

**ALTYAPI YAPIM İŞLERİNDE KAZISIZ TEKNOLOJİLERİN AVANTAJLARI VE
BORU İTME YÖNTEMİNİN İNCELENMESİ**

HALUK HALİSDEMİR

İnşaat Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Taner Mustafa CENGİZ

2022

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ALTYAPI YAPIM İŞLERİNDE KAZISIZ TEKNOLOJİLERİN AVANTAJLARI VE
BORU İTME YÖNTEMİNİN İNCELENMESİ

HALUK HALİSDEMİR

ORCID: 0000-0001-9107-0386

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Taner Mustafa CENGİZ

HAZİRAN-2022

Her hakkı saklıdır.

ÖZET

ALTYAPI YAPIM İŞLERİNDE KAZISIZ TEKNOLOJİLERİN AVANTAJLARI VE BORU İTME YÖNTEMİNİN İNCELENMESİ

Haluk HALİSDEMİR

İnşaat Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Taner Mustafa CENGİZ

Altyapı sistemleri, kentsel sistemin temel öğelerindedir. Elektrik, su, doğalgaz ve internet gibi temel ihtiyaçların kesintisiz sağlanabilmesi, kullanım sonucu açığa çıkan atık suların güvenli bir şekilde uzaklaştırılabilmesi için altyapı sistemlerinin gelişen kent hayatına cevap verebilecek nitelikte ve sürdürülebilir olması gerekmektedir. Kırsal alanlardan kentlere doğru olan göçler sonucu artan kent nüfusu, altyapı sistemlerinin önemini arttırmaktadır. Yeni hatlarının yapımı, var olan hatların bakım ve onarımı özellikle yoğun nüfuslu kentlerde önem kazanan bir konu haline gelmektedir. Söz konusu işlemler açık kazı yöntemiyle yapılabileceği gibi, sosyal ve ekonomik maliyetlerin yüksek olmasından dolayı kazısız yöntemler son yıllarda tercih edilmektedir. Özellikle hızla gelişen teknolojiler ile birlikte kazısız yöntemler, geleneksel açık kazı yöntemlerine göre teknik, ekonomik ve sosyal açılardan daha uygulanabilir olmaktadır. Bu çalışmanın ilk kısmında geleneksel açık kazılı yöntemler ve kazısız teknoloji yöntemlerinden genel olarak bahsedilmiş, ikinci bölümünde ise kazısız teknoloji yöntemlerinden biri olan boru itme (sürme) yöntemi avantajlarıyla açıklanmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Açık kazı, Kazısız teknoloji yöntemleri, Boru itme, Boru sürme, Atıksu, Altyapı hizmetleri

ABSTRACT

ADVANTAGES OF TRENCHLESS TECHNOLOGIES IN INFRASTRUCTURE CONSTRUCTIONS AND INVESTIGATION OF PIPE PUSHING METHOD

Haluk HALİSDEMİR

Department of Civil Engineering

MSc. Thesis

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Taner Mustafa CENGİZ

Infrastructure systems are one of the basic elements of the urban system. In order to provide uninterrupted basic needs such as electricity, water, natural gas and internet, and to safely remove wastewater from use, infrastructure systems must be sustainable and capable of responding to the developing city life. Increasing urban population as a result of migration from rural areas to cities increases the importance of infrastructure systems. The construction of new lines, the maintenance and repair of existing lines are becoming an important issue especially in densely populated cities. Although these operations can be done with the open excavation method, trenchless methods have been preferred in recent years due to the high social and economic costs. Especially with the rapidly developing technologies, trenchless methods are more applicable technically, economically and socially than traditional open excavation methods. In the first part of this study, traditional open-pit methods and trenchless technology methods were mentioned in general, and in the second part, pipe pushing (sliding) method, which is one of the trenchless technology methods, was tried to be explained with its advantages.

Keywords: Open excavation, Trenchless technology methods, Pipe pushing, Pipe driving, Wastewater, Infrastructure services

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
SİMGELER DİZİNİ.....	viii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
TEŞEKKÜR.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAZILI YÖNTEMLERİN İNCELENMESİ	3
2.1. İksalı Kanal Kazısı	5
2.2. Şevli Kanal Kazısı	6
3. KAZISIZ YÖNTEMLERİN İNCELENMESİ.....	9
3.1. Yatay Yönlendirilebilir Delgi Yöntemi (YYD).....	11
3.1.1. Klavuz Hattın Açılması.....	11
3.1.2. Genişletme.....	12
3.1.3. Boru Çekme.....	13
3.2. Boru Patlatma Yöntemi	15
3.3. Boru İtme (Sürme) Yöntemi	16
3.3.1. Mikrotünel Sistemi İle Boru Sürme	17
3.3.2. Konvansiyonel Sistem İle Boru Sürme.....	19
3.3.3. Helezonlu Yatay Delgi (Boring) Metodu İle Boru Sürme	20
4. KAZISIZ YÖNTEMLER İLE KAZISIZ YÖNTEMLERİN KİYASLANMASI ...	23
4.1. Sosyal Etkiler	23
4.1.1. Zaman Kaybı	23
4.1.2. Servis Sağayıcılarda Meydana Gelen Aksaklıklar	24
4.1.3. Yaşam Kalitesinde Düşüş	24
4.2. Ekonomik Etkiler.....	25
4.2.1. Yol Hasarı	25
4.2.2. Servis Yolları.....	26
4.2.3. Fazladan Ekip-Ekipman ve Yakıt Kullanımı	27
4.2.4. Trafik Kazalarında Artış	27
4.2.5. Gelir Kaybı	27

4.2.6. Servis Sağlayıcılara Verilen Zararlar	28
4.3. Çevresel Etkiler.....	29
4.3.1. Görüntü ve Hava Kirliliği.....	29
4.3.2. Toz ve Çamur	30
4.3.3. Hafriyat Nakilleri	30
4.3.4. Ağaçlara ve Ekosisteme Verilen Zararlar	32
4.3.5. Yeraltı ve İçme sularında Kirlilik	32
4.3.6. Salgın Hastalıklar	32
4.3.7. Çevredeki Üstyapı Tesislerine Verilen Zararlar	33
5. ATIKSU ALTYAPI MALİYETİNİN KAZILI VE KAZISIZ YÖNTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI.....	34
5.1. Atıksu Kanal Projesinin Detayları.....	34
5.2. Geleneksel Açık Kazılı Yöntem İle Atıksu Kanal İmalatı Maliyeti	35
5.3. Kazısız Teknoloji Yöntemiyle Atıksu Kanal İmalatı Maliyeti.....	39
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	43
KAYNAKLAR	45
ÖZGEÇMİŞ.....	47

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Kanalizasyon Şebekelerinin Tasarımında Kullanılacak Maksimum Ve Minimum Limitler	4
Çizelge 2.2. Değişik Zeminlere Göre Şev Açıları	7
Çizelge 4.1. 2017 - 2018 Yılları Türkiye'deki (55 İl) Doğalgaz Boru Hattı Hasar Sayıları	28
Çizelge 5.1. Muflu Beton-Betonarme Boru Tasarım Özellikleri	35
Çizelge 5.2. Hendek Genişliği Tablosu	36
Çizelge 5.3. Geleneksel Açık Kazılı İmalat Analiz Formatı	38
Çizelge 5.4. Hendek Genişliği Tablosu	40



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. İksalı kanal kazısı	5
Şekil 2.2. Şevli kanal kazısı örneği	7
Şekil 3.1.1. Kılavuz hattın açılması.....	12
Şekil 3.1.2. Kılavuz hattın genişletilmesi	13
Şekil 3.1.3. Yeni borunun çekilmesi.....	14
Şekil 3.2. Boru patlatma yöntemi	15
Şekil 3.3. Mikrotünel sistemi ile boru sürme yöntemi	17
Şekil 3.4. Konvansiyonel sistem ile boru sürme yöntemi	19
Şekil 3.5. Helezonlar	21
Şekil 3.6. Helezonlu yatay delgi metodu ile boru sürme.....	22
Şekil 4.1. Yama asfalt uygulamaları.....	25
Şekil 4.2. Hafriyat kamyonu kazası.....	31
Şekil 5.1. Açık kazı hendeği tip en kesiti	37

SİMGELER DİZİNİ

Sm ³	Standart metreküp
Km	Kilometre
m	Metre
m ³	Metreküp
mm	Milimetre
mpa	Megapascal
₺	Türk Lirası
cm	Santimetre



KISALTMALAR DİZİNİ

Ar-Ge	Araştırma Geliştirme
DIN	Alman Standartlar Enstitüsü (Deutsches Institut Für Normung)
OSHA	Avrupa İş Sağlığı Ve Güvenliği Ajansı (Occupational Safety And Health Administration)
NASTT	Kuzey Amerika Kazısız Teknoloji Cemiyeti (North American Society For Trenchless Technology)
İSKİ	İstanbul Su Ve Kanalizasyon İdaresi
ICE	İngiltere İnşaat Mühendisleri Enstitüsü (Institution Of Civil Engineers)
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
ADNKS	Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel Ve Teknolojik Araştırma Kurumu
YYD	Yatay Yönlendirilebilir Delgi
TANAP	Trans Anadolu Doğalgaz Boru Hattı Projesi
BOTAŞ	Boru Hatları İle Petrol Taşıma Anonim Şirketi
HDPE	High Density Polyethylene
DSİ	Devlet Su İşleri
GPS	Global Positioning System
BWB	Berlin Sular İdaresi (Berliner Wasserbetriebe)

TEŞEKKÜR

Uzmanlık tez danışmanlığımı üstlenerek tez çalışmama katkı sağlayan ve desteğini hiç esirgemeyen değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Taner Mustafa Cengiz'e (Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi / İnşaat Mühendisliği Bölümü / Hidrolik Anabilim Dalı) teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca bu günlere ulaşmamı sağlayan, benden öğütlerini hiç esirgemeyen sevgili aileme ve desteklerinden ötürü eşim Tuba HALİSDEMİR'e sonsuz teşekkür ederim.

Haluk HALİSDEMİR

İNşaat Mühendisi

1. GİRİŞ

Türkiye İstatistik Kurumu'nun 04.02.2021 tarihli yayımına göre Türkiye'de 2019 yılında %92,8 olan il ve ilçe merkezlerinde yaşayanların oranı 2020 yılında %93 olmuştur. Ülkemizde hızlı nüfus artışı ile birlikte kırsal alanların iticiliğine karşı kentlerin çekiciliği sonucu artan kentsel nüfus ile şehir sınırları genişlemekte, bunun sonucunda plansız ve uygun altyapıdan yoksun yerleşim alanları oluşmaktadır. Özellikle temel ihtiyaçlardan olan elektrik, su, doğalgaz, telefon ve fiber gibi altyapı tesislerine olan ihtiyaç artmaktadır. Ayrıca plansız kentleşme sonucu mevcut altyapı tesisleri ihtiyacı karşılayamaz duruma gelmektedir. Böyle durumlarda mevcut altyapı tesislerinin rehabilitasyonu yapılarak kesit büyütülmekte, bazen de mevcut hatlar iptal edilerek yeni hatların döşenmesi gerekmektedir.

Şehirlerde artan nüfusa bağlı olarak yetersiz kalan altyapı hizmetleri sonucu insanların yaşam kalitesinde düşüşler yaşanmaktadır. Özellikle gelir ve refah seviyesindeki iyileşme sonucu şehirlerde yaşayan insanların yaşam kalitesine ilişkin beklentileri artmıştır. Kentsel yaşam kalitesi; toplumsal, ekonomik ve mekânsal özellikler açısından kent olarak tanımlanan yerlerde; kentsel altyapı, iletişim, ulaşım, konut gibi temel hizmetlerin sunulma düzeyinin, asgari standartların üstünde olması olarak tanımlanmaktadır [1].

Şehirlerde yaşayan bireylerin yaşam kalitesini arttıran altyapı, ulaşım ve konut gibi temel hizmetlerden olan altyapı, diğer tüm hizmetlerin temelini oluşturmaktadır. Altyapı hizmetlerinin yetersiz olması sonucu yenileme çalışmaları ulaşımı olumsuz etkilerken altyapısı olmayan bir bölgenin yapılaşmasının çok daha büyük sorunlar meydana getireceği aşikardır.

Altyapı hizmetlerinin inşası ve rehabilitasyonunda iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlar; klasik açık kazı ve kazısız teknoloji yöntemidir.

Klasik açık kazılı yöntemler; altyapı hizmet sağlayıcısı tarafından zeminden başlanarak proje derinliğine kadar kazı yapılması, uygun derinlikte imalat yapıldıktan sonra dolgu yapılarak üst kaplamanın yapılması işlemidir. Klasik açık kazılı yöntemlerde imalat esnasında kazı ve dolgu işlemleri nedeniyle büyük miktarda hafriyat meydana gelmekte, mevcut altyapı – üstyapı tesislerine zarar verilmekte, yaya ve araç güvenliği tehlikeye atılmakta ve yoğun araç trafiği meydana gelmektedir. Tüm bu durumlar klasik açık kazılı imatları uygulanabilir bir yöntem olmaktan çıkardığından alternatif yöntemler aranmıştır.

Gelişen teknoloji ve ar-ge çalışmaları neticesinde kazısız teknolojik yöntemler geliştirilmiş olup zamanla her türlü ihtiyaca cevap verebilecek şekilde uyarlanmıştır. Özellikle derin kazı gerektiren, trafik yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde kazısız teknolojik yöntemler çok avantajlı hale gelmektedir. Örneğin Ankara – İstanbul Otoyolu altından geçirilmesi planlanan bir altyapı tesisinin klasik aç – kapat yöntemle yapılarak yolun günlerce kapatılması düşünülemez. Eski, yıpranmış veya tarihi bir yapının yakınında derin bir kazı yapılması durumunda binanın zarar görme ihtimali yüksektir.

Klasik açık kazılı yöntemler ile inşa edilemeyecek durumlar da bulunmaktadır. Özellikle derin kazı gerektiren projelerde kazısız teknolojik yöntemler tercih edilmek zorundadır. Yerin ortalama 20 metre derinliğinde yapılması planlanan bir atık su tünelinin klasik açık kazılı yöntemler ile inşa edilmesi neredeyse imkansızdır.

Kazısız teknolojiler o kadar önemli ki şehirdeki trafik problemi, kazıdan kaynaklanan bir takım gürültü problemleri gibi birçok problemi ortadan kaldıran, sessiz, sedasız, şehrin normal yaşayışını etkilemeden problemi çözen bir sistemdir [2].

Bu çalışmada klasik açık kazılı yöntemler ile kazısız teknolojik yöntemler anlatılarak uygulama alanlarına göre kıyaslanmış ve kazısız teknolojik yöntemlerden biri olan boru itme (sürme) yöntemi ele alınarak detaylı bir şekilde incelenmiştir. Altyapı hizmetlerinin daha etkin ve verimli uygulanabilmesi, daha az maliyetlerle imalatlar yapılabilmesi, sosyal ve çevresel zararların en aza indirilebilmesi hususlarında kazısız teknolojik yöntemlerin etkileri araştırılmış, uygulamada karşılaşılan olumsuzluklar irdelenerek çözüm önerileri sunulmuştur.

