



İL BANK
TÜRKİYE'NİN YAPICI GÜCÜ

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

**ALTYAPI UYGULAMALARINDA YENİ YAKLAŞIMLAR:
KAZISIZ TEKNOLOJİ YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ**

Sinan ÖZCAN

UZMANLIK TEZİ

Tez Danışmanı (Kurum)

Teknik Uzman Osman KAPLAN

Tez Danışmanı (Üniversite)

Doç. Dr. Alper BÜYÜKKARAGÖZ

ETİK BEYAN

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ Uzmanlık Tezi Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Sinan ÖZCAN

01.09.2015

Altyapı Uygulamalarında Yeni Yaklaşımlar: Kazısız Teknoloji Yöntemlerinin İncelenmesi
(Uzmanlık Tezi)

Sinan ÖZCAN

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

Eylül 2015

ÖZET

Günümüzde hızlı bir şekilde gelişen teknolojiler ile birlikte kazısız altyapı yöntemleri, geleneksel açık kazı yöntemlerine göre teknik ve ekonomik açılarından uygulanabilir olabilmektedir. Bu sebeptendir ki; altyapı uygulaması yapılacak alanın sosyal ve çevresel durumu ile uygulama tekniği maliyeti birlikte değerlendirilerek hangi yöntemin uygulanacağına karar verilmelidir. Sosyal maliyetlerde hesaba katıldığında kazısız teknolojiler, boş araziler veya yerleşimin olmadığı alanlarda, açık kazı ile hat imalatına göre daha pahalı olmakla beraber, şehir merkezleri ile yoğun yerleşimlerin olduğu yerlerde daha ucuz olmaktadır. Bu çalışmada, öncelikle kazısız teknoloji yöntemlerinin uygulama teknikleri detayları ile incelenmiş olup, devamında ise geleneksel açık kazı uygulamalarına kıyasla sosyal, çevresel ve ekonomik etkileri irdelenmiştir. Daha sonra, dolaylı ve sosyal maliyetlerin direk maliyette olduğu gibi birim fiyat bazında hesaplanabilmesi için akademik kaynaklardan elde edilen tamamlanmış uygulamalara ait maliyetler incelenmiştir. Çalışmanın son kısmında, Elazığ İl Merkezindeki trafik ve yaya açısından işlek bir cadde olan Gazi Caddesindeki toplayıcı kanalizasyon hattının açık kazı ve kazısız teknoloji yöntemleri ile yenilenme veya iyileştirme toplam maliyetleri hesaplanarak, yöntemler birbirleri ile kıyaslanmıştır. Yöntemlerin uygulama direk maliyetleri, İller Bankası tarafından hazırlanan birim fiyatlarda yer aldığı ölçüde bu imalat kalemleri ile hesaplanarak bulunmuştur. Uygulanabilir yöntemler temelinde, kanalizasyon altyapı projesinin direk maliyetleri karşılaştırıldığında, maliyeti en düşük olanın açık kazı, en yüksek olanın yönlendirilebilir yatay delgi olduğu, sosyal maliyetler karşılaştırıldığında ise, maliyeti en düşük olanın kaplamalar, en yüksek olanın açık kazı olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, uygulaması gerçekleştirilebilen açık kazı ile kazısız teknoloji yöntemleri içinde hesaplanan en yüksek ortalama toplam maliyet açık kazı uygulamasından elde edilmiştir. Bu hususta yapılan maliyet hesaplamalarında, açık kazı uygulamasının sosyal maliyetinin direk maliyete oranla yaklaşık olarak 2 ile 4 katı arasında fazla olduğu görülmüştür. Bir başka ifade ile dolaylı ve sosyal maliyetlerde hesaba katıldığında, açık kazı uygulamasının toplam maliyetinin kazısız teknoloji uygulamalarınınkinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma kapsamındaki bir başka önemli husus ise, açık kazı ile kazısız teknoloji uygulamalarının sosyal maliyetlerinin ilk defa birim fiyat bazında hesaplanabilirliği olmuştur.

Anahtar Kelimeler : Açık kazı, kazısız teknoloji yöntemleri, direk maliyet, dolaylı maliyet, sosyal maliyet

Sayfa Adedi : 75

Tez Danışmanları : Teknik Uzman Osman KAPLAN (Kurum)
Doç. Dr. Alper BÜYÜKKARAGÖZ (Üniversite)

New Approaches in Infrastructure Applications:
Investigation of Trenchless Technology Methods

(Expertise Thesis)

Sinan ÖZCAN

İLLER BANKASI A.Ş.

September 2015

ABSTRACT

Today, trenchless technology methods can be applicable by both technically and economically compared to traditional open-cut excavation with the rapidly developed technologies. This is why, social and environmental situation of the place that infrastructure application is made and the cost of application method should be evaluated together to decide which method is applied. Taking into account the social cost, trenchless technologies will be more expensive to open-cut excavation at vacant places or non-residential areas, while cheaper at city centres or intensive settlements. In this study, first of all it examined the application techniques of trenchless technology methods, following the social, environmental and economical impacts were analyzed compared to traditional open-cut applications. Subsequently, the cost of completed applications obtained from academic resources were examined to estimate indirect and social costs on the basis of unit price like direct cost. In the last part of study, renewal or improvement total costs with open-cut and trenchless technology methods of collector sewer pipeline at Gazi Street, that is a busy street in terms of traffic and pedestrians, on Elazığ city centre were calculated. Direct cost of application methods were calculated using unit prices prepared by İller Bankası to the extent that if items found. On the basis of applicable methods it has seen that, if the direct costs of sewer infrastructure project have compared, the lowest cost were open-cut excavation and the highest cost were horizontal drilling whereas, if social costs have compared, the lowest cost would be coatings and the highest cost would be open-cut excavation. Moreover, in the performed applications of open-cut excavation and trenchless technology methods; the highest average total cost were obtained from open-cut excavation. According to the cost estimation were made in this respect, it has seen that the ratio of social cost of open-cut excavation were approximately between 2 to 4 times higher of its direct cost. In other words, taking into account indirect and social costs, it has been found that the total cost of open-cut excavation were higher than trenchless technology methods. Another important issue within the scope of the study were the estimation of social costs of open-cut excavation and trenchless technologies in terms of unit price for the first time.

Key Words : Open-cut excavation, trenchless technology methods, direct cost, indirect cost, social cost

Page Number : 75

Supervisors : Technical Expert Osman KAPLAN (Institution)
Assoc. Prof. Alper BÜYÜKKARAGÖZ (University)

TEŞEKKÜR

Öncelikle, tez çalışmalarına başlangıç sürecinde ve özellikle de konunun şekillenip somutlaşmasında yaptığı katkılardan ötürü kurum tez danışmanım Osman KAPLAN'a, tezdeki bilimsel değerlendirmeleri ve katkıları için Gazi Üniversitesi'nden tez danışmanım Doç. Dr. Alper BÜYÜKKARAGÖZ'e teşekkür ederim.

Bununla birlikte, tez çalışmalarım süresince, İller Bankası A.Ş. Elazığ Bölge Müdürlüğü'ndeki anlayışlı ve destekleyici tavırları ile beni çalışmaya motive eden kıymetli Bölge Müdürüm Ali TEKATAŞ ile değerli Şube Müdürlerim Celal KAŞTI ve Nazım AKMAN'a teşekkür ederim.

Son olarak, çalışmalarım süresince her zaman ve her türlü desteğiyle yanımda olan biricik eşim Nuray ÖZCAN'a, gerek tez çalışmalarım gerekse iş yoğunluğum nedeniyle yeterince ilgilenemediğim oğlum Kerem ÖZCAN'a, hayatım boyunca benden desteklerini esirgemeyen anneme, babama, kardeşlerime ve çalışmalarım da dolaylı dolaysız katkıları olan herkese saygı ve sevgilerimi sunar, teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xii
KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAZISIZ ALTYAPI TEKNOLOJİLERİNİN İNCELENMESİ	3
2.1. Kazılı Yöntemlerle Yenileme	4
2.2. Kazısız Teknolojilerin Tarihsel Gelişimi	5
2.3. Kazısız Teknoloji ile Yerine Koyma Yöntemleri	7
2.3.1. Boru patlatma yöntemi	7
2.4. Kazısız Teknoloji ile Yeni İmalat Yöntemleri	10
2.4.1. Yatay yönlendirme delgi yöntemi	10
2.4.2. Robotik yenileme (mikrotünelleme) yöntemi	13
2.4.3. Boru çakma yöntemi	16
2.5. Kazısız Teknoloji ile İyileştirme ve Yenileme Yöntemleri	18
2.5.1. Görüntüleme yöntemleri	18
2.5.2. Temizlik yöntemleri	21
2.5.3. Kaplama yöntemleri	22
2.5.3.1. Çimento harcı ile kaplama	22

	Sayfa
2.5.3.2. Kimyasal harç ile kaplama	23
2.5.3.3. Harç kaplanmış çelik örgü	24
2.5.4. Astarlama yöntemleri	25
2.5.4.1. Kayarak (sürerek) astarlama yöntemi	25
2.5.4.2. Yerinde sertleşen boru ile astarlama yöntemi	26
2.5.4.3. Spiral sarım ile astarlama yöntemi	28
2.5.4.4. Isı ile şekil alan sıkı geçmeli boru astarlama yöntemi	30
2.5.4.5. Parça astarlama yöntemi	32
3. AÇIK KAZI UYGULAMALARININ KAZILI TEKNOLOJİLERE KIYASLA SOSYAL, ÇEVRESEL ve EKONOMİK ETKİLERİ	35
3.1. Sosyal Etkiler	35
3.1.1. Ulaşımında gecikme ve zaman kaybı	35
3.1.2. Araç park alanlarında azalma	35
3.1.3. Trafik kazalarında artış	36
3.1.4. İşçi güvenliği	36
3.1.5. Hastalıklar ve salgınlar	36
3.1.6. Yaşam kalitesinde azalma ve yıpranma	37
3.2. Çevresel Etkiler	37
3.2.1. Gürültü ve hava kirliliği	37
3.2.2. Çevreye yayılan toz ve kir	38
3.2.3. Flora ve faunaya zararlar	38
3.2.4. Haricen getirilen stabilize ve kırmataş malzemeler	38
3.2.5. Kazı artığı malzemelerin depolanması	38
3.2.6. Görüntü kirliliği	39
3.2.7. Yüzeyde ve yeraltı sularında kirlilik	39

3.2.8. Araçlardan salınan karbonmonoksit gazı miktarında artış	39
3.3. Ekonomik Etkiler	39
3.3.1. Fazladan araç ve yakıt kullanımı	40
3.3.2. Mevcut yol kaplama malzemesinin yama ile kalitesinin azalması	40
3.3.3. Bağlantı yollarındaki kaplama malzemesinin fazlaca aşınması	40
3.3.4. Esnaf ticari kayıpları	41
4. AÇIK KAZI UYGULAMALARI İLE KAZISIZ TEKNOLOJİ YÖNTEMLERİNDE MALİYET HESAPLAMALARI	43
4.1. Direk Maliyetler	43
4.2. Dolaylı Maliyetler	48
4.3. Sosyal Maliyetler	49
5. ÖRNEK UYGULAMA: TRAFİK VE YAYA AÇISINDAN İŞLEK BİR CADDEDE KAZILI VE KAZISIZ SİSTEMLERLE KANALİZASYON ALTYAPI UYGULAMA MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	53
5.1. Kanalizasyon Hattı Uygulama Projelerinin Detayları	55
5.2. Açık Kazı İle Kanalizasyon Hattı Uygulama Maliyeti	58
5.3. Kazısız Teknolojilerle Kanalizasyon Hattı Uygulama Maliyetleri	60
5.4. Açık Kazı ile Kazısız Teknolojilerin Maliyetlerinin Karşılaştırılması	65
6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME	71
KAYNAKLAR	73
ÖZGEÇMİŞ	75

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1.	44
Çizelge 4.2.	45
Çizelge 4.3.	46
Çizelge 4.4.	47
Çizelge 4.5.	50
Çizelge 5.1.	59
Çizelge 5.2.	60
Çizelge 5.3.	61
Çizelge 5.4.	62
Çizelge 5.5.	63
Çizelge 5.6.	64
Çizelge 5.7.	64
Çizelge 5.8.	65
Çizelge 5.9.	66
Çizelge 5.10.	67
Çizelge 5.11.	68

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1.	3
Şekil 2.2.	8
Şekil 2.3... ..	9
Şekil 2.4.	11
Şekil 2.5.	12
Şekil 2.6.	13
Şekil 2.7.	15
Şekil 2.8.	16
Şekil 2.9.	17
Şekil 2.10.	19
Şekil 2.11.	21
Şekil 2.12.	27
Şekil 2.13.	31
Şekil 2.14.	32
Şekil 5.1.	55
Şekil 5.2.	56

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1.	4
Resim 2.2.	23
Resim 2.3.	24
Resim 2.4.	25
Resim 2.5.	26
Resim 2.6.	29
Resim 2.7.	30
Resim 2.8.	32
Resim 5.1.	53
Resim 5.2.	54

KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
AKATED	Altyapı ve Kazısız Teknolojiler Derneği
B.F.	Birim Fiyat
CCTV	Kapalı devre televizyon sistemi
CTP	Cam elyaf takviyeli polyester
İSKİ	İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
PE	Polietilen
PVC	Polivinil klorür
SSET	Kanalizasyon Tanıma ve Değerlendirme Teknolojisi
TEDAŞ	Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.

1. GİRİŞ

Şehirlerin büyüme hızlarına bağlı olarak zamanla daha karmaşık bir altyapıya sahip olmaları nedeni ile ve şehirleşmenin sürdürülebilir olmasını sağlamak amacı ile çeşitli altyapı gereksinimlerinin ortaya çıktığı görülmektedir. Bu nedenle, özellikle kamusal alandaki teknik altyapı hizmetleri büyük önem kazanmış olup, son yıllardaki atılım süreciyle birlikte İller Bankası'nın kendini çok yönlü olarak geliştirilmeye çalıştığı gözlemlenmektedir. Özellikle, teknolojik yenilikler ve sistemler, şehirlerin gelişmesinin, biçimlendirilmesinin ve yönlendirilmesinin en dinamik aktif bileşeni haline gelmiştir.

Bununla birlikte, kentleşmenin yüksek ivmelenmeler gösterdiği büyükşehirlerde bugün en önemli sorun altyapı sistemlerinin yenilenmesi, tamiri ve yeni dönecek hatların mevcut altyapı sistemlerine bağlantılı olacak biçimde ve sosyal hayat ile doğaya en az zararlar uygulamasının gerçekleştirilmesidir.

Bütün bunların bir sonucu olarak, altyapı çalışmalarında kazısız teknolojiler adı altında bir takım imalat, iyileştirme ve yenileme ile yerine koyma teknikleri geliştirilmiştir. Kazısız olması, altyapı hatlarında minimum kazı yapılarak veya hiç kazı yapılmadan iletim sorunlarının aşılmasını sağlar. Kazısız teknolojilerde kullanılan boru, kaplama ve astarlama malzemeleriyle iletim sisteminin servis ömrünün minimum 50 yıl arttığı görülmektedir. Kazısız olarak yapılan uygulama düşük maliyetiyle birlikte zamandan da tasarruf sağlarken, sosyal hayattan kopmamayı da sağlar.

Bilgisayar teknolojilerine bağlı olarak gelişen değişik türde ve ebatla makineler kazısız teknoloji yöntemlerinin de temelini oluşturur. Kazısız yöntemlerle uygulanacak boru çapı büyüdükçe, dolayısıyla ağırlıkta artacak ve itme veya çekme kuvveti uygulayan makine büyütülecektir.

Kazısız teknoloji yöntemleri günümüzde ülkemizde en çok madencilik ve jeoteknik alanlarda kullanılmakta olup, inşaat sektöründe ise yeni yeni benimsenmekte ve başarılı uygulamalara imza atılmaktadır. Kazısız teknoloji yöntemlerinden bazıları, kamusal alanda özellikle İSKİ tarafından uzun yıllardır kullanılmaktadır.

Kazısız teknolojilerin, İller Bankası'nın altyapı uygulamalarında sıklıkla uygulattığı geleneksel kazılı yöntemlere kıyasla sosyal, çevresel ve ekonomik etkileri de daha az olmaktadır. Günümüzde, bu etkilerden sadece ekonomik olanları irdelenebilerek net olarak hesaplanabilmekte; sosyal ve çevresel etkiler ise yaklaşık olarak tahmin edilmektedir. Sosyal ve çevresel etkileri birim fiyat bazına indirgeyebilecek detaylı çalışmalar ise farklı ülkelerden farklı bilim insanları tarafından yapılmaktadır. Sosyal ve çevresel etkilerin maliyetlerinin hesaplanma yöntemlerinden bazıları bu çalışmada kullanılmıştır.

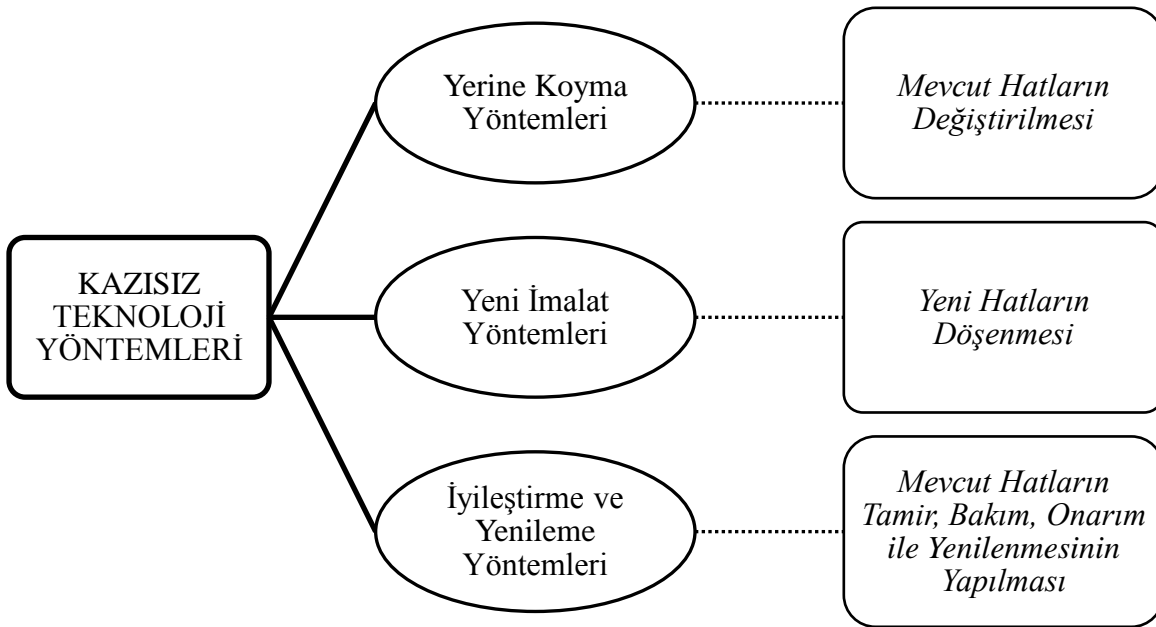
İller Bankası uygulamalarında kazısız teknolojilere günümüzde sadece karayolu veya demiryolu geçişi gibi özellikli şebeke bağlantı noktalarında başvurulmakta olup, Japonya ve Amerika Birleşik Devletleri'nde bu yöntemlerle bir yerleşimin içmesuyu veya kanalizasyon altyapı şebekesinin bütünüyle değiştirildiği örneklerde mevcuttur.

Belediyeler ile İl Özel İdarelerinin finansman ihtiyacını karşılayarak onlara teknik danışmanlık ve denetim hizmetleri sağlayan bir kurum olarak İller Bankası, kazısız yöntemlerdeki teknolojik gelişmelere bağlı olarak uygulamalarını bu yönlerde geliştirecektir. Bunun bir sonucu olarak şehirlerdeki altyapı sistemlerinde karmaşanın önüne geçilecek, sosyal ve çevresel açıdan sürdürülebilir bir kentleşme sağlanacaktır.

Sonuç olarak; bu çalışmada İller Bankasının gelecekte oluşturmaya çalıştığı vizyon esas alınarak, öncülük etmeye çalıştığı şehirlerin gelişme süreçlerine katkıda bulunulması amacıyla kazısız teknoloji yöntemleri detaylı bir şekilde incelenmiştir.

2. KAZISIZ ALTYAPI TEKNOLOJİLERİNİN İNCELENMESİ

Günümüzde uygulanan altyapı teknolojileri, kazılı ve kazısız olarak ikiye ayrılmaktadır. Kazılı yöntemler, genellikle klasik olarak nitelendirilen ve kazılan alanda her tür imalatın yapılabilmesini sağlayan teknolojilerdir. Minimum kazı yapılarak ya da hiç kazı yapılmayarak altyapı imalatlarının yapılabilmesini sağlayan yöntemler ise kazısız yöntemler olarak nitelendirilmektedir. Kazısız teknoloji yöntemlerini, Şekil 2.1’de detayları görüldüğü üzere, yerine koyma yöntemleri, yeni imalat yöntemleri ile iyileştirme ve yenileme yöntemleri olmak üzere üç ana başlık altında toplayabiliriz.



