.

Toprak işlerinde işin en ince işini yapan greyder, platform üstünün düzenlenmesi, tesviye edilmesi ve en kesite eğim vermesi işlerini yapar (Şekil4.9).

Greyderin bıçağı greyderin gücüne ve yapılacak işin biçim ve boyutuna göre çeşitli şekil ve büyüklüktedir.



Şekil 4.9 Greyder

Greyderler 7 ya da 8 ileri vitesli ve 2 ya da 3 geri vitesli olup, bıçakları yukarı aşağı hareket edebilir. Bıçak boyunun 2/3 L si kadar yana alınabilir, öne arkaya eğilebilir.

Şev yüksekliği 3.00 m'yi geçemeyecek şekilde şev düzenlemesi ve tesviye edilmesini yapar. Mavi kotta terasman kotunun dolgusunu sıfırlamasını yapar. Greyder iyi çalışma koşullarında ortalama hızı 4-20 km/saat arasında değişmektedir.

#### 4.3.2.4. Silindir

Zeminde sıkışmayı sağlayan silindirler, vibrasyonlu silindirler, çelik bandajlı silindirler lastik tekerlekli silindirler olarak ayrılırlar. Toprak işlerinde zemin ve zemin ile mavi kot arasındaki tabakalar ne kadar sağlam olursa olsunlar sıkışmaya ihtiyaç her zaman vardır. Çünkü üst yapıda tamamlandıktan sonra yol trafiğe açıldığında trafiği kaldırmaz.

Vibrasyonlu silindirler ile zemindeki tanecikler arasında bulunan su ve hava boşlukları en aza indirildiğinde sıkışmış zeminin mukavemeti artar. Bu yüzden vibrasyonlu silindirler zemin tanecikleri arasında bulunan boşluğu yok etmek amacıyla kullanılır (Şekil 4.10).



Şekil 4. 10. Vibrasyonlu silindirler

Çelik bandajlı silindirler, daha çok killi çakıl, killi kum zeminler ve asfalt sıkıştırılmalarında kullanılırlar. Sıkışma birim bandaj genişliğine iletilen yüke bağlıdır. 0.20-0.30 m sıkıştırma kalınlığı olup düzgün bir yüzey elde edilmektedir (Şekil 4.11).



Şekil 4. 11. Çelik bandajlı silindirler

Lastik tekerlekli silindirler ise kohezyonu az, daneli zeminlerde sıkışmasına yardımcı olmak için kullanılırlar. Süspansiyonlu olmasından dolayı düz olmayan yüzeylerde eşit tekerlek yükleri uygulama olanağına sahiptir. Asfalt kaplamasının sıkışması konusunda çelik bandajlı silindirde malzemenin iri taneleri arasında köprü etkisi görüldüğünden lastik tekerlekli silindirde lastiklerin elastikiyetinden dolayı taneler arasında bulunan girintiler kolayca yerleşip iyi bir sıkışma verebilirler (Şekil 4.12).



Şekil 4. 12. Lastik tekerlekli silindirler

#### 4.3.2.5. Kamyon

Tüm inşaat işlerinde yaygın olarak kullanılan taşıma aracı olan damperli kamyonlar iki veya üç dingilli olanlarından faydalanılmaktadır. İşletme ekonomisi incelendiğinde damperli kamyonlar damper kapasitesi arttıkça taşınan malzemenin birim, mesafe maliyeti de azalmaktadır[28].



Şekil 4. 13. Damperli kamyon

## 5. SAYISAL UYGULAMA

Tez çalışmasının bu bölümünde, toprak işleri şantiyesinde tüm maliyet grupları incelenip hesaplanmıştır. Mevcut proje kapsamında karayolu şantiyesinin toprak işleri için ne kadar maliyet oluştuğu ve bu projenin en uygun maliyet ölçüsünde tamamlanabilmesi için gerekli önlemler ve tedbirler gösterilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, sırasıyla öncelik proje oluşturulmuş, projenin kapsamı altında değerlendirmeler yapılmış, işin tamamlanmasına kadar iş kalemleri incelenmiş ve ekonomik değerlendirmeler yapılarak maliyet analizi yapılmıştır. İnceleme aşaması ise;

- Üretime yönelik işçilik ve hizmet bedeli,
- Makine amortismanı kirası,
- Enerji tüketim(mazot, benzin, yağ, v. b...) harcamaları
- Kazı ve taşıma maliyeti,
- Toprak işleri toplam maliyeti,

aşamalarında incelenecektir.

### 5.1. Çalışmanın Özellikleri

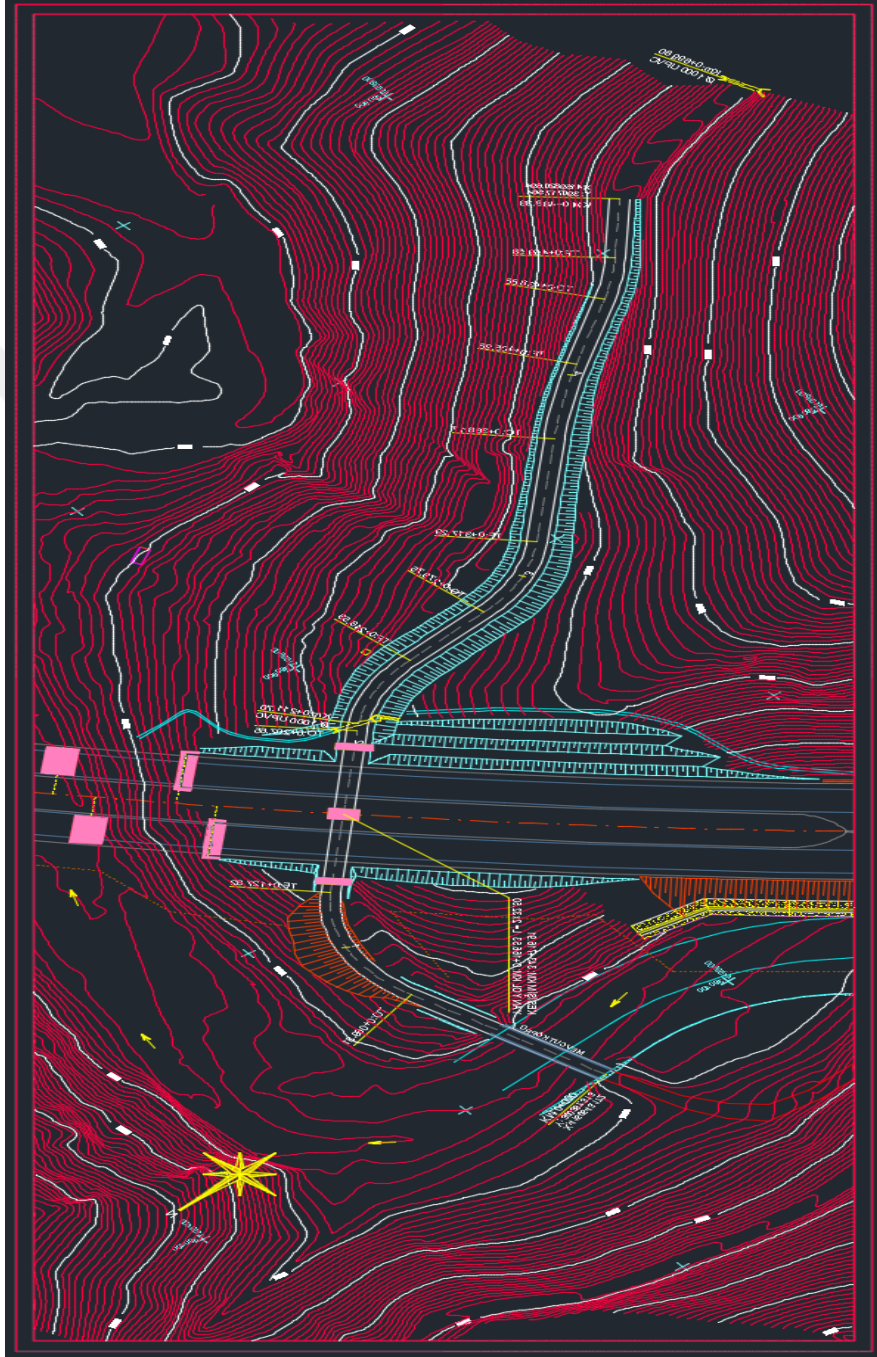
Tez kapsamında, 488,38 m uzunluğunda tasarlanmış devlet yolunun üzerinde köprü ile bağlanmış bir köy yolunun tamamlanması için maliyet analizleri yapılmıştır. Bu analizler neticesinde en uygun tedbirleri belirlemek amaçlanmıştır.

Bu uygulamada kazı için ekskavatör, sermek için dozer, sıkıştırma için silindir kullanılmıştır. Taşıma için ise damperli kamyon kullanılmıştır. Burada mekanik araçların giderleri, işçilik ve diğer (enerji, parça) tüketim malzemeleri ile bir şantiye maliyeti hesaplanarak en uygun maliyeti belirlemek amaçlanmıştır.

#### 5.1.1. Projenin Özellikleri

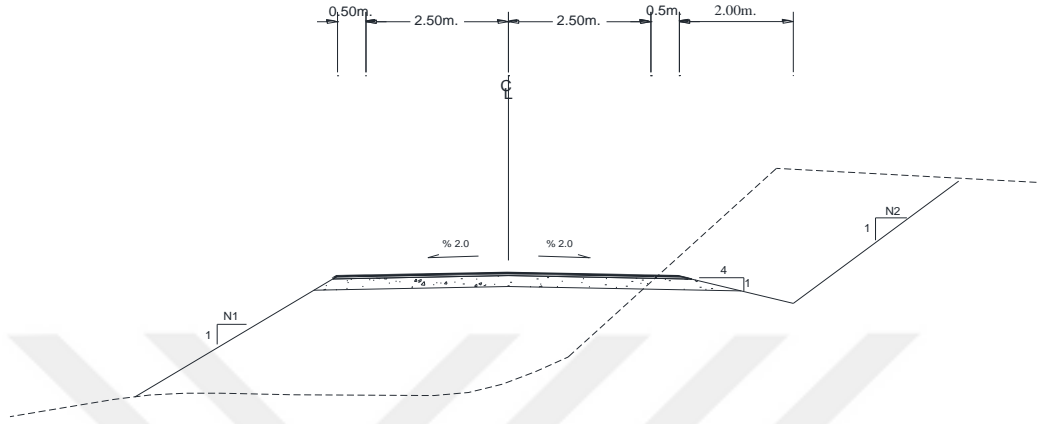
Proje uzunluğu 488,38 m, platform genişliği 6 m. olan C sınıfı olarak tasarlanmış bir yan yol projesidir. Şekil 5.1 deki projenin planda güzergahı netcad programı ile çıkarılmıştır. Bu projenin aliymenların kurplar yerleştirilmeden önceki kesişme noktaları (Some noktaları), Aliymen doğrultuları arasındaki sapma açısı ( $\Delta$ ), Kurp yarıçapı (R),

DüŖey Kurp Boyu (L) Ŗekil 5.3 de verilmiŖtir. Projede zemini sıkıŖmıŖ kum çakıl olarak alınmıŖ, bu kum çakıl zeminin yoğunluğu  $1.76 \text{ t/m}^3$  olup, zemin sökme katsayısı ( $k$ ) 0.80, geçici kabarma katsayısı ( $\theta_g$ ) 0.20 alınmıŖtır. Ŗantiye katsayısı ( $\beta$ ) ise 0.70 olarak alınmıŖtır.



Ŗekil 5. 1. Planda güzergah

Tipik en kesitte de görüldüğü gibi her iki şeritte 0,5 m banket genişliği, 2,5 m şerit genişliğinde bir profil tasarlanmıştır. Kesitten de anlaşılacağı gibi profilde hem dolgu kesiti, hem de yarma kesiti vardır (Şekil 5. 1).