2. KAZILI YÖNTEMLERİN İNCELENMESİ

Geleneksel olarak nitelendirilebilen klasik açık kazılı yöntemler özellikle mevcut altyapı tesislerinde hasar oluşması ve tamirat yapılarak sorunun çözülebileceği durumlarda uygulanmaktadır. Bu yöntem; zeminden başlanarak proje kotuna kadar kazı yapılması, zeminin taşıma gücüne göre gerekli iyileştirme yapıldıktan sonra proje kotunda imalat yapılması ve teknik şartnamesine uygun evsafa dolgu malzemesi ile dolgusunun yapılması işlemlerinden oluşmaktadır.

Klasik açık kazılı imalatlarda çalışma yapılacak alanda gerekli güvenlik önlemleri alınır. Yaya ve araç trafiği için yönlendirme levhaları yerleştirilir. Gerekmesi halinde servis yolları yapılır. Çalışma yapılacak alan güzergahı kullanan yaya ve araçlardan izole hale getirilerek çalışmalara başlanır. Mevcut zemin kaplaması kaldırıldıktan sonra kazıya başlanır. Kazı derinliğine ve zeminin kendini tutma niteliğine göre iksalı veya şevli kazı yapılır. Kazıdan çıkan inşaat artığı malzeme kamyonlar vasıtasıyla kesin depoya nakledilir.

Zeminin taşıma gücüne göre boru altında gerekli iyileştirme yapılır. Gevşek kum zeminlerde taşıma gücünü artırmak ve sıvılaşma potansiyelini azaltmak için, yumuşak kil zeminlerde ise genelde taşıma gücünü artırmak, konsolidasyon oturmalarını azaltmak veya sınırlandırmak için zemin iyileştirmesine gidilmektedir [3].

Zemin iyileştirmesi yapıldıktan sonra proje derinliğinde kanal imalatı yapılır. Proje kotunda imalat yapılması çok önemlidir. Özellikle basınçsız (cazibesiz) çalışan hatlarda (atık su kanalları gibi) proje eğimine göre imalat yapılmasına çok dikkat edilmelidir. Eğimin uygulanabilir limitler dışında olması durumunda proje ömrü öngörülenden çok daha az olmaktadır. Bu konuda işçi ve operatörlerin teknik bilgi-birikimlerine olan ihtiyaç fazladır.

Çizelge 2.1. Kanalizasyon şebekelerinin tasarımında kullanılacak maksimum ve minimum limitler [4]

Çap (mm)	Minimum Eğim	Minimum İstisnai Eğim	Maximum Eğim
200	300	-	7
300	500	-	7
400	600	900	25
500	800	1000	25
600	1000	1500	25
700	1000	1500	50
800	1200	1800	50
900	1500	1800	50
1000	2000	2500	75
1200	2050	2500	75
1400	2100	2500	75
1600	2150	2500	75
2000	2250	2500	75
3000	-	-	75

Proje kotunda boru döşendikten sonra uygun evsafa dolgu malzemesi çalışma sahasına getirilir. Silindir vasıtasıyla kademeler halinde sıkıştırma işlemi yapılarak dolgu tamamlanır. Bu esnada sıkıştırma işleminin eksik yapılması halinde imalat sonrası zeminde oturmalar meydana gelebilmektedir. Dolgu işlemi tamamlandıktan sonra bölgenin önemine binaen çelik hasırlı beton atılır ve sonrasında üst kaplama (asfalt, parke vs.) yapılarak bölge trafiğe açılır.

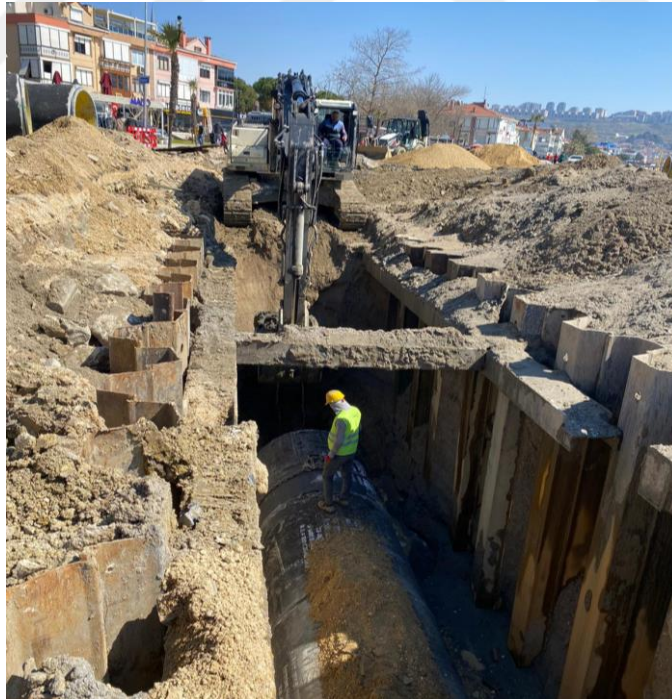
Kazı yapılan zeminin kendini tutma niteliğinin düşük olması durumunda göçmeler meydana gelebilmektedir. Hendek kazısı yan yüzeylerindeki zeminin kayarak hendek çukuruna dolmasını önlemek, çalışanların can ve mal güvenliğini korumak amacıyla açık kazılar iksalı veya şevli yapılmaktadır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 2018/10 sayılı Genelgesine göre 1,75 m'den daha derin bir kazı yapılması gerektiği takdirde, kazının uygun şev açıları verilmek suretiyle şevli olarak yapılması veya kazıya başlanmadan önce kazı çukuru çevresinde bir iksa sistemi (dayanma yapısı) inşa edilerek yatay toprak basınçlarının karşılanması suretiyle önlem alınması zorunludur [5].

2.1. İksalı Kanal Kazısı

İksa, herhangi türde bir yapının toprak altındaki bölümlerinin gereken güvenlik, kolaylık ve kalitede üretilebilmesi için; insanları, inşaat çevresindeki yapı ve canlıları, işi ve iş sahasını oluşturmak ve korumak için genellikle geçici olarak uygulanan toprak tutma yapılarıdır [6].

Genellikle şehir merkezlerinde yapılan altyapı çalışmalarında üstyapı tesisleri nedeniyle geniş kazılar yapılamamaktadır. Bu durumda hendek kazısı yan yüzeylerindeki zeminin çalışma sahasına dolmasını önlemek ve hendek içerisinde çalışanların can güvenliğini sağlamak amacıyla kazı destekleme sistemi (iksa) kullanılmaktadır.



Şekil 2.1. İksalı kanal kazısı

İksa sistemi uygulanmadan yapılan kanal kazılarında zeminde göçme meydana gelmekte, bu durum can ve mal kayıplarına sebep olmaktadır. Yapılan bir araştırmada inşaatlarda meydana gelen 5 239 iş kazası incelenmiş ve ölümlü kazaların %5,8'inin kazı kenarlarının göçmesi nedeniyle oluştuğu tespit edilmiştir. Yine aynı araştırmaya göre kanal inşaatı şantiyelerindeki ölümlü kazaların %46,3'ü kazı kenarlarının göçmesi nedeniyle meydana gelmektedir [7].

1 m³ zemin ağırlığı yaklaşık 1,5 – 1,7 ton civarında olup bu yaklaşık 1 araba ağırlığı kadardır. Toprak türü, nem miktarı, titreşimler, hava koşulları, önceki kazılar, yakındaki mevcut yapılar gibi etkenlerle meydana gelen bir göçme olayında iksa kullanılmaması durumunda göçük altında işçi kalabilmekte, kurtarılsa bile iç organlarda ciddi hasarlar ve ezilmeler meydana gelmektedir.

2.2. Şevli Kanal Kazısı

Kazı çalışması yapılacak alan çevresinde geniş kazıların yapılmasına engel teşkil edebilecek yapıların bulunmadığı durumlarda uygulanan yöntemdir. Yer altı su seviyesinin altındaki kazılarda uygulanamaz. Zeminin özelliğine ve derinliğine göre önceden belirlenen şev oranına göre kademeli olarak palyeler ve şevler ile imalat yapılacak derinliğe kadar kazı yapılır.

Şevli kanal kazısı esnasında kazı ve dolgu miktarı artmaktadır. Bu yönden iksalı kanal kazısına göre çok daha fazla hafriyat çıkmaktadır. Çalışma yapılacak zeminin yapısına ve proje derinliğine göre maliyet açısından iksalı kanal kazısına göre avantajlı veya dezavantajlı olabilmektedir.



Şekil 2.2. Şevli kanal kazısı örneği [8]

Alman Standartlar Birliği (DIN 4214) 4.1: Toprak ve kayadaki çalışmalarda, yan yüzeylerin 1,25 m'den yüksek olması halinde iksa yapılmadığı takdirde inşaat temelindeki zemin ve yer altı su durumuyla gelen yükler göz önünde tutularak kendini tutabilecek biçimde şevlendirilerek kazı yapılır [9].

Zeminler genel olarak ince kum, çakıl, kil, kırmataş, yumuşak kaya ve sert kaya olarak sınıflandırılabilir.

Çizelge 2.2. Değişik zeminlere göre şev açıları [10]

Zemin	Dolgu		Yarma	
	Kuru	Suya Doymuş	Kuru	Suya Doymuş
İnce Kum	30	20	30	20
Çakıl	35	30	35	30
Kil	35	20	40	20
Kırmataş	45	40	45	40
Yumuşak Kaya	45	45	55	55
Sert Kaya	45	45	80	80

Şevin üst kenarından itibaren 2,00 m yatay mesafe içinde herhangi bir altyapı (doğalgaz, su, atık su, elektrik, telekom hatları veya yapı temeli, bodrum kat vb gömülü yapılar vb) bulunmayacaktır [11].

Şevli kanal kazısı yönteminin uygulanmasına en büyük engel çevredeki yapılardır. Geçmişte çokça kullanılan bu yöntem şehirleşmenin artmasıyla işlevselliğini yitirmiştir. Günümüzde kırsal bölgelerde kullanılsa bile hafriyat nakillerinin çok olması, çevredeki yapıların hareket alanını sınırlandırması gibi nedenlerle iksalı kanal kazısı yöntemi şehirlerde daha uygulanabilir durumdadır. Çalışma yapılan yolun çevresindeki yaya ve araç trafiğinin etkilenmesi, yol kaplamasının fazla bozulması söz konusu olduğundan ekonomik açıdan şevli kanal kazısı daha avantajlı olsa dahi iksa uygulanması daha doğru olacaktır.



3. KAZISIZ YÖNTEMLERİN İNCELENMESİ

Şehir nüfusunun arttığı ve yeni yerleşim yerlerinin açıldığı bölgelerde altyapı sistemlerinin rehabilitasyonu ve imalatı büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmaların geleneksel açık kazılı yöntemler ile yapılmasının meydana getirdiği olumsuzluklar sonucu alternatif yöntemler aranmıştır. Gelişen teknoloji ve bu alanda yapılan çalışmalar neticesinde kazısız teknolojik yöntemler geliştirilmiştir.

Kazısız yöntemler, adından da anlaşılacağı üzere çalışmanın açık kazı olmadan yerin altından gerçekleştirilmesidir. Bu yöntem ile yapılan imalatlarda zemin üzerinde herhangi bir çalışma yapılmamaktadır. Bu sayede gündelik hayat etkilenmemekte, sosyal hayat ve doğaya etkisi en aza indirilmektedir.

Kazısız teknoloji, yeraltı hatlarının döşenmesi, değiştirilmesi, incelenmesi, yerlerinin tespit edilmesi ve kaçakların belirlenmesi eylemlerinin toprak yüzeyinden en az kazı yapılarak gerçekleştirilmesidir [12].

İstanbul gibi yoğun nüfus alan bir kentin altyapı hizmetlerine olan gereksinimi süreklilik arz etmektedir. Mevcutta 50 hanenin bulunduğu bir sokak kentsel dönüşüm projeleri ile siteleşmesi sonucu bir anda 1 000 haneye ulaşmaktadır. Böyle bir durumda içme suyu, atık su ve internet gibi altyapı hizmetlerinin mevcut haliyle yeni talebi karşılaması imkansızdır. Yeni nüfusa göre yapılan projelerin uygulanmasının önünde birçok engel bulunmaktadır. Halihazırda trafik yoğunluğu fazla olan bir şehrin altyapı çalışmaları nedeniyle yollarının kapatılması sonucu oluşabilecek kargaşa düşünüldüğünde çok daha fazla olmaktadır. Yolların dar olması da servis yollarının yapılmasını zorlaştırmaktadır.

Kırsal alanda yapılan altyapı çalışmaları esnasında öngörülmeleyen aksaklıkların oluşma ihtimali düşüktür. Ancak eski yerleşim yerlerinde yapılan çalışmalar esnasında farklı kurumlara ait altyapı tesislerine zarar verilmemesi düşünülemez. Özellikle de yıllarca altyapı çalışması yapılmamış bölgelerde yapılan çalışmalarda mevcut altyapı tesislerinin kot ve güzergah bilgilerine ulaşmak neredeyse imkansızdır. Böyle bölgelerde yapılan çalışmalar esnasında farklı servis sağlayıcıların hatlarına zarar verilmekte, bu durum tahmin edilen maliyetleri büyük oranda arttırmaktadır. Yine bu süreçte servis sağlayıcılardan hizmet alamayarak mağdur olan abone sayısı da çok fazla olmaktadır.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Yol Bakım ve Altyapı Koordinasyon Daire Başkanlığı Günlük Çalışma Programına göre 20.09.2021 Pazartesi günü İstanbul genelinde 119 farklı adreste çalışma yapılmıştır [13]. Bu çalışmalar esnasında güzergahı kullanan vatandaşların mağduriyet yaşamaması için çeşitli tedbirler alınmakla birlikte şerit daraltılmaya gidilmesi bile trafiğin olağan akışını etkileyerek yoğunluk oluşmasına sebep olmaktadır.

Mayıs 2021 itibariyle İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) tarafından 15 462 452 kişiye hizmet verilmektedir. Bunun için 19 769 km su şebekesi ve 16 482 km kanal şebekesi bulunmaktadır [14]. Bu hatların sürekli bakım ve onarımı yapılmakta, eski hatlar yenilenmekte, kesiti yetersiz hatların çapları büyütülmektedir.

Altyapı tesislerinin servis sağlayıcılar tarafından işletilmesi ve talep eden tüm abonelere hizmet verilebilmesi için; yeni hatlar yapılmalı, eskime – bozulma nedeniyle işlevselliğini yitirmiş hatlara müdahale edilerek sorun giderilmeli ve kesiti yetersiz hatların çapları büyütülmelidir.

Çalışan ve talebi karşılayabilen hatların çeşitli etkenlerle işlevselliğini yitirmesi durumunda lokal müdahaleler ile sorunlu bölgenin onarımının yapılması gerekmektedir. Böyle durumlarda açık kazılı yöntemler tercih edilmekle birlikte bu konuda yapılacak ar-ge çalışmaları ile geliştirilecek kazısız teknoloji yöntemleri bu alanda daha aktif kullanılabilir.

Yeni hat yapılması veya artan nüfus ile kesit büyütülmesi taleplerinin yerine getirilmesinde kazısız teknolojik yöntemler; ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan çok daha uygun olmaktadır. Özellikle cazibesıyla akan kanalizasyon hatlarında derin kazılar gerekmesi durumunda yüzeysel altyapı tesislerine verilen hasarlar öngörülenden çok daha fazla olmaktadır.