Şekil 2.1. Kazısız teknoloji yöntemleri (Najafi, 2010: 8,9)

İlerleyen bölümlerde, konunun anlaşılması ve uygulama tekniklerinin birbirleriyle kıyaslanabilmesi açısından öncelikle kazılı yöntemlerle yapılan çalışmalar kısaca anlatılacaktır. Akabinde, kazısız teknoloji yöntemlerinin tarihi ve ardından da günümüzde en çok kullanılan yöntemlerin detayları anlatılacaktır. Kazılı ve kazısız teknolojilerin ekonomik, sosyal ve çevresel yönlerine ait detaylı çalışmalar ile örnek altyapı uygulaması incelemesi ise son bölümlerde sırası ile ele alınacaktır.

2.1 Kazılı Yöntemlerle Yenileme

Kazılı yöntemlerde yenileme genellikle boru hatlarında hasarlı borunun olduğu bölgenin kazılması ve hasarlı borunun çıkarılıp yenisi ile değiştirilmesi tekniğidir. Bu teknik mevcut borularda taşıma emniyetinin kaybolduğu ve büyük hasarlar olduğu zaman uygulanır. Hasarlar, mevcut iletim hattında eksik boruların oluşması, boruların ezilmesi veya çökmesi ile borularda büyük kırıkların özellikle de dikey kırıkların oluşması olarak sıralanabilir. Bunun yanı sıra boru hattı uygunsuz ve gelişigüzel döşendiğinde veya mevcut borunun yenilenen proje debisini taşıyamayacak kapasitede olduğu zaman da bu yöntem uygulanır. İller Bankası altyapı uygulamalarında en çok karşılaşılan durum ise; mevcut boru hattını kazarak onarmanın uygun olmaması durumudur. Bu durumda, mevcut boru hattı olduğu gibi bırakılıp, uygun iletim güzergahı oluşturulup projelendirilerek mevcut hattın paraleline yeni bir hat döşenmektedir.

Kazılı yöntemlerin dezavantajları olarak uygulama esnasında hattaki iletimin devam etmemesi, kazı bölgesinde meydana gelebilecek muhtemel çökmelere karşı destek uygulamalarının gerekliliği ve telefon, elektrik gibi diğer yeraltı hizmetlerine zarar verebilme ihtimali karşımıza çıkmaktadır. Açık kazı uygulamalarında ki diğer sorunlar ise su, doğalgaz, elektrik vb. hizmetler ile trafik ve iş gibi günlük etkinliklerin zaman zaman kesintiye uğramasıdır.



a) <http://www.gapinsaat.com.tr/upload/buyuk/759637188.jpg>, Son Erişim Tarihi: 18.06.2015.

b) <http://www.gapinsaat.com.tr/upload/buyuk/377844817.jpg>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

Resim 2.1. Açık kazı ile hat yenilemesi

Bazı durumlarda ise kazı artığı malzemenin alınarak uygun depolama alanına taşınması ve elenerek geri dolgu olarak kullanılması ile oluşan toplam maliyet, yeni hat döşeme maliyetinin de üzerinde olabilmektedir.

Kazı yapılan yerdeki toprak üstü kaplama malzemesi; asfalt, kilitli parke taşı, kaldırım veya beton, kazı tamamlanıp geri dolgusu yapıldıktan sonra yeniden yapılacağı için ekstra bir maliyet getirmektedir. Hatta kaplama malzemesinin yamayı kabul etmediği bazı durumlarda, kazı alanından çok daha geniş bir alanda yenileme yapılması daha da yüksek bir maliyet gerektirmektedir.

Kazılı yöntemlerle yapılan yenilemenin toplumu ve gündelik hayatı etkileyen sosyal maliyeti de bulunmaktadır. Sosyal maliyeti oluşturan unsurlar gündelik yaşamı da olumsuz etkilemektedir. Yolların trafiğe kapatılması ve bu nedenle araçların farklı güzergahı takip etmesi, bu güzergahtaki yolların trafik yoğunluğu nedeni ile hasar görmesi ve asfalt yenileme ihtiyacı, araçların diğer ham yolları kullanması nedeni ile daha çok yakıt harcanması ve doğaya daha fazla karbonmonoksit salınımı, vb. durumlar, kazı nedenli yol kapanması ile oluşan maliyete etki eden olası faktörlerdir.

Bunun yanında kazı esnasında çıkan atıksuyun toprağa ve çevredeki başka unsurlara karışması, yaya geçişinin engellenmesi ve günlük ticari yaşamı etkilemesi de sosyal maliyetin içinde yer almaktadır. Bu sebeple, yenileme için uygun tekniğin seçiminde sosyal maliyetin de uygulama maliyetine eklenmesi veya düşünülmesi kaçınılmazdır.

2.2. Kazısız Teknolojilerin Tarihsel Gelişimi

Kazısız teknolojilerin temelini dayandığı delgi yöntemlerinin ilkeleri 1890'lı yıllarda kömür arama ve madencilik faaliyetlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Yönlendirilebilir yatay delgi yöntemlerinin ilkeleri ise yine madencilik alanında 1920'lerde kullanılmaya başlanmış fakat boru hatlarında kullanılmaya başlanması 1970'li yılları bulmuştur. Boru çakma ile yatay delgi yöntemleri 1950'li yıllarda içmesuyu dağıtım şebekelerinde karayolu altından geçişler için kullanılmaya başlanmış olup, 1970'lerin başlarında ise dere ve nehirlerin altından geçilerek uygulanmıştır (Kramer, 1992: 6,7).

Çimento harcı ile boru kaplanması, 1935 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde toprak altında gömülü borulara başarı bir şekilde uygulanmıştır (Bardakjian, McReynolds, ve Hausmann, 2007).

Mikrotünelleme yöntemi, 1973 yılında ilk olarak Japonlar tarafından yerleşimin yoğun olduğu kısımlardaki kanalizasyon boru hatlarının döşenmesinde kullanılmaya başlanmıştır. Yöntemin Amerika Birleşik Devletleri ve Fransa'daki ilk uygulaması sırasıyla 1984 ve 1989 yıllarındadır (FSTT, 2004: 27) .

Boru patlama yöntemi ilk olarak İngiltere'de British Gaz adlı firmanın öncülüğünde D. J. Ryan & Sons firması tarafından 1970'lerin sonlarında küçük çaplı döküm gaz borularının değiştirilmesi için kullanılmıştır (PPI, 2012: 536).

Yerinde sertleşen boru ile astarlamamanın ilkeleri 1971 yılında İngiltere'de, 1976 yılında ise Amerika Birleşik Devletleri'nde uygulanmaya başlamıştır (Najafi, 2010: 277).

Yönlendirilebilir yatay delgi ilk olarak 1980'lerde Amerika Birleşik Devletleri'nde, 1989 yılında Fransa'da ve 1990'lı yıllardan itibaren de teknolojik gelişmelere bağlı olarak Avrupa'da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (FSTT, 2004: 214, 215).

1980'li yıllardan sonra başlayan dijital teknolojik gelişmelere paralel olarak farklı yöntemler hızlı bir gelişme göstermiş olup, 1986 yılında Amerikalı, Japon ve Avrupalı mühendisler bütün yöntemleri kazısız teknolojiler adı altında toplayarak kategorize etmişlerdir (El-Baroudy, 2013: 2).

Türkiye'de ise AKATED 2010 yılında kurulmuş olup, halen faaliyetlerine devam etmektedir. AKATED öncülüğünde 2015 yılı Nisan ayında İstanbul'da Uluslararası Kazısız Teknolojiler Konferansı ve Sergisi düzenlenmiştir. Günümüzde kazısız teknoloji yöntemlerinden İller Bankası uygulamalarında en çok kullanılanlar; yönlendirilebilir yatay delgi, mikrotünelleme, boru çakma ve kanalizasyon boru hatlarının görüntülenmesidir.

Son yıllarda, İller Bankası bu yöntemlerle ilgili özel teknik şartnameler, birim fiyat analizleri ve tariflerini uygulama esaslı olarak geliştirmektedir.

2.3. Kazısız Teknoloji ile Yerine Koyma Yöntemleri

Bu yöntemlerdeki amaç mevcut boru içinden geçilerek aynı güzergah boyunca gidilerek yeni borunun döşenmesidir. Yerine koyma yöntemleri içinde en çok kullanılanı boru patlatma yöntemi olup, bu yöntemin farklı türleri de bulunmaktadır.

2.3.1. Boru patlatma yöntemi

1970 yılından bu tarafa farklı ülkelerde geliştirilerek uygulanan bir yöntemdir (PPI, 2012: 536). Yatay bir zeminde konumlandırılmış statik-hidrolik veya pnömatik (havalı) olarak çalışan sistemlerden oluşmaktadır.

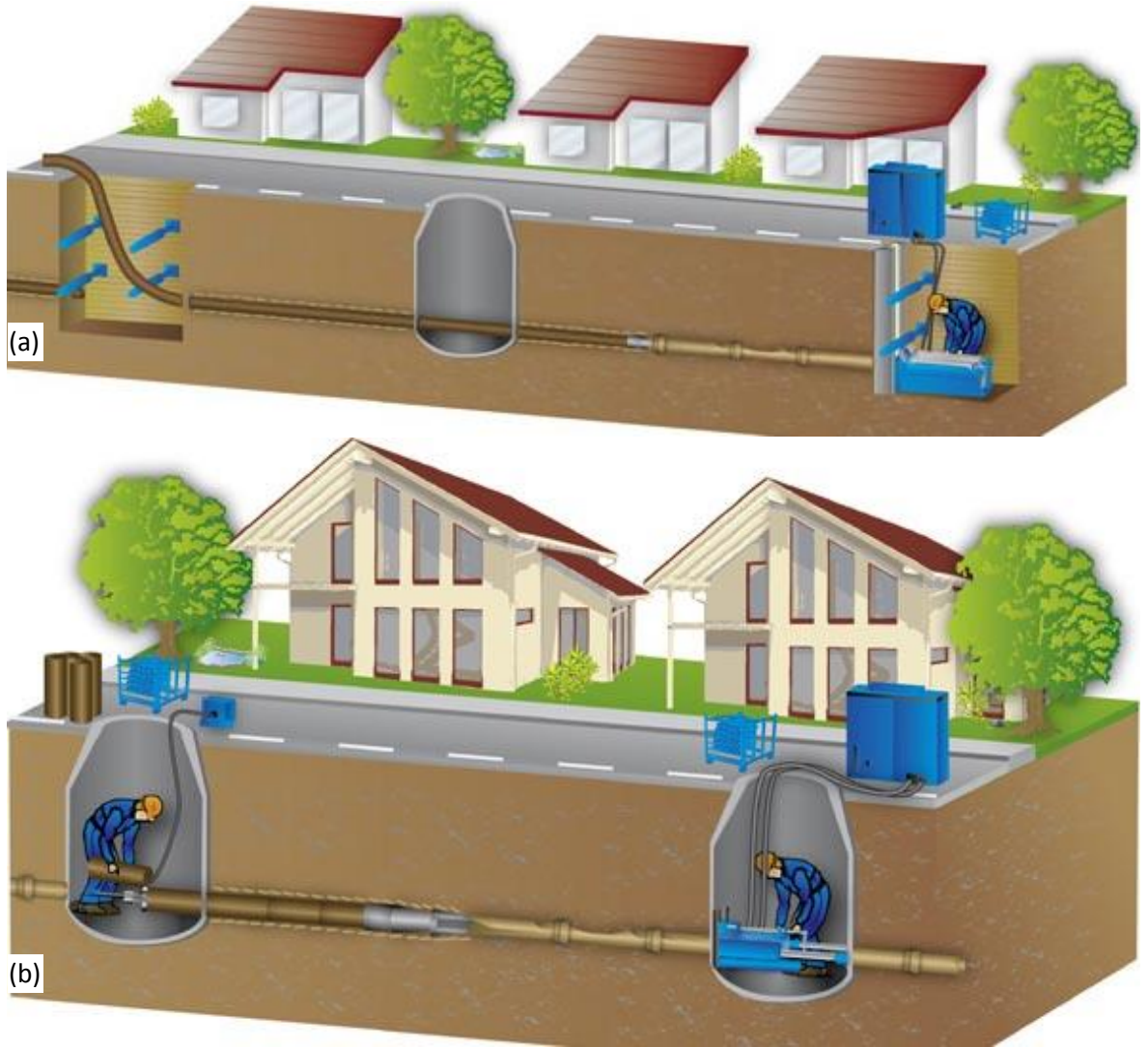
Statik olarak konumlandırılmış boru çekme sisteminde boru çakma yönteminde olduğu gibi çakma işlemi yapılmaz. Öncelikle çelik delgi çubukları birbirine eklenerek veya kablo kullanılarak patlatma işlemi yapılacak borunun tersi istikametinden diğer yöne doğru borunun içinden geçirilerek karşı tarafa çıkarılır ve ekleme miline bağlanır. Burada boruyu patlatarak ilerleyen başlık birleştirilmiş delgi çubuklarına veya kabloya bağlanır ve aynı zamanda yeni boru başlığın arkasına bağlanır. Akabinde mevcut boru içinden geçirilmiş ve birleştirilmiş delgi çubukları veya kabloya büyük bir çekme kuvveti uygulanır ve konik şeklindeki genişleme başlığı boruyu patlatarak gidilen yönün tersi istikametinde geri çekilmeye başlar. Konik başlık yatay çekme kuvvetini radyal kuvvete aktararak mevcut boruyu kırar ve yeni boru için yer sağlayan boşluğu genişletir.

Patlayan eski boru parçaları toprak çeperine saplanır ve patlatma başlığının geri yöndeki hareketi ile birlikte kazı çeperine sıkıştırılır. Sonuç olarak, patlatma başlığı ile birlikte hareket eden boru genişleyen boşluğun içinde ilerler ve karşı tarafa geçmiş olur. Uygulamalarda patlatma başlığının çapının yenilenecek borunun çapının %115'i genişliğinde seçilmesi tipiktir (PPI, 2012: 543).

Bu sistemde yeni yerleştirilecek boruyu koruyan ve darbe almasını engelleyen şey patlatma başlığının çapının yeni yerleştirilecek borunun çapından büyük olmasıdır. Sistemde çelik çubukların yerine kablo veya zincir bağlanması durumunda geri çekme işlemi minimum kesintiyle devam eder, fakat uygulama için kullanılabilir kuvvet düşüktür. Pnömatik olarak çalışan sistemlerin statik-hidrolik sistemlere göre temel farkı, mevcut

boruyu patlatmak için kullanıldığı kuvvetli sağlama şeklidir. Kuvvetin farklı kaynaklardan alınmasına göre; statik-hidrolik sistemler basınç alan boruların, pnömatik sistemler ise basınçsız boruların yenilenmesinde yaygın olarak kullanılır.

Konik kafa olarak patlatan başlık yerine silindirik kesici ya da burgulu başlığın kullanılması kırılğan olmayan borularında bu yöntemle değiştirilmesine izin verir. Yöntemin uygulaması Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



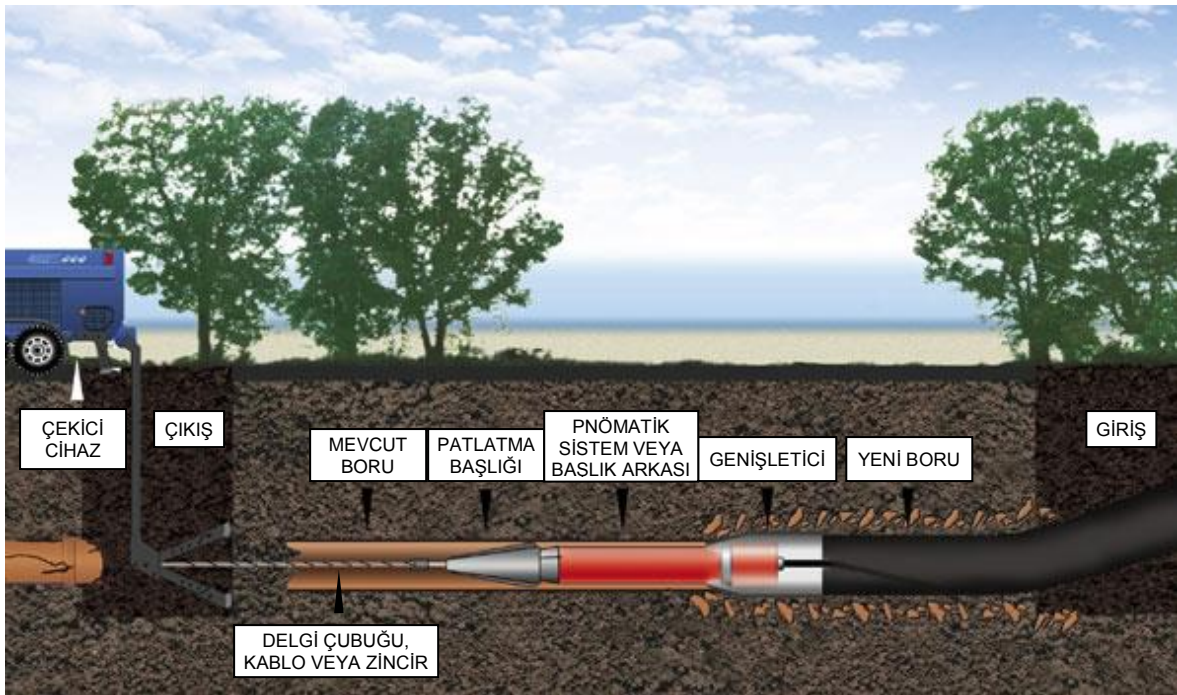
a) http://www.nodig-construction.com/doks/jpg/Schema_Berstlining-statisch-2011.jpg, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

b) http://www.nodig-construction.com/doks/jpg/Schema_Berstlining-statisch-2011.jpg, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

Şekil 2.2. Boru patlatma yöntemi

Bu yöntemle tek seferde maksimum 500 m uzunluğa kadar ve 100 mm – 1 200 mm çap aralığındaki iletim boruları yenilenebilir (Najafi, 2010: 32).

Yenilenen hat üzerinde bulunan parsel bağlantıları için açık kazı yapmak ve ayırım yerinden bağlanacak C parçası döşemek gerekir. Boru patlatma yöntemi detayları Şekil 2.3'te verilmiştir.



<http://www.tttechnologies.com/images/job-stories/pipe-bursting/brenbrst.jpg>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

Şekil 2.3. Boru patlatma yöntemi detayları

Bununla birlikte, yumuşak toprak zeminlerde kesit çeperinde kalan malzemenin gevşek olması sebebiyle patlatma başlığının küçük seçilmesi, kayalık zeminlerde ise kesit çeperinde kalan malzemenin sıkı durabilmesinden patlatma başlığının büyük seçilmesi, yöntemin arazide sağlıklı yürütülmesi açısından uygun olacaktır. Böylelikle, zemin hareketleri ile vibrasyonların açılan kesitin çeperinde negatif etkiler yaratmasının da önüne geçilecektir.

Farklı zemin koşullarına göre kazı çeperinin farklı çaplarda açılabilmesi, uygulamacıya çap büyütebilme olanağını da sunmaktadır. Yenilenmek istenen borunun

çapı da değiştirilmek isteniyorsa, kayalık zeminlerde %150'ye, yumuşak toprak zeminlerde ise %130'a kadar çap büyütülebilir (PPI, 2012: 553).

Boru patlatma yöntemi basınçlı ve basınçsız bütün borular için kullanılabilir olmakla birlikte, dökme demir, PVC, galvaniz, sfero, kil, beton ve çelik gibi mevcut boru malzemelerini farklı boru tipleriyle değiştirme olanağı sunar.

Boru kırma, hasarlı boruyu eski haline getirerek patlatma gibi yöntemlerde bu yöntemin içinde yer almaktadır. Yenilenecek boruda hasar çok ciddiye, doğrultunun ayarlanması için patlatma başlığı ile yeni boru arasına bir kalibratör başlığı takılır, boşluk genişletilir ve uygulamaya devam edilir.

Bu yöntem henüz İller Bankası uygulamalarında kullanılmamaktadır. İlerleyen dönemlerde şehirlerin gelişmesine ve Belediyelerin taleplerine bağlı olarak bu yöntem ihtiyacı duyulabilecektir.