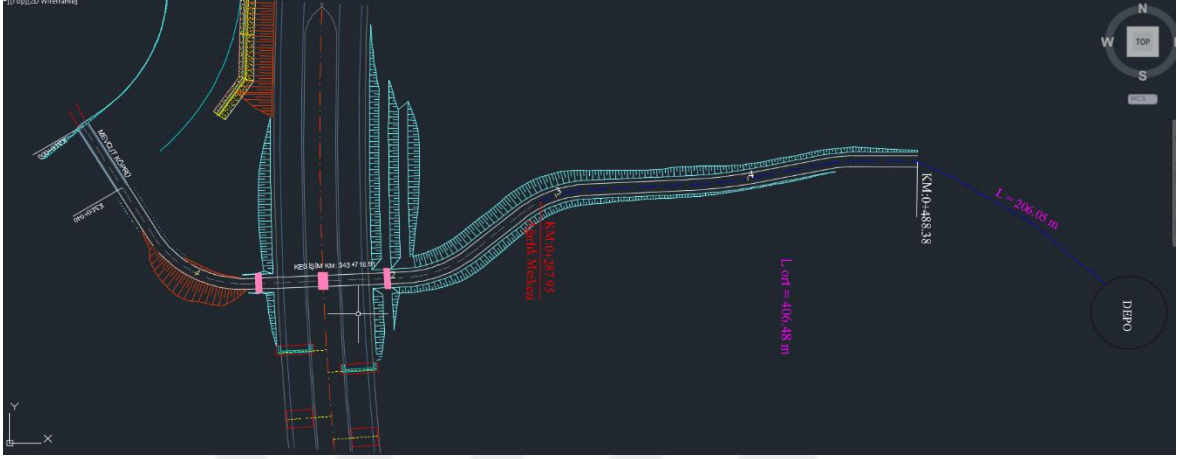


Şekil 5. 2. Yolun tipik en kesiti

SOME NO: 1	X:4159515.174 Y: 390485.058	SOME NO: 2	X:4159608.693 Y: 390578.702	SOME NO: 3	X:4159680.335 Y: 390588.667	SOME NO: 4	X:4159744.124 Y: 390651.833
R=	55	R=	60	R=	60	R=	250
T=	32.362	T=	20.145	T=	19.959	T=	18.928
$\Delta$ =	-67.7168	$\Delta$ =	-41.2436	$\Delta$ =	40.889	$\Delta$ =	9.6215
L=	58.503	L=	38.8710	L=	38.537	L=	37.783
LK1=		LK1=		LK1=		LK1=	
LK2=		LK2=		LK2=		LK2=	
A1=		A1=		A1=		A1=	
A2=		A2=		A2=		A2=	
TO (Km) =0+069.315		TO (Km) =0+207.654		TO (Km) =0+278.753		TO (Km) =0+368.174	
X: 4159524.085		X: 4159594.458		X: 4159660.566		X: 4159730.674	
Y: 390453.947		Y: 390564.448		Y: 390585.917		Y: 390638.515	
TF (Km) =0+127.818		TF (Km) =0+246.525		TF (Km) =0+317.290		TF (Km) =0+405.957	
X: 4159538.042		X: 4159628.646		X: 4159694.518		X: 4159759.425	
Y: 390507.957		Y: 390581.477		Y: 390602.711		Y: 390662.974	
SOME NO: 5	X:4159794.430 Y: 390688.463						
R=	100						
T=	10.399						
$\Delta$ =	-13.1933						
L=	20.724						
LK1=							
LK2=							
A1=							
A2=							
TO (Km) =0+438.859							
X: 4159786.023							
Y: 390682.341							
TF (Km) =0+459.583							
X: 4159801.397							
Y: 390696.183							

Şekil 5. 3.Kurp geometrik özellikleri

Dolgunun yarmadan fazla olduğu kesitlerde önce yarma kesitindeki dolgu ihtiyacı mevcut dolgu kesitinden karşılandıktan sonra dolgu fazlalığı çalışma alanına yakın uygun bir alana nakledilir. Bu alan depo olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 5. 4. Depoya nakliye planı

Bu çalışmada depo alanı proje sonu kilometresi olan 0+488,38 den 206,05 m ilerisinde bir mesafede seçilmiş ve kullanılmıştır (Şekil5.4). Burada öncelikle depoya gidecek miktar ( $m^3$ ) hesaplanarak belirlendikten sonra güzergâhın ağırlık merkezi belirlenecek ve taşıma momenti hesaplanıp  $L_{ort}$  belirlenecektir.

## 5.2. Kazı-Dolgu Hesabı

Kübaj hesabı yapılırken yarma malzemesinin dolgu kesitini aktarılması ile dolguda işlem gördükten sonra sıkışmış hali kabarma yüzdesini verir. Burada kabarma %20 olarak belirlenmiştir. Kabarma yüzdeleri malzemenin kazıdan sonraki hacmi yerine, dolguya aktarıldıktan sonra serme ve sıkıştırma yapıldıktan sonraki hacmi bulunmaktadır. Kübaj tablosunda kazı ve dolgu hacimleri bulunduktan sonra kazı  $m^3$ leri malzemenin cinsine göre kabarma ve sıkışma yüzdeleri ile değişerek hesaplanan kazı hacimleri brüknerde esas alınır. Bu katsayılar ilgili idarenin araştırma laboratuvarlarında belirlenir.

**Tablo 5.1.** Kùbaj tablosu-1

Kilometre	Ara Mesafe	Alan ( m <sup>2</sup> )		Hacim ( m <sup>3</sup> )		Kabarma (%)	Kumulatif Hacim ( m <sup>3</sup> )		Depoya Gidecek Miktar ( m <sup>3</sup> )
		Yarma	Dolgu	Yarma	Dolgu		Yarma	Dolgu	
0+040,00		0,452	16,085	0,000	0,000	20	0,000	0,000	0,000
	10,000								
0+050,00		3,606	0,000	20,290	80,425	20	24,348	80,425	-56,077
	10,000								
0+060,00		2,707	0,000	31,565	0,000	20	62,226	80,425	-18,199
	9,314								
0+069,31		0,292	1,234	13,966	5,747	20	78,986	86,172	-7,186
	0,686								
0+070,00		0,091	1,977	0,131	1,101	20	79,143	87,273	-8,130
	10,000								
0+080,00		0,000	23,734	0,455	128,555	20	79,689	215,828	-136,139
	10,000								
0+090,00		0,000	54,747	0,000	392,405	20	79,689	608,233	-528,544
	10,000								
0+100,00		0,000	69,778	0,000	622,625	20	79,689	1230,858	-1151,169
	10,000								
0+110,00		0,000	61,494	0,000	656,360	20	79,689	1887,218	-1807,529
	10,000								
0+120,00		0,000	32,105	0,000	467,995	20	79,689	2355,213	-2275,524
	7,817								
0+127,82		1,213	9,415	4,741	162,281	20	85,378	2517,494	-2432,116
	3,713								
0+131,53		4,208	5,173	10,064	27,083	20	97,455	2544,577	-2447,121
	1,750								
0+133,28		11,726	0,000	13,942	4,526	20	114,186	2549,103	-2434,917
	1,750								
0+135,03		16,353	0,000	24,569	0,000	20	143,669	2549,103	-2405,434
	1,843								
0+136,87		20,954	0,000	34,378	0,000	20	184,923	2549,103	-2364,180
	0,903								
0+137,78		0,732	0,248	9,791	0,112	20	196,673	2549,215	-2352,542
<b>TOPLAM</b>				<b>163,894</b>	<b>2549,215</b>		<b>196,673</b>	<b>2549,215</b>	<b>-2352,542</b>

Tablo 5. 2. Kübaj tablosu-2

Kilometre	Ara Mesafe	Alan ( m <sup>2</sup> )		Hacim ( m <sup>3</sup> )		Kabarma (%)	Kumulatif Hacım ( m <sup>3</sup> )		Depoya Gidecek Miktar ( m <sup>3</sup> )
		Yarma	Dolgu	Yarma	Dolgu		Yarma	Dolgu	
NAKLİ YEKÜN				163,894	2549,215		196,673	2549,215	-2352,542
0+137,78		0,732	0,248	0,000	0,000	20	196,673	2549,215	-2352,542
	1,144								
0+138,92		0,000	0,000	0,419	0,142	20	197,175	2549,357	-2352,182
	57,035								
0+195,96		0,000	0,000	0,000	0,000	20	197,175	2549,357	-2352,182
	0,965								
0+196,92		0,000	0,000	0,000	0,000	20	197,175	2549,357	-2352,182
	1,360								
0+198,28		0,000	0,000	0,000	0,000	20	197,175	2549,357	-2352,182
	1,500								
0+199,78		0,000	0,000	0,000	0,000	20	197,175	2549,357	-2352,182
	0,640								
0+200,42		0,000	0,000	0,000	0,000	20	197,175	2549,357	-2352,182
	0,860								
0+201,28		0,000	7,843	0,000	3,372	20	197,175	2552,729	-2355,554
	0,140								
0+201,42		0,000	8,059	0,000	1,113	20	197,175	2553,842	-2356,667
	0,500								
0+201,92		0,000	5,346	0,000	3,351	20	197,175	2557,194	-2360,019
	0,429								
0+202,35		2,422	0,000	0,520	1,147	20	197,798	2558,340	-2360,542
	3,747								
0+206,10		99,346	0,000	190,662	0,000	20	426,593	2558,340	-2131,747
	1,558								
0+207,65		101,033	0,000	156,095	0,000	20	613,908	2558,340	-1944,433
	12,346								
0+220,00		142,394	0,000	1502,675	0,000	20	2417,117	2558,340	-141,223
	10,000								
0+230,00		142,963	0,000	1426,785	0,000	20	4129,259	2558,340	1309,099
	10,000								
0+240,00		151,441	0,000	1472,020	0,000	20	5895,683	2558,340	2781,119
TOPLAM				4913,069	2558,340		5895,683	2558,340	2781,119

**Tablo 5. 3. Kübaj tablosu-3**

Kilometre	Ara Mesafe	Alan ( m <sup>2</sup> )		Hacim ( m <sup>3</sup> )		Kabarma (%)	Kumulatif Hacim ( m <sup>3</sup> )		Depoya Gidecek Miktar ( m <sup>3</sup> )
		Yarma	Dolgu	Yarma	Dolgu		Yarma	Dolgu	
NAKLİ YEKÜN				4913,069	2558,340		5895,683	2558,340	2781,119
0+240,00	6,525	151,441	0,000	0,000	0,000	20	5895,683	2558,340	2781,119
0+246,53		160,909	0,000	1019,042	0,000	20	7118,534	2558,340	3800,161
0+260,00	13,475	148,637	0,000	2085,566	0,000	20	9621,213	2558,340	5885,727
0+270,00	10,000	144,112	0,000	1463,745	0,000	20	11377,707	2558,340	7349,472
0+278,75	8,752	154,392	0,000	1306,254	0,000	20	12945,211	2558,340	8655,726
0+280,00	1,248	154,056	0,000	192,472	0,000	20	13176,177	2558,340	8848,197
0+290,00	10,000	159,475	0,000	1567,655	0,000	20	15057,363	2558,340	10415,852
0+300,00	10,000	146,791	0,000	1531,330	0,000	20	16894,959	2558,340	11947,182
0+310,00	10,000	115,288	0,000	1310,395	0,000	20	18467,433	2558,340	13257,577
0+317,29	7,289	96,236	0,000	770,899	0,000	20	19392,512	2558,340	14028,476
0+330,00	12,711	76,083	0,000	1095,173	0,000	20	20706,720	2558,340	15123,650
0+340,00	10,000	65,832	0,000	709,575	0,000	20	21558,210	2558,340	15833,225
0+350,00	10,000	62,207	0,000	640,195	0,000	20	22326,444	2558,340	16473,420
0+360,00	10,000	59,661	0,000	609,340	0,000	20	23057,652	2558,340	17082,760
0+368,18	8,175	56,558	0,000	475,045	0,000	20	23627,706	2558,340	17557,805
0+380,00	11,825	47,344	0,000	614,321	0,000	20	24364,891	2558,340	18172,126
TOPLAM				20304,076	2558,340		24364,891	2558,340	18172,126



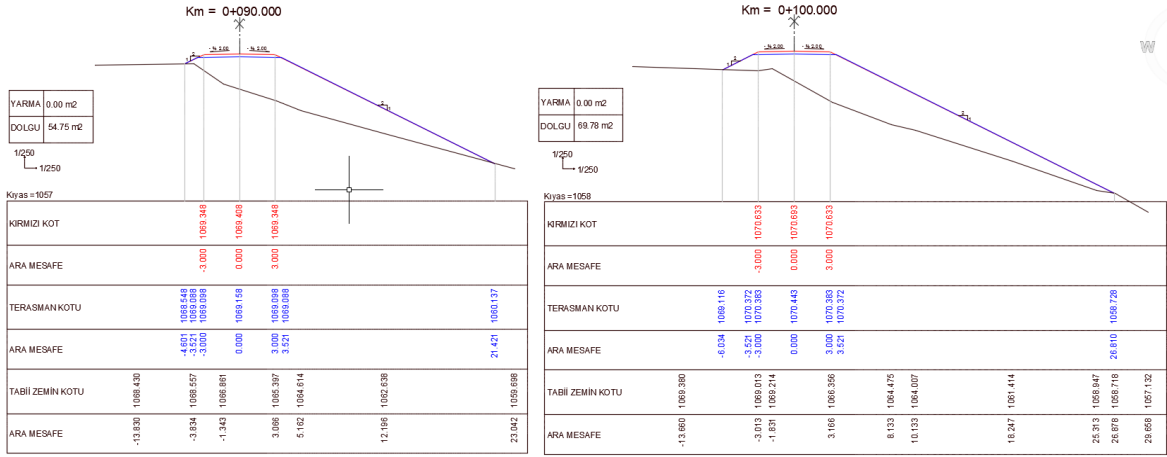
**Tablo 5. 5.** Kazının depoya taşınması hesabı

Çalışılan Kısım	Malzeme Taş. Depo Adı	Taşınan Malzeme Miktarı ( m3 ) ( a )	Ağırlık Merkezi ( Km ) ( b )	Depo Serv. Yolu Ayrımı ( Km ) ( c )	Gövde e Taş. Mes. ( m ) ( d = I b-c I )	Serv. Yol. Taş. Mes. ( m ) ( e )	Toplam Taşıma ( m ) ( f = d+e )	Taşıma Momenti		
								$i < 10.0000$ ( m4 ) ( g = ax √f )	$i > 10.000$ ( m4 ) ( h=ax2/1000 )	
0+040.00 0+488.384	D	20.188,494	-	-	200,430	206,050	406,480	407.027,277		
		+						+		
	B =	20.188,494					A =	407.027,277		
			$L_{ort} = ( A / B )^2 =$				406,480			