Klasik açık kazılı yöntemlerdeki olumsuzluklar karşısında geliştirilen ve özellikle gelişmiş ülkelerin aktif olarak kullandığı kazısız teknolojik yöntemler ile gerek gürültü, toz, çamur ve ulaşımda gecikme gibi çevresel faktörler en aza inmekte, gerekse iş ve işçi kazalarını en aza indirerek ve beklenmeyen maliyetler oluşturmayarak günümüz dünyasında her geçen gün önem kazanmaktadır.

Kazısız teknolojiye; yatay yönlendirilebilir delgi metodu, boru patlatma metodu ve boru itme (sürme) metodu olmak üzere üç farklı yöntem uygulanmaktadır.

3.1. Yatay Yönlendirilebilir Delgi Yöntemi (YYD)

Yönlendirme yeteneğine sahip bir araç vasıtasıyla yatay ve dikeyde istenilen yön ve açıda hareket ederek kazısız boru döşeme işlemidir. Kazı ihtiyacının çok az olmasından dolayı özellikle derin kazı gerektiren yerlerde kullanılmaktadır. Açık kazı yapılmasına engel üstyapı tesislerinin (bina, karayolu, demiryolu, nehir vb.) bulunduğu bölgelerde yapılacak kanal imalatlarında imalatın güvenli bir şekilde yapılmasını sağlar.

Yatay yönlendirilebilir delgi yöntemi operatörün yönlendirmelerine bağlı olduğundan istenildiğinde müdahale edilebilir. Böylece proje güzergahında bir değişiklik olduğunda müdahale edilebilir. İmalatın her aşamasında zeminden takip edilebilme özelliği sayesinde altyapı tesislerine zarar verilme riski çok düşüktür. Sistem genel olarak 3 aşamadan oluşmaktadır.

3.1.1. Kılavuz Hattın Açılması

Çalışmalara başlanmadan önce sondaj yapılarak zeminin özelliği belirlenmelidir. Zeminin yumuşak veya sert olmasına göre tasarlanmış delici uç seçilir. Yatay yönlendirilebilir delgi metodunun ilk aşamasında; zeminin özelliğine göre seçilen delici uç (tij) ve en öne takılan yönlendirme başlığı sayesinde kılavuz hat açılır.

Yatay yönlendirilebilir delgi makinasının sağladığı dönme ve ilerleme hareketleri sayesinde imalat gerçekleşir. Operatör tarafından yönlendirme başlığı sağ, sol, yukarı, aşağı yönlendirilerek istenilen geçiş güzergahı oluşturulur. Delgi yapılacak güzergahta herhangi bir yeraltı tesisi bulunması halinde operatör tarafından yönlendirme başlığına müdahale edilerek tesisin altından, üstünden veya yanından geçilerek kılavuz hat oluşturulur.

Kılavuz hattın açılması için gönderilen yönlendirme başlığı arkasında ve delici ucun önünde sinyal veren bir hazne bulunmaktadır. Bu hazne sayesinde delici ucun hangi derinlik ve güzergahta olduğu sürekli takip edilmektedir. Proje güzergahından sapma olması halinde operatör tarafından yönlendirme başlığına müdahale edilerek istenilen istikamette imalat yapılması sağlanır.

YYD Makinesi



Giriş
Noktası



Kılavuz Yönü

Çıkış
Noktası

Şekil 3.1.1. Kılavuz hattın açılması

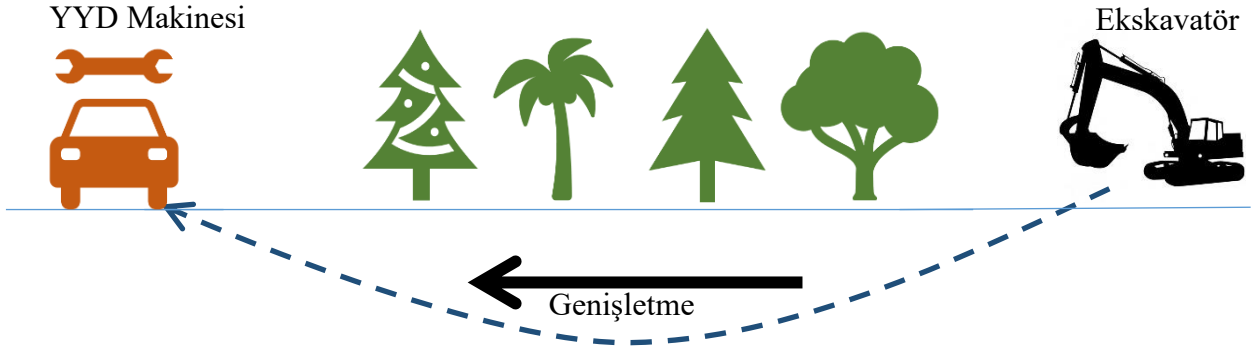
Kılavuz hattın açılması esnasında sinyallerin sürekli takip edilmesi gerekmektedir. Proje güzergahında kabul edilebilir limitleri aşan sapmalar olması halinde yönlendirilerek güzergaha geri döndürülmelidir. Önceden belirlenen çıkış noktasından yönlendirme başlığı çıktığında kılavuz hat açılmış olur.

3.1.2. Genişletme

Kılavuz hattın açılmasından sonra imalat yapılacak borunun çekilebilmesi için açılan hat genişletilir. Bunun için çıkış noktasındaki yönlendirme başlığı çıkartılarak yerine genişletme başlığı takılır. Delici uçlar ve yatay yönlendirilebilir delgi makinesinin sağladığı dönme ve çekme hareketleri sayesinde hat genişletilir. Bu işlem çıkış noktasından delgi makinesine doğru kademeli olarak boru çapına göre birkaç kez tekrarlanır.

Genişletme işlemi esnasında açılan kanala su ile birlikte çeşitli kimyasal maddeler de verilerek hattın kendini taşıyabilmesi sağlanır. Ayrıca bu sıvı sayesinde bir sonraki aşama olan boru çekme esnasında borunun sıvı içinde yüzerek daha rahat hareket etmesi sağlanır. Özellikle sert zeminlerde borunun yırtılma, aşınma ve yıpranmasının önüne geçilmiş olur.

Küçük çaplı kanal imalatı yapılacak durumlarda kılavuz hat açıldıktan sonra genişletme işlemi yapılmadan boru çekme işlemi de yapılabilmektedir.



Şekil 3.1.2. Kılavuz hattın genişletilmesi

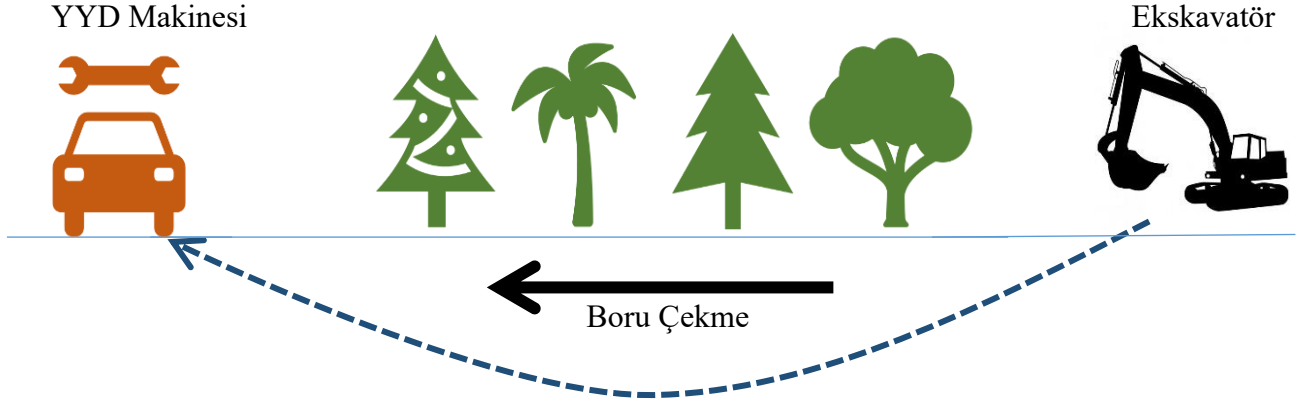
Genişletme işlemi çekilecek borunun çapına ve uzunluğuna göre değişmektedir. Genellikle 100 metre mesafeden kısa geçişler için delik çapı boru çapından %25 daha büyük, 100 metre ve daha uzun mesafelerde ise delik çapı boru çapından %50 daha büyük olacak şekilde genişletme yapılmaktadır [15].

Zeminin aşırı kayalık olması durumunda genişletme işlemi zorlaşabilmekte, boru çekilirken zarar görebilmektedir. Zeminin taşıma gücünün çok düşük olması durumunda ise genişletme işlemi esnasında çökmeler yaşanabilmektedir. Bu nedenle imalata başlanmadan önce zeminin yapısı tetkik edilmeli ve imalata en uygun kazısız teknoloji yöntemi seçilmelidir.

3.1.3. Boru Çekme

Kılavuz hat genişletildikten sonra boru çekme işlemine başlanır. Çekilecek borular hattın çıkış noktasında birbirleriyle birleştirilir. Genişletici başlığa bağlanan borular çıkış noktasından delgi makinesine doğru çekilir. Bu esnada boruların iş makineleri ile desteklenmesi gerekmektedir.

Çekme işlemi delgi makinesi tarafından delici uçların yardımıyla dönme ve çekme hareketleriyle yapılır. Çekme işlemi esnasında genişletme işleminde olduğu gibi zemine su ve kimyasal maddeler verilir. Böylece boru ile zemin arasındaki boşluk doldurularak boru zeminden izole bir hale getirilmiş olur. Bu izolasyon imalatın uzun ömürlü olmasını sağlamaktadır.



Şekil 3.1.3. Yeni borunun çekilmesi

Çekme işlemi esnasında boruya zarar gelmemesi için imalatın dikkatli bir şekilde takip edilmesi gerekmektedir. Boruların ek yerlerinden kırılmalar olabilmektedir. Böyle bir durumda gereken düzeltmeler yapılmadan çekme işlemine devam edilmemelidir.

Yönlendirilebilir yatay delgi yönteminin dezavantajları da bulunmaktadır. Manyetik alanlardaki geçişlerde pilot delgi başlığı takibi yapılamamaktadır. Bu nedenle manyetik alanla en çok karşılaşılan demiryolu geçişleri sırasında elektrik hatlarının gücü kesilmeli ve demiryolu trafiğinin olmadığı saatlerde geçiş yapılması gerekmektedir. Her zeminde uygulanamıyor olması, özellikle kendini tutamayan 20 cm'den büyük taneli konglomera özelliğindeki dere çakıllarının oluşturduğu zeminlerde geçiş yapılamaması dezavantajlarından birisidir. Bu nedenle nehir ve dere geçişlerinde zemin etüdünün yapılması gerekmektedir [16].

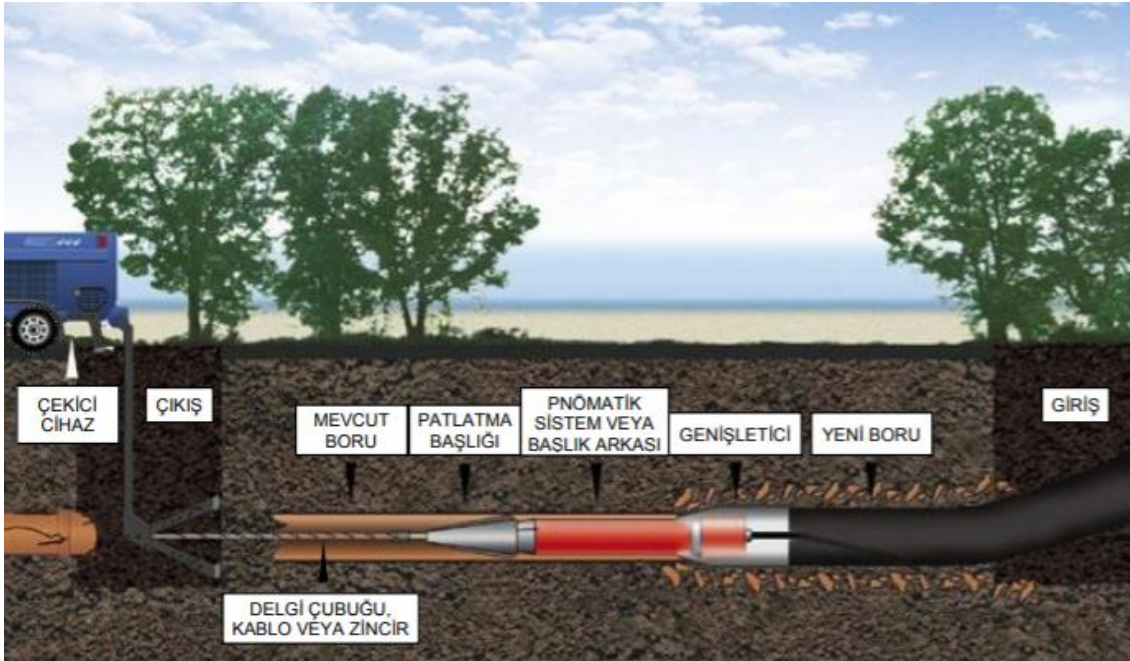
Yatay yönlendirilebilir delgi yöntemi ile şu ana kadar yapılmış en uzun mesafeli geçiş, Almanya'nın Kuzey Denizi'ndeki Mittelplate petrol kuyusu ile Dieksand'ın birbirine bağlanması projesidir. 406 mm çapındaki çelik petrol boru hattı 7 500 m mesafede yeraltına döşenmiştir. Toplam proje süresi 2 aydır. Yatay yönlendirilebilir delgi yöntemi ile döşenmiş en büyük çaplı boru ise 1 600 mm'dir. Türkiye'de gerçekleştirilen en büyük çaplı yatay yönlendirilebilir delgi geçişi ise 56" çapında ve yaklaşık 2 000 m uzunluğunda geçilen TANAP Sakarya Nehri Geçişidir [17].

3.2. Boru Patlatma Yöntemi

Mevcut altyapı tesislerinin zamanla işlevselliğini yitirmesi veya kesitinin yetersiz kalması durumunda uygulanan, değiştirilmesi istenilen borunun kırılarak aynı güzergahta yeni ve daha büyük çapta boru döşenmesi işlemidir. Mevcut borunun fiziksel olarak kaldırılmadan içerisinde yeni boru geçirilmesiyle uygulanan bu yöntemde mevcutta bir kanalın bulunması gerekmektedir. Yeni imalat yapılacak projelerde bu yöntem kullanılamamaktadır.

Birleştirilmiş delgi çubukları, zincir veya kablo patlatma yapılacak ana borunun içerisinde çıkış noktasından giriş noktasına doğru (patlatma işleminin tersi istikametinde) döşenir. Karşı tarafta patlatma başlığına yeni döşenecek boru bağlanır. Delgi çubukları, zincir veya kablo patlatma başlığına bağlanır. Çekme makinesi yardımıyla patlatma başlığı mevcut boru içerisinde çekilir. Bu esnada konik şeklindeki patlatma başlığı mevcut boruyu patlatarak çıkış noktasına doğru çekilir.