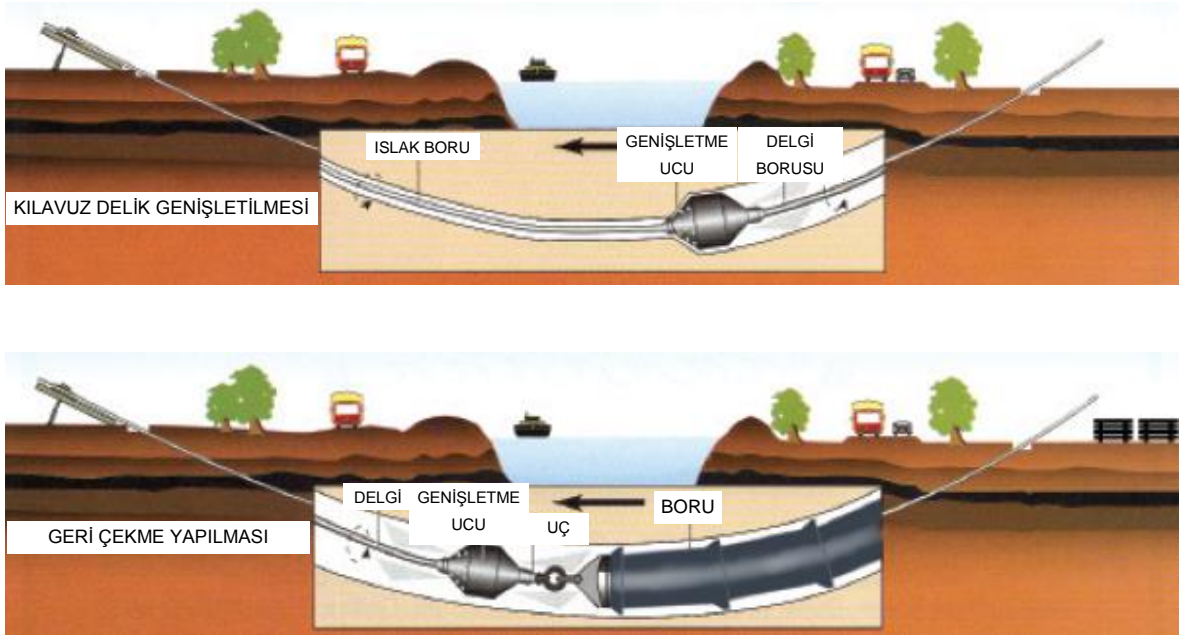
2.4. Kazısız Teknoloji İle Yeni İmalat Yöntemleri

Mevcut durumda boru hattı döşenmemiş bir yere sıfırdan hat döşenmek suretiyle gerçekleştirilen yöntemlerdir. Yatay yönlendirme delgi, robotik yenileme (mikrotünelleme) ve boru çakma yeni imalat yöntemleridir.

2.4.1. Yatay yönlendirme delgi yöntemi

Teknolojik olarak en gelişmiş kazısız teknoloji yöntemi olmakla beraber karayolu, demiryolu, dere, nehir, gölet, kanal gibi açık kazı yapılmasını engelleyen durumlarda kullanılan ve içinden atıksu ve içmesuyu borularının güvenli bir şekilde geçmesini sağlayan delgi yöntemidir. Yöntem yönlendirilebilir olduğu için, her an yer üstünden delgiye müdahale etme imkanı sunar ve istenilen noktadan girip istenilen noktadan çıkmayı sağlar. Yönlendirilebilir başlık içerisine takılan sonda, delginin beyni gibi çalışır ve bütün kazı bilgilerini anlık olarak operatöre sunar. Boru patlatma yönteminde olduğu gibi yerin altından uygulanması trafik, elektrik, doğalgaz ve su gibi günlük hizmetlerin kesintiye uğramadan yapılmasını sağlar. Aynı zamanda zemin altındaki mevcut iletim hatlarına zarar vermeden geçişi sağlar.

Yöntemde öncelikle yatay delgi makinesinin oturacağı yer ile delginin karşı tarafında borunun yatırılıp geri çekilebilmesi için yaklaşık 15 m uzunluğunda bir alan düzeltilir. Bu alan yatırılacak boru boyuyla ilişkili olarak değişebilir. Delgi makinesi hazırlanan uygun alana yerleştirilir ve yatayda bir kılavuz deliği açılarak istikamet, koordinat, derinlik, sapma açısı ve yön bilgileri kontrol edilir. Yöntemin uygulanması Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



<http://international.iteem.ec-lille.fr/wp-content/uploads/2013/01/horizontal-directional-drilling.bmp>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

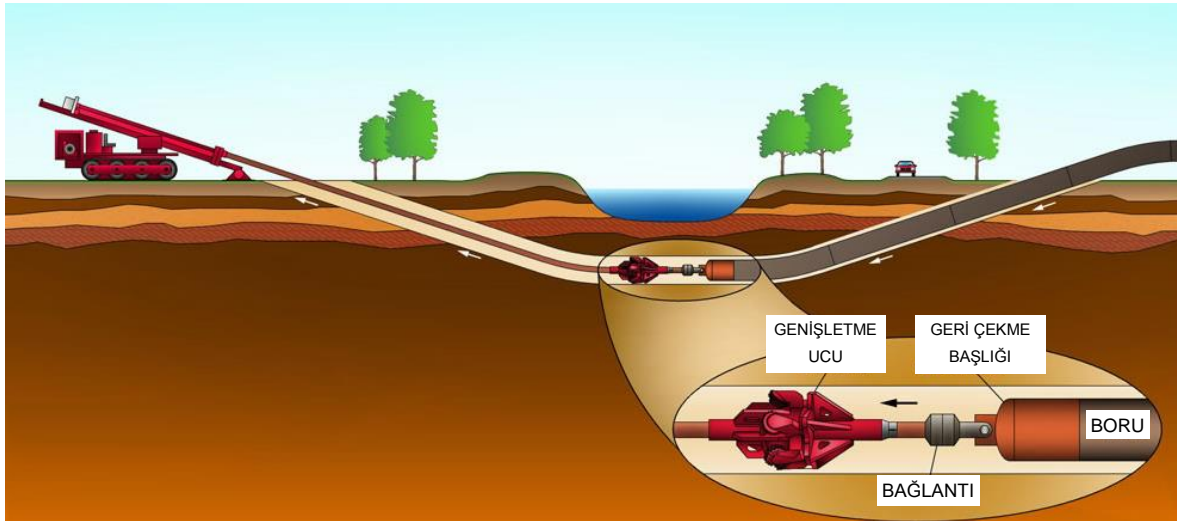
Şekil 2.4. Yatay yönlendirme delgi yöntemi

Burada zemin formasyonunun yumuşak veya sert olması durumlarına göre delginin kazıcı uçları ayarlanır. Buna ek olarak delgi çubuklarının esnek olması da istenilen yöne doğru hareket etmeyi sağlar. Açılan kılavuz delik uygun bulunduğu anda, kazıcı uçlar büyütülerek deliğin çapının döşenecek borunun çapından bir miktar büyük olması sağlanır. Bu büyüme genellikle döşenecek boru çapının %120 - %150'si kadardır. Bu esnada genişletilen delikte çökme olmaması ve delgi çeperinin stabil durması için bentonit şerbeti çeperlere enjekte edilir. Ardından, delginin diğer ucunda açıkta yatırılan boru delgi başlığına bağlanır ve geri çekme işlemi ile delgi makinesine kadar ulaştırılır.

Borunun sıvı içinde yüzerek hareket etmesi ve özellikle sert formasyonlarda boruda çok fazla yıpranma, yırtılma ve aşınma olmaması için delgi çapı ile çekilen boru çapı arasında kalan boşluk bentonit şerbeti ile doldurulur.

Yöntemle, zemindeki formasyonunun yayılımına bağlı olarak 2 000 m mesafeye kadar ve 50 mm - 2 600 mm çap aralığında betonarme, çelik ve polietilen boruların döşenmesi sağlanabilir (Najafi, 2010: 32).

Şevlerin çok dik olması ve kazılarak yer açılmasının mümkün olmadığı durumlar ile yatay delgi makinesi ve boruyu yatırmak için yeterli alanın bulunamaması durumlarında çok esnek ve özellikle küçük çaptaki borular delgiyle geçirilebilir. Yatay yönlendirme yöntemi detayları Şekil 2.5'te verilmiştir.



<http://www.coedrilling.com.au/images/hdd/HDD-4---Illustration---large2.jpg>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

Şekil 2.5. Yatay yönlendirme delgi yöntemi detayları

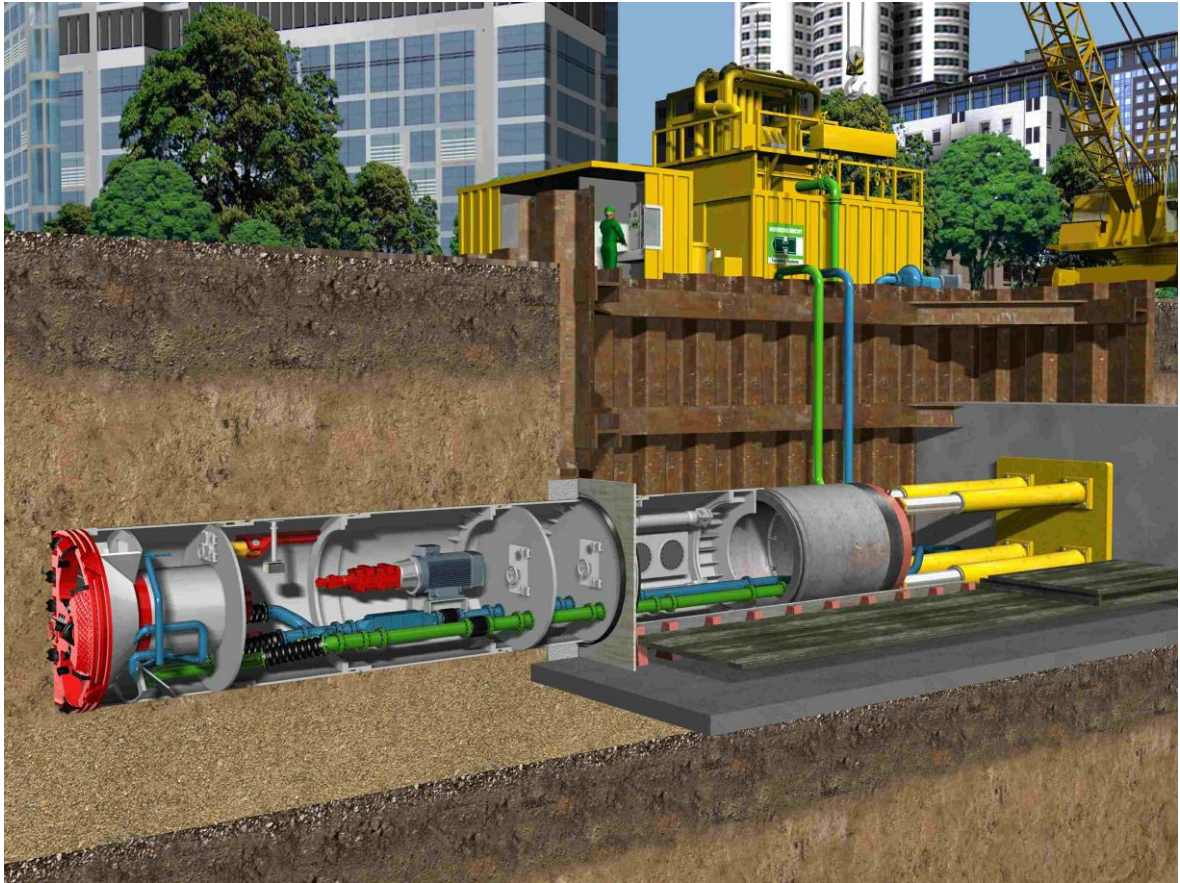
Yöntemi aşırı kayalık ve çok çakıllı zeminlerde uygulamak hassasiyet payını azaltarak kötü sonuçlar verebilir, bu nedenle zemin koşullarına uygun bir kazısız teknoloji yöntemi seçilmelidir.

İller Bankası uygulamalarında en sık kullanılan yöntem olup, genellikle karayolu ve demiryolu hatlarının dikey geçişlerinde üst kaplamaya (asfalt, kilitli parke taşı, bölünmüş

yol, orta kaldırım) zarar vermeden geçilmek istenilen yere içmesuyu veya kanalizasyon borusu ulaştırmayı sağlar. Bazen de uygulaması yapılan tesise elektrik temini için bu yöntemle elektrik hattı geçirilir. Uygulamalarda genellikle muhafaza borusundan iletimi sağlayacak boru geçirilir. Muhafaza borusu olarak en sık çelik ve polietilen borular kullanılır.

2.4.2. Robotik yenileme (mikrotünelleme) yöntemi

Yönteminin klasik tünel açma yöntemlerinden farkları, bilgisayar yardımıyla ilerleme ve tünel içinde aktif olarak çalışan insanlar olmadan istenilen çapta açılabilmesidir. Yöntemin uygulaması Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



<https://cdn.evbu.com/eventlogos/67954/avn2000d3d2komprphoto28229-1.jpg>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

Şekil 2.6. Mikrotünelleme yöntemi

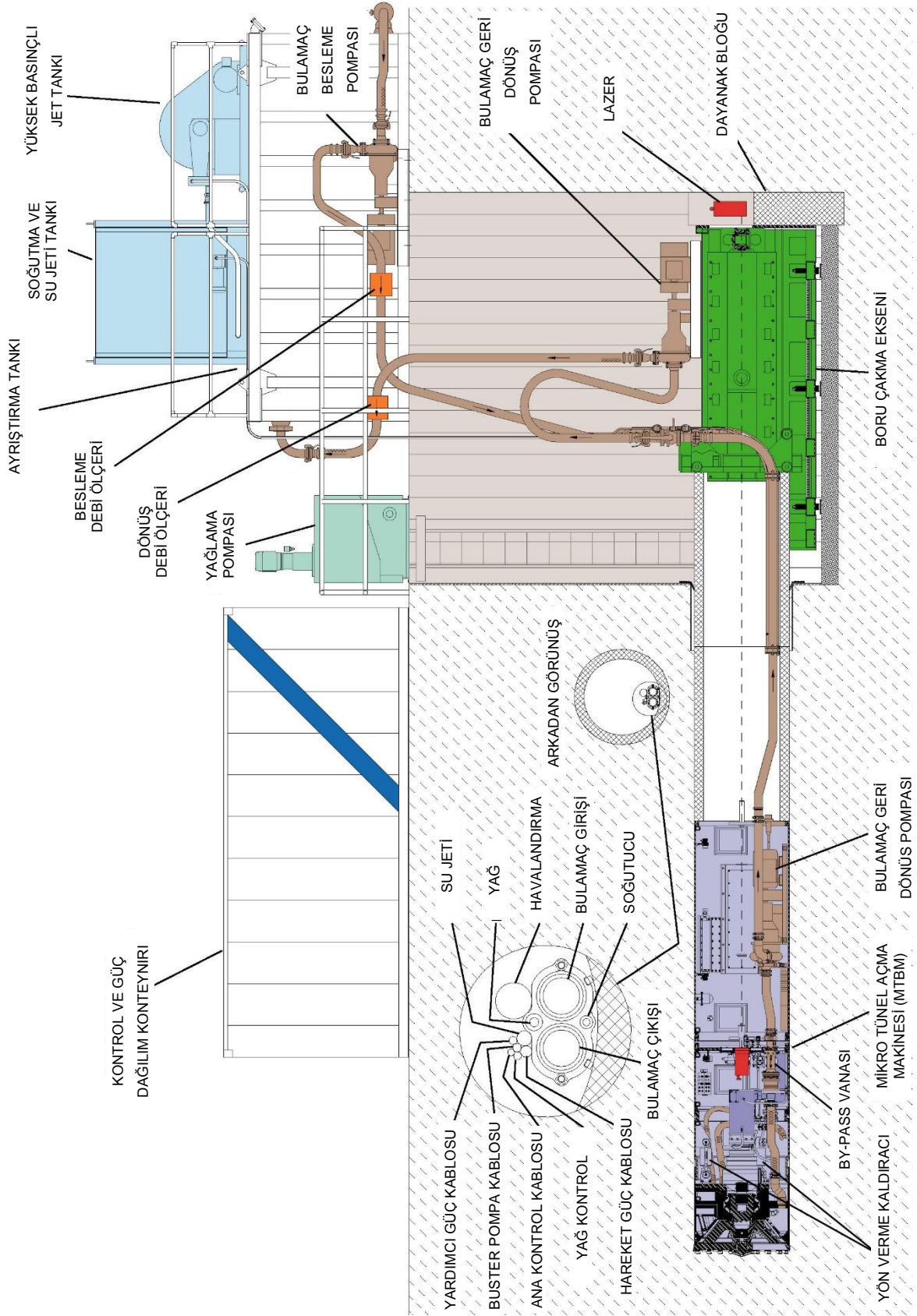
Mikrotünelleme yönteminin boru patlatma ve yönlendirilebilir yatay delgi yöntemlerinden ana farkı projesine göre boru döşenecek istikametten tek bir seferde geçişle boruyu arkasına bağlayarak istenilen yere çıkarması; boru çekme yerine boru itme yöntemiyle çalışmasıdır.

Çalışma sistemi; mikrotünel kazı makinesi, otomatik pasa ve kazı hızı kontrol takımı, boruların yeraltında projesine uygun olarak döşenmesini sağlayacak donanım, uzaktan kumanda donanımı ve mikrotünel kazı makinesinin anlık konumunu gösteren donanımlardan oluşmaktadır. Kazma ve itme şeklinde çalışan sistem, mikrotünel kazı makinesi tüneli kazdıkça arkasından boruyu iterek ve hatta yeni borular ekleyerek devam eder. Kazı sırasında açığa çıkan atık malzeme, tünel içinde basınçlı su püskürten otomatik pasa sistemi ile bulamaç haline getirilir ve emilerek yüzeydeki tanklara verilir.

Boru patlatma ve yatay yönlendirme delgi yöntemlerinde de olduğu gibi zeminin formasyonu ve proje özellikleri önem arz etmektedir. % 0,01 oranında hassasiyet gelişmiş uzaktan kumanda ekipmanı sayesinde sağlanabilir. Bununla birlikte, çok yumuşak zeminlerde mikrotünelleme yöntemi başarılı sonuçlar vermemektedir. Uygulamalarda 300 mm - 3 500 mm çap aralığında ve maksimum 40 m derinlikte açılabilir. Mikrotünel uzunluğu tek seferde maksimum 500 m mesafeye kadar açılabilir. Bu yöntemle beton, çelik, PE ve CTP boruların döşenmesi sağlanabilir. (Najafi, 2010: 32).

İller Bankası uygulamalarında henüz pek kullanılmayan bir yöntem olup, Elazığ Bölge Müdürlüğü bünyesinde ilk kez proje çalışmaları 2013 yılında tamamlanan Malatya (Merkez) Doğu Kolektörü İnşaatında kullanılacaktır. Malatya (Merkez) Doğu Kolektörü hattında, mikrotünellemenin yapılacağı kısım yaklaşık 216 m uzunluğunda olup, 1 600 mm çapında çelik boru içerisinden 1 200 mm çapında polietilen boru bu yöntemle döşenecektir. Mikrotünel üstü maksimum toprak yükü 18 m olacaktır. Kolektör hattı Malatya Atıksu Arıtma Tesisi'ne kritik eğimlerle bağlanacağı için projesindeki mikrotünel giriş ve çıkış kotlarının uygulama sırasında hatasız olarak geçilmesi önem arz etmektedir. Uygulama projesi keşiflerinde detaylı olarak metraj analizi yapılan imalatın birim fiyatı yaklaşık 2 200 \$/m olmaktadır.

Mikrotünelleme yönteminin detayları Şekil 2.7'de verilmiştir.

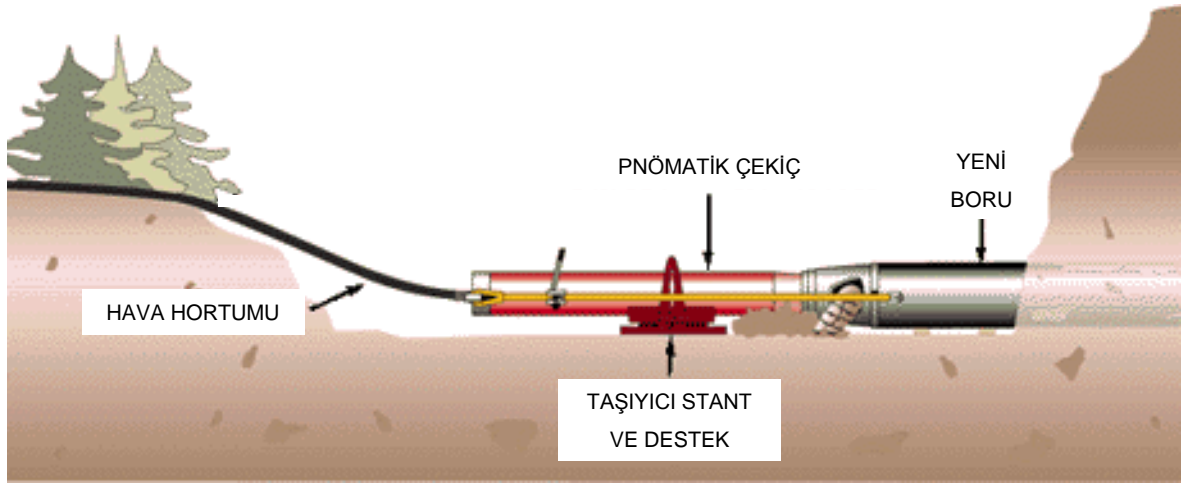


<http://www.nadapacific.com/images/microtunnelingbig.jpg>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

Şekil 2.7. Mikrotünelleme yöntemi detayları

2.4.3. Boru çakma yöntemi

Yöntemle, çelik borular pnömatik bir çekiç vasıtasıyla itme-çakma işlemiyle yerleştirilebilir. Zemin koşulları ile uygulama uzunluğuna bağlı olarak 100 mm - 3 600 mm arası çaplardaki çelik borular geçirilebilir (Najafi, 2010: 32). Yöntem daha çok karayolu ve demiryolu geçişlerinde kullanılır. Sert kayalık zeminlerle yumuşak hareketli zeminlerde uygulanması hassas sonuçlar vermeyebilir. Yöntemin uygulaması Şekil 2.8'de gösterilmiştir.