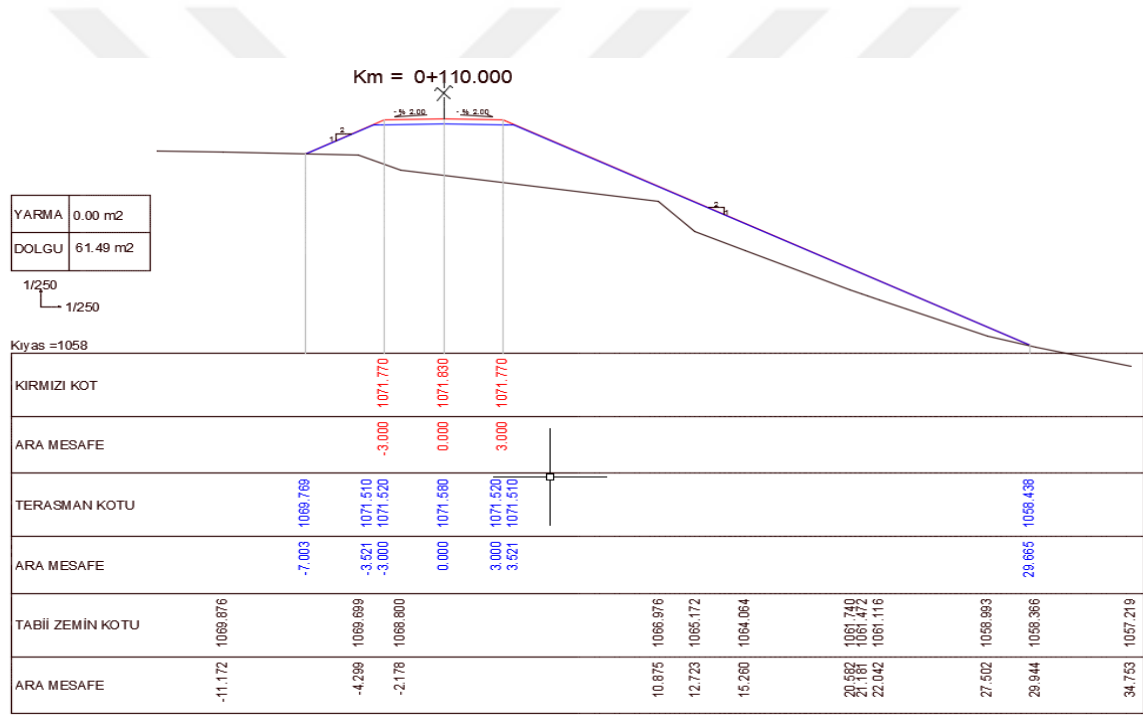
### 5.3. En Kesitler

Proje eksenini doğrultusuna dik olan düzlemde kalan, arazi üzerindeki elemanların düşey izdüşümü olarak ifade edilebilirler. Toplam kazı dolgu miktarını diyagram şeklinde gösterdiğimiz brükner eğrisinde her kesitteki kazı ve dolgu hacimleri toplanır. Kazı değerleri pozitif değerde, dolgu ise negatif değerde belirtilir. Proje eksenini doğrultusuna dik olan düzlemde kalan kesitteki bu değerler kümülatif şekilde toplanarak tablo oluşturulur (Şekil 5.5).

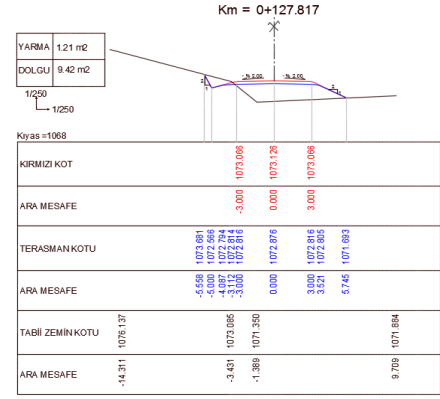
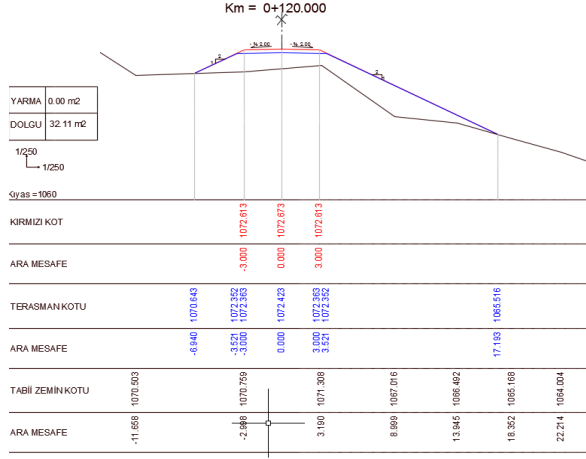




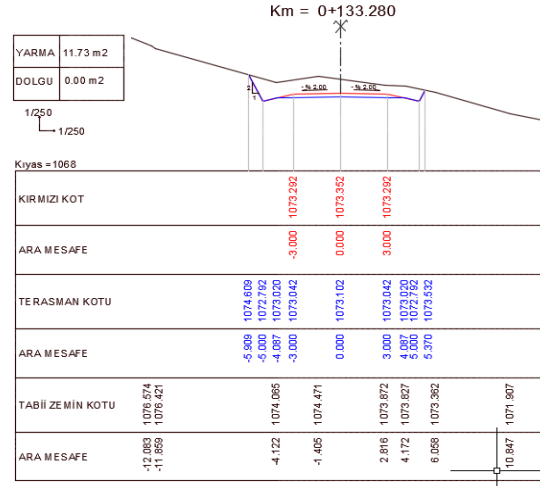
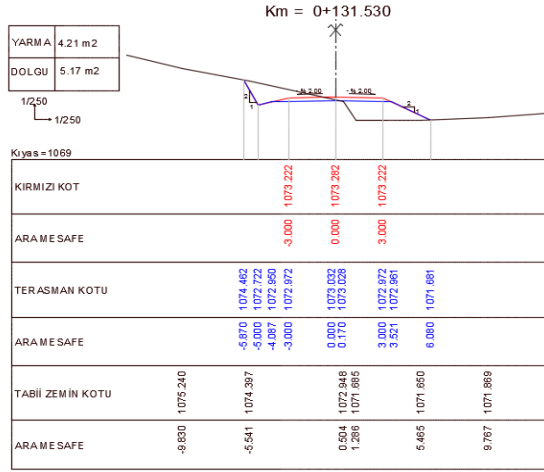
Şekil 5. 8. En kesitler-4



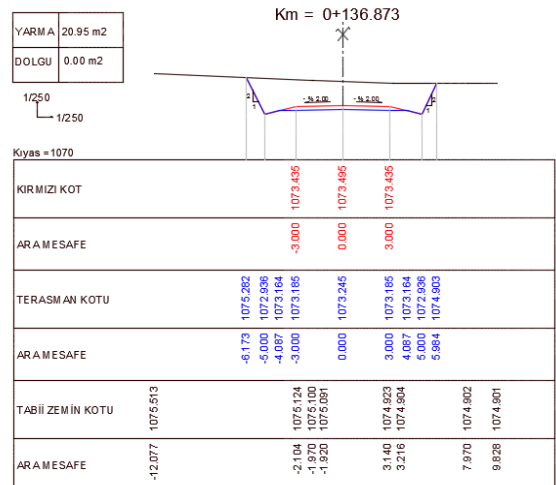
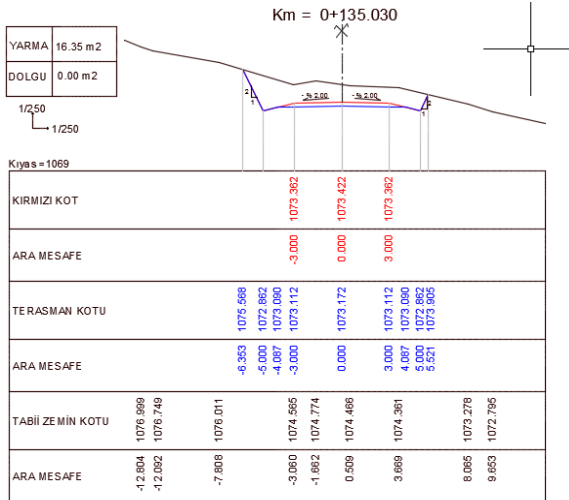
Şekil 5. 9. En kesitler-5