Konik şeklindeki patlatma başlığı çekilirken mevcut boru kırılır ve toprak çeperine sıkışır. Böylece patlatma başlığı ile hareket eden yeni boru genişleyen mevcut boru güzergahında döşenmiş olur.



Şekil 3.2. Boru patlatma yöntemi [18]

İmalat esnasında mevcut borunun kırılarak toprak çeperine sıkışması sayesinde yeni boru dış etkilere karşı korunur. Ayrıca patlatma başlığı yeni dönecek borudan daha büyük çaplı olmalıdır. Bu sayede çekme esnasında borunun darbe alması engellenmiş olur.

Bu yöntemle tek seferde en fazla 500 metre uzunluğa kadar ve 100 mm – 1 200 mm çap aralığındaki iletim boruları yenilenebilmektedir [19].

İmalat yapılacak zeminin yapısına uygun patlatma başlığı çekilmesi önemlidir. Yumuşak zeminlerde patlatma başlığının küçük seçilmesi, sert zeminlerde ise patlatma başlığının büyük seçilmesi gereklidir. Bu sayede toprak çeperine sıkışan mevcut boru parçalarının yeni boruyu koruması ve imalat esnasında borunun zeminden darbe almasının önüne geçilmiş olur.

Bu yöntem sayesinde kesiti yetersiz altyapı tesislerinin çaplarının büyütülmesi de mümkündür. Yenilenmek istenen borunun çapı da büyütülmek isteniyorsa, kayalık zeminlerde %150 yumuşak zeminlerde ise %130'a kadar çap büyütülebilir [20].

3.3. Boru İtme (Sürme) Yöntemi

Karayolu, demiryolu gibi üstyapı tesisleri nedeniyle açık kazının yapılamadığı bölgelerde uygulanan, temel olarak giriş ve çıkış noktalarına açılan çukurların birinden diğerine doğru boru itilmesi (çakılması-sürülmesi) yoluyla uygulanan kazısız teknoloji yöntemidir.

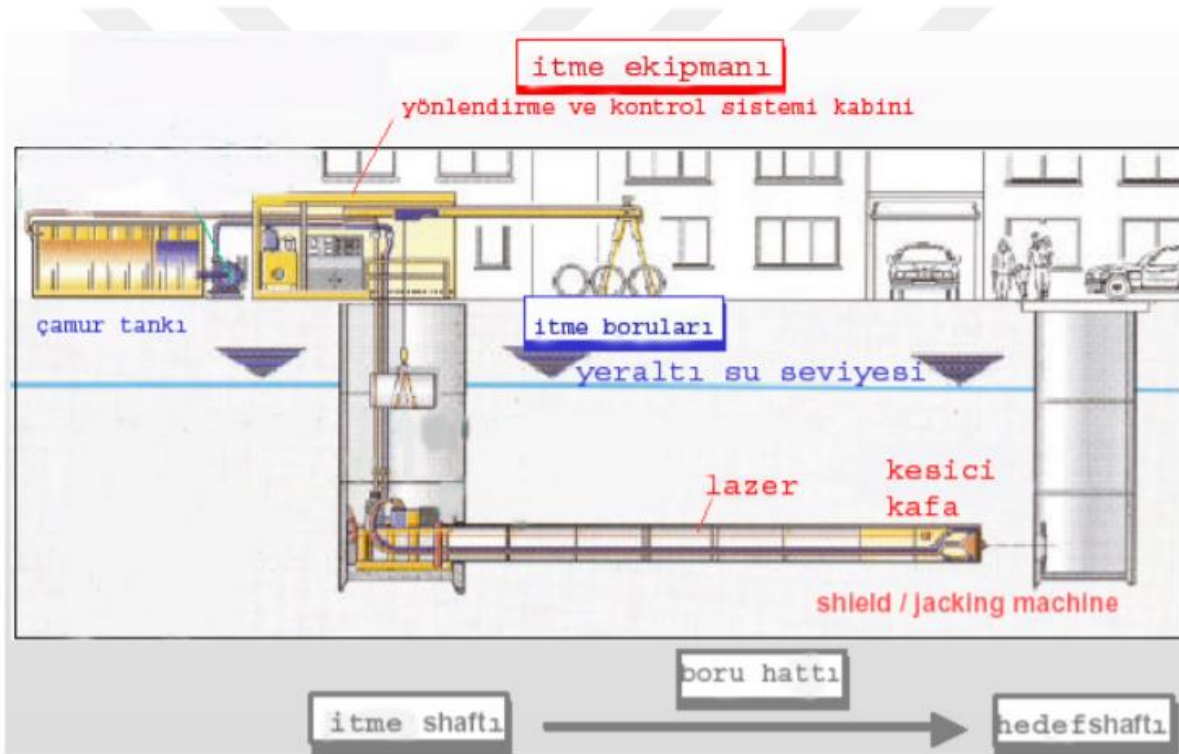
Boru itme yöntemi diğer kazısız teknoloji yöntemlerine kıyasla kullanımı daha eskiye dayanan bir yöntemdir. Bu itme yöntemi ile önceden altyapı tesisi bulunmayan bölgelerde kanal imalatları yapılmaktadır. Çalışmalara başlanmadan önce mevcut altyapı tesislerinin (elektrik, su, doğalgaz vb.) konumu tam olarak tespit edilmeli ve gerekmesi halinde deplase edilmelidir. Çalışma yapılacak hat boyunca yapılacak arazi çalışmaları ile güzergah belirlenir ve çalışmalara başlanır.

Boru itme (sürme) yöntemi üç farklı şekilde yapılabilmektedir. Uygulanacak projenin çapı, boyu ve uygulama yapılacak zeminin özelliklerine göre en uygun yöntemin seçilmesi gerekmektedir.

3.3.1. Mikrotünel Sistemi İle Boru Sürme

Gelişen teknoloji ile ihtiyaca göre geliştirilen tünel açma makineleri sayesinde zemin özellikleri ne olursa olsun her durumda tünel açılabilme imkanı elde edilmiştir. Açık kazının mümkün olmadığı veya riskli olduğu durumlarda uygulanan mikrotünel sistemi ile boru sürme yönteminde, küçük bir tünel açılarak kanalizasyon, doğalgaz, elektrik, telekom, fiber vb. altyapı tesisleri kolaylıkla döşenebilmektedir.

Giriş ve çıkış shaftları açılıp belirlenen güzergahta, mikrotünel makinesi kullanılarak açılan boşluğa altyapı tesislerinin uygulanabilmesi olarak tanımlanan mikrotünel sistemi ile boru sürme yönteminin temelde 3 ana bileşeni vardır. Bunlar; itme boruları, itme ekipmanları ve giriş-çıkış shaftlarıdır.



Şekil 3.3. Mikrotünel sistemi ile boru sürme yöntemi [21]

Mikrotünel sistemi ile boru sürülebilmesi için öncelikle çalışma yapılacak güzergah belirlenir. Güzergahın başı ve sonunda mikrotünel makinesinin girmesi ve çıkması için çalışma shaftları açılır. Açılan bu shaftlar itme makinesi ve boruların girebileceği kadar büyük açılmalıdır. Çalışmalara başlanmadan önce zemin sondajı yapılarak zeminin karakteristik özelliği belirlenmeli ve çalışma yapılacak zeminin sertliğine uygun kesici ve kırıcı uçlar seçilmelidir.

Mikrotünel makinesi ve itme borularının sığabileceği çapta ve proje derinliğinde açılan giriş şaftına yerleştirilen mikrotünel makinesinin çalışma yapılacak güzergah boyunca zemini kazmasıyla imalat başlar. Sistem üzerinden püskürtülen basınçlı su sayesinde güzergahtaki malzemeler kırıldıktan sonra çamur bir akışkan hale getirilir. Sonrasında boşaltım boruları aracılığıyla emilerek dışarı alınır. Böylelikle açılan boşluğa itici ekipmanlar ile boru itilir ve çıkış şaftına kadar bu şekilde imalat devam eder. Mikrotünel makinesiyle boru itme yönteminde sistemin kontrolü yüzeydeki kontrol kabininden yapılır. Tünel içerisinde eleman bulunmaması yönüyle güvenli olan bu yöntemde makine ile yüzeydeki kontrol kabini içerisindeki kontrol paneli arasında sürekli veri akışı sağlanmaktadır. Alınan bu veriler yüzeydeki kontrol panelini yöneten operatör tarafından anında değerlendirilerek makinenin ön görülen sapma sınırları dışına çıkması engellenir. Yatay yönlendirilebilir delgi yönteminden temel farkı borunun çekme yerine itme yöntemiyle döşenmesidir. Yani çalışma yapılacak güzergahtan tek bir seferde geçiş yapılarak imalat tamamlanır. Kesici kafa sayesinde kırılan malzemeler püskürtülen su ile çamur haline getirildikten sonra emilerek dışarıdaki tanka alınır. Bu tanklarda çamurdan ayrıştırılan su tekrar püskürtme boruları ile sisteme verilir ve imalat tamamlanana kadar süreç tekrarlanır.

Gerekli itme uzunluğu için beklenen itme kuvveti, ana itme pistonlarının kapasitesini veya boruların dayanım sınırını aştığında, ara itme istasyonları kullanılır. Ara itme istasyonlarının çapları minimum 90 cm'dir ve uzunluğu genellikle 140 cm civarındadır. Artan ara istasyon sayısı yönlendirmede sorunlar yaratacağından, ara itme istasyonu sayısı mümkün olduğunca az olmalıdır [22].

Giriş ve çıkış şaftları arasında boru çapının değişmesi, itme ekipmanlarının değişmesine sebep olabilir. Bu nedenle mümkünse boru çapı sabit tutulmalı veya değişiklik en düşük seviyeye indirilmelidir. Boru itme yapılacak güzergahta yüzeye olan mesafenin fazla olması durumunda itme makinesi üzerindeki toprak yükünün fazla olacağından dolayı boru itme makinesi sıkışabilmektedir. Bu nedenle önceden planlama yapılarak şaft yerlerine uygun güçte makine seçilmelidir.

3.3.2. Konvansiyonel Sistem İle Boru Sürme

Kendini taşıyabilen stabil (çökme, akma vb. olmayan) zeminlerde uygulanan, insan gücüyle açılan boşluğa borunun itilmesiyle gerçekleştirilen boru sürme yöntemidir.

Çalışmalara başlanmadan önce çalışma yapılacak güzergahta belirli aralıklarla kazı derinliğine kadar sondaj kazıları yapılarak zeminin yapısı tespit edilmelidir. Zemin yapısının konvansiyonel yöneme uygun olduğu tespit edildikten sonra çalışmanın başlangıç noktasında shaft açılır. Çalışma süresince bu shafttan boru indirme, işçi giriş çıkışı ve hafriyat çıkartma işlemleri yapılacağından gerekli güvenlik önlemleri alınmalı, yeterli genişlikte olmalıdır.

Kendini tutabilen zeminlerde tünel içerisine giren işçi tarafından sürülecek borunun yeri açılır. Bu esnada çıkan malzeme işçiler vasıtasıyla giriş shaftına alınır ve buradan iş makineleriyle dışarı çıkartılır. Bu şekilde açılan boşluğa boru itilir ve bu süreç imalat tamamlanana kadar devam eder. Tünel içerisinde açılan boşluğa boru itilebilmesi için açılan boşluğun çapının sürülecek borunun dış çapından büyük olması gerekmektedir.



Şekil 3.4. Konvansiyonel sistem ile boru sürme yöntemi [23]

Kendini tutamayan zeminlerde göçme riski olduğundan tünel içerisine işçi girmesi ve kazı yapılarak boru sürülmesi mümkün değildir. Böyle durumlarda itme pistonları vasıtasıyla borular zemine itilir. Sonrasında itilen boru içerisindeki hafriyat dışarı alınır. Bu sayede zeminde boşalma meydana gelmez ve tehlike ortadan kaldırılır.

Konvansiyonel sistem ile boru sürme yönteminde insan faktörü ön planda olduğundan güzergahta sapma veya batma-çıkma olaylarının meydana gelmesi muhtemeldir. Bu nedenle imalat esnasında kotlar ve güzergah sürekli kontrol edilmelidir.

Tünel içerisine insan girmesi gerektiğinden küçük çaplarda bu yöntem uygulanamamaktadır. Bu nedenle 1.000 – 3.600 mm çapları arasındaki imalatlarda konvansiyonel sistem ile boru sürme yöntemi uygulanmaktadır.

3.3.3. Helezonlu Yatay Delgi (Boring) Metodu İle Boru Sürme

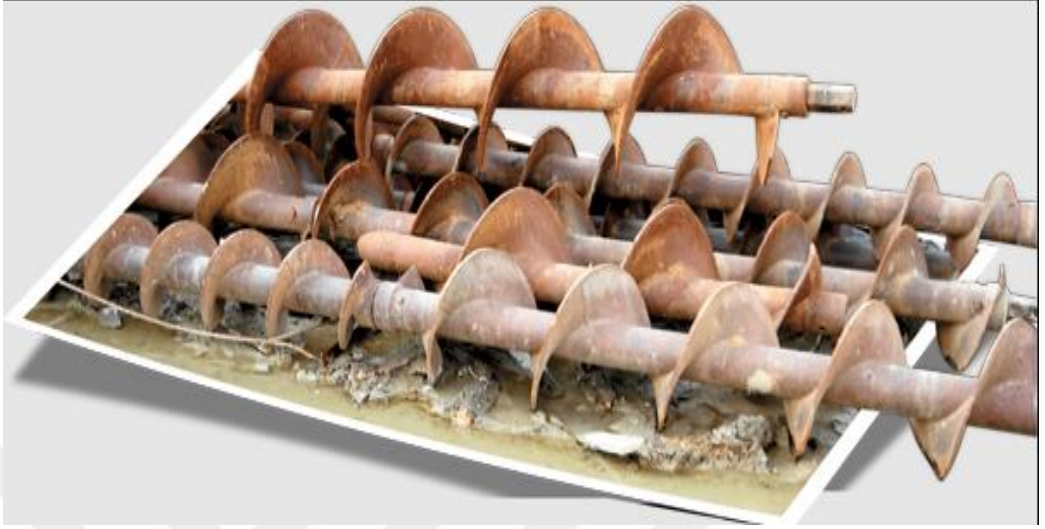
İmalat yapılması planlanan güzergahta gerekli topografik ölçümler ve arazi çalışmaları yapılarak hat çizgisi oluşturulur. Şaft ve tünel kazısı esnasında çıkabilecek engeller (su, telekomünikasyon, kanalizasyon, elektrik enerji transmisyon şebekeleri) kontrol edilir ve gerekli ise deplaseler yapılarak geçiş kotu belirlenir.

Yatay delgide kullanılacak makine ebatlarına, boru çapına ve geçiş kotuna uygun olarak şaft bacası açılır. Güvenli bir alan oluşturmak amacıyla temel betonu dökülerek düz ve sağlam bir zemin elde edilir. Makinenin yürüebilmesi için gerekli raylar baca içine indirilir ve taban betonu üzerine yerleştirilir.