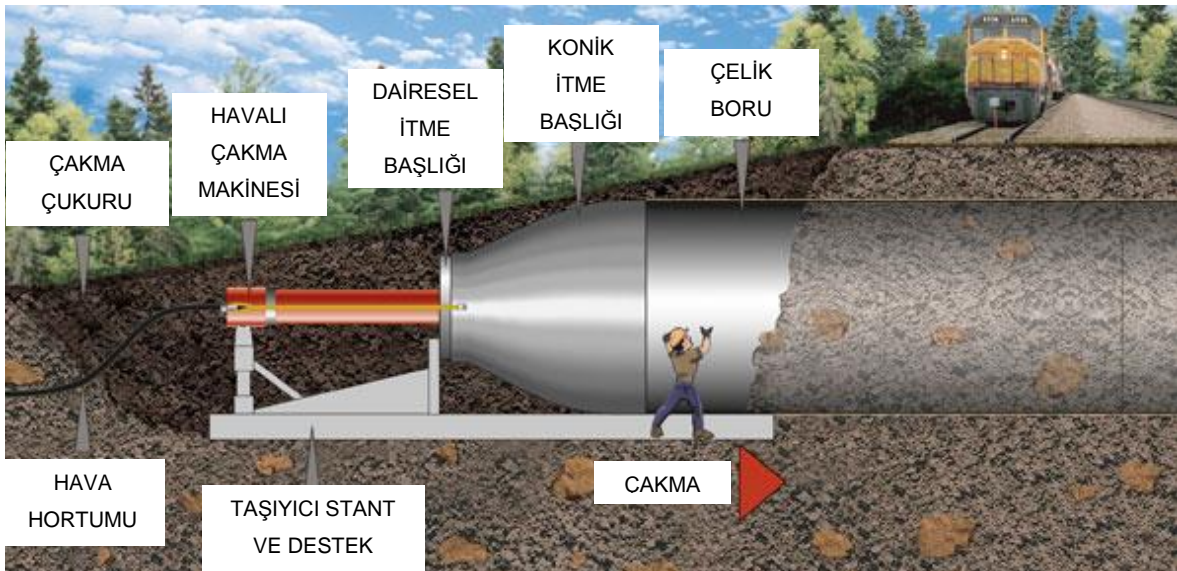
<http://www.swdirectionaldrilling.co.uk/piperamming.html>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

Şekil 2.8. Boru çakma yöntemi

Diğer kazısız teknolojilerden temel farkı, teknolojik olarak daha basit bir düzeneğe sahip olmasıdır. Bunun bir sonucu olarak ta hassasiyet kabiliyeti zayıftır. Bu nedenle kısa mesafelerde ve tek seferde maksimum 120 m uzunlukta uygulanabilir. (Najafi, 2010: 32)

Sistemde pnömatik bir çekiçle hareketli ve taşıyıcı stant üzerindeki bir itme başlığı, hava basıncı sayesinde ilerleyerek çelik boruyu istenilen yere çakar. İtme başlığının çelik boru takılan ucu çelik borudan biraz büyük çapta seçilir. Diğer ucu ise pnömatik aletin çapına göre seçilir. Bir boru boyu itme-çakma işlemi gerçekleştirildiğinde, ikinci boru alana indirilir ve içerdeki borunun görünür ucuna kaynaklanarak çakma işlemine sürekli devam edilir.

Bu yöntemde itme-çakma işlemi sırasında açığa çıkan pasanın bir kısmı, itme başlığının boşluk kısmından dışarı verilir. Boru çakma işlemi tamamlandıktan sonra boru içinde kalan pasa ise pnömomatik çekiç ucuna takılan ve yerleştirilen boru çapından biraz küçük bir başlık sayesinde itilerek diğer uçtan çıkarılır. Böylelikle hem boru içi temizlenmiş olur, hem de itme çakma işlemi sonrası yerleştirilen çelik boru işletmeye hazırlanmış olur. Klasik boru çakma yöntemlerinde pasa insan gücü yardımıyla tahliye edilmektedir. Yönlendirilebilir yatay delgi yönteminde olduğu gibi minimum bir boy çelik borunun rahatlıkla yatırılacağı kadar bir alan açılması ve bu alanın düzenlenmesi gerekmektedir. Boru çakma yönteminin detayları Şekil 2.9'da verilmiştir.



http://www.tttechnologies.com/job_stories/pipe_ramming_stories/a_new_record_ram_miller.html, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

Şekil 2.9. Boru çakma yöntemi detayları

Yönlendirilebilir yatay delgi ve mikrotünelleme yöntemlerinde uygulama sırasında ortamına zorunlu olarak verilmesi gereken bentonit şerbeti ve bulamaç gibi sıvılar, boru çakma yönteminde uygulanmamaktadır. Pasa kuru halde dışarı verilmektedir.

Bu yöntemi diğer yöntemlere kıyasla kayalık ve taşlık zeminlerde uygulamak olumlu sonuçlar vermektedir. Aynı zamanda bazı kazısız teknoloji yöntemlerinde kullanılan kesici uç gibi toprağı kazma yoluyla ilerleyen bir başlık burada uygulanmamaktadır.

İller Bankası uygulamalarında sıklıkla karşılaşılan bir yöntem olup, diğer kazısız teknoloji yöntemlerine göre daha ucuz ve hızlı olduğu için tercih edilir. Yönlendirilebilir yatay delgiden sonra en sık kullanılan yöntemdir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyatları 16.075/(1-11) arasındaki 11 adet pozda farklı çaplarda (500 mm - 2 400 mm) itme-çakma yöntemiyle çelik boru sürülmesi fiyatları bulunmaktadır.

2.5. Kazısız Teknoloji ile İyileştirme ve Yenileme Yöntemleri

Boruların toprak altında işletme sürelerini belirleyen üç önemli etken; malzeme kalitesi ve cinsi, hidrolik iletim ile ortamın kimyasal ve fiziksel yapısıdır. Bu nedenle uygun kazısız teknoloji ile iyileştirme ve yenileme yönteminin seçiminde bu üç etken ışığında karar verilmelidir.

Öncelikle uygun kazısız teknoloji ile yenileme yönteminin seçimi için geliştirilen görüntüleme ve problem saptama metotları kullanılır. Akabinde problem olan bölümün bu şekilde işletilmeye devam edilip edilemeyeceği, devam edilecekse ne kadar sürede müdahale edilmesi gerekeceği hesaplanır. Sonuçta, sistematik ve planlı bir şekilde yenileme yöntemi uygulanır.

Yenileme yöntemleri mevcut bir hattın tamir, bakım ve onarımlarının yapılması için kullanılır. Görüntüleme, temizlik, kaplama ve astarlama yöntemleri en çok kullandığımız yöntemlerdir.

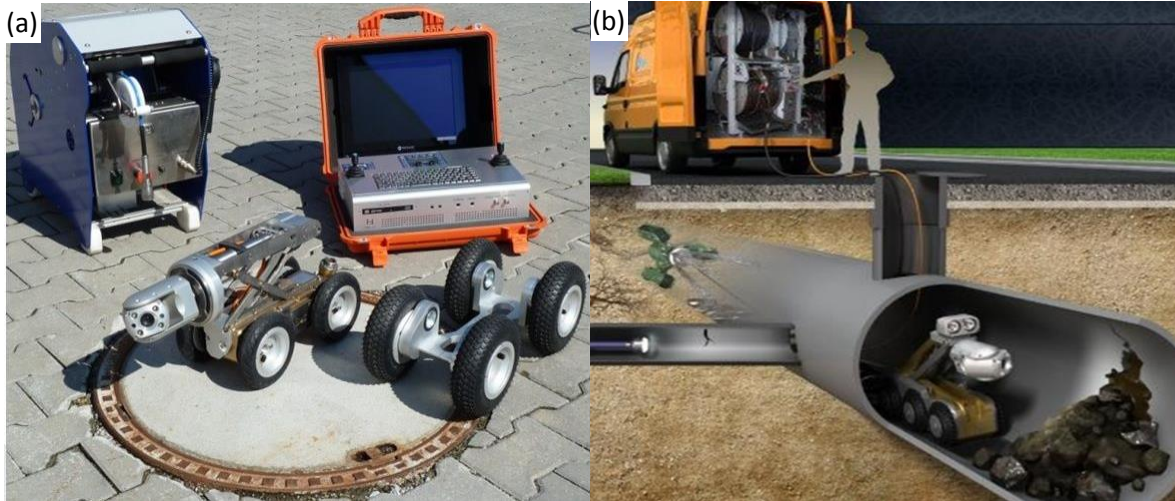
2.5.1. Görüntüleme yöntemleri

CCTV, SSET, mikrodalga, radyografi, kızılötesi termografi, akustik emisyon, manyetik, ultrasonik ve titreşim günümüzde en yaygın kullanılan görüntüleme mekanik ekipman çeşitleridir.

CCTV kapalı devre televizyon sistemi demektir. En sık kullanılan hat içi görüntüleme yöntemidir. İller Bankası uygulamalarında da en sık kullanılan robot araç üzerine kamera sistemi ile kanal içi görüntüleme yapmayı sağlar.

CCTV sistemiyle görüntüleme yapılacak hattın içinde oluşan problemlerin görüntülenebilmesi için uygulama esnasında hatta akış olmamalı veya hatta tam dolu akış olmamalıdır. Boru hatları, bacadan diğer bacaya kadar olan takribi 50 m - 60 m'lik mesafede teresubat ve atık birikmesi, tıkanıklık, kanal çökmesi, kırıklar ve esnemelere karşı kontrol edilebilir.

Yöntemle, iki boyutlu ve üç boyutlu görüntüleme yapılabilir. Robotun hattın içinde ilerleme hızı, 200 mm çapındaki borularda 6 m/dakika, 300 mm ve üzerindeki çaplardaki borularda ise 12 m/dakika olmaktadır (Internet). Şekil 2.10'da CCTV robot kamera ile hattın görüntülenme detayları verilmiştir.



(a) <http://www.metrotekaltyapi.com/tr/13783/CamBoss-Kanal-Goruntuleme-Kamerasi>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

(b) <http://hogullarikanalgoruntuleme.com/category/uncategorized/>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

Şekil 2.10. CCTV robot kamera ile hattın görüntülenmesi

Yöntemde kullanılan robot bazı durumlarda; teresubat ve atığın çok yoğun olması veya kırık bölgenin çok fazla deforme olmasından dolayı engeli aşamadığı için geri çekilir ve hat temizlenene veya onarılanına kadar ileriye gidemez.

Lazer entegre robot sistemlerde hattın meyil değeri anlık olarak robot hattın içinde ilerledikçe değişir. Buna göre oluşan pozitif veya negatif değerler ile çizilen grafik sayesinde ters meyilin olduğu bölüm yakalanabilir.

İller Bankası kanalizasyon inşaatı ihalelerinin tamamında yer alan kanalizasyon hatlarının görüntüleme işlemi, uygulaması yapılan kolektör, toplayıcı ve şebeke hatlarının robot yardımıyla bütünüyle iç görüntülemesinin alınması ve görüntüleme raporu ile birlikte hakediş öncesinde Bankaya sunulmasını kapsamaktadır. Görüntüleme sayesinde öncelikle hattaki ters meyiller, sehimler ile döşeme hataları saptanır. Hatalı bölümler sökülerek gerekmesi halinde yeniden döşenir. Buna ek olarak, kırık borular ve muayene bacaları ile hatta meydana gelen tıkanıklıklarda kazısız teknoloji yöntemlerinden uygun olanları kullanılarak düzeltilir.

İller Bankasının konu ile ilgili “Kamera Monte Edilmiş CCTV’li Görüntüleme Aracı Özel Şartnamesi” bulunmaktadır. Bu şartname minimum 200 mm çaptan başlamak üzere kanalizasyon hatlarında iki baca arasında döşenen her çapta borunun kesintisiz görüntüleme kayıtlarının alınması istenilmektedir. Şartnamede hatlarda gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra teyit amacıyla tekrar görüntü alınabilecek miktarın toplam görüntüsü alınan hat uzunluğunun % 5’ini geçemeyeceği de bildirilmektedir (İlbank, 2015). Hakedişlerde hesaplanacak görüntüleme miktarlarının tespitinde ise iki muayene bacası eksenleri arasındaki mesafenin alınması uygun görülmektedir. İller Bankası dışında Belediyeler de görüntüleme yöntemlerini çok sık kullanırlar. Büyük çaplı kanalizasyon borularıyla imalatların yapıldığı kolektör hattı gibi uygulamalarda, proje maliyetleri açısından kullanımı gereklidir.

Kanalizasyon tanıma ve değerlendirme teknolojisi SSET, CCTV yöntemine göre daha pahalı olan fakat değerlendirme parametreleri açısından daha zengin olan bir yöntemdir. Bu yöntemle boruların uzun dönem deformasyon ölçümleri yapılabilir.

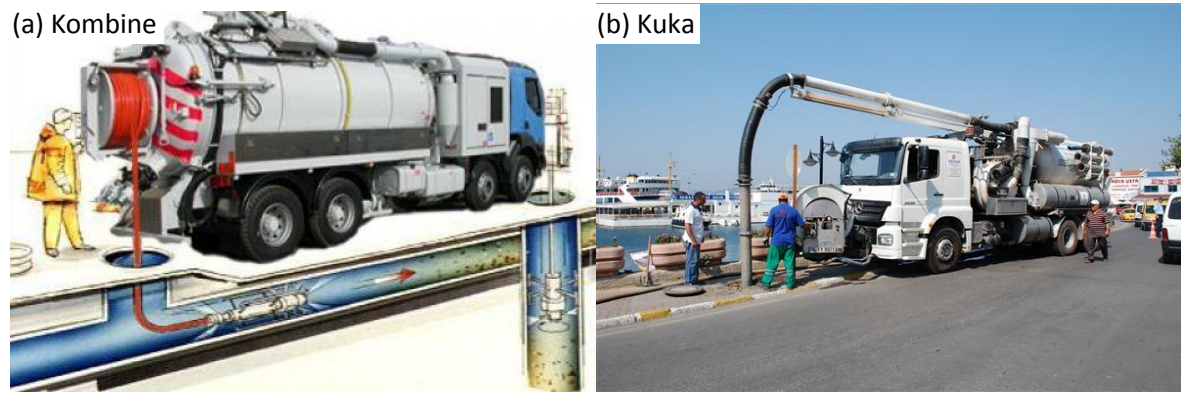
Lazer tarayıcılar sayesinde boru ile ilgili deformasyonlar doğrulukla ölçülebilir. Bunun dışında ultrasonik ve manyetik yöntemlerde kırıkların veya hasar gören bölümlerin net olarak tanımlanması çok zordur.

Kızılötesi termografi yerden hareketli bir sistem ve havadan uçak hareketi ile hatların problemlerinin saptanmasını sağlar. Güvenilir bir yöntem olmasına rağmen hava durumu ve zemin şartlarından etkilenmesi ile uçuşun pahalı olmasından ötürü pek tercih edilmez.

2.5.2. Temizlik yöntemleri

Bu yöntemler daha çok tıkalı kanalizasyon hatlarının açılması veya temizlenmesi için kullanılır. Kombine ve kuka en çok kullanılan araçlar olup, Şekil 2.11’de sırasıyla gösterilmiştir.

Kombine ile basınçlı su tıkanıklık olan yere sıkılır. Hortum ucuna bağlı kanal açma başlığının basınçlı su tarafından itilmesiyle, parçalama etkisi ile oluşan teresubat ve atığı devamındaki muayene bacasına taşır. Muayene bacasından vakumlanarak atık tankına alınır. Bu en hızlı ve çok kullanılan bir kanal açma yöntemidir.



(a) <http://www.kanalizasyon.org/kanal-temizleme.html>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

(b) <http://www.gelibolu.bel.tr/bpi.asp?caid=171&cid=920>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

Şekil 2.11. Kanal açma araçları

Kuka kanal açma aracı da kombineye benzer şekilde çalışır; sadece biriken teresubat ve atığın hattın devamındaki muayene bacasından vakumlama işlemi kuka aracı üzerinde bulunmayıp, bir vidanjör yardımıyla yapılır.

Kombine ve kuka araçlarının dışında su jeti de boru içi temizlikte ender de olsa kullanılan bir yöntemdir. Su jeti daha çok boru içi çeper temizliği ile muayene bacasına yakın yerlerde oluşan tıkanıklıkları açmada kullanılmaktadır.

2.5.3. Kaplama yöntemleri

Bu yöntemlerdeki amaç boru hatlarında püskürtmeli sistemler kullanarak farklı tiplerde hazırlanmış harçlarla, boru çeperini kaplamak ve çeperle sıvı temasını kesmektir. Bu sayede borularda meydana gelen yapısal bozulmalar ile bozulma kaynaklı kimyasalların temiz suyu kirletmesi engellenecektir. Kaplamalar, sızdırma yapan borularda uygulanabilir ama sızdırmayı kesme işlevi görmez.

Yöntem uygulamada kullanılan malzemelerin cinslerine göre üç alt bölüme ayrılır. Bunlar; çimento harcı ile kaplama, kimyasal harç ile kaplama ve harç kaplanmış çelik örgü uygulamasıdır.

Kaplama yöntemleri kesintisiz olarak en çok 200 m mesafede uygulanabilir. Çimento harcı ile kaplamada boru minimum 24 saat, kimyasal harç ile kaplamada ise minimum 1 ile 16 saat arasında bir süre servis dışı kalır (Najafi, 2010: 116).

İller Bankası ihalelerinde Belediyelerin talepleri doğrultusunda, mevcut borulardaki hasarlara yönelik boru kaplama uygulamaları bulunmamakta olup, ilerleyen zamanlarda kaplamalar sıklıkla kullanacak yöntemler olacaktır.

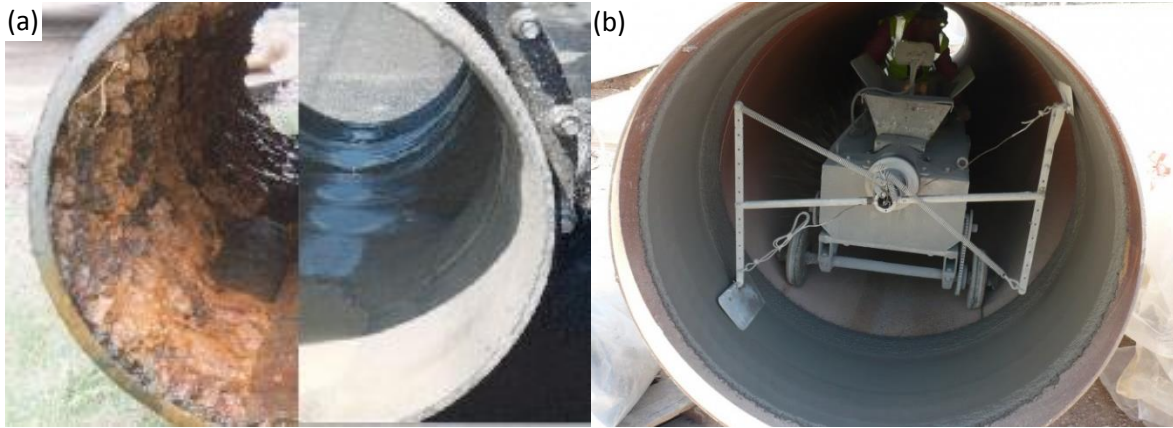
2.5.3.1. Çimento harcı ile kaplama

Kaplama yöntemleri borudaki akışın tamamen kesilememesi ve kuru yüzeyin sağlanmasındaki zorluklardan ötürü daha çok içmesuyu şebeke hatlarında kullanılmaktadır. Çapı 100 mm üzerinde olan borular bu yöntemlerle kaplanabilir. Özellikle çimento harcı ile kalın olabilen kaplamaların 100 mm ve altındaki çaplarda uygulanması kesit daralması ve debi azalması nedenleriyle pek tercih edilmemektedir.

Çimento harcı, borunun tipine ve yıpranmasına bağlı olarak; 300 mm çapına kadar 4 mm - 8 mm kalınlıkta, 300 mm çapından büyük borularda ise 8 mm - 12 mm kalınlıkta uygulanır (Najafi, 2010: 116).

Yöntemlerin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için öncelikle uygulama yapılacak boru içindeki bozulmuş veya korozyona uğramış bölümlerin temizlenmesi ve temiz bir

uygulama yüzeyinin açılması gerekmektedir. Bu uygulanacak kaplamanın servis ömrünü uzatacaktır. Boru kazıyıcılar, su jetleri ve kesici uçlu sondaj aletleri yardımıyla boru içi temizlenir (Resim 2.2).