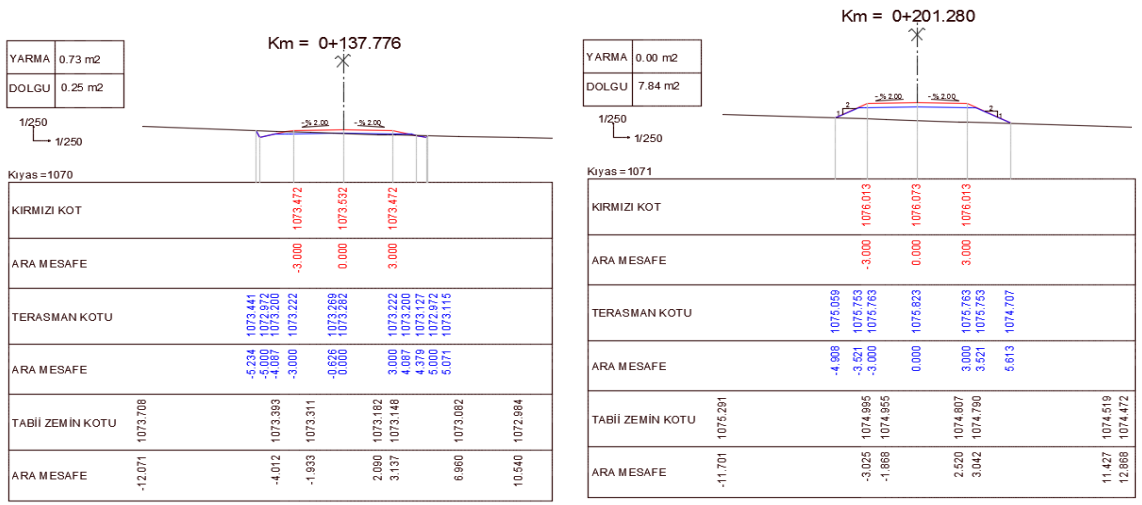
Şekil 5.10. En kesitler-6



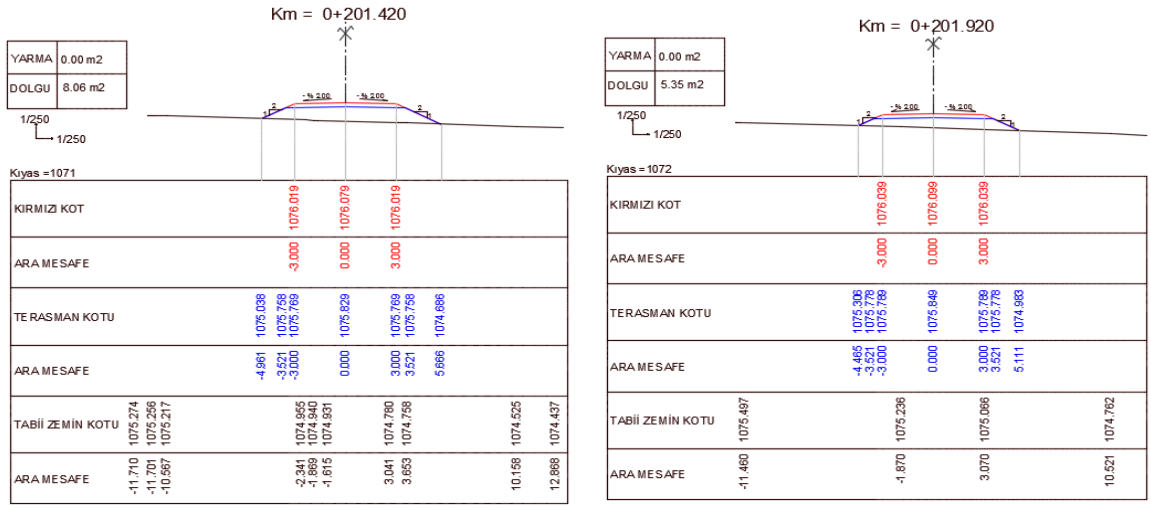
Şekil 5.11. En kesitler-7



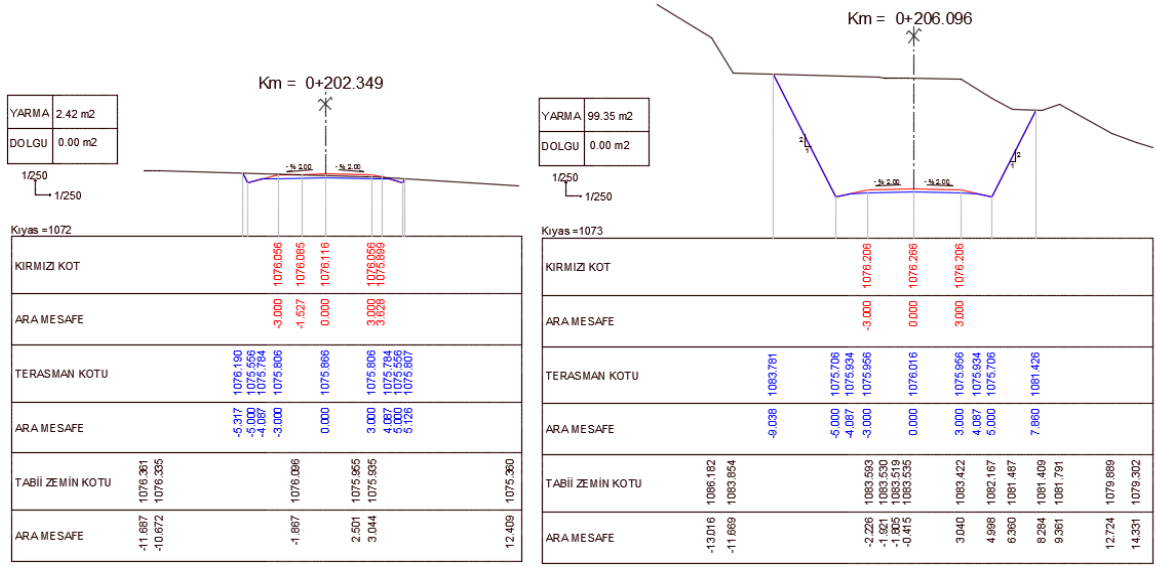
Şekil 5.12. En kesitler-8



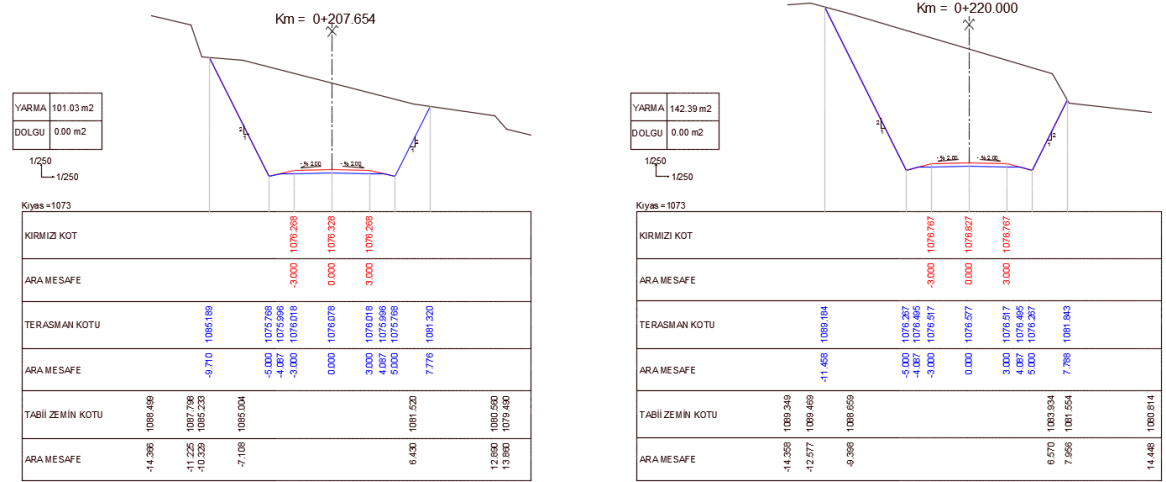
**Şekil 5.13. En kesitler-9**



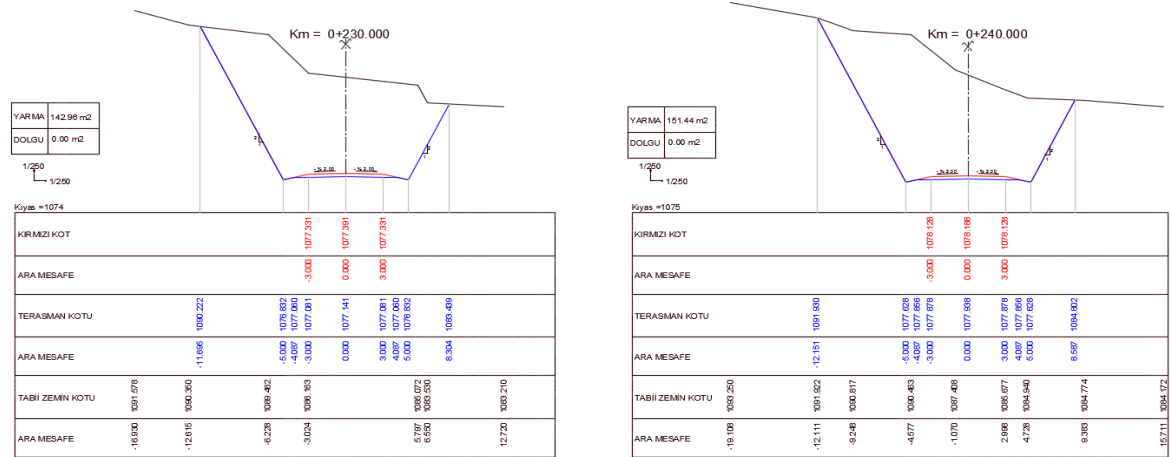
**Şekil 5.14. En kesitler-10**



Şekil 5.15. En kesitler-11

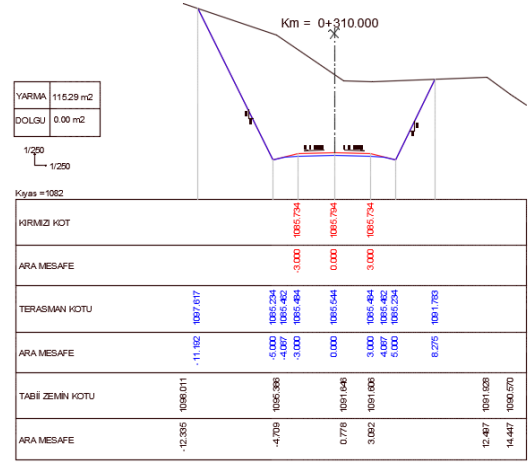
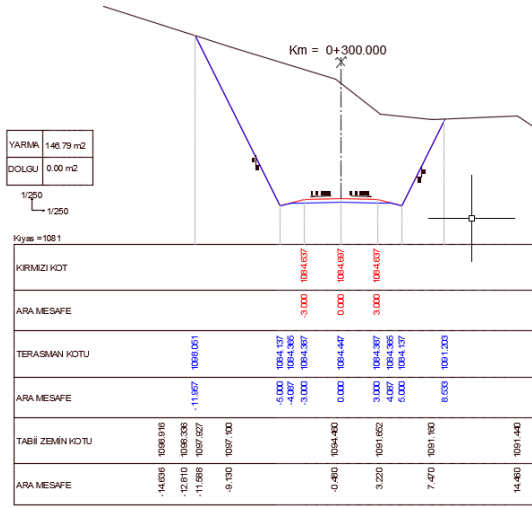


Şekil 5.16. En kesitler-12

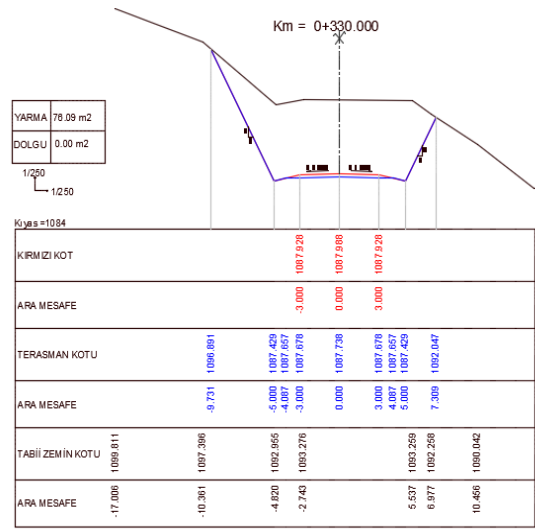
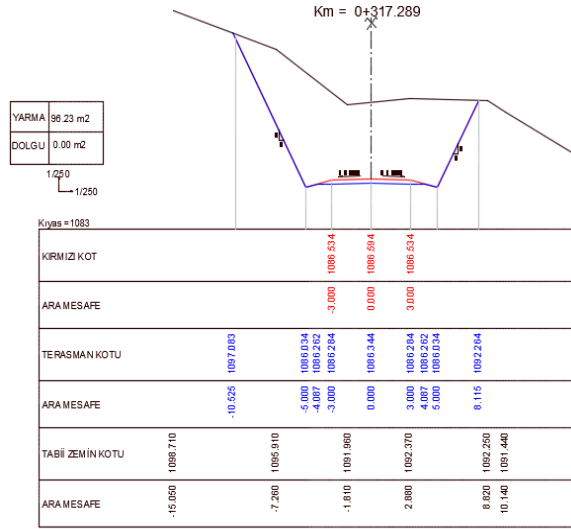


Şekil 5.17. En kesitler-13

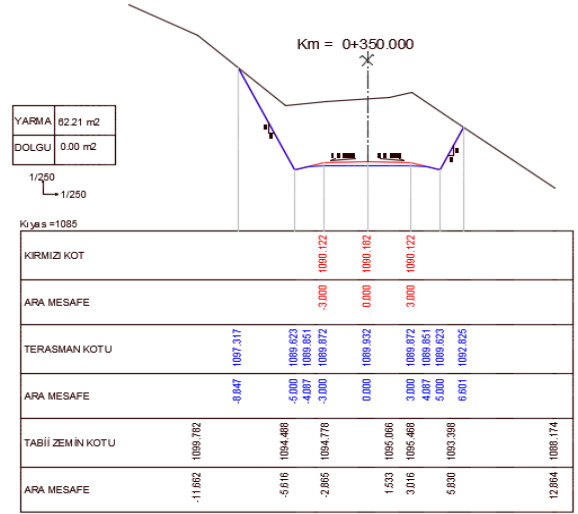
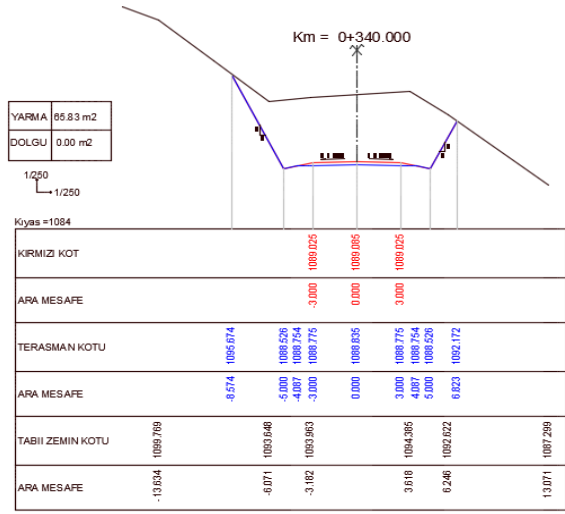




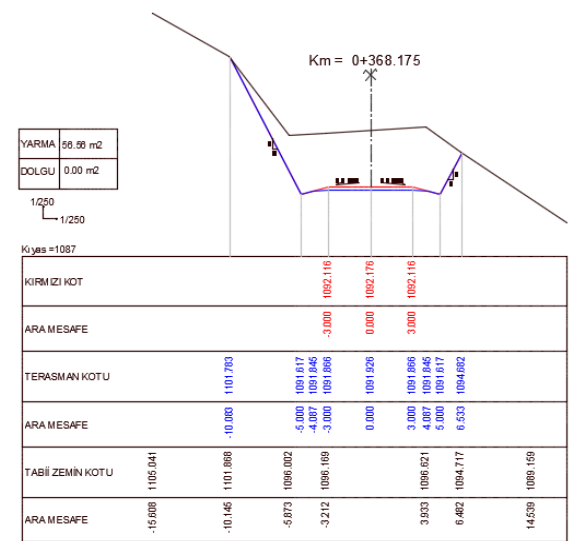
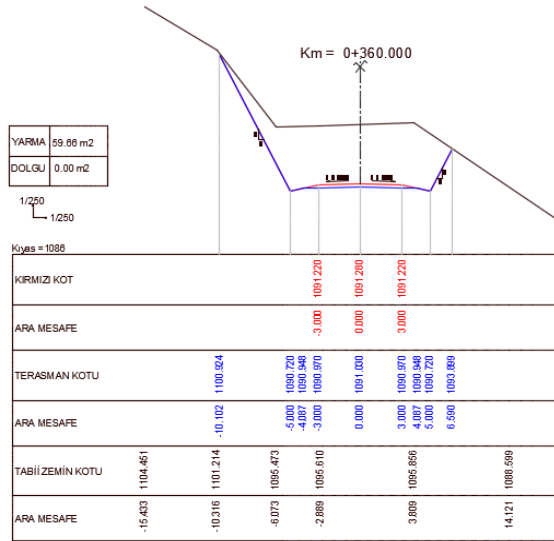
Şekil 5.21. En kesitler-17



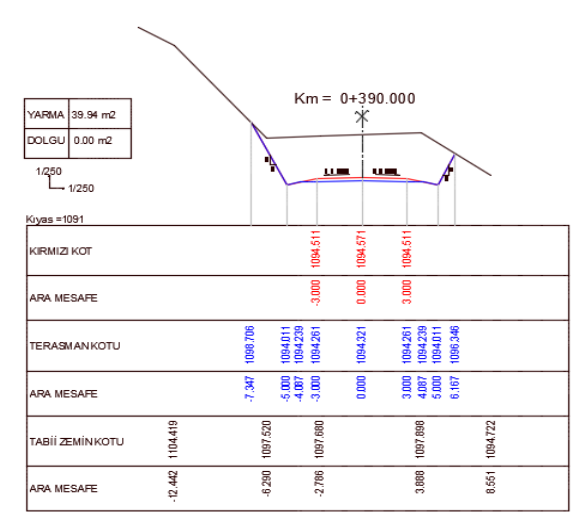
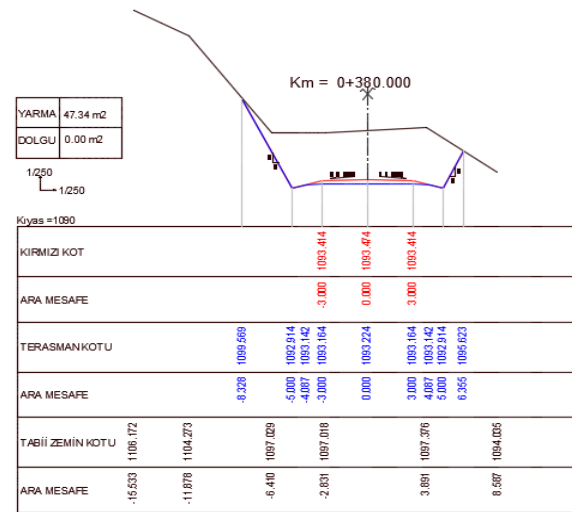
Şekil 5.22. En kesitler-18