Helezonlu yatay delgi metodu ile döşenecek çelik borular içerisine helezonlar yerleştirilir. Helezonların yeterli uzunluk ve kalınlıkta olması gerekmektedir. İçerisinde helezon bulunan çelik borular uygun bir vinç yardımıyla giriş şaftına indirilerek makineye bağlanır. Vinç yardımıyla imalat yapılacak kota getirilir ve delme işlemine başlanır.

Boruların içerisine yerleştirilen helezonlar dönerek kazı işlemini sürdürür. Bir tam boru boyu kadar imalat tamamlandığında içerisine helezon konulan yeni bir çelik boru şafta indirilir. Şaft içerisinde kaynak işlemi yapılır. Sonrasında boru itme imalatına devam edilir. İmalat tamamlanana kadar bu işlemler tekrarlanır.

İmalat esnasında açığa çıkan hafriyat boru boyunca helezonlar vasıtasıyla boru içerisinden taşınarak giriş şaftına kadar getirilir. Burada iş makineleri vasıtasıyla şaft dışarısına alınır.



Şekil 3.5. Helezonlar [24]

En önde yer alan helezonun önünde delgi başlığı yer alır. Zemine ilk temas eden ve zemini kazan ekipman budur. Üzerinde bulunan kırıcı ve öğütücü elmaslar yardımıyla zemini parçalayarak borunun ilerleyebileceği boşluğu açar. Zeminin özelliğine göre en uygun kırıcı uç ve elmasların seçilmesi gerekmektedir. Boru içerisindeki helezonlar vasıtasıyla parçalanan zemin parçaları giriş şaftına doğru taşınırken bir taraftan da çelik borular açılan boşluğa doğru itilir. Bu işlem giriş şaftındaki makineye bağlı pistonlar sayesinde gerçekleştirilir. İmalat yapılacak zemini sertliği ve mesafeye bağlı olarak en uygun pistonun seçilmesi gerekmektedir.

Her projede uygulanan itme kuvveti sürülen borunun çapı ve yerin yapısına nazaran değişiklik gösterir. Elzem durumlarda boru dışından sürtünmeyi azaltıcı, kayganlaştırıcı kimyasallar verilebilir [25].



Şekil 3.6. Helezonlu yatay delgi metodu ile boru sürme [26]

Giriş şaftından sürekli hafriyat nakilleri yapılacağından uygun genişlikte açılmalıdır. Döşenecek borular giriş şaftına indirilmeden önce içerisine helezon yerleştirilmelidir. İmalat esnasında güzergah veya kotta meydana gelebilecek değişikliklerin önüne geçilmesi amacıyla belirli aralıklarla boru içerisine girilerek gerekli kontroller yapılmalıdır.

Mikrotünel ve yönlendirilebilir yatay delgi yöntemlerine oranla işletme maliyeti daha düşüktür. 150 metreye kadar kısa ve doğrusal mesafeler için kullanılabilir. Yönlendirilemez. Başlangıçta yapılacak hizalama hatası, tasarım güzergahında büyük sapmalara neden olabilir. Sert zemin koşullarında, delik hizalama için daha az esnekliğe sahiptir [27].

4. KAZILI YÖNTEMLER İLE KAZISIZ YÖNTEMLERİN KIYASLANMASI

Geleneksel açık kazılı yöntemler ile kazısız teknolojik yöntemler kıyaslandığında kazısız yöntemlerin avantajları öne çıkmaktadır. Uzaktan kumanda edilebilme özelliği sayesinde güvenliği ön plana çıkarken inşaat artığı hafriyat malzemenin az olması ve beklenmeyen maliyetler oluşmaması sayesinde ekonomiktir.

Sosyal ve ekonomik alanda pozitif etkilerinin yanı sıra çevreye verilen hasarın az olması da kazısız teknolojik yöntemlerin avantajlarından. Geleneksel açık kazılı yöntemler ile kıyaslandığında sosyal, çevresel ve ekonomik olmak üzere üç ana başlıkta kıyaslamak mümkündür.

4.1. Sosyal Etkiler

Sosyal maliyet, ilgili faaliyet dolayısıyla kullanılan kıt kaynakların veya o faaliyetin toplumun diğere bireylerinde yol açtığı refah kaybı ve maliyet artışını ifade eder [28].

Bir projenin hayata geçirilmesi esnasında oluşan fakat proje maliyetine dahil edilmeyen sosyal maliyetler toplum tarafından ödenmektedir. Çoğunlukla göz ardı edilen bu maliyetler bazen proje maliyetlerinin üstüne çıkabilmektedir. Çalışma yapılan güzergahı kullanan araç ve yayaların zaman kaybı yaşaması ve yaşam kalitelerindeki düşüş, hesaplanamayan sosyal maliyetleri oluşturmaktadır.

4.1.1. Zaman Kaybı

Açık kazı yapılan güzergahlarda araç ve yayaların alternatif yollara yönlendirilmesi hem araç kullanıcıları hem de yayalar için zaman kayıplarına sebep olmaktadır. Ulaşımında aksama nedeniyle çalışanların iş yerlerine gecikmesi gelir kayıplarına sebep olmaktadır. Ayrıca trafik yoğunluğunun sürücüler üzerinde psikolojik etkisi de vardır. Tüm bunlar sosyal maliyetler olarak toplum tarafından ödenmektedir.

Çalışma yapılan yollarda şerit daraltılması veya trafiğin alternatif yollara yönlendirilmesi nedeniyle oluşan trafik acil durumlarda çok daha büyük ölçekte olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Ambulans ve itfaiye gibi acil servis araçlarının ulaşımında gecikmenin doğuracağı sonuçlar öngörülenden çok daha fazla olabilmektedir.

Geleneksel açık kazılı yöntemlerin aksine kazısız teknolojik yöntemlerde herhangi bir kazı işlemi olmadığından yolların daraltılması, kapatılması veya alternatif güzergahlara verilmesi söz konusu değildir. Bu nedenle çalışma yapılan cadde ve sokaklardaki gündelik hayatın olağan akışı etkilenmemektedir.

4.1.2. Servis Sağlayıcılarda Meydana Gelen Aksaklıklar

Açık kazı imalatlarında proje kotuna kadar yapılan kazılar esnasında zemindeki farklı altyapı tesislerine zarar verilebilmektedir. Çalışmalara başlanmadan önce sondaj kazıları yapılsa veya ilgili kurumlardan bilgi alınsa bile proje kotunda olmayan veya hatalı imalat yapılan altyapı tesislerine zararlar verilebilmektedir.

Doğalgaz gibi patlama yaşanabilecek altyapı tesislerine verilen zararlar nedeniyle ölümle sonuçlanan kazalar meydana gelebilmektedir. Tüm bu durumlar servis sağlayıcılarının hizmetini dolayısıyla da kullanıcıların gündelik hayatlarını olumsuz etkilemektedir. Açık kazılı imalatların aksine kazısız teknolojik yöntemlerde farklı kurumlara ait altyapı tesislerine verilen zararlar minimuma inmektedir.

4.1.3. Yaşam Kalitesinde Düşüş

Geleneksel açık kazılı imatatlarda kapatılan yolları kullanan insanların gideceği yere ulaşamama endişesi ve trafikte daha fazla zaman geçirmenin oluşturduğu stres hem iş hayatını hem de gündelik yaşantısını olumsuz etkilemektedir. Park yeri bulamama ve trafik yoğunluğuna bağlı olarak meydana gelen kazalar insanların yaşam kalitesinde azalma meydana getirmektedir.

Fransa'da yapılan araştırmada kazılı teknolojilerin topluma verdiği toplam göreceli rahatsızlık dereceleri:

- Ses - Gürültü : % 98
- Toz - Kirlilik : % 58
- Ulaşımında gecikme : % 55
- Eve endişeli girme : % 50'dir [29].

Geleneksel açık kazılı yöntemlerin sosyal alanda meydana getirdiği olumsuzluklardan engelli insanlar da etkilenmektedir. Gündelik hayatlarını kolaylıkla devam ettirebilmeleri için

yapılan engelli yürüyüş yolu ve rampası gibi alanlar, açık kazılı imalatlar esnasında kaldırılmakta, bu durum engelli insanların yaşamlarını olumsuz yönde etkilemektedir.

4.2. Ekonomik Etkiler

Geleneksel açık kazılı yöntemler sonucu fazladan araç-ekip-ekipman kullanılması, çok fazla insan gücüne ihtiyaç duyulması, yollarda meydana gelen bozulmaların giderilmesi, sosyal etkiler sonucu üretkenliğin düşmesi ve gelir kayıpları yaşanması, yakıt tüketiminde ve kazalarda artış yaşanması gibi etkenler sonucu proje maliyetinin çok daha üstünde ekonomik etkiler meydana gelmektedir.

4.2.1. Yol Hasarı

Açık kazı ile yapılan uygulamalarda imalat tamamlandıktan sonra yol üst kaplaması asfalt, parke, beton, stabilize vs. şeklinde komple yapılır. Üst kaplamanın tamamının yenilenmesi ekonomik açıdan çok büyük maliyetler oluşturduğundan bazen yama şeklinde de üst kaplama yapılmaktadır.



Şekil 4.1. Yama asfalt uygulamaları

Yol kaplamasının yama olarak yapılması durumunda yama tabakasının mevcut tabaka ile birleşim noktalarında bozulmalar meydana gelmekte, bu kısımlardan kaplama altına su geçirimsizliği olması sebebiyle kaplamada çökmeler meydana gelebilmektedir. Bu durumu önlemek amacıyla komple asfalt kaplama yapılması durumunda ise çok büyük maliyetler ortaya çıkmaktadır. Yol kaplamasının parke olması durumunda sökülen parkelerin işlevselliğini yitirmesi nedeniyle tekrar kullanılamamakta yenilenmesi gerekmektedir. Bu durumda eski parke ile yeni parke arasında görüntü kirliliği ve konfor kaybı meydana gelmektedir.

Açık kazılı imalatlar sonrasında üst kaplama yapılmadan önce sıkıştırma işleminin yapılması gerekmektedir. Dolgunun tabakalar halinde sıkıştırılarak ve sulanarak yapılmaması durumunda çökmeler meydana gelmekte ve üst kaplama defalarca yenilenmek zorunda kalmaktadır. Kazısız teknolojik yöntemlerde ise mevcut cadde ve sokaklarda herhangi bir bozulma meydana gelmeden imalat yapılmaktadır.

4.2.2. Servis Yolları

Geleneksel açık kazılı yöntemlerde çalışma yapılan yolların kapanması nedeniyle trafik servis yolları üzerinden sağlanmaktadır. Bunun için yeni yollar yapılması gerekmektedir. Çalışma süresince kullanılan ve sonradan işlevini yitiren bu yollara harcanan maliyetlerin yanında mevcut yolun kapatılarak servis yollarına yönlendirilebilmesi için levha ve bariyer gibi işaretlere, işaretçi ve bayrakçılara da ihtiyaç duyulmaktadır. Tüm bunlar ek maliyetleri oluşturmaktadır.

Şehir içerisinde yapılan çalışmalarda servis yollarına ihtiyaç duyulmadan trafik alternatif yollar üzerinden işletilebilmektedir. Böyle durumlarda ise trafiğin yönlendirildiği alternatif yollarda bozulmalar meydana gelebilmektedir. Örneğin sanayi bölgelerinde ağır tonajlı araçların geçtiği yollar tali yollara oranla daha dayanıklı yapılmaktadır. Asfalt kalınlığı ve ek zemin iyileştirmeleri yapılarak yoldaki meydana gelebilecek bozulmaların önüne geçilmektedir. Ancak ana yolun kapatılarak ağır tonajlı araçların tali yollara verilmesi durumunda tali yollarda bozulmalar meydana gelmektedir. Bu durumda bu yolları kullanan araçlarda yıpranma meydana gelmektedir. Ayrıca çalışmalar tamamlandığında hiç kazı yapılmamasına rağmen trafiğin yönlendirildiği tali yolların da yenilenmesi gerekmektedir. Tali yolların yenilenmesi de ek maliyet olarak karşımıza çıkmaktadır. Kazısız teknolojik yöntemlerde güzergahın kapatılmasına gereksinim duyulmamaktadır.

4.2.3. Fazladan Ekip – Ekipman ve Yakıt Kullanımı

Kazısız teknolojik yöntemlerle kıyaslandığında açık kazılı imalatlar için çok daha fazla araç, ekip – ekipmana ihtiyaç duyulmaktadır. İş gücüne olan ihtiyaç daha fazladır. Bu nedenle daha fazla personel ve iş makinesi kullanılmaktadır. Bu durum projenin maliyetini arttırmaktadır.

Çalışma yapılan güzergahın trafiğe kapatılarak alternatif yollara verilmesi durumunda yol uzunluğunun artması ve trafiğin yoğunluğunun artmasına bağlı olarak yakıt tüketimi de artmaktadır. Proje maliyetine katılmayan bu giderler açık kazılı imalatların görünmeyen ve hesaplanamayan maliyetlerini oluşturmaktadır.

4.2.4. Trafik Kazalarında Artış

Geleneksel açık kazılı imalatlar esnasında yolların daraltılması veya kapatılması durumunda trafik yoğunluğu oluşmaktadır. Bu yoğunluğa bağlı olarak trafik kazalarında artış meydana gelmektedir. Özellikle çevre yolu – otoban gibi hız limitlerinin yüksek olduğu ana arterlerdeki yol çalışmalarında dikkatsizlik sonucu trafik kazaları büyük oranda artmakta, can ve mal kayıpları yaşanmaktadır.

Trafiğin yönlendirildiği tali yolların genellikle stabilize, dar, keskin virajlı ve eksik aydınlatılması, ayrıca sürücülerin yolu bilmemesi nedeniyle trafik kazalarında artış yaşanmaktadır. Kazısız teknolojik yöntemlerde ise trafiğin olağan akışına herhangi bir müdahale söz konusu değildir.

4.2.5. Gelir Kaybı

Kazı yapılan güzergahların araç – yaya trafiğine kapatılması nedeniyle bölgedeki esnaflar büyük gelir kayıpları yaşamaktadır. Çalışmaların tamamlanıp yolların yeniden ulaşımına dek geçen sürede ekonomik faaliyetler büyük ölçüde azalmaktadır. Çalışma süresince meydana gelen toz ve çamur özellikle yeme – içme sektörünü durma noktasına getirmektedir. Trafik yoğunluğuna bağlı olarak park yeri bulamaması da esnaf için olumsuz bir durumdur.

Geleneksel açık kazılı imalatların sosyal etkisi olarak nitelendirilen zaman kaybı ve yaşam kalitesindeki düşüş aynı zamanda gelir kaybı olarak da karşımıza çıkmaktadır. Trafik

yoğunluğu nedeniyle iş yerinde geçirmesi gereken zamanı trafikte geçiren bir çalışan büyük ölçekte gelir kaybı olarak düşünülebilir. Ayrıca trafikte geçirdiği süre içerisinde işe geç gitme ve işe ulaşamama kaygısı da kişinin bir günlük çalışma verimini etkilemektedir.

4.2.6. Servis Sağlayıcılara Verilen Zararlar

Geleneksel açık kazılı imalatlar esnasında kazı yapılacak derinliğe kadar yüzeyden başlanarak kazı yapılmaktadır. Bu esnada farkı kurumlara ait altyapı tesisleri ile karşılaşmaktadır. Çalışmalara başlanmadan önce kurumlara ait altyapı tesislerinin derinlik ve güzergahlarına ait verilere ulaşılsa bile proje kotunda – güzergahında olmayan hatlar ile yeri tam olarak bilinmeyen altyapı tesislerine zarar verilmesi kaçınılmazdır.