(a) http://www.peterboroughutilities.ca/Water/Construction_Projects/Cement_Mortar_Lining.htm, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

(b) <http://www.conpipe.com/product-lines/5-Cement-lining+on+site+location>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

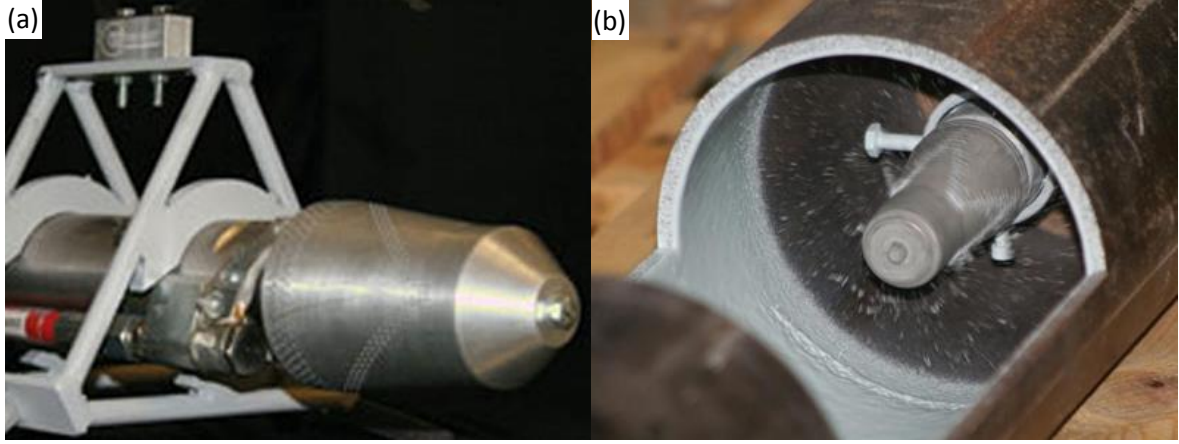
Resim 2.2. Çimento harcı ile kaplama uygulaması

Çimento harcı ile kaplama, borudaki korozyonu önleyeceği ve hidrolik pürüzlülüğü azaltacağı için pik borularda tercih edilmelidir. Sızdırmamanın boru cidarını çok azalttığı veya borudan kaçakların mevcut olduğu durumlarda, çimento harcı ile kaplama yöntemini kullanmak uygun değildir. Besleme hortumlarından gelen çimento harcını boru çeperlerine püskürten hareketli araçlarda ve sistemlerde konumlama, boru çeperine eşit miktarda çimento harcı sürebilmek için borunun dikey kesit merkezinden yapılmalıdır. Püskürtme işleminin akabinde araçlarda konumlanan mala ile harç yüzeyi düzeltilir. Kuruma sağlandığında boru işletmeye alınabilir.

2.5.3.2. Kimyasal harç ile kaplama

İçmesuyu sistemlerinin daha kısa sürede işletmeye alınma zorunluluğundan, kimyasal harç ile kaplama yöntemleri çimento harçlara göre tercih edilmektedir. Çapı 75 mm ve üzerindeki borularda kullanılabilir. Harç kalınlığı, kullanılan kimyasal malzemenin tipine göre 1 mm - 5 mm arasında değişir (Najafi, 2010: 116).

En çok kullanılan kimyasal kaplama harçları epoksi ve poliüretandır. Çimento harçlara göre çok daha ince olarak sürülebilirler ve daha çabuk priz alırlar. Bu nedenle boru çapında daralma yaratmazlar. Kimyasal harçlar çimento harçlara göre daha pahalıdır. Kimyasal harçlar doğru miktarlarda karıştırılmış ve sertleşmiş olmalarına bağlı olarak içmesuyuna karışmazlar. Kimyasal harç ile kaplama yönteminde kullanılan makineler ve uygulama detayları Resim 2.3'te verilmiştir.



(a) <http://www.trenchless-pipelining.com/wp-content/uploads/2014/06/spray-head.jpg>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

(b) <http://www.trenchless-pipelining.com/wp-content/uploads/2014/07/sl-1.jpg>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

Resim 2.3. Kimyasal harç ile kaplama

Uygulaması çimento harcı ile kaplamayla aynı olan kimyasal harç ile kaplamanın tek farkı, ince tabakalar halinde püskürtüldüğünden malayla harç yüzeyinin düzeltilmesini gerektirmemesidir. Kimyasal harç ile kaplama, çimento harç ile kaplamada olduğu gibi borunun kimyasal yapısında bozulma varsa veya boru sızdırma yapıyorsa uygulanmaz.

2.5.3.3. Harç kaplanmış çelik örgü

Yöntem, 2 000 mm'den daha büyük çaplardaki borulara uygulanır. Uygulaması çimento harç ile kaplamayla benzer olup, boru çapı büyük olduğu için harç altına çok ince bir çelik örgü atılarak püskürtme yapılacak çimento harcının boru çeperindeki durumu güçlendirilmiş olur.

2.5.4. Astarlama yöntemleri

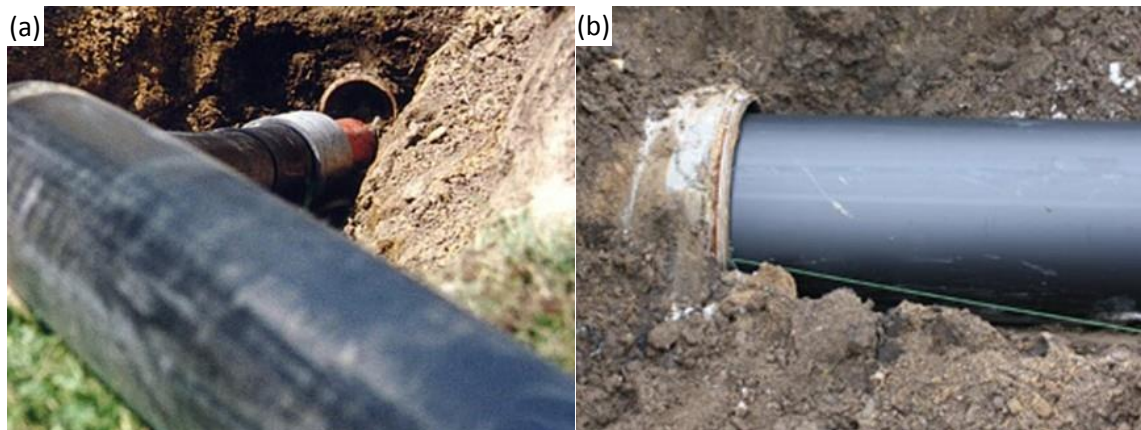
Yöntemlerde boru içinden geçecek temiz ve pis su ile temas edecek iç astar malzemeler, bu suların gelebilecek ve astara zarar verebilecek her türlü kimyasal maddeye karşı korunaklı olarak üretilmektedir.

Kayarak (sürerek) astarlama, yerinde sertleşen boru ile astarlama, spiral sarım ile astarlama, ısı ile şekil alan sıkı geçmeli boru astarlama ile parça astarlama yöntemleri en sık kullanılan astarlama yöntemleridir.

İller Bankası uygulamalarında mevcut borulardaki hasarlara yönelik boru astarlama yöntemleri henüz kullanılmamakla beraber, ilerleyen dönemlerde astarlamalar sıklıkla kullanılacak yöntemler olacaktır.

2.5.4.1. Kayarak (sürerek) astarlama yöntemi

Basınçlı boru hatları ile kanalizasyon ve yağmursuyu hatlarında uygulanabilir. Yöntemde en çok polietilen ve PVC borular astarlama için kullanılır. Yöntemin uygulaması Resim 2.4'te gösterilmiştir. Kayarak astarlama, yeni döşenecek borunun çekilmesi veya itilmesiyle, mevcut boru içerisine daha küçük çapta bir boru yerleştirilir. Yerleştirilecek boru genellikle mevcut boru içerisine maksimum sığabilecek çaptaki borudur.



(a,b) <http://www.ellingsoncompanies.com/our-services/trenchless-solutions/slip-lining/>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

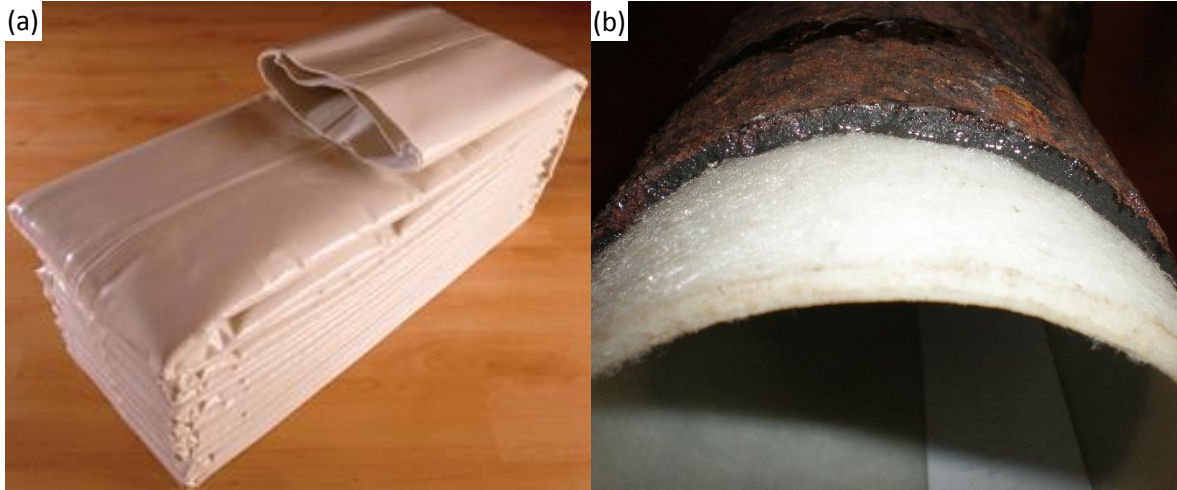
Resim 2.4. Kayarak (sürerek) astarlama yöntemi

Mevcut borunun iç çapından % 5 - 10 daha küçük dış çapa sahip boru, astarlama tercih edilir. Mevcut boru ile astarlanan boru arasında kalan boşluk ise farklı derz dolguları ile doldurulur. Kesitte oluşan daralmaya bağlı olarak borunun taşıma kapasitesinde azalma gerçekleşir. Çapı 100 mm - 2 500 mm arasında olan borulara tek seferde maksimum 300 m uzunluğunda uygulanabilir (Najafi, 2010: 55).

Mevcut boru hattı içinde dökülme ve tıkanmaların olması yöntemi zorlaştırır. Aynı zamanda dairesel derz dolgusunun iki boru arasında kalan boşluğa uygulanması da yöntemin zorluklarından. Polietilen boruların yapısal olarak eğilme momentlerinin düşük olmasına bağlı olarak astarlama borusunun kalın olması gerekirken, ince astarlama kullanarak derz malzemesini dayanımı yüksek olandan seçmek uygulamada daha yaygındır.

2.5.4.2. Yerinde sertleşen boru ile astarlama yöntemi

Boru astarlama yöntemleri içinde en yaygın olarak kullanılandır. Bu yöntemde reçine veya epoksi emdirilmiş bez boru, dışarıda şişirilip mevcut boru içine itilerek ya da mevcut boru içine itilip istenilen yere sürülünce orada boru çeperine doğru maksimum seviyede şişirilerek uygulaması yapılır (Resim 2.5).



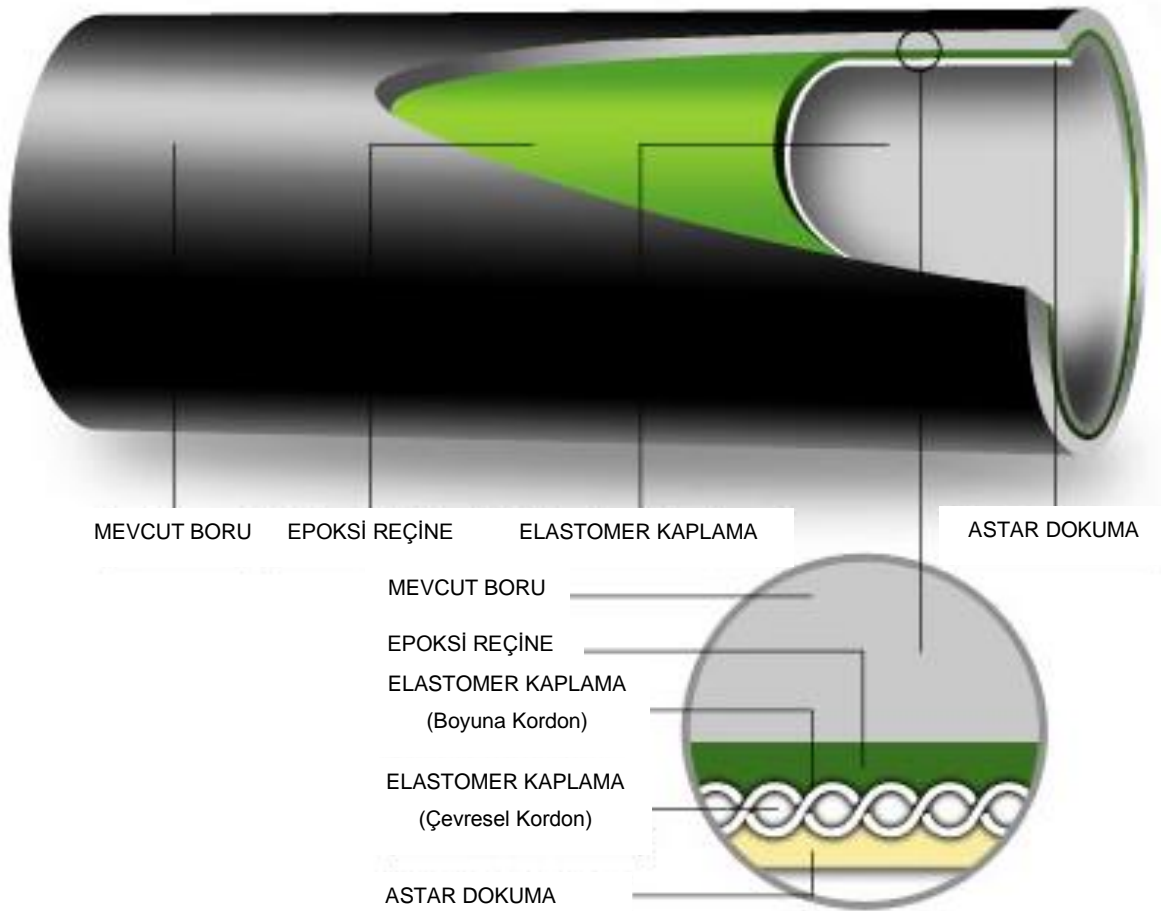
(a) <http://trenchlessonline.com/leidi-exclusive-distributor-of-applied-felts-cipp-liners-in-china/>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

(b) <http://www.craftsmanpipelining.com/wp-content/uploads/P5160616.jpg>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

Resim 2.5. Yerinde sertleşen boru ile astarlama yöntemi

Dış ortamda şişirilerek boru içine çekilen veya itilen bez borular, mevcut boru iç yüzeyi çok yıpranmış ve kırıklı bir yapı oluşturuyorsa, çok fazla zarar göreceğinden araya başka bir koruyucu kaplama yapılması durumunda kullanılabilir.

Mevcut boru içerisine çekilen bez borunun basınçlı su veya hava ile şişirilmesi işleminden sonra, sıcak su, su buharı, ısı veya ultraviyole ışık kullanılarak boru çeperi sertleştirilir. Bu işlem bir çeşit kütleme olarak adlandırılmaktadır. Yöntemin detayları Şekil 2.12’de gösterilmiştir.



<http://www.pipeliningusa.com/cipp.html>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

Şekil 2.12. Yerinde sertleşen boru ile astarlama yöntemi detayları

Isı ve su ile sertleşme işlemi sırasında minimum 82 °C’yi sağlayacak şekilde sisteme ısı ve su verilmelidir. Ultraviyole ışık ile sertleşmede ise 400 watt gücünde ışık

kaynağı olmalıdır. Boru sertleşme işlemi, kullanılan reçinenin cinsine göre 30 dakika ile 3 saat aralığında tamamlanır (İSKİ, 2006: 9).

Astarlama yöntemlerinin tamamında olduğu gibi mevcut boru içinin çok iyi bir şekilde temizlenmesi ve varsa deforme yüzeylerin açılması bu yöntemde de elzemdir. Mevcut atıksu hatlarında çekme makinesi, basınçlı su veya hava basıncı yardımıyla astar boru tersyüz edilerek kırıkların yaratacağı deformasyonların önüne geçilmesi sağlanabilir.

Kaplama boru malzemesi olarak, polyester keçe, cam ve elyaf yapılı kumaşlar, elyaf ile güçlendirilmiş polyester keçe en çok kullanılanlardır. Epoksi, polyester ve vinil ester ise daha çok reçine olarak kullanılır.

Bununla birlikte, reçinenin boru sertleşmesi tamamlanana kadar zarar görmemesi için, polimerik plastik kaplamalar (polyester, poliamid, polietilen, propilen) çoğu zaman astar iç dokuma malzemesi olarak kullanılır.

Çapı 100 mm - 2 700 mm arasındaki bütün boru tiplerinde uygulanabilen yöntemle, kullanılan ekipman, malzeme ve yöntemlere bağlı olarak tek seferde maksimum 900 m uzunluğunda boru astarlanabilir. Mevcut boru iç çapı astarlama tamamlandığında % 5 ile % 10 arasında küçülür (Najafi, 2010: 55).

Deforme olan mevcut borunun iç çapında % 10'dan fazla daralma varsa öncelikle bu daralma normal haline döndürülmeli ve yöntem sonrasında uygulanmalıdır. Bu yöntemin diğer bir avantajı ise dairesel kesit dışındaki diğer boru kesitlerinde de mükemmel sonuç vermesidir.

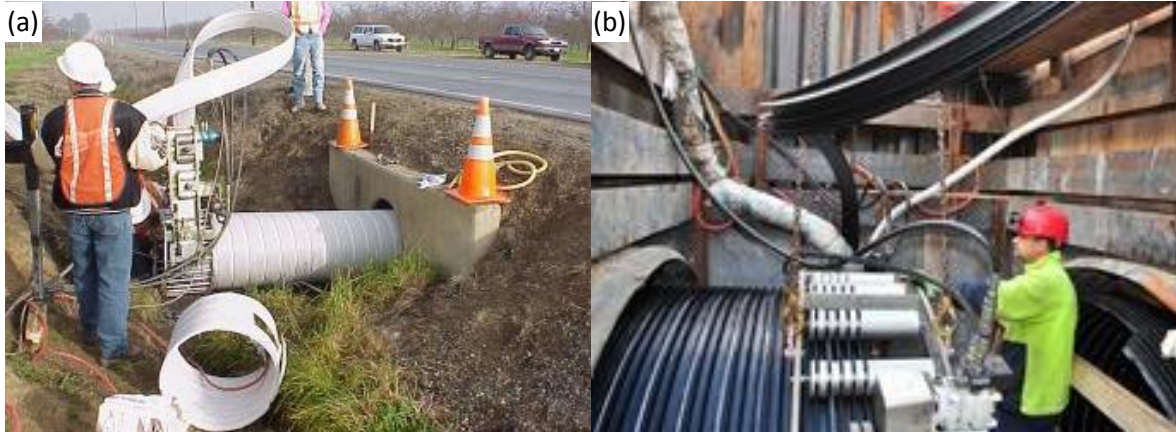
2.5.4.3. Spiral sarım ile astarlama yöntemi

Yöntemle basınçsız atıksu boruları astarlanabilir. Fabrikada sarıma uygun şekilde üretilen PVC ve polietilen boru segmentleri, spiral sarım makinesi veya insan gücü yardımıyla birleştirilerek uygulama yapılacak borunun içine itilerek yerleştirilir.

Spiral sarımla birleştirme esnasında segmentler birbirine kilitlenebilir veya güçlü bir yalıtım malzemesi ile eklenebilir. Polietilenden yapılmış segmentler elektrofüzyon makinesi kullanılarak birleştirilir.

Segmentlerin içinde yatay basınç kuvvetlerine karşı güçlendirme kirişleri veya çelik güçlendirmeler bulunabilir. Mevcut boru ile spiral sarımlı boru arasında kalan ince dairesel boşluk farklı derz dolguları ile kapatılabilir.

Spiral sarımın yapılma yöntemine göre makine ve elle olmak üzere ikiye ayrılır. Makine ile sarma sistemleri 150 mm - 1 800 mm arasındaki çaplarda, elle sarma sistemleri ise 1 200 mm - 3 600 mm arasındaki çaplarda uygulanabilir. Makineyle spiral sarım ile astarlama yöntemi uygulaması Resim 2.6'da gösterilmiştir.