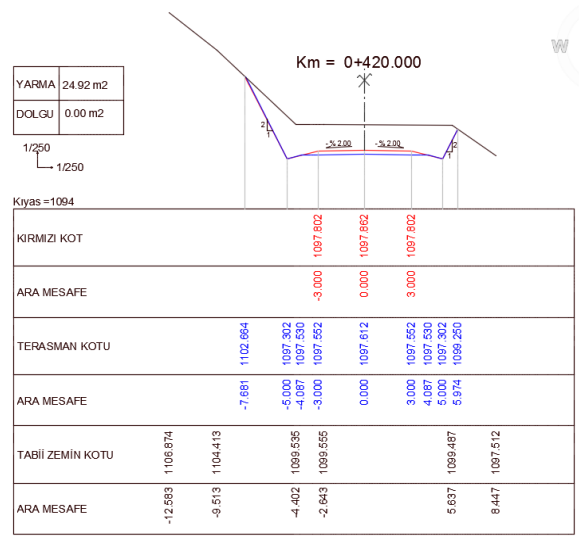
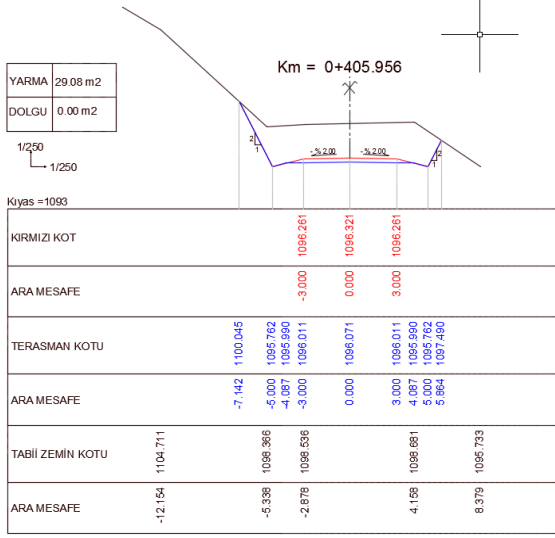
Şekil 5.23. En kesitler-19



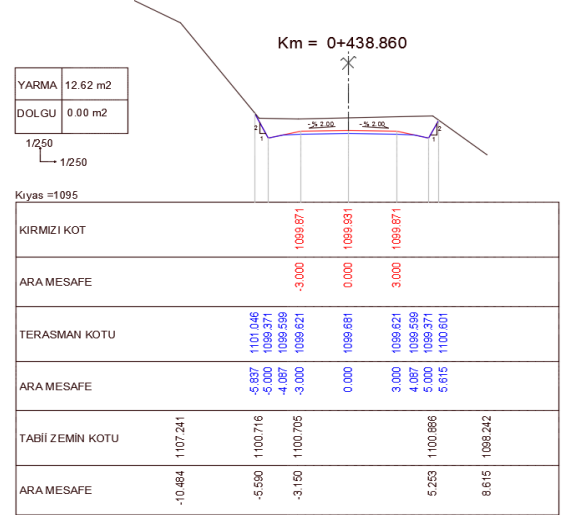
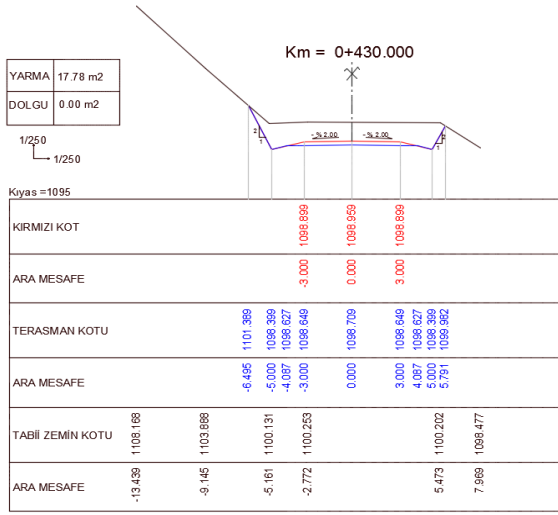
Şekil 5.24. En kesitler-20



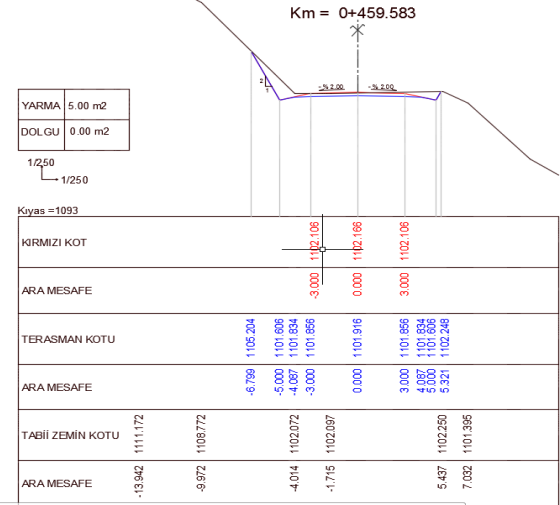
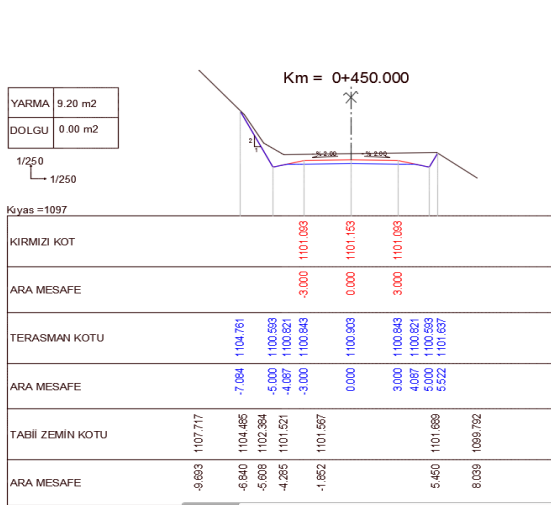
Şekil 5.25. En kesitler-21



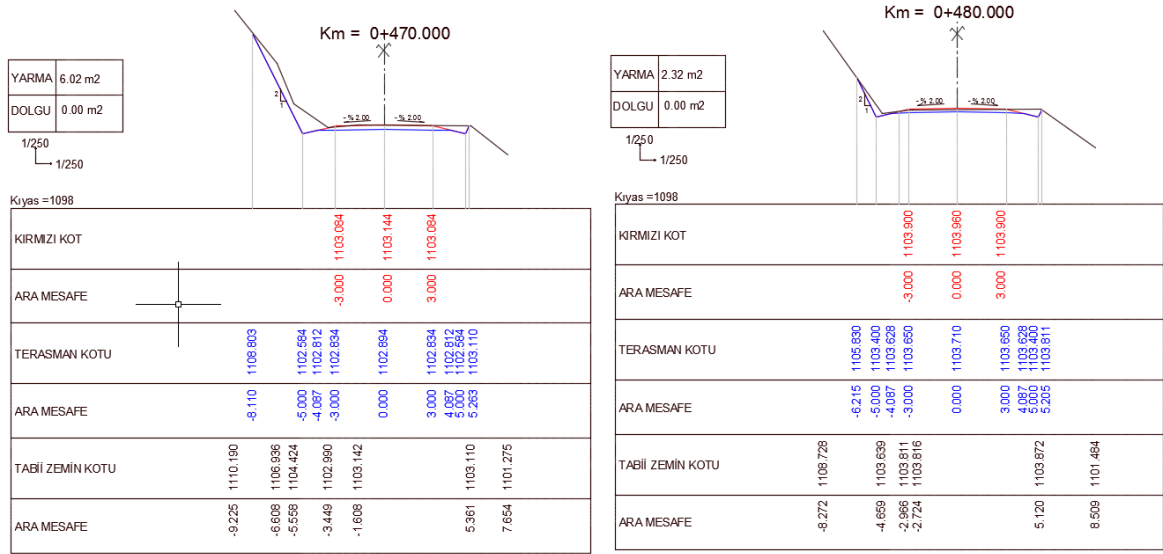
Şekil 5.26. En kesitler-22



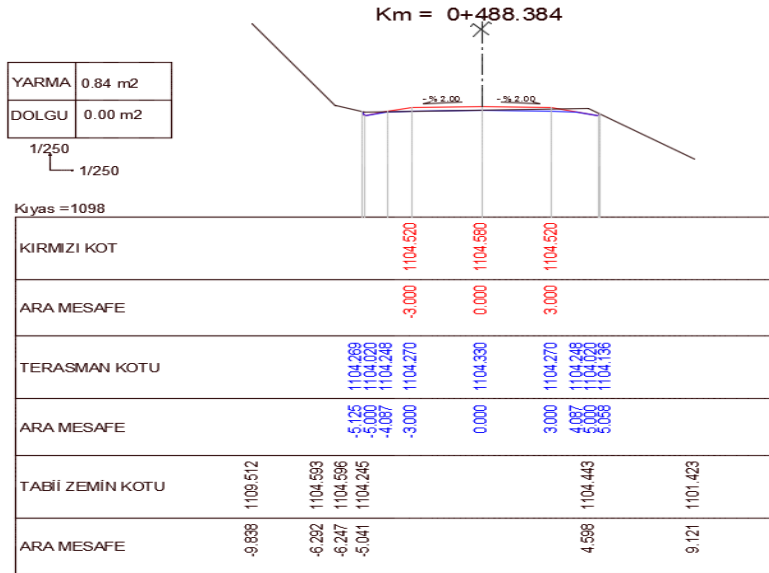
Şekil 5.27. En kesitler-23



Şekil 5.28. En kesitler-24



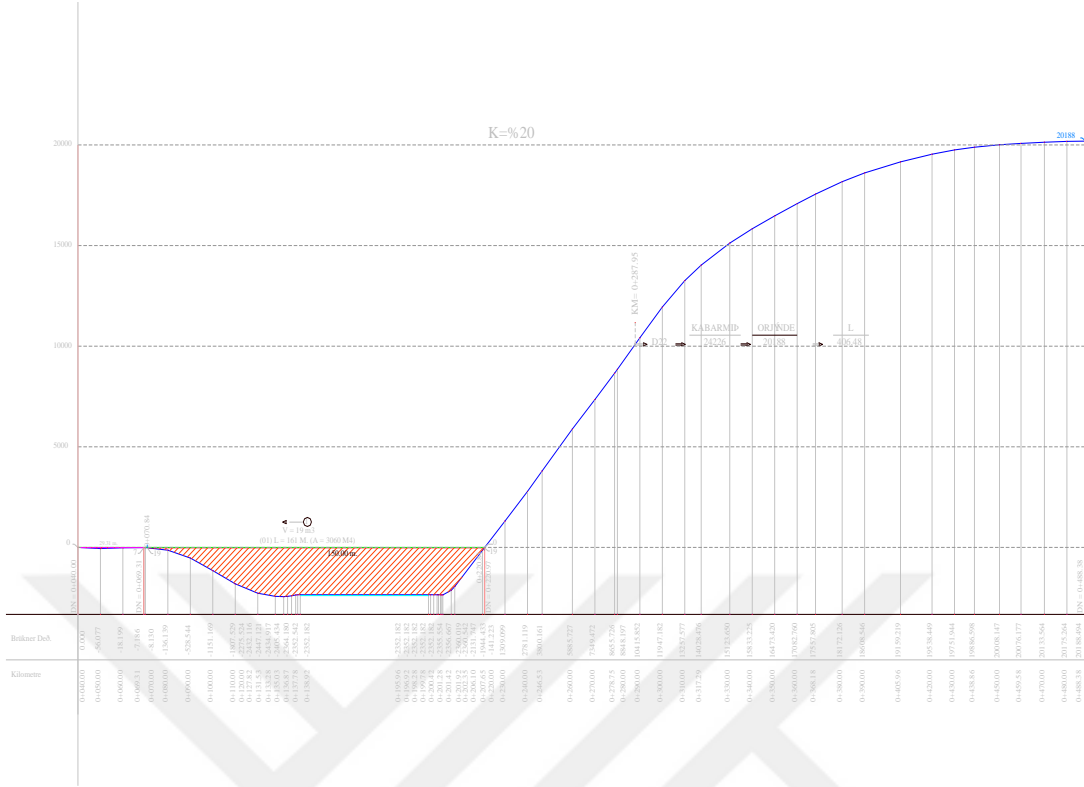
Şekil 5.29. En kesitler-25



Şekil 5.30. En kesitler-26

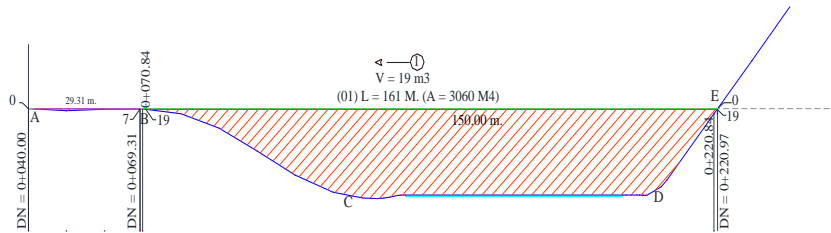
#### 5.4. Brükner Eğrisi

Brükner eğrisinin çizilebilmesi için öncelikle kübaj tablosu hazırlanmış olması gerekmektedir. Tablo hazırlandıktan sonra yatay eksen kilometreyi, düşey eksen kümülatif kazı dolgu değerleri olacak şekilde çizilmiştir (Şekil.5.31). Eğride 0+220.97 km'ye kadar 19 m<sup>3</sup> dolgu ihtiyacı olup, 0+220.97 km'den sonra 0+488.38 km'ye kadar yarma fazlası 20188 m<sup>3</sup>, %20 kabarma ile kabarmış 24226 m<sup>3</sup> malzeme depoya taşınması belirtilmiştir.