Kazı çalışması esnasında servis sağlayıcıların hatlarına verilen zararlar büyük ekonomik maliyetler doğurabilmektedir. Örneğin içme suyu hattına verilecek bir hasarda, hattın basınçlı olması nedeniyle çevreye büyük zararlar verebilmektedir. Hasar verilen noktanın tamir edilebilmesi için hattın tamamen boşaltılması gerekmektedir. Elektrik hatlarına verilen olası zararlarda ölümlü kazaların oluşması muhtemeldir. Bu esnada yüksek veya düşük voltaj verilmesi nedeniyle abonelerin elektrikli aletlerinde bozulmalar oluşabilmektedir. Büyük ölçekte üretim yapan fabrikaları besleyen elektrik hatlarına verilen zararlarda fabrikaların durması nedeniyle çok büyük gelir kayıpları ortaya çıkabilmektedir.

Farklı kurumlara ait altyapı tesislerine zarar verilmesi durumunda bu hatların komple yenilenmesi gerekebilir. Bu durumda malzeme ve işçilik giderleri de ek maliyetler olarak karşımıza çıkmaktadır. Botaş ve doğalgaz gibi yanıcı – patlayıcı maddeler taşıyan altyapı tesislerine zarar verilmesi durumunda can kayıpları yaşanabilmektedir.

Çizelge 4.1. 2017 - 2018 yılları Türkiye'deki (55 il) doğalgaz boru hattı hasar sayıları [30]

Yıl	Boru Hattı Hasarı Sayısı (Adet)		Toplam (Adet)
	Gaz Çıkışlı	Gaz Çıkışsız	
2017	5.870	4.966	10.836
2018	4.628	3.735	8.363

Yukarıdaki tabloda gaz çıkışlı olarak görülen boru hattı hasarları nedeniyle havaya verilen gaz miktarı 2017 yılı için 5,6 milyon Sm³ iken, 2018 yılında 4,3 milyon Sm³ olarak

gerçekleşmiştir. Yine aynı tabloda belirtilen hasar sayılarına göre toplam hasar onarım maliyeti incelendiğinde; 2017 yılında 19,7 milyon ₺, 2018 yılında ise 13,7 milyon ₺ olarak gerçekleşmiştir [30].

Kazısız teknolojik yöntemler ile yapılan imalatlarda sadece boru döşenecek güzergahta, kotta ve hacimde alan kazılır. Bu nedenle imalat yapılan bölgenin altındaki veya üstündeki mevcut altyapı tesislerine zarar verilmez. Çalışmalara başlanmadan önce sondaj kazıları yapılarak güzergahtaki altyapı tesislerinin belirlenmesi durumunda ek maliyetlerin önüne geçilmiş olunacaktır.

4.3. Çevresel Etkiler

Geleneksel açık kazılı imalatların inşalar üzerindeki sosyal ve ekonomik etkilerinin yanı sıra çevre üzerinde de olumsuz etkileri bulunmaktadır. Çalışmalar nedeniyle görüntü ve hava kirliliği meydana gelirken çevredeki binalara ve ağaç köklerine de zarar gelebilmektedir. Kazısız teknolojik yöntemlerle kıyaslandığında çok daha fazla araç – ekipman kullanılmak zorunda kalındığından atmosfere salınan karbonmonoksit gazı miktarında da büyük artış gözlenmektedir. Kazısız teknolojik yöntemlerde ise çalışma yapılan güzergahta herhangi bir kazı olmadığından çevreye verilen zarar çok daha düşüktür.

4.3.1. Görüntü ve Hava Kirliliği

Açık kazılı imalatlar esnasında kazısız teknolojik yöntemlere kıyasla çok daha fazla ve ağır iş makineleri kullanılmaktadır. Bu iş makineleri çalışmaları sırasında fazlaca gürültü çıkartmaktadır. Çalışmalar esnasında yolların daraltılması veya kapatılması nedeniyle oluşan trafik yoğunluğu nedeniyle de bölgede büyük ölçekte bir gürültü kirliliği meydana gelmektedir.

Kazısız teknolojik yöntemlerle kıyaslandığında açık kazılı imalatlar büyük bir görüntü kirliliği de oluşturmaktadır. Özellikle tarihi turistik bölgelerde yapılan çalışmalarda iş makineleri ve hafriyat kamyonlarından meydana gelen görüntü, turizm açısından kötü bir imaj çizmektedir.

Artan iş makineleri ve trafik yoğunluğuna bağlı olarak egzozlardan atmosfere salınan gaz miktarı da artmaktadır. Bu durum kazısız teknolojik yöntemlerle kıyaslandığında çok daha fazla hava kirliliği oluşmasına yol açmaktadır.

4.3.2. Toz ve Çamur

Kazılı yöntemler esnasında yoğun miktarda toz açığa çıkmakta, bu durum muhitteki tüm canlıları olumsuz etkilemektedir. Kazısız teknolojilere oranla çok daha fazla inşaat artığı hafriyat malzeme açığa çıkması ve bu malzemelerin kamyonlarla döküm sahalarına nakledilmesi, ocaklardan yeni stabilize malzemelerin getirilmesi esnasında yollarda toz ve çamur oluşumuna neden olmaktadır.

Özellikle yağışlı havalarda toprak çamur halini alarak bölgedeki vatandaşları olumsuz etkilemektedir. Yüzeysel yağmur sularıyla taşınan bu çamurlar çalışma yapılan alan dışındaki cadde ve sokakların da kirlenmesine sebep olmaktadır. Çalışma esnasında sehven içme suyu hatlarına zarar verilmesi durumunda, boru içerisindeki suların ulaştığı her bölge etkilenmektedir. Ancak kazısız teknolojik yöntemler esnasında çevreye yayılan toz ve çamur miktarı en düşük seviyededir.

4.3.3. Hafriyat Nakilleri

Adından da anlaşılacağı üzere açık kazılı imalatlar ile kazısız teknolojik yöntemlerin en büyük farkı, çalışma esnasında açığa çıkan kazı artığı malzemelerdir. Kazısız teknolojik yöntemler kullanılarak yapılan imalatlar esnasında sadece boru hacmi kadar bir toprağın yer değiştirmesi söz konusudur. Borunun ilerleyebileceği kadarlık bir alan açılır ve açılan boşluğa boru yerleştirilir. Bu durumda sadece boru dış çapı kadar bir hafriyat açığa çıkar ve bunun kesin depoya nakledilmesi gerekir. Genellikle ek olarak ocaktan sağlam stabilize malzemeye ihtiyaç duyulmamaktadır.

Geleneksel açık kazılı imalatlarda ise yüzeyden başlanarak imalat yapılacak derinliğe kadar şevli veya iksalı kazı yapılır. Zeminin özelliğine bağlı olarak borunun oturmaması için fazla kazı yapılarak iyileştirme yapılması gerekebilir. Çalışmanın güvenli bir şekilde yürütülebilmesi ve borunun uzun yıllar dayanıklılığının sağlanabilmesi için çalışma payları da kazılır. Kazılan bu malzeme hafriyat kamyonları ile kesin depoya nakledilir. Proje kotunda boru imalatı yapıldıktan sonra ise ocaktan sağlam stabilize malzeme yine hafriyat kamyonları ile çalışma yapılan alana getirilir. Sırasıyla iyileştirme, yataklama ve gömlekleme yapıldıktan sonra üst kaplamaya kadar stabilize malzeme ile dolgu yapılır. Tüm bu işlemler esnasında çok büyük miktarda malzeme nakli söz konusudur. Bu nakil işlemleri hafriyat kamyonları ile yapılırken çevreye büyük ölçekte zarar verilmektedir. Özellikle hafriyat kamyonlarının trafiği

kullanması nedeniyle trafik güvenliği riske atılmakta, trafik yoğunluğunda ve kazalarında artış meydana gelmektedir.



Şekil 4.2. Hafriyat kamyonu kazası [31]

İnşaat sektörünün büyümesiyle hafriyat kamyonlarının sayısı da artmaktadır. Bu durum can kayıplarını da beraberinde getirmektedir. 2017'de ağırlıklı olarak hafriyat kamyonları ile beton mikserlerinin karıştığı 42 kazada 13 kişi hayatını kaybetti, 66 kişi yaralandı. 2018'in ilk 4 ayında ise 11 ayrı kazada 4 kişi can verdi, 13 kişi de yaralandı [32].

Açık kazılı imalatlar esnasında ihtiyaç duyulan sağlam stabilize malzeme ocaklardan karşılanırken kazı artığı malzemeler de döküm sahalarına götürülmektedir. İki durumda da doğaya müdahale edilmekte ve doğanın tahribatı söz konusu olmaktadır. Hafriyat kamyonlarının meydana getirdiği görüntü ve ses kirliliği de kazılı yöntemlerin çevreye verdiği olumsuzluklardandır. Ayrıca bu araçların kullandığı mazot nedeniyle ekonomik etkisi söz konusu olurken fazladan karbonmonoksit salınımı da söz konusudur.

Kazısız teknolojik yöntemlerde ise kazı artığı ve stabilize malzeme ihtiyacı çok az olduğundan hafriyat nakilleri minimumdur. Bu yönüyle ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan geleneksel açık kazılı yöntemlere oranla çok daha avantajlı durumdadır.

4.3.4. Ağaçlara ve Ekosisteme Verilen Zararlar

Açık kazılı imalatlar esnasında yüzeyden başlanarak imalat yapılacak proje kotuna kadar yapılacak kazı esnasında yer altında yaşayan canlılara büyük zararlar verilmektedir. Özellikle yeşil alanlarda yapılan çalışmalarda ekosistem komple tahrip edilmektedir. Ağaç köklerine zarar verilmekte ve kesilmektedir.

Ekskavatör gibi büyük iş makinelerinin çalışması esnasında dönerken ağaç dallarına zarar verebilmektedir. Kazı derinliğinin fazla olduğu ve zeminin taşıma gücünün düşük olduğu alanlarda yapılan çalışmalarda zeminin şevli açılması nedeniyle bölgedeki ağaçlar tamamen sökülme zorunda kalınmaktadır. Kazısız teknolojik yöntemler ile yapılan imalatlarda ise çalışma yapılan güzergahtaki ağaç ve canlılara herhangi bir müdahale söz konusu değildir.

4.3.5. Yeraltı ve İçme Sularında Kirlilik

Geleneksel açık kazılı imalatlar esnasında yüzeyden başlanarak yapılan kazı esnasında içme suyu hatlarıyla karşılaşmaktadır. Bu hatların yerinin ve derinliğinin bilinmemesi, projeye uygun imalat yapılmaması, kazıyı yapan operatörün bir anlık hatası veya içme suyu hattının dirsek gibi noktalarına denk gelmesi durumunda içme suyu hattının patlayabilmektedir. Böyle bir durumda hattı besleyen su vanalardan kesilerek hat susuzlaştırılır. Bu esnada bu hattan beslenen evlere su verilememesi açık kazılı imalatların olumsuzluklarından biridir. Sonrasında hatta meydana gelen tahribat giderilir ve hatta yeniden su verilir. Bu esnada içme suları kirli akmakta, su ile çalışan makinalarda bozulmalar meydana gelebilmektedir.

Kazı çalışmaları esnasında mevcut atık su tesislerinin konumunun ve güzergahının bilinmesi de önemlidir. Şehrin atık su hatlarına zarar verilmesi durumunda veya yeni atık su hatlarının kazılı imalatlar ile inşa edilmesi durumunda atık sular sızarak yeraltı sularını kirletebilmektedir. Bu esnada atık suları içme sularıyla karışma tehlikesi de bulunmaktadır. Kazısız teknolojik yöntemlerde ise mevcut altyapı tesislerine verilen zararlar minimumdur.

4.3.6. Salgın Hastalıklar

Açık kazılı imalatlar ile yapılan atık su hatlarının bakım, onarım ve imalatı esnasında atık sular yüzeyden akmaktadır. Bu durum kötü koku oluşturmalarının yanı sıra salgın hastalıkların yayılmasını da arttırmaktadır. Hava yoluyla bulaşan hastalıklar çevredeki tüm canlılar için büyük bir tehdit oluşturmaktadır.

4.3.7. Çevredeki Üstyapı Tesislerine Verilen Zararlar

Geleneksel açık kazılı imalatlar esnasında yüzeyden başlanarak kazı yapılacak kota kadar yapılan şevli kazılar esnasında çevredeki üstyapı tesisleri zarar görmektedir. Örneğin çevrede yer alan elektrik ve aydınlatma direkleri, reklam panoları ve billboardlar çalışma süresince kaldırılmak zorunda kalınmaktadır. Ekskavatör gibi ağır ve büyük iş makinelerinin dönmesi esnasında bu tesislere zarar verilebilmektedir.

Açık kazılı imalatlar esnasında kullanılan ağır iş makineleri veya hafriyat kamyonlarının oluşturduğu titreşimler çevredeki eski binalara zarar verebilmektedir. Özellikle temeli sağlam olmayan binalarda bu titreşimler nedeniyle oturmalar veya çökmeler meydana gelebilmektedir.

Açık kazılı imalatlar sonrasında üst kaplamanın yenilenmesi gerekmektedir. Ayrıca imalat esnasında hafriyat kamyonları ve iş makinalarının kullandığı yollarda da çökmeler meydana gelebilir. Bu noktaların da yenilenmesi gerekmektedir. Yağmursuyu ızgaraları, oluklar, bordür ve parkeler de bu imalatlar esnasında zarar görmektedir. Altyapı çalışmaları tamamlandıktan sonra bu üstyapı tesislerinin de yenilenmesi gerekmektedir.

Sosyal, ekonomik ve çevresel etkilerinin yanı sıra iş güvenliği açısından da kazısız teknolojik yöntemler çok daha avantajlıdır. Geleneksel açık kazılı yöntemlerde derin kazılar olması hem çalışanlar hem de çevredekiler açısından büyük tehditler oluşturmaktadır. Çalışma yapılan alanın etrafında meydana gelebilecek bir göçme riski çevredekilerin can ve mal güvenliği tehlikeye atmaktadır. Ayrıca tranşeye inen işçi için de bir tehlike söz konusudur. Zeminde meydana gelebilecek ani bir göçme anında hafriyat altında kalma tehlikesi bulunmaktadır.

Kazısız teknolojik yöntemlerde ise üstyapı tesislerine herhangi bir zarar verilmemekte, çalışma yapılan alanı kullanan vatandaşlar ve esnafın gündelik hayatında herhangi bir değişiklik olmamaktadır. Çalışmanın uzaktan kumanda edilmesi sayesinde çalışan güvenliği açısından çok daha avantajlıdır.

5. ATIKSU ALTYAPI MALİYETİNİN KAZILI VE KAZISIZ YÖNTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI

Doğrudan proje maliyetine eklenmeyen ve toplum tarafından karşılanan maliyetler ile çevresel ve sosyal açıdan geleneksel açık kazılı yöntemler ile kazısız teknolojik yöntemler önceki bölümlerde incelenmişti. Bu bölümde ise örnek olarak seçilecek bir alanda geleneksel açık kazılı yöntem uygulanarak yapılacak atıksu kanal imalatı ile kazısız teknolojik yöntem uygulanarak yapılacak atıksu kanal imalatı doğrudan proje maliyeti açısından karşılaştırılacaktır.