(a) <http://www.dot.ca.gov/hq/oppd/dib/dib83-02-6.htm>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

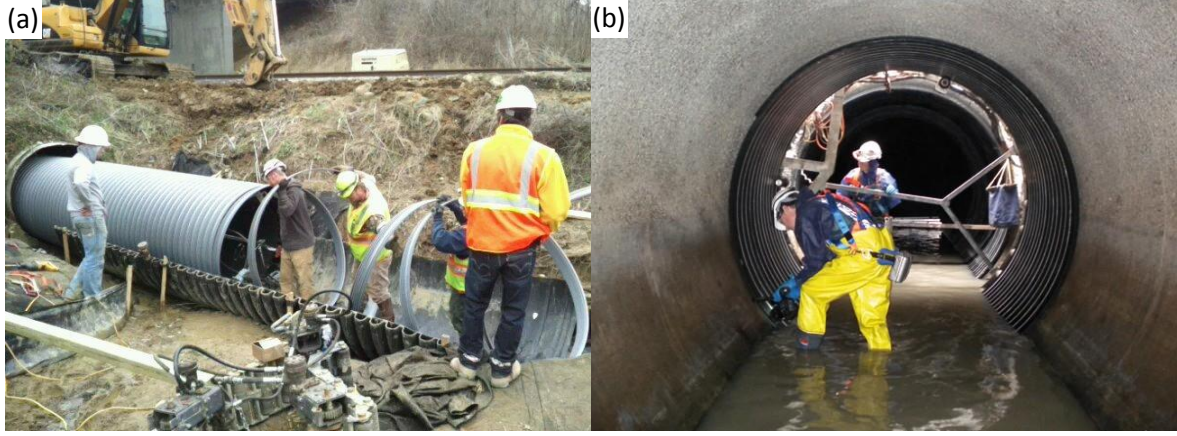
(b) <http://www.unitracc.com/aktuelles/artikel/sekisui-spr-europe-sets-european-record-in-paris-spirally-wound-at-the-largest-diameter>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

Resim 2.6. Makineyle spiral sarım ile astarlama yöntemi

Her iki yöntemle tek seferde maksimum 300 m uzunluğunda boru astarlanabilir (Najafi, 2010: 55). Elle spiral sarım ile astarlama yöntemi uygulaması Resim 2.7'de gösterilmiştir.

Birçok astarlama yönteminde giriş çukuruna olan gereksinim, sarım yapılarak boru oluşturulduğu için bu yöntemde gerekmez. Muayene bacalarından sarım aletinin

yerleştirilmesi oldukça kolaydır. Kazı ile giriş ve çıkışı açılmayan, dik şevlere sahip yerlerle, özellikle menfez geçişlerinde bu yöntem kullanılabilir.



(a) <http://www.undergroundconstructionmagazine.com/sites/default/files/i64art1.jpg>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

(b) http://trenchlessinternational.com/news/australian_project_makes_its_mark_on_the_world_stage/053925, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

Resim 2.7. Elle spiral sarım ile astarlama yöntemi

Bu yöntem henüz ülkemizde kullanılmamakla beraber ilerleyen dönemlerde daha çok büyük kesitli dairesel menfez geçişlerinin yenilenmesinde ve astarlanmasında kullanılabilir.

2.5.4.4. Isı İle Şekil Alan Sıkı Geçmeli Boru Astarlama Yöntemi

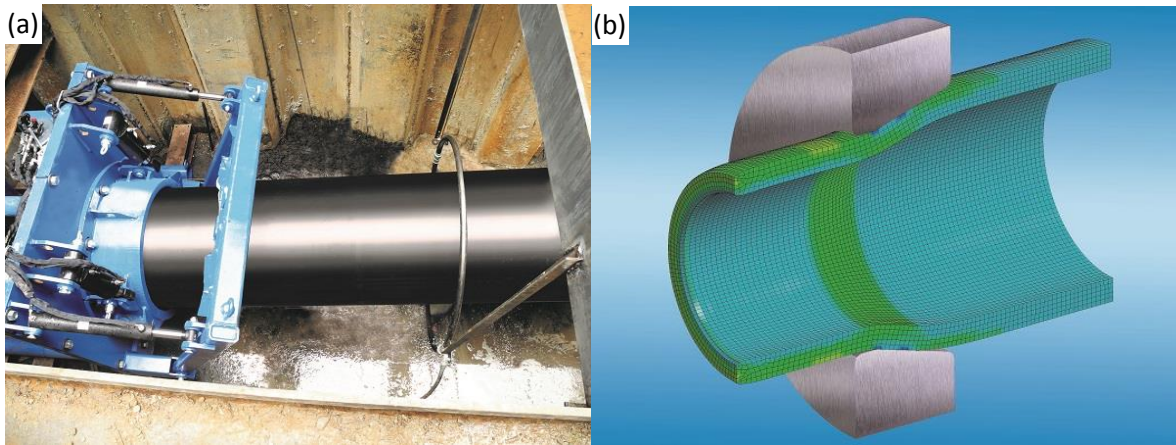
Bu yöntem yerinde sertleşen boru ile astarlama yöntemiyle uygulamada benzerlikler göstermekte olup, ısı verme işlemi öncesinde makineyle çap küçültülmesiyle ya da katlanarak deforme edilen boru, mevcut boru içerisinde eski orijinal haline geri döndürülür.

Yeni uygulanacak borunun deforme edilme işlemi, çapın % 5 - 12 oranında azaltılmasıyla (simetrik azaltma) veya boru şeklinin “C” ve “U” biçiminde değiştirilmesiyle (katla ve oluştur) olabilir. 75 mm - 1 600 mm çap aralığındaki borulara uygulanabilir. Simetrik azaltma ile katla ve oluştur metotlarıyla yöntemde tek seferde 300 m uzunluğa kadar boru döşemesi yapılabilir (Najafi, 2010: 55).

Kullanılan borular termoplastik kökenli olup, bu tip malzemeler itme ve çekme kuvvetleri karşısında şekil değiştirir veya küçülür. Bu kuvvetler geri çekilince termoplastik malzemeler eski haline döner. Isı ile şekil alan sıkı geçmeli boru astarlama yöntemi oldukça düz veya dairesel kesiti fazla hasara uğramamış mevcut borular için uygundur.

Simetrik azaltma yönteminde, vinç ile çekilen termoplastik boru, çap küçültme makinesi kalıbından geçtikten sonra mevcut boru içerisine çekilir ve sonra ısı ile orijinal şeklini alır.

Simetrik azaltmada boru çap küçültme makinesinde basınca tabi tutulur ve mevcut boru içerisine yerleştirildikten sonra ısı altında çekme işlemine uğrar (Şekil 2.13).

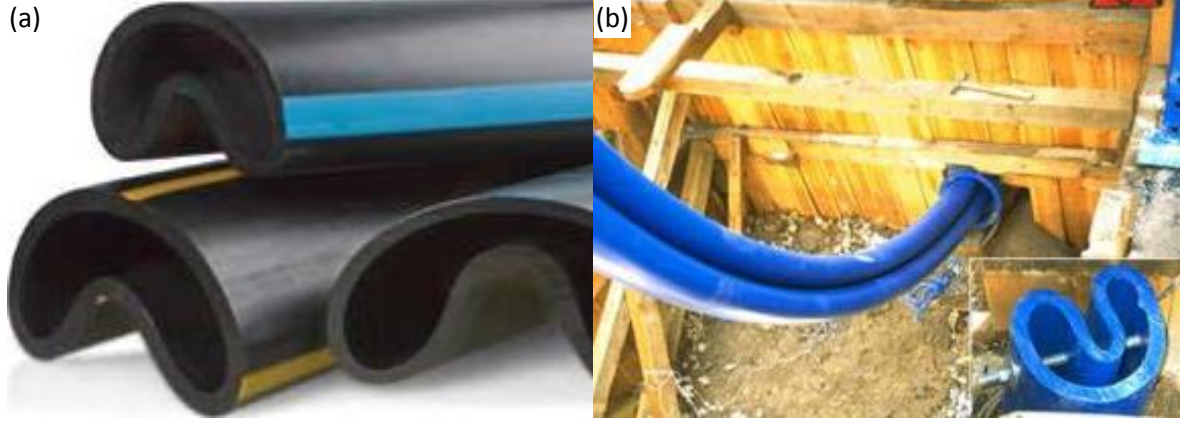


(a,b) <http://www.ukstt.org.uk/82-news?start=42>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

Şekil 2.13. Simetrik azaltmalı ısı ile şekil alan sıkı geçmeli astarlama yöntemi

“C” ve “U” şekli verilmiş katlı polietilen ve PVC borularda mevcut boru içerisinden geçirilip, ardından ısı ile orijinal hallerine döndürülmeyle astarlama yapılabilir (Resim 2.8). Boru fabrikasında “C” ve “U” şekli verilmiş olarak imalatı yapılan borular kullanılır.

Katlanabilen polietilen borularda çapı 75 mm - 1 600 mm, PVC borularda ise çapı 100 mm - 600 mm arasında olan borular bu yöntemle astarlanabilir (Najafi, 2010: 56).



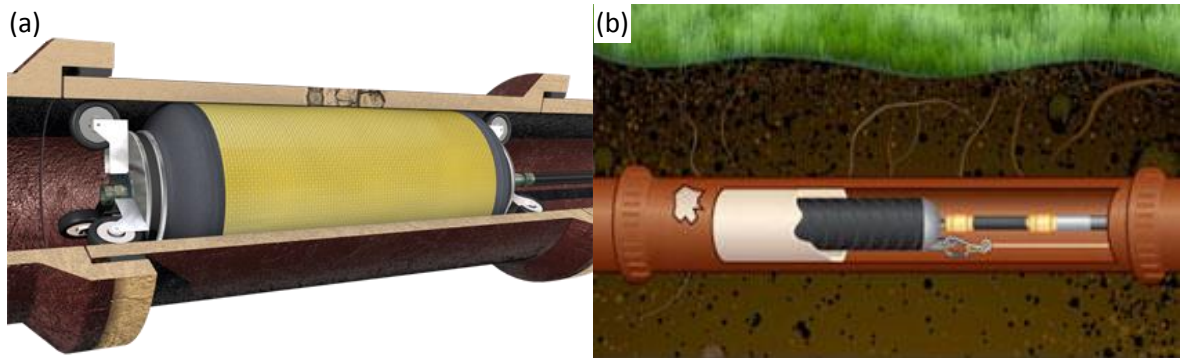
(a) <http://www.waterworld.com/articles/print/volume-28/issue-11/editorial-features/trenchless-water-main-rehabilitation-design.html>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

(b) http://www.nodig-construction.com/index.cfm?cmd=techniques&object_id=27, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

Resim 2.8. Katla ve oluşturulu ısı ile şekil alan sıkı geçmeli astarlama yöntemi

2.5.4.5. Parça Astarlama Yöntemi

Genellikle bir insanın girebileceği çaplardaki atıksu borularındaki küçük ölçekteki deformasyonlarda uygulanır. Kayarak astarlama yöntemi ile benzer bir mekanizmaya sahiptir (Şekil 2.14).



(a) <http://www.sydneyh2o.com.au/drain-rehabilitation/>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

(b) <http://www.spyroooterplumbing.com/services/sectional-sewer-repair.shtml>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2015.

Şekil 2.14. Parça astarlama yöntemi

Parça astarlama malzemesi mevcut boru boyunca ve 0,5 m - 1,5 m uzunluğundaki ebatlarda uygulanır. Bu yöntem çapı 800 mm - 6 400 mm arasındaki borulara uygulanabilir. Parça kaplama malzemeleri genellikle elyaf ile güçlendirilmiş beton veya plastik ya da güçlendirilmiş polimerden üretilir. Kaplama malzemeleri, kimyasal özellikleri ve uygulama yerindeki mevcut borudaki deformasyon boyutlarına göre 10 mm - 30 mm kalınlıklarında olabilir (Internet).

Astar malzeme ile mevcut boru arasındaki ince dairesel boşluk derz dolgu, püskürtme çimento harcı veya beton ile doldurulur.

Yöntemde astar malzeme, mevcut borudaki görüntüleme yöntemleri ile saptanmış deformasyonun olduğu yer basınçlı su ve su jetleriyle iyice temizlenir. Böylelikle boruda temiz iç tutunma yüzeyi açığa çıkmış olur. Astar malzemesi itme veya çekme makinesi ile bu noktaya taşınır. Burada makine yardımıyla şişirilerek mevcut boru iç çeperine doğru genişletilir. Astar malzeme ile mevcut boru arasında oluşan ince dairesel boşluk derz dolgu malzemeleri ile doldurularak uygulama tamamlanmış olur. Derz dolguların kürlenme süresi 1 - 3 saat arasında tamamlanır.

Lokal bir alanda uygulandığından maliyeti çok yüksek değildir. Aynı zamanda hidrolik akış çok fazla etkilenmez.

3. AÇIK KAZI UYGULAMALARININ KAZILI TEKNOLOJİLERE KİYASLA SOSYAL, ÇEVRESEL VE EKONOMİK ETKİLERİ

Altyapıda teknik olarak sağladığı yerine koyma, imalat, iyileştirme ve yenileme olanaklarının yanı sıra kazısız teknoloji yöntemlerinin açık kazı sistemlerine göre pozitif etkileri vardır. Bu etkiler sosyal, çevresel ve ekonomik olmak üzere üç ana başlık altında toplanmaktadır.

3.1. Sosyal Etkiler

Sosyal etkiler, yaşanan olağan dışı bir durum karşısında bireyi veya toplumu doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen unsurlardır. Açık kazı sistemleri ile kazısız teknolojilerin birbirlerine göre ayırt edilebilir sosyal etkileri bulunmaktadır. Kazısız teknolojilerle yapılan uygulamalarla, negatif sosyal etkilerin minimuma indiği gözlemlenmektedir.

Bu etkiler; ulaşımda gecikme ve zaman kaybı, araç park alanlarında azalma, trafik kazalarında artış, işçi güvenliği, hastalıklar ve salgınlar ile yaşam kalitesinde azalma ve yıpranma başlıkları altında toplanmıştır. Bunların dışında, farklı birçok etkide sayılabilir.

3.1.1. Ulaşımında gecikme ve zaman kaybı

Açık kazı yapılan hattı by-pass etmek için farklı bağlantı yollarından ulaşımın sürdürülmesine veya iki şeritli yolların tek şerite düşürülmesinden kaynaklı trafikte araç yığılmasına bağlı ulaşımda gecikme ve zaman kayıpları oluşacaktır. Bununla birlikte trafikte seyahat edenler dışında yürüyerek bir yerlere gitmeye çalışan yayalar içinde aynı durum söz konusu olmaktadır. Bu durumlar kazısız teknolojiler kullanılarak yapılan hatlar için söz konusu olmamakla birlikte, uygulamalarda günlük trafik ve yaya akışında hiçbir problem yaşanmamaktadır.

3.1.2. Araç park alanlarında azalma

Yoğun trafik akışının yaşandığı özellikle şehir merkezlerinde, insanların araçlarını park ettiği alanlarda yapılan açık kazılı imalatlar, bu alanları araç parkı olarak kullanan

insanlar için yeni alanlar bulmayı gerektirecektir. Bu durum, özellikle çalışanlar için hem zaman kaybı hem de ekonomik açıdan zararlar meydana getirebilecektir. Benzer durum kazısız teknolojilerde söz konusu olmamaktadır.

3.1.3. Trafik kazalarında artış

Açık kazı ile imalatı yapılan hatları kullanan araç kullanıcılarının hiç sürüş deneyimi olmadığı farklı bağlantı yollarına yönlendirilmesi veya tek şerite düşen mevcut yoldaki sıkışıklığa bağlı olarak kazalarda artışlar görülebilmektedir. Zaten, bu durum rutin hayat akışı dışında yaşandığından, kazalardaki artış beklenen bir durumdur. Trafikte seyir eden araç kazalarındaki artış, kazısız teknolojilerle minimuma inmektedir.

3.1.4. İşçi güvenliği

Kazılı sistemler ile kazısız teknoloji uygulamalarının yapıldığı alanlardaki çalışanların güvenliği en önemli sosyal etkilerden biridir. İşçilerin yaptıkları işin kalitesi, doğrudan iş güvenliği ile ilişkilidir. Kanal açılmak suretiyle imalatı yapılan hatlarda, hendek şevlerinin stabilitesi ve aynı zamanda iş makinelerinin kanal içinde çalışma alanı doğrudan işçi güvenliğini ilgilendirmektedir. Uygun iksalama sistemleriyle hendek şevlerinin desteklenmediği açık kazılarda işçiler ciddi risk altında kalmaktadır. Bunların dışında kazı alanının yaya ve araçların hendeğe düşmemesi için şeritlerle çevrilip gerekirse gece ışıklandırılması ve uyarı levhalarıyla da bunların desteklenmesi gerekmektedir. Ülkemizde en çok karşılaşılan iş kazaları, hendekte yaşanan göçük ile kepçe, greyder ve kazıcı yükleyici gibi iş makinelerinin işçilere çarpıp onları ezmesidir. Bu kazaların birçoğu ölümlle sonuçlanabilmektedir. Benzer durumlar kazısız teknoloji yöntemleriyle yapılan imalatlarda söz konusu olmamaktadır.

3.1.5. Hastalıklar ve salgınlar

Hatlar yenilenirken ya da kazı yapılan alandan çevreye yayılan kötü kokuların ve atıksuların, bunlarla temas eden insanlarda ve özellikle kanal içinde çalışan işçilerde hastalıklar ve buna bağlı salgınlar oluşturabileceği göz ardı edilmemelidir. Kazısız teknolojilerde atıksu ile el ve vücut teması olmamaktadır.

3.1.6. Yaşam kalitesinde azalma ve yıpranma

Kazılarak imalatı yapılan hatları kullanan insanların yaşadığı ulaşımda gecikme, yıpranma, gideceği yere ulaşamama ve hatta kazalara bağlı olarak yaşam kalitesinde azalma görülmektedir. Hat onarımları veya yeni hat imalatları açık kazı olarak sıklıkla tekrar edildiğinde ve bunun sosyal etkileri bir bütün olarak düşünüldüğünde insanlardaki bedensel yıpranma kaçınılmazdır.

3.2. Çevresel Etkiler

Çevresel etkiler genel anlamda sosyal etkilerle iç içe olan, sonuçlandığında ise ekonomik etkilere dönüşen tepkilerin bütünüdür.

Çevre kirliliği hava, su ve toprakta oluşan ve beraberinde doğaya kalıcı veya geçici zararlar verip canlıların ve yaşamın yok olmasını sağlayan bir süreçler bütünüdür. Günümüz koşullarında şehirleşmenin vardığı son nokta itibariyle çevresel etkiler gezegeni şekillendirir duruma gelmiştir.

Kazısız teknolojilerin açık kazı sistemlerine göre çevresel etkileri gürültü ve hava kirliliği, çevreye yayılan toz ve kir, flora ve faunaya verilen zararlar, haricen getirilen stabilize ve kırmataş malzemeler, kazı artığı malzemelerin depolanması, görüntü kirliliği, yüzeyde ve yeraltı sularında kirlilik ile araçlardan salınan karbonmonoksit gazı miktarında artış olarak alt başlıklarda toplanacaktır.

3.2.1. Gürültü ve hava kirliliği

Kazılı sistemlerde kullanılan kepçe, greyder, kamyon ve kazıcı yükleyici gibi ağır iş makineleri aşırı gürültüler çıkarmakta, zeminde yüksek vibrasyonlar yaratmakta, aynı zamanda egzozlarından salınan gazlarla hava kirliliğine sebep olmaktadır. Bunun haricinde, kazı yapılan yerdeki rutin dışı duruma dönüşen ve yoğunlaşan trafik gürültü kirliliğine sebep olacak, beraberinde yüksek oranda hava kirliliği de yaratacaktır. Kazısız teknolojilerde ağır iş makineleri kullanılmadığından ve uygulanan yöntemler trafik akışında herhangi bir değişiklik yaratmadığından, sonuçta gürültü ve hava kirliliği oluşmaz.

3.2.2. Çevreye yayılan toz ve kir

Kazılar, kamyonla taşıma ve yükleme ile geri dolgu malzemelerinin taşınması sırasında çevreye yayılan toz ve kir araçların, binaların, yolların, kaldırımların ve hatta yeşil alanların kirlenmesine yol açabilir. Kaldırımların ve araçların yıkanması ciddi bir maliyet getirecektir. Bunun dışında toz ve kirin doğaya verdiği zarar geçicidir. Yağmur veya rüzgar ile taşınım ve temizlenme sağlanacaktır. Toz ve kir oluşması kazısız teknolojilerle minimuma indirilmiştir.

3.2.3. Flora ve faunaya verilen zararlar

Altyapı uygulamasının yapılacağı güzergah üzerinde yer alan ağaçlar ve her tür bitki ile bunların üzerindeki yaşayan canlılar, açılacak kazı hendeği sebebiyle zarara uğrayacaklardır. Bazı durumlarda, ağaçların köklerinden sökülmesi dahi gerekebilir. Sonuç olarak, doğanın tahribatı ile yaşamın bozulması sadece floraya değil, aynı zamanda da faunaya ciddi zararlar verebilir. Kazısız teknolojilerde flora ve faunaya herhangi bir zarar verilmemektedir.

3.2.4. Haricen getirilen stabilize ve kırmataş malzemeler

Açık kazı uygulamalarında boru yataklaması ve gömlekleme ile hendek geri dolgusunda kullanılan stabilize malzemeler, uygun kazı alanlarından kazıcı yükleyici yardımıyla alınıp kamyonlarla taşınarak iş başına getirilir. Böylelikle kısmi doğa tahribatı yapılmış olur. Stabilize malzemelerin bulunmadığı durumlarda ise uygun malzemeleri elde etmek için taş kırma makinelerinde ufalanarak, kırmataş elde edilir. Her iki yöntemde de makineler için harcanan yakıt ile salınan karbonmonoksit çevreye zarar verir. Kazısız teknolojilerde kanal açılmadığından, dolgu malzemelerine ihtiyaç duyulmamaktadır.

3.2.5. Kazı artığı malzemelerinin depolanması

Kazılı sistemlerde, hendekten çıkan ve geri dolguda kullanılmayacak kazı artığı malzemenin uygulama alanından uzaklaştırılıp, uygun depolama alanlarına taşınması gerekmektedir. Kazı artığı bu malzemeler uygun depolama alanlarına taşınsa bile doğa

tahrip edilmiş olur. Benzer durum kazı yapılmadan uygulanan kazısız teknolojiler için söz konusu değildir.