Şekil 5.31. Brükner eğrisi

Şekil 5.32’ de görüldüğü gibi karşılaştırma çizgisine paralel ve kapalı alan oluşturan çizgiler dengeleme yapmaktadır. Tepe biçimindeki diyagram kesiminde maksimum, vadi biçiminde diyagram kesiminde minimum noktalarından başlanarak dengeleme gerekmektedir. Toprak dengelemesi boy kesitte geçit noktalarından, kütleler diyagramında bu noktaya karşı gelen maksimum ya da minimum noktalardan başlar. Bu yüzden kütleler diyagramında en uygun toprak dengelemesini sağlamak için, maksimum ya da minimum noktasından başlayarak geliştirilen dengelemede karşılaşılabilecek seçenekleri maliyet ölçütüne göre değerlendirmek ve ucuz seçenekleri seçmek gerekecektir.



Şekil 5.32. Kütleler diyagramı

Bu yöntemde esas denge çizgisi ile yardımcı denge çizgisine baktığımızda yardımcı çizginin üstte kaldığı kısımdaki miktar depo olarak görülmüştür. Öncelikle yarma fazlalığının dolguda kullanılmasını gerektirdiği için 19m<sup>3</sup> dolgu ihtiyacı karşılanmıştır.

### 5.5. Taşıma Maliyetleri

Brükner eğrisinin çizilmesi ile eğri üzerinden ölçülen kazı malzemesinin Çevre ve Şehircilik Bakanlığının 2017 birim fiyatları kullanılarak taşımalarının maliyetleri hesaplanmıştır.

07.005/K-1 – Depoya gidecek veya ariyet ocağından getirilecek kazı malzemelerinin 10 000 m<sup>3</sup>'ye kadar taşınması pozuna göre taşıma momenti Tablo 5. 6. da hesaplanmıştır.

**Tablo 5. 6.** Taşıma momenti

Çalışılan Kısım	Malzeme Taşıma	Taşınan Malzeme Miktarı (m <sup>3</sup> )	Ağırlık Merkezi (km)	Depo Serv. Yolu Ayrımı (km)	Gövdede Taşıma Mesafesi (m)	Servis Yol Taşıma Mesafesi (m)	Toplam Taşıma (m)	Taşıma Momenti	
								i≤10.000	i≥10.000
								m <sup>4</sup>	
Depo	A	B	C	D= B-C	E	(F=D+E)	G=A $\times$ $\sqrt$ F	H=A $\times$ 2/1000	
0+040.00 0+488.384	D	20.188,494	-	-	200,430	206,050	=406,480	407.027,277	
		B=20.188,494						A=407.027,277	
					L <sub>ort</sub> =(A/B) <sup>2</sup> =406,480				

$$F = 0,00023 \times K \times \sqrt{M} \quad [\text{TL /Ton}]$$

$$F = 0,00023 \times 225,00 \times \sqrt{406,48} \quad \text{TL /Ton}$$

$$F = 1,043 \quad \text{TL/Ton}$$

$$\text{Zemin cinsi: Sıkışmış kum-çakıl } 1,760 \text{ Ton/m}^3$$

$$Md = 1,760 \times 1,043 \times 20188,94 = 37.060,433 \quad \text{TL}$$

## 5.6. Kazı Maliyetleri

KGM/15.001/B pozu, Ekskavatörle depoya gidecek veya ariyetten getirilecek kazılar için her cins toprağın kazılması ve kullanılmasını belirtmektedir. Bu poza göre birim fiyatı 2,30TL/m<sup>3</sup>'dür. 20188,64m<sup>3</sup> ekskavatör ile yapılmış kazının maliyeti (Mk),

$$Mk=2,30 \times 20188,494 = 46.433,54 \text{ TL.}$$

## 5.7. Produktif Maliyetleri

Toprak işlerinde kazı ve taşıma işlemlerinin yapılabilmesi için makine, ekipman ve işçilik gibi unsurlara ihtiyaç vardır. Bu ihtiyaçların karşılanması, harcanması veya tüketilmesi neticesinde bir maliyet oluşmaktadır. Bu maliyetleri oluşturan produktif maliyetler bu bölümde incelenmiştir. İncelemede 2017 Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve KGM birim fiyatlarından faydalanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

### 5.7.1. Dozerin Saatlik Masrafı

Çalışmada kullanılan buldozer, bıçağının hareket yönüne göre konumu istenilen şekilde değiştirilip ayarlanabilmektedir. Kazı bıçak önünde itilerek dolgu yapılacak yere kadar getirip doldurup serebilmektedir. Toprağın sürüklenerek taşınması 25-30 metre gibi yakın mesafelerde gerçekleştirilmesi ekonomik açıdan uygun olmaktadır. Kullanılan dozerin dayanıklı yapısı, çalışma koşullarına uygunluğunun yanı sıra üretkenlik, optimum operatör konforu ve dayanıklılık göz önüne alındığında 345HP motor gücüne sahip modeli kullanılmıştır.

Makinenin bir hizmet oluşturduğu göz önüne alınarak çalışma ile meydana gelen aşınma ve eskimenin parasal değerini oluşturan amortisman masrafları (Tablo 5.7), tüketilen yağ ve yakıt masrafları (Tablo 5.8), formen, operatör ve yağcı masraflarını oluşturan işletme masrafı (Tablo 5.9) hesaplanarak dozerin saatlik maliyeti hesaplanmıştır.

**Tablo 5. 7.** Dozerin amortisman masrafı

<b>Amortisman Masrafı (saatlik)</b>			
	<b>Oranı</b>	<b>Makine bedeli</b>	<b>Makine amortismanı</b>
Amortisman masrafı	0,000125	714000	89,25
Yedek parça masrafı	0,000066	714000	47,124
Tamir ve bakım masrafı	0,000016	714000	11,424
Sermaye faiz ve sigorta	0,000025	714000	17,85
Nakil montaj ve de montaj	0,00001	714000	7,14
<b>TOPLAM</b>			<b>172,788 TL</b>

Motor gücüne bağlı olarak saatte harcadığı yakıt ve yağ masrafları;

**Tablo 5. 8.** Yakıt tüketimi

<b>Yakıt Tüketimi</b>				
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Y=AxBxC</b>
	<b>Katsayısı</b>	<b>Motor gücü</b>	<b>Litre Fiyatı</b>	<b>Yakıt Tüketimi</b>
Mazot tüketimi	0,150	345	4,55	235,4625
Yağ tüketimi	0,030	345	4,55	47,0925
<b>TOPLAM</b>				<b>282,555 TL</b>

Dozerin bu çalışmasında günlük çalışma saati 8 alınarak hesaplanan işçilik masrafları;

**Tablo 5. 9.** İşletme masrafı

<b>İşletme Masrafı (saatlik)</b>			
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>İ=AxB</b>
	<b>Katsayısı</b>	<b>Ücreti (TL)</b>	<b>İşletme Masrafı</b>
Formen ücreti	0,002	15,95	0,0319
Operatör ücreti	0,03	12,75	0,3825
Yağcı ücreti	1	8,10 / 8	1,013
<b>TOPLAM</b>			<b>1,4269 TL</b>

19 m<sup>3</sup> dolgunun 150 m de taşınması (Q=5.5) , kazması ve küremesi ile dozerin verimi ise;

$$V_g = \beta \times \frac{Q \times 60}{\left[ \frac{L_g}{16.7 \times V_g} + \frac{L_d}{16.7 \times V_d} + t_0 \right] \times (1 + \theta_g)} \quad (5.1)$$

$$V_g = 0.70 \times \frac{5.50 \times 60}{\left[ \frac{150}{16.7 \times 2.5} + \frac{150}{16.7 \times 5.0} + 0.5 \right] \times (1 + 0.25)} = 32.899 \text{ m}^3/\text{saat}$$

iş gününü bulmak için;

$$İ_{işgünü} = \frac{V_{iş}}{V_s^p} \left( \frac{m^3}{m^3/gün} \right) \quad (5.2)$$

denklemleri ile

$$İ_{işgünü} = \frac{19m^3}{32.899 \times 8} = 0.07 \text{ gün} = 2 \text{ saat}$$

Dozer' in toplam masrafı ise;

**Tablo 5. 10.** Toplam dozer masrafı

<b>Dozerin Masrafı</b>	
Amortisman masrafı (saatlik)	172,788
Yakıt tüketimi (saatlik)	282,555
İşletme masrafı (saatlik)	1,4269
<b>TOPLAM</b>	<b>456,77 TL</b>
İş günü süresince maliyeti	<b>913,54 TL</b>

### 5.7.2. Greyderin Saatlik Masrafı

Çalışmada yarma kazısı yapıldıktan sonra ve dolgunun tamamlanması ile yapılacak tesviye işinde kullanılmıştır. Bu tesviye, bıçağı ile ince kalınlıkta sıyrarak kazması ve bıçakların önünde sürerek yayması ile yapılmaktadır. Burada kullanılan greyderin çalışma koşullarına ve projenin yapısına uygunlukta 190HP motor gücüne sahip modeli kullanılmıştır.

Greyderin çalışması ile meydana gelen aşınma ve eskimenin parasal değerini oluşturan amortisman masrafları (Tablo 5.11), tüketilen yağ ve yakıt masrafları (Tablo 5.12), formen, operatör ve yağcı masraflarını oluşturan işletme masrafı (Tablo 5.13) hesaplanarak greyderin saatlik maliyeti hesaplanmıştır.

**Tablo 5. 11.** Greyder amortisman masrafı

<b>Amortisman Masrafı (saatlik)</b>			
	<b>Oranı</b>	<b>Makine bedeli</b>	<b>Makine amortismanı</b>
Amortisman masrafı	0,000050	540000	27,000
Yedek parça masrafı	0,000027	540000	14,580
Tamir ve bakım masrafı	0,000007	540000	3,780
Sermaye faiz ve sigorta	0,000022	540000	11,880
Nakil montaj ve de montaj	0,00001	540000	5,400
<b>TOPLAM</b>			<b>62,640 TL</b>

Greyderin saatlik harcadığı yakıt ise;

**Tablo 5. 12.** Greyder yakıt tüketimi

<b>Yakıt Tüketimi (saatlik)</b>				
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Y=AxBxC</b>
	<b>Katsayısı</b>	<b>Motor gücü</b>	<b>Litre Fiyatı</b>	<b>Yakıt Tüketimi</b>
Mazot tüketimi	0,150	190	4,55	129,675
Yağ tüketimi	0,030	190	4,55	25,935
<b>TOPLAM</b>				<b>155,61 TL</b>

Greyderin bu çalışmasında günlük çalışma saati 8 alınarak hesaplanan işçilik masrafları;

**Tablo 5. 13.** Greyder işletme masrafı

<b>İşletme Masrafı (saatlik)</b>			
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>İ=AxB</b>
	<b>Katsayısı</b>	<b>Ücreti (TL)</b>	<b>İşletme Masrafı</b>
Formen ücreti	0,002	15,95	0,0319
Operatör ücreti	0,03	12,75	0,3825
Yağcı ücreti	1	8,10 /8	1,013
<b>TOPLAM</b>			<b>1,4269 TL</b>

488,38 m'nin tesviyesi için ilk çalışma anında (1, 2, 3) seferde yol ancak 2. vitese müsaade etmekte, 4 ve 5. seferde 3. vitese müsaade edilmekte olup randımanı (E) 0.80 alınmıştır.

1, 2, 3 seferlerinde 4km/saat, 4,5 seferlerinde 6km/saat, 6 seferinde 8km/saat yapmaktadır.

$$\text{İş bitirme zamanı (T)} = \frac{S1XL1}{V1XE} + \frac{S2XL2}{V2XE} + \frac{S3XL3}{V3XE} \quad (5.3)$$

S=Sefer sayısı

L= Yolun uzunluğu(km)

V=Hız (km/saat)

E=Randıman

$$T = \frac{3 \times 0,488}{4 \times 0,8} + \frac{2 \times 0,488}{6 \times 0,8} + \frac{1 \times 0,488}{8 \times 0,8} = 0,737 \text{ saat} = 44 \text{ dakika,}$$

Greyderin toplam masrafı ise;

**Tablo 5. 14.** Toplam greyder masrafı

<b>Greyderin Masrafı</b>	
Amortisman masrafı (saatlik)	62,64
Yakıt tüketimi (saatlik)	155,61
İşletme masrafı (saatlik)	1,4269
<b>TOPLAM</b>	<b>219,68 TL</b>
İş günü süresince maliyeti	<b>161,10 TL</b>

### 5.7.3. Ekskavatörün Saatlik Masrafı

Çalışmada ekskavatör, yarma kazısının yapılması, yüklemesini yapması ve malzemeyi yığması görevini üstlenmiştir. Yürüdüğü zemin üzerinde kazıyı yaptıktan sonra depoya naklini sağlamak için yükleme yapar. Yükleme yaparken kovanı boşaltır, makine odası ve kolla beraber döner. Kova aşağı indirilip kazı vaziyetine tekrar getirilir. Burada kullanılan ekskavatörün kazı kuvvetinin büyük olması, kovanın hassas bir şekilde kumanda edilebilmesi ve kazılan zeminin özellikleri dikkate alındığında 300HP motor gücüne sahip paletli modeli kullanılmıştır.