5.1. Atıksu Kanal Projesinin Detayları

Atıksu kanal imalatı yapılacak caddenin mevcutta asfalt olduğu, çalışma esnasında kaldırım, parke ve oluk gibi imalatlara zarar verilmediği, alanda herhangi bir ağaç, bitki, elektrik ve aydınlatma direği gibi geleneksel açık kazılı maliyetlerin doğrudan proje maliyetini arttıracak üstyapı tesislerinin bulunmadığı varsayılmıştır.

Proje uygulama alanı 200 m olarak tasarlanmıştır. İmalat yapılacak boru çapı Ø600 mm ve ortalama kazı derinliği 5 m olarak seçilmiştir. Kazı zemininin kendini tutabildiği varsayılmış olup şevli kazıya veya palplanş imalatına ihtiyaç duyulmamıştır. Açık kazılı imalatın kutu kesit şeklinde olacağı değerlendirilmiştir. Çalışma yapılacak alanın işlek bir cadde olduğu varsayıldığından geri dolgulu imalat tercih edilmemiştir. Kazı ve dolgu işlemleri tamamlandıktan sonra 20 cm asfalt altı beton, 6 cm binder ve 5 cm aşınma tabakası olmak üzere toplam 11 cm asfalt serilecektir.

Maliyet hesaplamada kullanılacak pozlara ait fiyatlar Türkiye genelinde bu çalışmaları yapan kurumların çıkardığı birim fiyat tarif ve analizlerine göre hesaplanacaktır. Bu hesaplama esnasında 2021 yılı fiyatlarını henüz açıklamayan kurumların olacağından dolayı hesaplamalar 2020 yılı birim fiyatları göz önüne alınarak hesaplanacaktır. Geleneksel açık kazılı yöntem ve kazısız teknolojik yöntem için ait pozların tamamı 2020 yılı birim fiyatları kullanılacağından güncel endeksler kullanılarak günümüz fiyatlarına göre yenilenmesi mümkündür.

5.2. Geleneksel Açık Kazılı Yöntem İle Atıksu Kanal İmalatı Maliyeti

Çizelge 5.1. Muflu beton-betonarme boru tasarım özellikleri [33]

Boru Çapı D (mm)	Boru Boyu L (mm)	Boru Et Kalınlığı S (mm)	Boru Ağırlığı kg
200	1250	38	109
300	1250	50	213
300	1500	50	245
400	1250	55	294
500	1250	62	405
600	1250	70	555
700	2000	77	1032
800	2000	92	1481
900	2000	100	1829
1000	2000	115	2184
1200	2000	130	3138

Uygulamada kullanılacak boru iç çapı Ø600 mm olarak seçildiğinden boru dış çapı $[600 + (2 \times 70)] = 740$ mm olmaktadır.

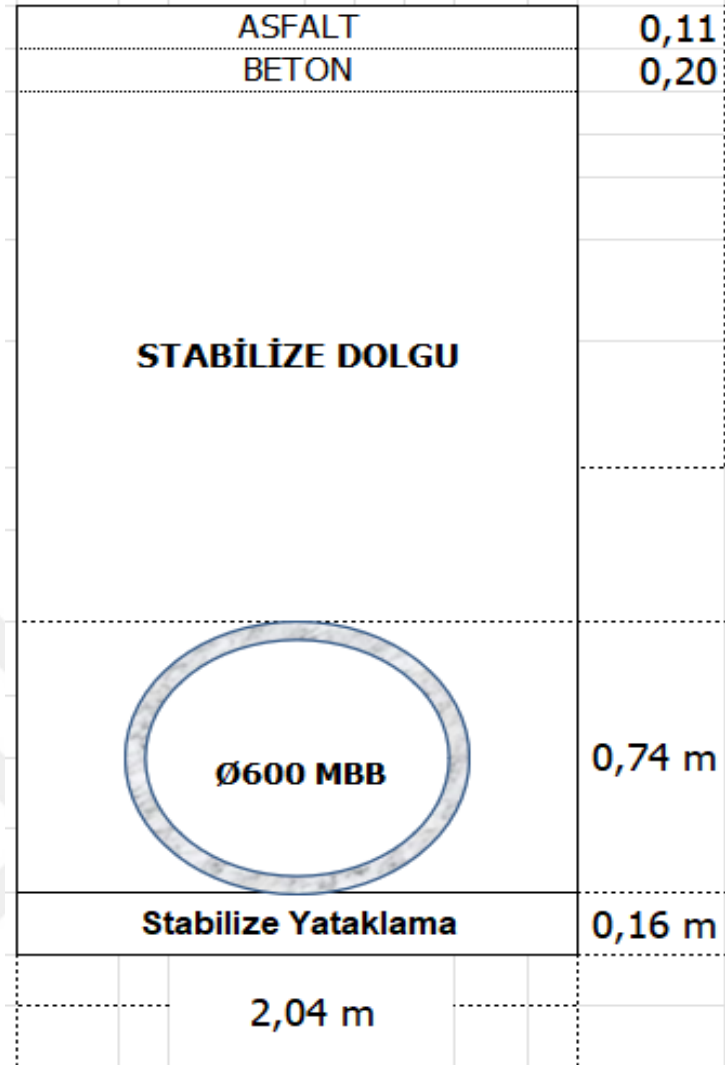
Çizelge 5.2. Hendek genişliği tablosu [34]

Hendek Tipi	Hendek Genişliği (cm)
$D \leq 40$ cm borular	
Şevli hendek	60
İksalı hendek	70
$40 < D \leq 70$ cm borular	
Şevli hendek ($\leq 60^\circ$)	$D + 40$
Şevli hendek ($> 60^\circ$)	$D + 70$
İksalı hendek	$D + 80$
$D > 70$ cm	
Şevli hendek ($\leq 60^\circ$)	$D + 90$
Şevli hendek ($> 60^\circ$)	$D + 120$
İksalı hendek	$D + 130$

Buradaki ilave genişlik borunun her iki tarafına eşit olarak bırakılmaktadır. Buna göre boru dış çapı D : 74 cm olduğundan iksalı hendek için hendek genişliği $(D+130) = 204$ cm olmaktadır.

Borular bir çizgi boyunca tabana değecek şekilde döşenmeyecektir. Mecraların oynamasını ve kırılmasını önlemek gayesiyle boruların altlarına 0-32 mm tane çapında kırmataş serilecektir. Boru çaplarına bağlı olarak serilecek Kırmataş kalınlıkları "B" boru iç çapı olmak üzere metre cinsinden $0,1 + B/10$ formülüne göre hesaplanır [35]. $\emptyset 600$ mm çapındaki boru altına yapılacak 0-32 mm tane çapındaki Kırmataş iyileştirme miktarı $0,1+(0,6/10) = 0,16$ cm olmaktadır.

Buna göre geleneksel açık kazılı imalat için hazırlanan kazı hendek en kesiti aşağıdaki gibi olmaktadır.



Şekil 5.1. Açık kazı hendeği tip en kesiti

Çizelge 5.3. Geleneksel açık kazılı imalat analiz formatı

GELENEKSEL AÇIK KAZILI İMALAT ANALİZ FORMATI					
POZ NO	İŞİN ADI	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (₺)	Tutarı (₺)
KGM/14.210	Her derinlikte, her cins ve klastaki zeminde kuruda drenaj, kanalizasyon hendeği ve duvar temelinin kazılması.	10,20 (5,00x2,04)	m ³	24,32 (30,40/1,25)	248,06
15.125.1008	32 mm'ye kadar kırmataş temin edilerek, makine ile serme, sulama ve sıkıştırma yapılması	9,57 (4,69x2,04) 0,43 $\pi \times$ (0,74/2) ²	m ³	48,27 (60,34 /1,25) 48,27 (60,34/1,25)	461,94 -20,76
43.526.1141	Ø600 mm buhar kürlü (muflu) beton boru döşenmesi	1,00	m	211,44 (264,30/1,25)	211,44
43.650.1004	Her türlü asfaltın kesilmesi	0,22 (2x0,11)	m ²	31,89 (39,86/1,25)	7,02
15.150.1003	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 16/20 basınç dayanım sınıfında, gri renkte, normal hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)	4,08 (0,2x2,04)	m ³	191,90 (239,88/1,25)	782,95
KGM/6320	Asfalt betonu binder tabakası yapılması (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ile)	0,29 (0,06x2,04) x 2,4	TON	77,64 (97,05/1,25)	22,52
KGM/6410	Asfalt betonu aşınma tabakası yapılması (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ile)	0,25 (0,05x2,04) x 2,4	TON	80,29 (100,36/1,25)	20,08

1 m uygulama projesi için doğrudan maliyet	1.733,22
Kullanılan her türlü malzemeye ait nakliye bedeli (imalat toplamının %10'u)	173,32
Nakliye dahil 1 m uygulama projesi doğrudan maliyeti	1.906,54
Müteahhit karı ve genel giderler (%25)	476,64
1 m uygulama projesinin genel toplamı	2.383,18
200 m örnek projesinin genel toplamı	476.635

Örnek olarak seçilen 200 m uzunluk ve 5 m derinlikteki atıksu kanal imalatının geleneksel açık kazılı yöntem ile uygulanması durumunda doğrudan maliyet 476.635 ₺ olmaktadır. Bu hesaplamada herhangi bir altyapı tesisine zarar verilmediği, zeminin kazıya uygun olduğu ve bu nedenle şevli kazıya veya palplanş imalatına ihtiyaç duyulmadığı varsayılmıştır.

5.3. Kazısız Teknoloji Yöntemiyle Atıksu Kanal İmalatı Maliyeti

Uygulamada kullanılacak boru iç çapının geleneksel açık kazıya yakın olması açısından 630 mm çapında polietilen boru seçilmiştir. Polietilen borular yüksek esneme kapasitesine sahip olması, darbe dayanımı ve çatlak yayılma direncinin yüksek olması, toprak yapısında bulunan ve aşındırma etkisi yapan zararlı maddelerden etkilenmemesi, kimyasal maddelere karşı dirençli olması ve istenilen çapa göre üretilebilmesi sayesinde içme suyu, atıksu ve doğalgaz gibi geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Teknolojideki ilerlemeler, plastik boru üretimi için gerekli hammadde üretiminde de önemli gelişmeler yaşanmasını sağlamıştır. 1950'li yıllarda geliştirilen PE 32 sınıf düşük yoğunluklu polietilen plastik borular ilk kez içme suyu hatlarında kullanılmıştır. Daha sonra PE 63 üretilmiştir ve hammadde konusunda yaşanan gelişmeler ile PE 80 üretilmiştir. Bu malzeme içme suyu ve doğalgaz şebekelerinde yüksek performans ile kullanılmaya başlanmıştır. 1990 başlarında geliştirilen PE 100 (HDPE borular) ise içme suyu, atıksu ve doğalgaz alanlarında hem yüksek performans hem de ekonomik bir çözüm olmuştur. Polietilen boru ve ek parça üretiminde kullanılan hammaddeler dayanım kriterlerine göre MRS (Minimum Required Strength) ile sınıflandırılırlar. MRS, malzemenin 20 °C'de 50 yıl süre ile iç basınca gösterdiği mukavemet değeridir. MRS'ye göre polietilen malzemelerin sınıflandırması şu şekildedir:

Çizelge 5.4. Hendek genişliği tablosu [36]

Hammadde Sınıfı	MRS (mpa)
PE 40	4,0
PE 80	8,0
PE 100 (HDPE)	10

Örnek uygulamada, proje ömrünün uzun olması ve dayanım kriterinin yüksek olması için PE 100 (HDPE) boru seçilmiştir.

İller Bankası'nın 2020 yılı için hazırladığı kitapta, 43.545.1021 numarayla çapı 630 mm, PE 100 borunun yönlendirilebilir yatay sondaj yöntemi ile zemin altından geçirilmesi (her türlü zeminde, karayolu, demiryolu, akarsu vb. yerlerin altından, boru bedeli hariç) olarak tanımladığı poza göre; İş yerinde ve işin her aşamasında işçi sağlığı ve iş güvenliğinin sağlanması, araç ve yaya trafiğinin düzenlenmesi, varsa mevcut binaların emniyeti için gerekli her türlü tedbirin alınması ve her türlü uyarı işaretinin konulması, kazı sırasında mevcut alt yapı tesislerinde hasarlar oluşması halinde zarar gören alt yapı tesislerinin onarılması, varsa zararlardan dolayı üçüncü şahısların maddi ve manevi zararlarının karşılanması, delme ve itme işinde kullanılacak hidrolik yatay sondaj makinesi ve ekipmanı, GPS özellikli sayısal yönlendirme takip cihazı ile gerekli her türlü işçilik, malzeme ve zayıtı, bentonit, makine araç, gereçlerin iş yerinde hazır ve çalışır halde bulundurulması, teşkil edilen çalışma çukuru kenarına yatay sondaj makinesi ve ekipmanlarının kurulması, yatay sondaj itme makinesi ile matkap uçlu kılavuz çelik tijin zemin altından gerekli yön ve kotlarda ittirilerek sürülmesi, geçiş mesafesi tamamlanıncaya kadar birbirine eklenerek yolun, kanalın veya akarsuyun altından karşılama çukurundan çıkarılması, karşılama çukurundan çıkarılan tij ucuna, geçirilecek PE 100 boruların bağlanması ve itme yönünün tersi yönünde borularla birlikte tijlerin geriye çekilmesi, projesine, şartnamelerine ve birim fiyat tariflerine uygun şekilde PE 100 boruların döşenerek boru hattına bağlanması ve basınç testi yapılmasından sonra, tüm makine ve ekipmanları ile malzemelerin çukurların içerisinden ve kenarından çıkarılması ve temizlenmesi, çukurların dolgu malzemesi ile doldurulması, üst yüzeylerinin kazı öncesi doğal haline getirilmesi için gereken her türlü işçilik, yükleme boşaltma giderleri, malzeme ve zayıtı, basınç deneyi için su temini, makine araç, gereçleri ile yüklenici genel giderleri ve karı dahil, karayolunun, demiryolunun zemini ile DSİ kanalı veya akarsu yataklarının altından, yolun, kanalın ve akarsu yatağının yapısal özelliklerine zarar verilmeden boruların zemin altından

yönlendirilebilir yatay sondaj metodu ile geçirilmesinin 1 m fiyatı 1.533 ₺'dir. Bu birim fiyata, her türlü malzemenin (kil, taş, stabilize, ariyet dolgu malzemesi, dolgu kum-çakılı, imalata giren kum-çakıl, çimento, kalıp) temin bedelleri ile boru döşeme, boru başlarının bağlanması ve boru özel parçaları, her türlü taşıma ile bunlara ait yükleme, boşaltma, su boşaltma ile zamlar ve işin yapımına ait her türlü işçilik bedelleri dahildir [37].