3.2.6. Görüntü kirliliği

Yerleşimlerde kazı yapılması, zemin üzerindeki kaplama malzemesinin tahrip edilmesi, ağır iş makinelerinin kullanılması, kazı artığı malzemelerin depo alanlarına taşınması, çevreye yayılan toz ve kir, flora ve faunaya verilen zararlar ile hava kirliliği aynı zamanda görüntü kirliliğine de neden olan etmenlerdir. Görüntü kirliliğinin bütün canlılar üzerinde sosyolojik etkileri de bulunmaktadır. Bununla birlikte, tahribatın hemen hemen hiç olmadığı kazısız teknoloji yöntemlerinde görüntü kirliliği minimuma indirilmiştir.

3.2.7. Yüzeyde ve yeraltı sularında kirlilik

Mevcut borular yenileriyle değiştirilirken açık kazı yapılan kanalizasyon hatlarında, atıksuyun yüzeyde ve yeraltı sularına karışarak, kaynak kirliliği yaratacağı bir gerçektir. Özellikle, atıksular içmesuyu kaynaklarına karışırsa, büyük kitleleri etkileyecek salgın hastalıkların oluşmasına neden olabilir. Kazısız teknolojiler ile yapılan benzer imalatlarda bu durumlar söz konusu değildir.

3.2.8. Araçlardan salınan karbonmonoksit gazı miktarında artış

Fazladan araç kullanımına bağlı olarak araçlardan salınan ve doğaya zarar veren gazların miktarında artış olmaktadır. Konu gezegenin geneline yayıldığında, toplam salınan gaz miktarının küresel ısınmaya ciddi bir katkısı olacağı aşikardır. Kazısız teknolojiler ile yapılan imalatlarda karbonmonoksit gazı salınım miktarları minimuma indirilebilecektir.

3.3. Ekonomik Etkiler

Kazısız teknolojilerin, gündelik yaşam üzerinde kazılı sistemlere göre ekonomik etkileri de daha az olmaktadır. Günümüzde mühendisliğin ekonomi kavramı ile bütünleştiği düşünüldüğünde, kazısız teknolojilerin önemi daha çok artmaktadır.

Ekonomik etkiler; fazladan araç ve yakıt kullanımı, mevcut yol kaplama malzemesinin yama ile kalitesinin azalması, bağlantı yollarındaki kaplama malzemesinin fazlaca aşınması ve esnafın ticari kayıpları başlıkları altında toplanmıştır. Sosyal ve çevresel her bir etkininde dolaylı yollardan bir ekonomik etkisi bulunmaktadır. Açık kazı ile kazısız teknolojilerin ekonomik olarak karşılaştırılması ilerleyen bölümlerde irdelenecek olup, örnek bir çalışma ele alınarak, gerçek maliyetler hesaplanacaktır.

3.3.1. Fazladan araç ve yakıt kullanımı

Bağlantı yollarına ya da başka yollara yönlendirilen araçların daha uzun yol mesafelerine bağlı olarak tükettiği yakıt miktarları ile araç yığılmasına bağlı dur kalk yapan araçlardaki bakım maliyetleri açık kazı yapılan hatlarda artmaktadır. Ayrıca, motor ve diğer parçaların yıpranmaya bağlı olarak kullanım sürelerinde azalma olmaktadır. Bağlantı yollarının büyük bir kısmının ham yol olduğu düşünüldüğünde, araç lastiklerinde ciddi yıpranmalar oluşabilmektedir. Bu durumlar kazısız teknolojiler kullanılarak yapılan hatlar için söz konusu olmamakla birlikte, uygulamalarda trafik akışında herhangi bir değişiklik yaşanmamaktadır.

3.3.2. Mevcut yol kaplama malzemesinin yama ile kalitesinin azalması

Altyapı uygulamalarının bazı durumlarda asfalt veya kilitli parke taşı kaplamalı yollarda yapılması gerekir. Açık kazı ile yapılan uygulamalarda, kazı hendeği geri dolgusu tamamlandıktan sonra, üzerine yama bir asfalt ya da kilitli parke taşı katmanı uygulanır. Bu yama tabakanın mevcut tabaka ile birleşim yerlerinde kalitesi oldukça zayıf olur. Zayıflayan yama, zamanla yolu kullanılamaz hale getirir ve yolun tamamının kaplama malzemesiyle yeniden döşenmesini gerektirebilir. Sonuç olarak, yolda ekonomik olarak ciddi bir zarar oluşturur. Bununla birlikte, kazısız teknolojilerde yol kaplama malzemesi kazılmadığı için ekonomik bir zarar oluşmaz.

3.3.3. Bağlantı yollarındaki kaplama malzemesinin fazlaca aşınması

Açık kazı uygulamalarında, yol kapanmasından dolayı trafik akışının bağlantı yollara verilmesi, bu noktalarda trafik akışının artmasına ve dolayısıyla kaplama malzemesinin fazlaca aşınmasına neden olur. Özellikle ağır tonajlı kamyon ve iş makinesi

gibi araçlar, zayıf kaplama malzemesi olan bağlantı yollarında onarılamaz aşınmalara neden olabilir. Ülkesel ölçekte düşünüldüğünde, ekonomik olarak göz ardı edilmemesi gereken bir etki yaratabilir. Benzer olgu, kazısız teknoloji yöntemleriyle gerçekleştirilen uygulamalarda görülmemektedir.

3.3.4. Esnaf ticari kayıpları

Araç trafiği ve yayalar açısından çok işlek bir bulvar veya ana bir cadde üzerinde bulunan bir yerde açık kazı ile gerçekleştirilen bir altyapı uygulaması, muhitteki esnafın ticari kaybına yol açacaktır. Araç ile yaya trafiği uygulama süresince engelleneceği için bazı durumlarda, esnaf işyerlerini imalat bitene kadar açamamaktadır. Bu olgu muhitteki esnafın geneline yayıldığında ise ciddi bir ekonomik kayıp oluşturabilir. Kazısız teknoloji ile yapılan uygulamalarda sosyal hayat, süreç boyunca aksamadan devam edeceği için esnaf ticari kayıpları oluşmayacaktır.

4. AÇIK KAZI UYGULAMALARI İLE KAZISIZ TEKNOLOJİ YÖNTEMLERİNDE MALİYET HESAPLAMALARI

Kazılı ve kazısız teknoloji yöntemleriyle yapılan imalatların maliyetlerin topyekün hesaplanabilmesi ve yöntemlerin karşılaştırmalarının sağlıklı yapılabilmesi açısından direk, dolaylı ve sosyal maliyet kalemlerinin bilinmesi gerekmektedir. Direk ve dolaylı maliyetler, sosyal maliyetlere göre daha kolay hesaplanabilmektedir. Bu bölümde direk, dolaylı ve sosyal maliyelerin hesaplanma yöntemleri ile bazı uygulanmış örnek yaklaşımlar incelenecektir.

4.1. Direk Maliyetler

Basit bir ifadeyle, projenin tamamlanmasından sahadaki uygulamasının bitimine kadar oluşan ve doğrudan hesaplanabilen maliyetler direk maliyetler olarak adlandırılır. Genellikle kamu kurum ve kuruluşları tarafından yapılan ihalelerde yaklaşık maliyeti oluşturan ve birim fiyat bazında hesaplanabilen imalat kalemleri direk maliyetleri oluşturmaktadır. Yükleniciler, ihalelerde bu kalemler üzerinden hesaplanan maliyetler üzerinden hakediş ödemelerini alırlar. Direk maliyet kalemleri kazılı sistemlerde genel olarak;

- Mevcut asfalt kaplamanın kesilmesi ve sökülmesi ve nakliyesi
- Mevcut kilitli parke taşı veya taş blokajın sökülmesi ve nakliyesi
- Mevcut beton zeminlerin sökülmesi ve nakliyesi
- İksalı veya iksasız hendek kazısı
- Kazıdan çıkan atık malzemenin nakliyesi
- Yataklama ve gömlekleme malzemesinin nakliyesi ve dolgusunun yapılması
- Boru döşenmesi işçiliği
- Hendek dolgusunun nakliyesi ve dolgusunun yapılması
- Hendek dolgusunun sıkıştırılmasının yapılması
- Yeni beton nakliyesi ve dökülmesi
- Yeni asfalt nakliyesi, serilmesi ve sıkıştırılması
- Yeni parke taşı nakliyesi, döşenmesi maddelerinden oluşmaktadır.

Kazılı sistemlerde; yeni yerleşim alanlarında ve boş arazide yapılacak içmesuyu ve kanalizasyon şebekeleri için sırasıyla ortalama 50 m/gün ve 30 m/gün, yoğun yerleşimin olduğu veya anayol gibi kısımlarda ise sırasıyla ortalama 20 m/gün ve 10 m/gün hat döşenmesi olasıdır. Kazısız yöntemlerde bu süre yerleşim yoğunluğuna bağlı olmaksızın minimum 50 m/gün olmaktadır.

İller Bankası'nın yayınladığı “Kanalizasyon İşlerinin Planlaması ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Talimatname” gereği yaptırdığı açık kazı inşaatlarında hendek derinlikleri, kanalizasyon borularında minimum 1,90 m, ortalama 2,50 m olarak uygulanmaktadır. Açık kazı maliyetleri hendek derinliği arttıkça artmaktadır. Talimatnameye göre, hendekler, genişlikleri minimum 0,60 m olacak şekilde açılmaktadır (İlbank, 2002). Hendek geri dolguları tamamlandıktan sonra asfalt zeminlerde yama asfaltın daha sağlam ve durabil olması için genellikle alta yaklaşık 10 cm zayıf beton dökülüp, üzerine de yaklaşık 7 cm asfalt serilmesi uygulamalarda tipiktir. Amerika Birleşik Devletleri Ordu Mühendisleri tarafından uygulaması yapılan kazılı ve kazısız teknolojilerin farklı boru çapları bazında direk maliyetleri Çizelge 4.1’de özetlenmiştir. Açık kazı maliyetlerinin, boru çapı büyüdükçe, kazısız teknoloji ortalama maliyetlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir (PWTB 420-49-10, 1999).

Çizelge 4.1. Kazılı ve kazısız teknolojilerin yaklaşık maliyetleri (PWTB 420-49-10, 1999)

Boru Çapı (mm)	Açık Kazı Maliyeti (\$/m)	Kazısız Teknoloji Maliyetleri	
		Minimum (\$/m)	Maksimum (\$/m)
300	262	180	377
500	410	197	509
1200	951	525	1 083
1800	1 509	853	1 640
2500	2 264	1 214	2 625

İller Bankası, yönlendirilebilir yatay delgi yöntemini karayolu ve demiryolu geçişlerinde uygulatmakla birlikte, hesaplamalarda banka tarafından her yıl yayınlanan birim fiyatlarda yer alan direk maliyetler kullanılmaktadır. Çelik borulu muhafaza içerisinden koruge veya PE boru geçirilmesi en yaygın kullanılan yöntemdir. Farklı boru tipleri ve çaplarına göre maliyetler değişmektedir. İller Bankası Atıksu Tesisleri Birim Fiyat Cetvelinde 32.014/İB-(1-18) arasındaki 18 adet pozda değişik çaplarda (400 mm - 2 600 mm) ve metre tül olarak birim fiyatları bulunmakta olup, bu pozlarda her tür zeminde geçiş için tek fiyat olarak ödemesi yapılmaktadır. Yönlendirilebilir yatay delgi ile ilgili İller Bankası dışında Karayolları Genel Müdürlüğünden Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ)'ye kadar birçok kamu kurumunun birim fiyatlar bazında direk maliyet kalemleri bulunmaktadır.

Amerika Birleşik Devletlerindeki Texas eyaletinin Trinity bulvarında değişik çaplar için uygulaması yapılan yönlendirilebilir yatay sondajlara ait direk maliyetler Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. Bu maliyetlere, uygulaması yapılacak çelik muhafaza borusu ile iletim borusu bedelleri dahil değildir (Sarireh, 2013).

Çizelge 4.2. Yönlendirilebilir yatay sondaj yöntemi yaklaşık maliyetleri (Sarireh, 2013)

Boru Çapı <i>(mm)</i>	Yönlendirilebilir Yatay Sondaj Yöntemi Maliyeti <i>(\$/m)</i>
300	383
600	340
700	187
900	365
1100	416

Kenya'nın başkenti Nairobi'de yapılan bir çalışmada ise; yönlendirilebilir yatay sondaj ile açık kazı uygulamalarının maliyetleri karşılaştırılmıştır. Çalışma basınçlı su borularının uygulanması üzerinde yapılmıştır. Yoğun yerleşimin olduğu bir sokakta, 1 000 m uzunluğunda ve 300 mm çapındaki içmesuyu hattının yönlendirilebilir yatay delgi ile yeni imalat maliyetinin açık kazıya göre %12,5 daha pahalı olduğu görülmüştür (Atalah ve Kariuki, 2009).

Amerika Birleşik Devletleri'nin Michigan Eyaletine bağlı Troy Şehrinin kanalizasyon hattının iyileştirme çalışmalarında uygulanan boru patlatma yönteminin, aynı iş kapsamında uygulanan açık kazıya göre %25 daha ucuz olduğu Mohamed, Najafi ve Hashemi (2008) tarafından gösterilmiştir. Çalışmada boru patlatma uygulamasının sosyal ve çevresel maliyetleri hesaba katılmamıştır.

Troy şehrinin kanalizasyon hattının iyileştirilmesi ile ilgili Lee, Najafi ve Matthys (2007) tarafından yapılan bir başka çalışmayla hesaplanan farklı boru çaplarına göre boru patlatma yönteminin yaklaşık direk maliyetleri Çizelge 4.3'de gösterilmiştir. Lee ve diğerleri bu çalışmada boru patlatma yönteminin şehrin bazı yerleşim bölgeleri açısından uygulanabilir olduğunu ortaya koymuşlardır.

Çizelge 4.3. Boru patlatma yöntemi yaklaşık maliyetleri (Lee, Najafi ve Matthys, 2007)

Boru Çapı <i>(mm)</i>	Boru Patlatma Yöntemi Maliyeti <i>(\$/m)</i>
300	528
500	846
1200	1 847
1500	2 408
1800	3 304

Bununla birlikte, iyileştirme ve yenileme yöntemlerinin temelini oluşturan kaplama ve astarlama uygulamalarının sosyal maliyetler hariç birim fiyat bazında yaklaşık direk maliyetleri Çizelge 4.4’de gösterilmiştir. Kayarak astarlamanın birim fiyat bazında en yüksek, kaplamaların ise en düşük direk maliyetlere sahip olduğu görülmektedir (Koerner ve Koerner, 1996).

Çizelge 4.4. İyileştirme ve yenileme yöntemlerinin yaklaşık maliyetleri (Koerner ve Koerner, 1996)

İyileştirme ve Yenileme Yöntemi	Maliyet	
	Minimum (\$/m)	Maksimum (\$/m)
Kaplamalar	108	215
Kayarak Astarlama	323	538
Yerinde Sertleşen Boru ile Astarlama	323	431
Isı İle Şekil Alan Sıkı Geçmeli Boru Astarlama	269	377
Parça Astarlama	215	323

Bir başka çalışmada, Louisiana Teknik Enstitüsü, Amerika Birleşik Devletlerinde uygulanıp başarılı veya başarısız olan kazısız teknoloji yöntemlerini açık kazı yöntemleriyle direk maliyet açısından karşılaştırmıştır. Sonuçta, küçük çaplarda kazısız teknoloji yöntemlerinin geleneksel açık kazı uygulamalarına göre %75 oranında direk maliyetten tasarruf sağladığı görülmüştür (Apeldoorn, 2012).

Sonuç olarak, direk maliyetler uygulama alanının konumu ile kazısız teknoloji yönteminin tipine bağlı olarak, farklı ülkelerdeki bilim insanları tarafından uygulanmış örnekler üzerinden hesaplanmaya çalışılmıştır. Hesaplamalarda birim fiyat bazında maliyetler elde edilebilmiş olup, ilerleyen bölümlerde bu değerler kullanılarak örnek çalışma üzerinden karşılaştırmalar yapılacaktır.

Buna ek olarak, iyileştirme ve yenileme yöntemlerinin, yerine koyma ile yeni imalat yöntemlerine göre direk maliyet açısından daha uygun olduğu görülmektedir. Direk maliyetin uygun olması iyileştirme ve yenileme için kullanılan donanım ve mekanik ekipmanlardan kaynaklanmaktadır.

4.2. Dolaylı Maliyetler

Dolaylı ya da diğer bir ifadeyle indirek maliyetler, uygulama esnasında gözle görülür olarak ortaya çıkan kalemlerinden başka, ilerleyen zamanlarda oluşabilecek maliyetlerin bütünüdür. Altyapı uygulamalarında dolaylı maliyete örnek olarak açık kazıdan sonra yama yapılan asfalt veya kilitli parke taşı zeminlerin, yamasız olan kısımlara kıyasla zamanla daha erken yıpranması gösterilebilir. Bir başka ifadeyle, dayanım açısından zayıf olan açık kazı bölgeleri zamanla ekstra bir kaplama malzemesi maliyeti getirecektir.

Bununla birlikte, açık kazı yapılan hattaki zemin altından geçen kablo ve borulardan oluşan iletim hatları, yapılan geri dolgu ve zemin kaplamasından sonra hasar görmüş olabileceğinden, dolaylı bir maliyet oluşturabilecektir. Bu nedenle, zeminin geri dolgusunun iyi sıkıştırılması ile zemin kaplamasının kolay tahrip olmayacak şekilde yapılması ileriki zamanlarda oluşabilecek dolaylı maliyetleri azaltacaktır. Bir başka ifadeyle, imalat kalitesinin yüksek olması ile işçilerin dikkatli çalışılması, dolaylı maliyetleri minimize edecektir.

Dolaylı maliyetler, direk maliyetler gibi fiziksel olarak belirlenebilir olup birim fiyat bazında hesaplanabilirler. İlerleyen zamanlarda oluştuğu için, maliyetleri hesaplanıp direk maliyetlere sonradan eklenebilir. Bununla birlikte, sosyal maliyetlerde olduğu gibi yerel yönetimler tarafından çoğu zaman hesaplanma ihtiyacı hissedilmez. Oluşabilecek dolaylı maliyet kalemleri işin başında tam olarak hesaplanamadığından, direk maliyetlere oransal olarak eklenir ve yaklaşık olarak alınırlar.

İller Bankası açık kazı uygulamalarında dolaylı maliyetler hesaplanmamaktadır. Direk maliyetlere oransal olarak eklenerek yaklaşık olarak hesaplanan dolaylı maliyetler, yapılan açık kazının konumu, işçilik ve imalat kalitesine göre değişmekte olup, gerçekleşme maliyetlerin ortaya konulması açısından önem arz etmektedir.

4.3. Sosyal Maliyetler

Sosyal maliyet bir imalatın gerçekleştirilmesi süresince topluma getirmiş olduğu maliyet olarak tanımlanmaktadır. Altyapı çalışmalarında, uygulamanın başlangıcından bitimine kadar olan süre içerisinde oluşan toplumsal maliyetler olarak tanımlanmaktadır. Bir projenin hazırlanma aşamaları olan planlama ve tasarım aşamaları ile uygulama projesi metrajları temel alınarak yapılan maliyet hesaplamalarında sosyal maliyetler genellikle dikkate alınmaz. Bunun nedeni, sosyal maliyetlerin fiziksel olarak hesaplanma zorluğudur. Son yıllarda kazısız teknolojilerdeki gelişmelere bağlı olarak sosyal maliyetlerin hesaplanabilmesi için detaylı çalışmalar yapılmakla birlikte, halen birim fiyat bazında net maliyetler çıkartılamamıştır. Bununla birlikte, farklı yaklaşımlar kullanılarak yapılan hesaplamalar da mevcuttur.

Direk ve dolaylı maliyetlere kıyasla birim fiyat bazında hesaplanma zorluğu bulunmasına rağmen sosyal maliyetler, Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'nın gelişmiş ülkelerinde gerçekleştirilen uygulamalar sonrası hesaplanmaya çalışılmıştır.

Farklı ülkelerde geçmiş yıllarda tamamlanan yapım uygulamaları temel alınarak yapılan hesaplamalara göre, açık kazı uygulamalarında sosyal maliyet kalemlerinin toplamının direk maliyetin yaklaşık 2 ile 4 katı arasında olduğu öngörülmektedir. Sosyal maliyetlerde dikkate alındığında kazısız teknolojiler, boş araziler veya yerleşimin olmadığı alanlarda açık kazı ile hat imalatına göre daha pahalı olmakla beraber, şehir merkezleri ile yoğun yerleşimlerin olduğu yerlerde ise daha ucuz olmaktadır. Sosyal gelişmişlik düzeyi açısından da farklı sosyal maliyetler ortaya çıkmaktadır.