Ekskavatörün çalışması ile meydana gelen aşınma ve eskimenin parasal değerini oluşturan amortisman masrafları (Tablo5.15), tüketilen yağ ve yakıt masrafları (Tablo 5.16), formen, operatör ve yağcı masraflarını oluşturan işletme masrafı (Tablo5.17) hesaplanarak greyderin saatlik maliyeti hesaplanmıştır.

**Tablo 5. 15.** Ekskavatör amortisman masrafı

<b>Amortisman Masrafı (saatlik)</b>			
	<b>Katsayısı</b>	<b>Makine bedeli</b>	<b>Makine amortismanı</b>
Amortisman masrafı	0,000083	588000	48,804
Yedek parça masrafı	0,000044	588000	25,872
Tamir ve bakım masrafı	0,000011	588000	6,468
Sermaye faiz ve sigorta	0,000023	588000	13,524
Nakil montaj ve de montaj	0,00001	588000	5,880
<b>TOPLAM</b>			<b>100,548 TL</b>

Ekskavatörün saatlik harcadığı yakıt ise;

**Tablo 5. 16.** Ekskavatör yakıt tüketimi

<b>Yakıt Tüketimi (saatlik)</b>				
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Y=AxBxC</b>
	<b>Katsayısı</b>	<b>Motor gücü</b>	<b>Litre Fiyatı</b>	<b>Yakıt Tüketimi</b>
Mazot tüketimi	0,150	300	4,55	204,75
Yağ tüketimi	0,030	300	4,55	40,95
<b>TOPLAM</b>				<b>245,70 TL</b>

Ekskavatörün bu çalışmasında günlük çalışma saati 8 alınarak hesaplanan işçilik masrafları;

**Tablo 5. 17.** Ekskavatör işletme masrafı

<b>İşletme Masrafı (saatlik)</b>			
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>İ=AxB</b>
	<b>Katsayısı</b>	<b>Ücreti (TL)</b>	<b>İşletme Masrafı</b>
Formen ücreti	0,002	15,95	0,0319
Operatör ücreti	0,03	12,75	0,3825
Yağcı ücreti	1	8,10	1,013
<b>TOPLAM</b>			<b>1,4269 TL</b>

20188,494 yarma kazısı kazılacaktır. Ekskavatörün kepçesinin doldurma kapasitesi 3.10 m<sup>3</sup> olup, saatte yapmış olduğu deplasman (n) 3450saniyedir. Optimum kazı derinlik %100, zemin sökme katsayısı(k) 0.80,  $\theta_g$  (Geçici kabarma katsayısı) 0.20'dir. Bir periyot için geçen saniye (t)16saniye, N (Ekskavatör ömrü) 10 sene, N1 (ekskavatör ömrü)16000saat, Şantiye katsayısı( $\beta$ ) 0.70'tir.

$$V_{pg}=\beta \times \frac{d}{(1+\theta_g)} \times \frac{(3600-n)}{t} \times T \times K \times S \quad (5.4)$$

$$V_{pg}=0,80 \times \frac{3.1}{(1+0,20)} \times \frac{(3600-3450)}{16} \times 10 \times 0.80 \times 10=1550 \text{m}^3/\text{gün}=193,75 \text{m}^3/\text{saat}$$

$$I_{\text{işgünü}}=\frac{20188,94}{1550} = 13,03 \text{ gün} = 13 \text{ gün}(8 \text{ saatlik günlük çalışma ile})$$

Toplam ekskavatörün toplam masrafı ise;

**Tablo 5. 18.** Toplam ekskavatör masrafı

<b>Ekskavatör Masrafı</b>	
Amortisman masrafı (saatlik)	100,548
Yakıt tüketimi (saatlik)	245,70
İşletme masrafı (saatlik)	1,4269
<b>TOPLAM</b>	<b>347,67 TL</b>
İş günü süresince maliyeti	<b>36.157,68 TL</b>

#### 5.7.4. Silindirin Saatlik Masrafı

Çalışmada silindir, dolgu tamamlandıktan sonra sıkışmasını tamamlamak amacıyla kullanılmıştır. Silindir 22-26 ton dinamik kuvvetle sıkıştırılmasını yapmaktadır. Motor gücü 76-96 HP olan bu silindirle sulaması yapılmış dolguyu sıkıştırmak için kullanılmıştır. Silindirin çalışması ile meydana gelen aşınma ve eskimenin parasal değerini oluşturan amortisman masrafları (Tablo 5.18), tüketilen yağ ve yakıt masrafları (Tablo 5.20), formen, operatör ve yağcı masraflarını oluşturan işletme masrafı (Tablo 5.21) hesaplanarak greyderin saatlik maliyeti hesaplanmıştır.

**Tablo 5. 19.** Silindir amortisman masrafı

<b>Amortisman Masrafı (saatlik)</b>			
	<b>Katsayısı</b>	<b>Makine bedeli</b>	<b>Makine amortismanı</b>
Amortisman masrafı	0,000083	258000	21,414
Yedek parça masrafı	0,000044	258000	11,352
Tamir ve bakım masrafı	0,000011	258000	2,838
Sermaye faiz ve sigorta	0,000023	258000	5,934
Nakil montaj ve de montaj	0,00001	258000	2,580
<b>TOPLAM</b>			<b>44,118 TL</b>

Silindirin sıkışma masrafı ise

**Tablo 5. 20.** Silindir sıkışma masrafı

<b>Kgm-15.052/5, silindirle sıkışma yapması</b>			
<b>Saatlik sıkışma masrafı</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>TL/m<sup>3</sup></b>	<b>TL</b>
	19	159,03	<b>3021,57 TL</b>

Silindirin saatlik harcadığı yakıt ise;

**Tablo 5. 21.** Silindir yakıt masrafı

<b>Yakıt Tüketimi (saatlik)</b>				
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Y=AxBxC</b>
	<b>Katsayısı</b>	<b>Motor gücü</b>	<b>Litre Fiyatı</b>	<b>Yakıt Tüketimi</b>
Mazot tüketimi	0,150	86	4,55	58,695
Yağ tüketimi	0,030	86	4,55	11,739
<b>TOPLAM</b>				<b>70,434 TL</b>

Silindirin bu çalışmasında günlük çalışma saati 8 alınarak hesaplanan işçilik masrafları;

**Tablo 5. 22.** Silindir işletme masrafı

İşletme Masrafı (saatlik)			
	A	B	İ=AxB
	Katsayısı	Ücreti (TL)	İşletme Masrafı
Formen ücreti	0,002	15,95	0,0319
Operatör ücreti	0,03	12,75	0,3825
Yağcı ücreti	1	8,10	1,013
TOPLAM			<b>1,4269 TL</b>

0+000-0+220 kum-çakıllı zeminin dolguda sıkıştırılması, 22 m yol genişliği ve ortalama 4 cm dolgu ihtiyacında dolgunun sıkıştırılması için;

**Tablo 5. 23.** Silindir özellikleri

Silindir hızı(v)	4,51 Km/h=75 m/dak.
Silindir genişliği	2,131 m
Süre(t <sub>0</sub> )	3,251 dak.
Zemin türü	Kum –çakıl
En büyük sıklıkta gerekli geçiş sayısı	4
Saatte çalışılan faydalı süre	50 dak/h.

Silindirin çalıştığı platform genişliği (w ) 2,131 m. olup yol genişliğinin (W) yaklaşık 1/3' ü kadardır. Yol genişliği ise 6,10 m'dir.

- Silindir hızı:  $V = 4,51 \text{ Km/h} = 75 \text{ m/dak.}$
- Kum-çakıllı Zeminin faktörü:  $f = 0,86$
- Sıkışan tabakanın genişliği:  $W = 22,00 \text{ m.}$
- Sıkışan tabaka uzunluğu:  $L = 220 \times 3 = 660 \text{ m.}$
- Sıkışan tabaka kalınlığı:  $D = 0,04 \text{ m.}$
- İhtiyaçlı geçiş sayısı:  $n = 4$ , Verim:  $E = 50/60 = 0,83$

$$\text{Devre süresi: } C_m = t_0 + \frac{L}{V} = 3.25 + 660/75 = 12.05 \text{ dak.} \quad (5.5)$$

$$\text{Verim: } Q_s = \frac{60xWxDxLxfxE}{nxC_m} \quad (5.6)$$

$$Q_s = \frac{60x2.13x0.04x660x0.86x0.83}{4x12.05} = 50m^3/h$$

$$\text{İş süresi} = \frac{19}{50} = 0.38\text{sa} = 23\text{dakika}$$

Silindirin toplam masrafı,

**Tablo 5. 24.** Toplam silindir masrafı

<b>Silindir Masrafı</b>	
Amortisman masrafı (saatlik)	44,118
Sıkıştırma masrafı (saatlik)	3021,570
Yakıt tüketimi (saatlik)	70,43
İşletme masrafı (saatlik)	1,4269
<b>TOPLAM</b>	<b>3.137,55 TL</b>
İş günü süresince maliyeti	<b>1.202,728 TL</b>

### 5.7.5. Kamyonun Saatlik Masrafı

Çalışmada kullanılan damperli kamyon, malzemenin nakli için oldukça yaygın ve kullanışlıdır. Damper kapasitesinin maliyet açısından önemi oldukça fazladır. Yani damper kapasitesi arttıkça taşınacak malzemenin tonajı, km mesafesi maliyeti de düşer. 150 HP gücünde, silme (kasa) hacmi 8.00 m<sup>3</sup> olan bir damperli kamyon seçilmiştir.

Kamyonun çalışması ile meydana gelen aşınma ve eskimenin parasal değerini oluşturan amortisman masrafları (Tablo 5.24), tüketilen yağ ve yakıt masrafları (Tablo 5.25), şoför masraflarını oluşturan işletme masrafı hesaplanarak greyderin saatlik maliyeti hesaplanmıştır.

**Tablo 5. 25.** Kamyon amortisman masrafı

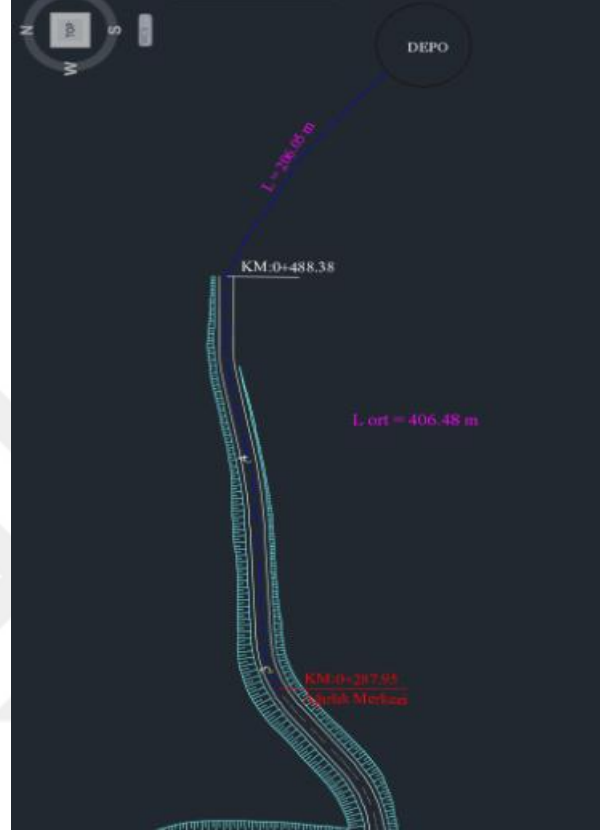
<b>Amortisman Masrafı (saatlik)</b>			
	<b>Katsayısı</b>	<b>Makine bedeli</b>	<b>Makine amortismanı</b>
	<b>K</b>	<b>M</b>	<b>KxM</b>
Amortisman masrafı	0,000083	164000	13,612
Yedek parça masrafı	0,000044	164000	7,216
Tamir ve bakım masrafı	0,000011	164000	1,804
Sermaye faiz ve sigorta	0,000023	164000	3,772
Nakil montaj ve de montaj	0,00001	164000	1,640
<b>TOPLAM</b>			<b>28,044 TL</b>

Kamyonun saatlik harcadığı yakıt ise,

**Tablo 5. 26.** Kamyon yakıt masrafı

<b>Yakıt Tüketimi (saatlik)</b>				
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Y=AxBxC</b>
	<b>Katsayısı</b>	<b>Motor gücü</b>	<b>Litre Fiyatı</b>	<b>Yakıt Tüketimi</b>
Mazot tüketimi	0,150	150	4,55	102,375
Yağ tüketimi	0,030	150	4,55	20,475
<b>TOPLAM</b>				<b>122,85 TL</b>

Kamyonun bu çalışmada günlük çalışma saati 8 alınarak şoförün saatlik çalışma masrafı 12,55 TL'dir.