1 m 630 mm PE 100 borunun yaklaşık boru bedeli 8 dolardır. 2020 yılı için dolar kuru 7,50 ₺ olarak alındığında 1 m borunun maliyeti 60 ₺ olmaktadır. Buna göre yönlendirilebilir yatay sondaj yöntemi ile 630 mm PE 100 borunun 1 m maliyeti $1.533 + 60 = 1.593$ ₺ olmaktadır. Örnek uygulama projesi 200 m seçildiğinden kazısız teknoloji yöntemiyle yapılan uygulama projesinin doğrudan maliyeti 318.600 ₺ olmaktadır.

Geleneksel açık kazılı imalat ile yapılan 200 m açık kazılı imalatın doğrudan maliyeti 476.635 ₺ iken aynı imalatın kazısız teknolojik yöntemler ile yapılması durumunda doğrudan maliyet 318.600 ₺ olmaktadır. Sadece doğrudan maliyetler açısından kıyaslandığında kazısız teknolojik yöntemlerin çok daha avantajlı olduğu görülmektedir.

Projelendirme aşamasında hesaba katılmayan ve gerek imalat esnasında gerekse imalat tamamlandıktan sonra ortaya çıkacak dolaylı maliyetler geleneksel açık kazılı imalatlarda çok daha fazladır. İmalat esnasında farklı servis sağlayıcıların altyapı tesislerine zarar verilmesi durumunda çok daha yüksek maliyetler ile karşılaşmaktadır. Bu servisleri kullanan abonelerin yaşayacağı mağduriyetin maliyeti de dolaylı maliyetler olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışmalar tamamlanarak asfalt veya bordür ile üst kaplama imatları tamamlandıktan sonra da zeminin örselenmesi nedeniyle çökme ve oturmalar meydana gelebilmektedir. Ayrıca üst kaplama imatları tamamlandıktan sonra mevcut yolun eğiminin yanlış yapılması ve yağmursuyu ızgaralarına doğru yüzeysel akışın sağlanmaması durumunda da üst kaplama imatları işlevselliğini yitirmektedir. Böyle durumlarda altyapı imatları tamamlandıktan günler sonra tekrar kazı çalışması yapılması gerekebilmektedir. Tüm bu dolaylı maliyetler, doğrudan maliyetler ile birleşerek proje maliyetini oluşturmaktadır.

Örnek olarak seçilen uygulama projesinde kazı derinliğinin 5 m olması nedeniyle iş güvenliği açısından imalatın şevli olarak açılması gerekmektedir. Böyle bir durumda zeminin kendini tutabilme özelliğine göre şev açısı belirlenir ve buna göre kazı çalışması yapılır. Bu çalışma esnasında fazladan kazı ve dolgu nakilleri meydana gelecek, daha fazla asfalt yüzeyinde bozulmalar meydana gelecek ve fazladan beton atılması gerekecektir. Tüm bu

durumlar geleneksel açık kazılı imalatların doğrudan proje maliyetini arttıran durumlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Oysaki kazısız teknolojik yöntemlerde şevli kazı yapılması söz konusu değildir. Bu nedenle kazı ve dolgu başta olmak üzere doğrudan proje maliyetleri çok daha düşüktür.

3,4 milyon nüfuslu Berlin’de son 26 yılda yapılan kazısız teknoloji uygulaması ile 780 km’lik yeni atık su hattı ve ev bağlantıları içinde 67 milyon avroluk inşaat tasarrufu elde edilmiştir. Bu para, Berlin Sular İdaresi (BWB) tarafından diğer su inşaat projelerine aktarılmıştır. Ayrıca, 780 km kazısız teknoloji uygulaması ile açık kazılı imalatlara oranla; 2,4 milyon metreküp toprak hafriyatı, 1,3 milyon metrekarelik yol yüzeyinin kazınması ve tekrar kapatılması – kaplanması, 198.000 kamyon toprağın şehir içinden taşınması, 212 milyon metreküp yer altı suyunun çekilmesi (bu bir yıllık Berlin su ihtiyacıdır), kazısız ekipmanlarına göre 3 kat (fazla) karbondioksit emisyonu ile ağaçlar ve canlı tabiatın tahribatı önlenmiştir [38].

Geleneksel açık kazılı imalatlarda dolaylı maliyetlerin ortaya çıkma ihtimali çok daha yüksektir. Oysa kazısız teknolojik yöntemlerde imalat aşamasında öngörülmeven durumların çıkma ihtimali en düşük seviyededir. Bu nedenle dolaylı maliyetler ile daha az karşılaşmakta, çalışma yapılan alanı kullanan vatandaş ve çevredeki diğer canlılara verilen zararlar da bu oranda azalmaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) açıkladığı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) sonuçlarına göre 2020 yılında Türkiye nüfusu 459 bin 365 artarak 83 milyon 614 bin 362 kişiye ulaştı. Nüfusun artmasıyla paralel olarak artan şehir nüfusu ile birlikte su, elektrik, doğalgaz, internet gibi hatlara olan ihtiyaç artmakta, her geçen gün kurumlar hizmet verdikleri abone sayısının artmasına bağlı olarak hizmet hacimlerini arttırmaktadır. Bu artış bazı bölgelerde mevcut kapasitenin büyütülmesi olarak gerçekleşirken bazı bölgelerde ise yeni hatların inşa edilmesi şeklinde olmaktadır. Özellikle plansız kentleşme nedeniyle öngörülemeyen bölgesel nüfus artış durumlarında, servis sağlayıcılar sürekli hat yenilemek ve kapasite arttırmak zorunda kalmaktadır.

Bu bağlamda nüfus artışı ve şehirleşmeye bağlı olarak imara açılacak yeni alanlar önceden tespit edilmeli, tüm kurumlar altyapılarını önceden götürmeli ve şehirleşme başlamadan altyapı tesisleri hazır edilmelidir. Nüfus planlaması yapan kurumlar ile iş birliği içerisinde en az 100 yıl süreyle ihtiyacı karşılayacak kapasitede hatlar döşenmeli ve arıza, bakım – onarım dışında kapasite arttırmak amaçlı kazı yapılmasına izin verilmemelidir.

İmara açılacak yeni alanlara altyapı tesisleri getirilirken kazı derinliği en fazla olan kurumlara öncelik verilmeli, en derinden başlayarak yüzeye doğru kurumlar hatlarını inşa etmelidir. Örneğin zemin kotunun hemen altında inşa edilecek bir elektrik hattı, sonradan daha derine inşa edilecek farklı bir kuruma ait hizmet hattının inşasına engel teşkil etmektedir. Bu nedenle tüm servis sağlayıcılar iş birliği içerisinde çalışmalara başlamalı, en derinden başlayarak yeraltı tesisleri kademeli olarak döşenerek zemine doğru çıkılmalıdır. Bu aşamada sonradan imalat yapan kurum, önceki hattın güzergahını kullanmamalıdır. Böyle durumlarda arıza durumunda farklı kurumların altyapı tesislerine zarar verilebilmektedir. Altyapı tesislerinin plansız programsız bir şekilde ihtiyaç fazlası inşa edilmesine de izin verilmemelidir. Bu durumda adeta yeraltı tesis çöplüğü meydana gelmektedir. Bu nedenle ilk olarak mevcut hatlar kaldırılmadan yeni hat döşenmesine izin verilmemeli, tüm altyapı kuruluşları iş birliği içerisinde çalışılmalı, Altyapı Bilgi Sistemi kurularak tüm kurumların altyapı tesislerinin güzergah, çap ve kot değerleri net bir şekilde sisteme işlenmelidir.

Mevcut hatların hizmet ömrünü yitirmesi veya ihtiyacı karşılayamayacak hale gelmesi durumunda kazısız yöntemler tercih edilmelidir. Günümüz dünyasında yeni yeni uygulanmaya başlanan kazısız yöntemler geliştirilmeli ve her zemin tipine, derinliğe ve kesite kısacası her ihtiyaca cevap verebilecek özellikte teknolojiler geliştirilmelidir. Bu konuda yapılacak çalışmalar, kurumlar ve yerel yönetimler tarafından desteklenmeli, araştırma – geliştirme çalışmalarına daha fazla ödenek aktarılmalıdır. Özellikle yoğun nüfuslu ve şehirleşmenin fazla olduğu il ve ilçelerde mahalli idareler kazısız teknolojilerin kullanılmasını zorunlu tutmalıdır. Altyapı ve Kazısız Teknolojiler konusunda uluslararası düzeyde fuarlar organize edilmeli, dünyada bu konudaki gelişmeler sürekli takip edilmelidir. Bakanlık ve TÜBİTAK gibi kuruluşlar kazısız teknolojilerin geliştirilmesine yönelik araştırma – geliştirme çalışmalarına teşvik olmalıdır.

Boru itme yönteminin diğer kazısız teknolojik yöntemlerinden temel farkı, teknolojik olarak daha basit bir düzeneğe sahip olmasıdır. Bunun bir sonucu olarak hassasiyet kabiliyeti zayıftır. Bu nedenle kısa mesafelerde uygulanabilmektedir. Sistemin geliştirilerek daha uzun metrajlarda imalat yapılabilmesi sağlanmalıdır.

Sonuç olarak baktığımızda; imalat maliyetlerini minimize etmesi, imalat süresini düşürmesi, iş kazalarını neredeyse sıfıra indirmesi, çevre ve doğaya verilen zararı ortadan kaldırması, insanların yaşam kalitesini etkilememesi, trafik problemi oluşturmaması ve daha bir çok etken göz önüne alındığında kazısız yöntemler tercih edilmeli hatta yerel yönetimler tarafından belirli bölgelerde zorunlu kılınmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Geray, C., Kentsel Yaşam Kalitesi ve Belediyeler, Türk İdare Dergisi, ss. 323- 345, 1998.
- [2] Erođlu, V., Kazısız Teknolojiler Türkiye Zirvesi (Ekim-Kasım-Aralık 2012)
- [3] Öztoprak, S., Zeminlerin İyileştirilmesi: Yöntemlere Genel Bir Bakış, İMO İstanbul Karaköy Şb., Kasım 2016
- [4] Samsunlu, A., Su Getirme ve Kanalizasyon Yapılarının Projelendirilmesi, İstanbul Birsen Yayınevi, 6-90, 2012
- [5] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018/10 sayılı genelge, 31.08.2018
- [6]www.insapedia.com/iksa-nedir-iksa-cesitleri-nelerdir-iksa-nasil-yapilir/, Son Erişim Tarihi: 17.09.2021
- [7] Müngen, M. U., İnşaat Sektörümüzdeki Başlıca İş Kazası Tipleri, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı: 469, Sayfa: 33-38, 2011.
- [8] <https://isgtedbir.com/yapi-isleri/kazi-isleri/>, Son Erişim Tarihi: 19.09.2021
- [9] Alman Standartları Birliği, (DIN 4124), İnşaat Çukuru ve Hendekler (Şevler, Çalışma Yeri Genişlikleri, İksa), Ocak, 1972
- [10] Aydın, M. Metin, Zemin Türleri ve Özellikleri, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
- [11] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018/10 sayılı genelge, 31.08.2018
- [12] Torun, Y., Altyapı Kazısız Teknolojiler ve Tünelcilik Dergisi, 2012
- [13] <https://yolbakim.ibb.istanbul/gunluk-calisma-programi/>, Son Erişim Tarihi: 20.09.2021
- [14] <https://www.iski.istanbul/>, Son Erişim Tarihi: 20.09.2021
- [15] <https://ersamuhendislik.com.tr/>, Son Erişim Tarihi: 23.09.2021
- [16] Kırıcı, M., Doğalgaz Teknolojisi Cihaz ve Sistemleri Dergisi, Mart – Nisan 2018, Sayfa:65
- [17] Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü, Kanal İstanbul Projesi, Çevresel Etki Deđerlendirmesi (ÇED) Raporu, Bölüm 4, Sayfa:157, Ankara, Ocak 2020
- [18] Özcan, S., Altyapı Uygulamalarında Yeni Yaklaşımlar: Kazısız Teknoloji Yöntemlerinin İncelenmesi, İller Bankası Anonim Şirketi Uzmanlık Tezi, 2015
- [19] Najafi, M., Trenchless technology piping installation and inspection, First edition, Virginia: McGraw-Hill, 32, 2010
- [20] Plastic Pipe Institute (PPI), Handbook of Polyethylene Pipe, Irving: Plastic Pipe Institute, 553, 2012
- [21] Yavuz, E., Ersoy, N., Pipe Jacking Yöntemi İle Açılan Mikro Tünel Projelerinde Jeodezik Çalışmalar, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İstanbul Teknik Üniversitesi, 23-25 Kasım 2005,

- [22] Çopur, H., Mikrotünelcilik: Altyapılar İçin Kazısız Teknolojiler, Altyapı Kazısız Teknolojiler ve Tünelcilik Dergisi, 2012
- [23] <https://dokuzlaryataysondaj.com>, Son Erişim Tarihi: 05.11.2021
- [24] <http://www.tekyontunel.com/boring-sistemi>, Son Erişim Tarihi: 04.12.2021
- [25] <https://www.alfayataysondaj.com/boru-surme-cakma-auger-boring.html>, Son Erişim Tarihi: 04.12.2021
- [26] <https://demirciyataysondaj.com/tr/hizmetlerimiz/helezonlu-yatay-delgi-sistemi>, Son Erişim Tarihi: 04.12.2021
- [27] Devran, G., Horizontal Directional Drilling (HDD), Trans Anatolian Natural Gas Pipeline Project, Dek-Tanap Akademi Faz-2, 23 Eylül 2019
- [28] <https://nedir.com/sosyal-maliyet>, Son Erişim Tarihi: 10.12.2021
- [29] Legaz, C., “Outlooks in France regarding How Are Taken Into Account The Social Costs In The Works Of Installation Or Rehabilitation Of Networks”, Mediterranean NO-DIG 2007-XXV International Conference and Exhibition-Roma, Italia, 10/12 September 2007
- [30] Uçar, S., Kazı Kaynaklı Doğal Gaz Boru Hattı Hasarları, Enerji Uzmanları Derneği, Sayı:19, Ekim – Kasım – Aralık 2020
- [31] <https://www.mynet.com/istanbul-da-trafigi-kilitleyen-kaza-kamyon-ile-kamyonet-carpisti-110106805159>, Son Erişim Tarihi: 12.12.2021
- [32] <https://www.sozcu.com.tr/2018/gundem/kucukcekmece-de-hafriyat-kamyonu-dehseti-2415243>, Son Erişim Tarihi: 01.12.2021
- [33] İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ), Beton-Betonarme Boru ve Baca Elemanları Teknik Şartnamesi (M.18.5.7.4), 2018
- [34] Çevre ve Şehircilik bakanlığı, Kanalizasyon Sistemlerinin Etüt, Planlama Ve Projelendirilmesine İlişkin Teknik Esaslar
- [35] İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ), Kanalizasyon İşleri Teknik Şartnamesi (Y.17.3.1.1), 2017
- [36] <https://www.firat.com/icme-suyu-boru-sistemleri/pe-boru-ve-ek-parcalari>, Son Erişim Tarihi: 15.02.2022
- [37] İller Bankası, 2020 Yılı Altyapı Tesisleri Birim Fiyatları, 2020
- [38] Yılmaz, F., Altyapı Uygulamalarında Devrim: Kazısız Teknolojiler, Altyapı Kazısız Teknolojiler ve Tünelcilik Dergisi, 2012