Şekil 5.33. Taşıma mesafesi

Ekskavatörün 20188,494 m<sup>3</sup> kazısını 13 günde günlük 1550 m<sup>3</sup> kazması ve günlük bu miktarını depoya taşıması esas alınarak,

Kamyonun yükleme zamanı;

$$t_y = \frac{J}{d} * t \quad (5.6)$$

$$t_y = \frac{8}{3.10} * 0.60 = 1.55 \text{ dk.} \quad (5.7)$$

Dolu kamyonun zemin ağırlığı;

$$Q_y = J * \gamma \quad (5.8)$$

$$Q_y = 8 * 1.76 = 14.08 \text{ ton}$$

$$Q_t = Q_y + Q_d = 14.080 + 12.100 = 26.180 \text{ ton}$$

Kamyonun yüklü gidiş hızı;

$$V_g = \frac{\mu * 0,270 * H_m}{Q_t * (\omega + \frac{s}{100})} \left( \frac{m^3}{\text{saat}} \right) \quad (5.9)$$

$$V_g = \frac{0.9 * 0,270 * 150}{26180 * (0.06 + 0.02)} = 17.4 \text{ km/saat} \leq 60 \text{ km/saat}$$

**Kamyonu gidiş süresi ise,**

$$t_{\text{gidiş}} = \frac{L \text{ (Km)}}{V \left( \frac{\text{Km}}{\text{saat}} \right)} \quad (5.10)$$

$$t_{\text{gidiş}} = \frac{0.4065 * 60}{17,40} = 1.40 \text{ dakika}$$

**Kamyonun boşalttıktan sonra boş olarak dönüş hızı;**

$$V_d = \frac{\mu * 0.270 * H_m}{Q_d * (\omega + \frac{s}{100})}, \text{ m}^3/\text{saat} \quad (5.11)$$
$$V_d = \frac{0.9 * 0.270 * 150}{12100 * (0.06 + 0.02)} = 37.66 \text{ km/saat} \leq 60 \text{ km/saat}$$

Kamyonun dönüş süresi ise,

$$t_{\text{dönüş}} = \frac{0.4065 * 60}{37.66} = 3,98 \text{ dakika}$$

Böylece kamyonun bir seferinde geçen süre ( $\delta$ ),

$$\delta = t_{\text{yükleme}} + t_{\text{Hız kazanma manevrası}} + t_{\text{gidiş}} + t_{\text{boşaltma manevrası}} \quad (5.12)$$

$$\delta = 1,55 + 1,40 + 3,98 + 1,00 = 7,93 \text{ dk.}$$

olarak hesaplanır.

Bu hesaplamalar neticesinde kamyonun günlük verimi;

$$M_g = \frac{J}{(1+\theta_g)} * \frac{8}{\delta/60} * \beta \quad (5.13)$$

$$M_g = \frac{8,00}{(1+0,20)} * \frac{8\text{saat}}{7,93/60} * 0,70 = 282,47 \text{m}^3/\text{gün}$$

Bu verimle bu hacmi taşıyacak kamyon sayısını belirlemek için,

$$N_k = \frac{V_s^p}{M_g} * S(\text{saat}) \quad (5.14)$$
$$N_k = \frac{193,75}{278,96} * 8(\text{saat}) = 5.49 \approx 6 \text{ kamyon}$$

ihtiyacı bulunmaktadır.

Kamyonun bu masrafları ile toplam olarak,

**Tablo 5. 27.** Toplam kamyon masrafı

<b>Kamyon Masrafı</b>	
Amortisman masrafı (saatlik) x Kamyon sayısı(6)	168,26
Yakıt tüketimi (saatlik) x Kamyon sayısı(6)	737,10
Şoför masrafı (saatlik) x Kamyon sayısı(6)	75,30
<b>TOPLAM</b>	<b>980,66 TL</b>

hesaplanmıştır.

Böylece kazı, taşıma ve üretkif maliyetler toplam olarak 127.222,24 TL hesaplanmıştır (Tablo 5.27).

**Tablo 5. 28.** Toplam maliyetler

Kazı maliyeti	46.433,54 TL
Taşıma maliyeti	37.060,43 TL
Üretkif maliyetler	43.728,27 TL
<b>Toplam maliyet</b>	<b>127.222,24 TL</b>

## 6. SONUÇLAR

Bu tez kapsamında toprak işleri şantiyesinde kazı, taşıma ve prodüktif maliyetler incelenmiş olup eldeki projenin verimlilik ölçüsünde değerlendirilmesi yapılmıştır. Proje belirlendikten sonra kübaj hesabı yapıp dolgu ve yarma miktarları hesaplanmıştır. Dolgu ve yarma en kesitleri çizilip, daha sonra Brükner eğrisi belirlenmiştir. Bu egride dolgu ve yarmaların birbirini karşılayıp sıfırladığı anlaşılmıştır. Bu dolgu ve yarma miktarları ile depoya ihtiyaç duyulduğu anlaşılmıştır. Dolgu ihtiyacı 19 m<sup>3</sup> gibi çok az bir miktar olduğu anlaşılıp 150 m taşıma ile giderilmiştir. Yarma miktarı ise dolgu karşılandıktan sonra 20188,494 m<sup>3</sup> olmuştur. Bu miktar elde fazladan kaldığı için depolama ihtiyacı doğmuştur. Daha sonra uygun bir depo alanı belirlenip malzeme buraya taşınması yapılmıştır. Taşıma aracı belirlendikten sonra taşıma hesapları yapıp ortalama taşıma uzaklığı hesaplanmıştır. Dolgu miktarının karşılanması, yarma kazısının yapılması ve bu kazının taşınması ile dolgunun tesviyesi, sıkıştırılması için gerekli iş makineleri seçilmiştir. İş makinelerinin seçiminde özellikle proje özellikleri ve ihtiyaçları dikkate alınmıştır. Bu kapsamda her birinin bitirme süreleri belirlenmiştir. Bu iş bitirme sürelerinin maliyete etkisi oldukça önemli olduğu anlaşılmıştır. Bu maliyetler, 2017 KGM ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığının birim fiyatları temin edilip, bu birim fiyatlar esas alınarak maliyetleri birebir hesaplanmıştır. Bu esasta toprak işleri şantiyesinde kazı, yükleme ve taşıma maliyetleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Diğer şantiye ve işçilik giderleri gibi prodüktif maliyetler de hesaplanarak, bu değerlendirmede toprak işlerinin toplam maliyetleri belirlenmiştir.

Maliyet değerlendirmelerinde, proje özellikleri ve koşullarının büyük bir önemi olduğu görülmüştür. Özellikle makine seçimlerinde arazi koşulları dikkate alınmıştır, makinelerin güçleri bu doğrultuda seçilmiştir. Zemin sökme katsayısı düşük olan bir zemine çok yüksek motor gücüne sahip ekskavatör ile kazı yapıldığında makinenin prodüktif maliyetler kapsamında genel maliyete arttırma yönünden önemli bir etkisi olduğu anlaşılmıştır. Bu makinelerin verimliliği için operatörlerin kullanımının büyük bir önemi olduğu da görülmektedir. Taşıma maliyetlerinde brükner eğrisinde yarma malzemesinin dolgu malzemesinde kullanılabilir olması ve taşınması, eğrinin kapanmasında etkili olduğu gibi taşıma momentini etkileyip maliyeti düşürmede etkili olduğu anlaşılmıştır.

## KAYNAKLAR

1. **Şahinkaya, Onur**, 2013. *Türk-Hırvat Karayolları Teknik Şartnamelerinin Toprak İşleri Açısından Karşılaştırılması*. Diss. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013.
2. **Evren, G.**, 1994. *Toprak İşleri*, Birsen Yayınevi, İstanbul.
3. **Kuruoğlu, M.**, 2003, "İnşaat Proje Yönetimi Temel İlkeleri-1" İMO Bülten 66.
4. **Agapiou, A., Flanagan, R., Norman, G. ve Notman, D.**, 1998, "The changing role of builder's merchants in the construction supply chain", *Construction Management and Economics*, 16, 351-361.
5. **Arditi, D., Akan, G. T. ve Gurdamar, S.**, 1985, "Reasons for delays in public projects in Turkey", *Construction Management and Economics*, 3, 171-181.
6. **Abdul-Rahman, H. ve Alidrisyi, M. N.**, 1994, "A perspective of materials management practices in a fast developing economy: the case of Malaysia", *Construction Management and Economics*, 12, 413-422.
7. **Ibn-Homaid, N.T.**, 2002, "A comparative evaluation of construction and manufacturing materials management", *International Journal of Project Management*, 20, 263-270.
8. **Polat, G. ve Ballard, G.**, 2004, "Waste in Turkish construction: need for lean construction techniques", *Proceedings, 12th International Group of Lean Construction Conference*, Ağustos 3-5, Helsingor, Danimarka.
9. **Sobotka, A.**, 2000, "Simulation modeling for logistics re-engineering in the construction company", *Construction Management and Economics*, 18, 183-195.
10. **Shmanske, S.**, 2003, "JIT and the complementarity of buffers and lot size", *American Business Review*, 21, 1, 100-106.
11. **Polat, G., ve Müngen U.**, 2011, "İnşaat sektöründe ekonomik malzeme yönetim sistemi seçimi için simülasyon modeli" İTÜDERGİSİ/d 5.2.
12. **Ocakçı, Ayşe**, 2015 *İnşaat İşletmelerinde Maliyet Kontrol Aracı Olarak Esnek Bütçeleme ve Bir Uygulama*. Diss. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2015.
13. **El-Sayegh, Sameh M., and Mahmoud H. Mansour**. 2015, "Risk Assessment And Allocation In Highway Construction Projects In The UAE." *Journal of Management in Engineering*, 31.6: 04015004.

14. **Wilmot, Chester G., and Bing Mei.** 2005, "*Neural Network Modeling Of Highway Construction Costs.*" *Journal Of Construction Engineering And Management* 131.7: 765-771.
15. **Coşkun, Onur, and İsmail Ekmekçi.,** 2011. "*Bir İnşaat Projesinin Evreleri İle Zaman Ve Maliyet Analizinin Proje Yönetim Teknikleri Vasıtasıyla İncelenmesi.*" .
16. **Uğur, Latif Onur.,**2007. "*İnşaat Firmalarının Maliyet ve Süre Belirleme Yöntemleri Üzerine Bir Alan Çalışması.*" İnşaat Yönetimi Kongresi .
17. **Acar, H. Hulusi, et al.** "*The Investigation Of Approximate Cost And Progress Payment For Forest Roads to be Built In Artvin Region Of Turkey.*"
18. **Hassanein, A., and O. Moselhi.** "Planning and scheduling highway construction." *Journal of construction engineering and management* 130.5 (2004): 638-646.
19. **Göktepe, A. Burak, A. Hilmi Lav, and Selim Altun.** "*Ağırlıklı Siyah Çizgi Yöntemi İle Yol Projelendirmede Toprak İşleri Optimizasyonu.*"
20. **Turabi, Ayse, and Suat Cüre.** "*Otoyol Esnek Üstyapı İnşaatı Kalite Kontrolünde Kalite Yönetim Sisteminin Uygulanabilirliği.*" *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 7.1 (2016): 26-39.
21. **Kabasakal, Ali, and Ali Osman Solak.** "*Demiryolu ve karayolu ulaştırma sistemlerinin ekonomik etkinlik analizi.*" (2010).
22. **Özkan, Eray,**2013 *Optimization of Highway Vertical Alignment by Direct Search Technique.* Diss. Middle East Technical University,.
23. **Acar, H. Hulusi, and Mehmet Karabacak.** "*Göller Bölgesi Orman Yolu İnşaatlarında Yaklaşık Maliyet ve Hakediş Değerlerinin İrdelenmesi.*"(2012): 21-27.
24. **Alver, Ceyhan.** *Orta Ölçekli Bir Müteahhitlik Firmasında Şantiye Genel Giderlerinin Bir Bileşeni Olarak Şantiye Yönetimi Maliyetleri Üzerine İstatistiksel Bir Değerlendirme.* Diss. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2015.
25. **Kırmanlı, İ. Cengiz.** *Açık İşletmelerde Optimum Ekipman Seçimi.* Diss. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2015.
26. **Galipoğulları, Niyazi.** *Uygulamalı Toplam İnşaat Yönetimi.* Birsen Yayınevi, 2007.
27. **Galipoğulları, N.,** *İnşaat yönetimi 2001,* Birsen Yayınevi, İstanbul, (2001).
28. **Birecikli M.,** *Toprak işleri ve iş makineleri,* Birsen Yayınevi, İstanbul, (2009).

## ÖZGEÇMİŞ

Dursun BAKIR, 1989 yılında Elazığ'da doğmuştur. İlköğrenimini Elazığ Şair Hayri İlköğretim Okulunda, ortaöğrenimini Elazığ Mezre İlköğretim Okulunda ve lise öğrenimini ise Elazığ Mehmet Akif Ersoy lisesinde tamamlamıştır. 2008 yılında girdiği Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünden 2012 yılında mezun olmuştur. Kolin İnşaat şirketinde 2 yıl çalıştıktan sonra 2014 yılında yüksek lisans eğitimine başlamış ve 2014 yılında Bitlis Eren Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümüne araştırma görevlisi olarak atanmıştır.

Yazar, halen Bitlis Eren Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.