Mathews, Allouche ve Sterling (2014) yaptıkları çalışmayla açık kazı ile mikrotünellemenin sosyal maliyetlerinin sırasıyla direk maliyetlerinin %44'ü ve %2'si oranında, açık kazı ile boru çakmanın sosyal maliyetlerinin ise direk maliyetlerinin %63'ü ve %10'u oranında olduğunu göstermişlerdir. Her iki karşılaştırmada açık kazı maliyetinin sosyal maliyetinin direk maliyete oranının farklı olması birbirleriyle farklı durumların ve farklı uygulamaların karşılaştırılmasından kaynaklanmaktadır. Sonuçta, bu çalışmayla kazısız teknolojilerin sosyal maliyetinin direk maliyetine oranının %10'u geçmediği, açık kazıda ise bu oranın %44'ün altına inmediği görülmektedir.

Amerika Birleşik Devletleri'nde yapımı gerçekleştirilen açık kazı ile kazısız teknoloji uygulamalarının sosyal etkilerinin karşılaştırılması sonucu yaklaşık olarak hesaplanan sosyal maliyetler Çizelge 4.5'te verilmiştir (Pucker, Allouche ve Sterling, 2006). Maliyet kalemlerinin tamamının gerçekleştiği bir açık kazı uygulamasında, günlük ortalama minimum 432 \$ ile maksimum 9 086 \$ arasında değişen bir sosyal maliyetin direk ve dolaylı maliyetlere eklenerek toplam maliyetin bulunması, işin gerçekleşme maliyetinin bulunması açısından önem arz etmektedir. Diğer bir gösterge olan döşenen boru uzunluğu bazında, ortalama 127 \$/m – 1 462 \$/m aralığında sosyal maliyetin hesaplamalara katılması gerektiğini öngörmüşlerdir. Çalışmada, sosyal maliyet kalemlerinin bir bütün olarak açık kazı uygulamalarının tamamında ortaya çıktığı, bununla birlikte kazısız teknolojilerde neredeyse hiçbirinin görülmediğini belirlemişlerdir. Pucker ve diğerleri, sosyal maliyetlerle birlikte düşünüldüğünde kazısız teknolojilerin açık kazı uygulamalarına göre hemen hemen her durumda tercih edilebilir olduğunu göstermişlerdir.

Çizelge 4.5. Kazılı uygulamalarda sosyal etkilerin kazısız teknolojilere kıyasla yaklaşık maliyetleri (Pucker, Allouche ve Sterling, 2006)

Sosyal Maliyet Kalemi	Maliyeti			
	Minimum (\$/m)	Maksimum (\$/m)	Minimum (\$/gün)	Maksimum (\$/gün)
Fazladan Araç ve Yakıt Kullanımı	9	271	26	1 973
Ulaşımında Gecikme ve Zaman Kaybı	13	940	41	6 435
Çevreye Yayılan Toz ve Kir	13	66	55	136
Araç Park Alanlarında Azalma	26	39	83	217
Yol Kaplama Malzemelerinin Kalitesinin Azalması ve Aşınması	66	144	227	318
Gürültü Kirliliği		2		7
TOPLAM	127	1 462	432	9 086

Bununla birlikte, Pucker ve diğerleri, aynı çalışmayla açık kazı uygulamalarında sosyal maliyetin direk maliyetin yaklaşık %6'sı ile %78'i arasında değiştiğini, kazısız teknolojilerde ise direk maliyetin maksimum %3'ü olduğunu hesaplamışlardır.

Sosyal maliyetler, İller Bankası tarafından yaptırılan açık kazı uygulamalarında kazısız teknoloji yöntemlerine kıyasla direk maliyetlere katılmamaktadır. Hesaplamalarda toplam maliyete eklenmesi durumunda, kazısız teknolojilerin açık kazı uygulamalarıyla gerçek anlamda maliyet karşılaştırılması yapılabilecektir.

5. ÖRNEK UYGULAMA: TRAFİK VE YAYA AÇISINDAN İŞLEK BİR CADDEDE KAZILI VE KAZISIZ SİSTEMLERLE KANALİZASYON ALTYAPI UYGULAMA MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Açık kazı ve kazısız teknolojilerin farklı yöntemlerinin uygulama detayları ile maliyet hesaplamaları önceki bölümlerde incelenmiş olup, bu bölümde ise örnek bir uygulamanın yaklaşık maliyetleri hesaplanarak kazılı ve kazısız sistemler açısından irdelenecektir. Yöntemlerin yaklaşık maliyetler açısından en uygun karşılaştırılma yeri hiç şüphesiz trafik ve yaya açısından işlek bir caddedir. Bu bölümde ele alınacak örnek uygulama olarak İller Bankası A.Ş. Elazığ Bölge Müdürlüğü'nün merkezi olan Elazığ şehir merkezinde bulunan Gazi Caddesi seçilmiştir (Resim 5.1).



<https://www.google.com/earth/>

Resim 5.1. Gazi Caddesinin plan üst görünümü (Google earth)

Gazi Caddesi, şehir merkezindeki bütün bağlantı yollarının açıldığı, alışveriş ve ticaretin kalbinin attığı bir cazibe merkezi olup, günün hemen hemen her vaktinde binlerce insan bu caddeyi ziyaret eder (Resim 5.2).



http://www.panoramio.com/photo_explorer#view=photo&position=78&with_photo_id=106463208&order=date_desc&user=1989262, Son Erişim Tarihi: 09.09.2015.

Resim 5.2. Gazi Caddesinin girişinden görünümü

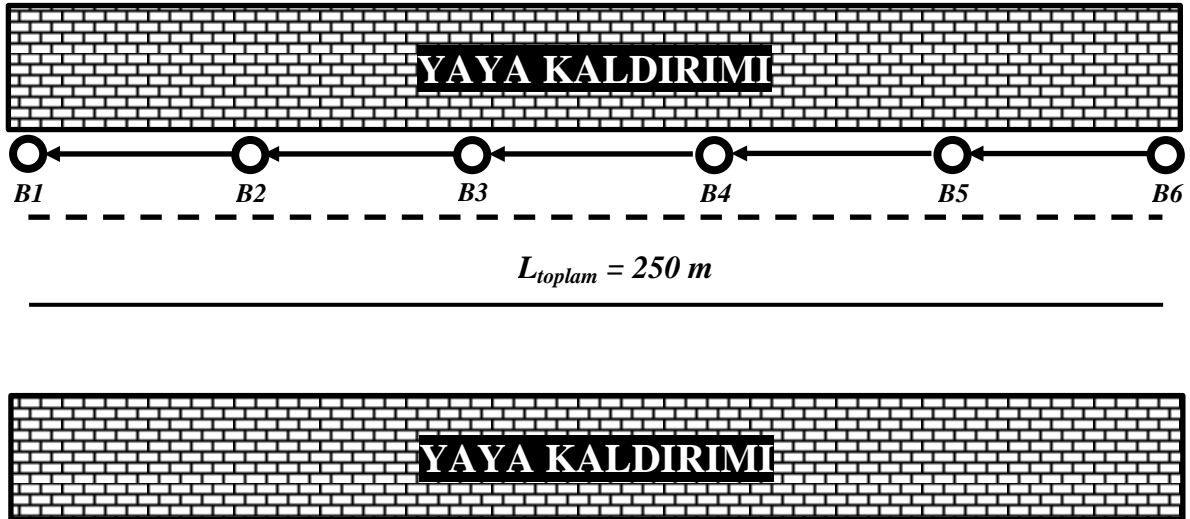
Merkezdeki bağlantı yollarının çoğunun bağlandığı bir kesişim noktası olmasından ötürü araç trafiği çok yoğundur. Bu ana cadde, yaya yürümesi açısından geniş kaldırımlarla, trafiğe elverişli 3 şeritli asfalt yoldan ibarettir. Bu asfalt şeritlerden 1 tanesinde kısa sürelerde araç park edilmesine izin verilmektedir. Bu sebeple, aktif trafik akışı zorunlu olarak 2 şeritten tek yönlü olarak devam etmektedir. Cadde üzerinde yapılacak herhangi bir altyapı çalışmasında yolun bir bütün olarak kapatılması ve trafik akışının caddenin hemen bir paralelindeki Vali Fahri Bey Caddesi ile yan yollardan kontrollü olarak sağlanması gerekmektedir. Elazığ Belediyesi tarafından geçmişte Gazi Caddesi'nin araç trafiğine kapatılıp, sadece yayalara açılması fikri gündeme getirilmiş olup, araç trafiği açısından şehir merkezinde oluşacak karmaşa nedeniyle bu fikirden vazgeçilmiştir.

Birçok alışveriş markasına ait mağazaların da bulunduğu cadde üzerinde, mağaza kiralari ile esnaf günlük gelirleri çok yüksek olmaktadır. Mağazalardan alışveriş yapacak

insanlar genellikle arabalarını kısa süreli park şeridine bırakıp, alışverişlerini tamamlayarak, aralarıyla birlikte caddeden ayrılmaktadırlar. Sonuçta, yapılacak altyapı çalışmalarıyla araç trafiğinin durdurulması, esnaf açısından çok ciddi ticari kayıplar oluşturacaktır. Bu sebeple, araç trafiği ile yaya geçişini engellemeyecek şekilde ve minimum sürede yapılacak altyapı çalışmaları, hem ekonomik hem de sosyal açıdan uygun olacaktır. Son olarak, yapılacak maliyet karşılaştırmalarında 1 Amerika Birleşik Devletleri Doları (\$) 2,60 TL'ye eşit olarak alınmıştır. Literatürle uyumlu olması ve güncel olarak kalması açısından maliyetler, Amerika Birleşik Devletleri Dolarıyla yapılacaktır.

5.1. Kanalizasyon Hattı Uygulama Projelerinin Detayları

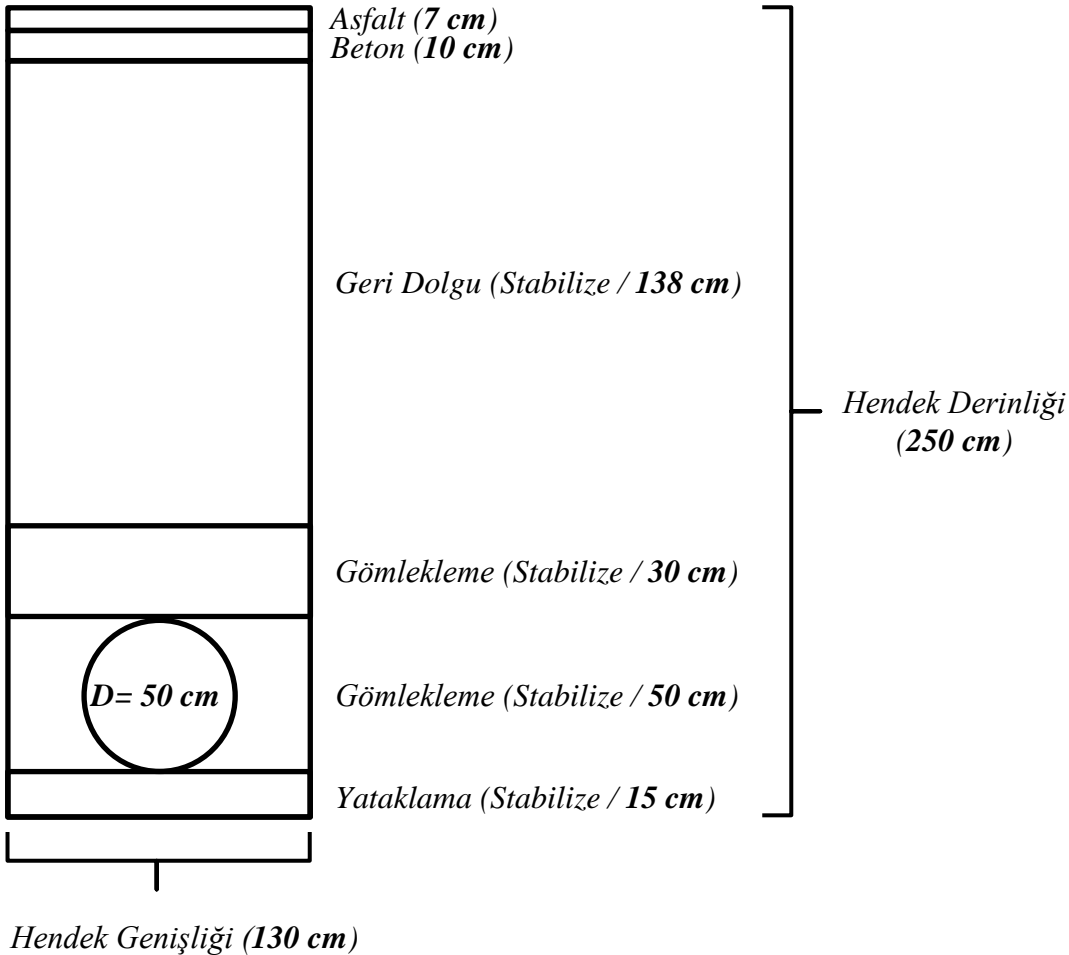
Gazi Caddesi boyunca devam eden mevcut 400 mm çapındaki toplayıcı kanalizasyon hattının 250 m'lik bölümü, yapılacak çalışmalarla 500 mm çapında borularla yenilenecektir. Boru tipi olarak açık kazı uygulamasında entegre contalı beton boru, kazısız teknoloji uygulamalarında ise koruge boru seçilmiştir. İki muayene bacası arası yatay mesafe 50 m olacak şekilde tasarlandırıldığında, sistemde toplam 6 adet muayene bacası bulunacaktır. Uygulama alanının plan üst görünüşü Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1. Hattın plan üst görünüşü

Gazi Caddesi boyunca arazi eğimi neredeyse sıfır olup, çalışmalarda hattın hidrolik eğimi, İller Bankası tarafından yayınlanan "Kanalizasyon İşlerinin Planlaması ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Talimatname" gereği, 500 mm çapındaki boruların ideal

eğim değeri olan 1/200 alınmıştır (İlbank, 2002). Açık kazı ve kazısız teknoloji yöntemleriyle döşenecek hatlarda, muayene bacalarının yenilenmesi ile hattın mevcut bacalara bağlanma maliyetleri aynı olacağından, maliyet karşılaştırmaları sadece iletim hatları açısından yapılacaktır. Kanalizasyon hatları için İller Bankasının uygulamalarında kullandığı zeminden itibaren minimum kazı derinliği olan 1,90 m düşünülerek, hesaplamalarda ortalama kazı derinliği 2,50 m olarak kabul edilmiştir. Gazi Caddesi'ndeki asfalt altı zemin yapısı, derin kazılarda hendek cidarları kendini tutabildiğinden hesaplamalarda şevli ve iksalı kazıya ihtiyaç duyulmamış, kazı kutu kesit şeklinde değerlendirilmiştir. Açık kazı hendek tip en kesiti Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Kazı artığı malzemenin depo sahasına nakliye mesafesi 15 km alınmıştır.



Şekil 5.2. Kazı hendeği tip enkesiti

Hendek açıldıktan sonra kazı tabanı tesviye edilecek olup, boru yataklaması için $(D / 10 + 10 \text{ cm})$ formülü gereğince minimum 15 cm stabilize malzeme serilecektir.

Serilen yataklama malzemesinin hemen üzerine hat döşendikten sonra, boru üstünden itibaren minimum 30 cm olacak şekilde ve yanlarında dolacağı şekilde gömlekleme için stabilize malzeme dökülecektir. Yapılan gömlekleme işleminin ardından döşenmiş hat daha stabil hale gelmiş olacaktır. 500 mm çapında entegre contalı beton borular için boru gövde et kalınlığı İller Bankası Beton/Betonarme Boru ve Bağlantı Parçaları Özel ve Teknik Şartnamesine göre 5 cm olmaktadır (İlbank, 2009). Bu durumda, boru dış çapı 60 cm olmaktadır. Kazı derinliği olarak kabul edilen 2,50 m düşünülerek yataklama, boru dış çapı ve gömlekleme miktarları ile beton ve asfalt kaplama çıkarıldığında, hendek geri dolgusu yüksekliği 138 cm olacaktır. Açık kazı hendek genişliği İller Bankası Kanalizasyon İnşaatına ait Özel Teknik Şartnamesinde öngörülen iksasız boru tip en kesiti formülü ($D_{dış} + 2 \times 35 \text{ cm}$) kullanılarak 130 cm alınmıştır. Hattın yapıldığı satıhtaki mevcut zemin kaplaması asfalt olduğundan, geri dolgu olarak stabilize malzemenin yapılması zeminde çökmelerin olmamasını ve yapılacak kaplama malzemesinin dayanımını artıracaktır. Geri dolgu üzeri 10 cm kalınlığında ince beton bir tabaka ile kaplanacak olup akabinde beton üzerine de 7 cm kalınlığında asfalt serilecektir.

Kazısız teknolojilerden yatay delgi uygulamasında, zemin altından asfalt yolun yapısal özelliğini bozmadan 700 mm çapında çelik boru geçirilecek olup, içerisinden ise 500 mm çapında koruge kanalizasyon borusu geçirilecektir. Uygulama sırasında yatay delginin giriş ve çıkış uçlarında delgi makinesinin rahat çalışabilmesi ve çelik boru sürülmesi için az miktarda platform kazıları yapılacak olup, bu kazılar maliyetlerde dikkate alınacaktır. Yatay delgi, 250 m uzunluğundaki hat için tek seferde yapılacak olup, muayene bacası bağlantıları daha sonra yapılacaktır. Ülkemizde, yatay delgi dışındaki kazısız teknoloji yöntemleri ile boru kaplamalar ve astarlamalar henüz ticari olarak gelişmemiş olup, mevcut 400 mm iç çapındaki hattın Bölüm 4'te verilen yaklaşık maliyetleri ile karşılaştırmalar yapılacaktır. Bundan dolayı boru çapının 500 mm'ye büyütülmesi, boru patlatma, kaplama ve astarlama yöntemlerinde gerçekleşmeyecektir. Çalışma kapsamında 400 mm iç çapındaki mevcut hattın taşıma kapasitesinin bu üç yöntemin uygulaması açısından yeterli olduğu kabul edilerek yeni muayene bacası ile hat döşemesi yapılmayacaktır. Her üç yöntem için yapılacak maliyet karşılaştırmasında, mevcut iki baca arasında döşenmiş mevcut boru hattı aksının düzgün olduğu öngörülmektedir. Diğer bir ifadeyle, mevcut hattaki tahribatın boru aksının yönünü değiştirmedeği kabul edilmektedir.

5.2. Açık Kazı İle Kanalizasyon Hattı Uygulama Maliyeti

Uygulama projesi detaylarında açıklandığı üzere, açık kazı ile hat yenileme maliyetine asfalt sökülmesiyle başlayıp tekrar asfalt kaplanmasına kadar olan bütün direk maliyetler ile dolaylı ve sosyal maliyet kalemleri de dahil edilerek toplam maliyet hesaplanmıştır. Öncelikle direk maliyetler İller Bankası ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın yayınladığı 2015 yılı birim fiyatlarıyla hesaplanmış olup, Çizelge 5.1'de detayları ile birlikte verilmiştir. Kamusal alan tarafından oluşturulan birim fiyatlar baz alınarak yapılan hesaplamalarda 500 mm iç çaplı entegre contalı buhar kürlü beton boru ile kanalizasyon şebeke hattının döşenmesi için gerekli direk maliyet 82,25 \$/m olmaktadır. Hat uzunluğu olan 250 m için toplam direk maliyet 20 563 \$ olmaktadır (Çizelge 5.1). Bununla birlikte, Bölüm 4'te açık kazı maliyeti literatürde incelenmiş olup, 500 mm iç çaplı entegre contalı buhar kürlü beton boru ile kanalizasyon şebeke hattının döşenmesi için gerekli direk maliyetin Amerika Birleşik Devletleri'nde 410 \$/m olduğu görülmüştür (PWTB 420-49-10, 1999). Bu birim maliyet hesaplamalarda kullanıldığında, açık kazı ile yenilenmesi sağlanan hat için toplam direk maliyet 102 500 \$ olmaktadır.

Sosyal maliyet kalemlerinin tamamını içeren ve Bölüm 4'te verilen minimum 127 \$/m, maksimum 1 462 \$/m ve ortalama 794,50 \$/m maliyetler (Pucker, Allouche ve Sterling, 2006), açık kazı maliyetine eklendiğinde uygulama açısından daha gerçekçi maliyetlerin ortaya çıkacağı aşikardır. Birim fiyat bazında minimum sosyal maliyet minimum direk maliyetin % 155'i, maksimum sosyal maliyet ise maksimum direk maliyetin % 357'si olmaktadır. Hesaplanan sosyal maliyet direk maliyet oranları, önceki bölümlerde de anlatıldığı üzere, sosyal maliyetin direk maliyetin yaklaşık 2 ile 4 katı arasında olduğunu ve bunun toplam maliyetlere yansıtılması gerektiğini doğrular niteliktedir. Açık kazı uygulamasıyla imalatı yapılacak Gazi Caddesi üzerindeki 250 m uzunluğundaki hattın bütünü düşünüldüğünde sosyal maliyetler, minimum 31 750 \$, maksimum 365 500 \$ ve ortalama 198 625 \$ olmaktadır. Buna ek olarak, net olarak hesaplanabilen direk ve sosyal maliyetlere, direk maliyet kalemleri toplamının % 5'i oranında dolaylı maliyette eklendiğinde, açık kazı uygulamasının minimum, maksimum ve ortalama maliyetleri bulunmuş olacaktır.

Çizelge 5.1. Açık kazıyla hat yenileme direk maliyeti (2015 yılı B.F.)

ANALİZ FORMATI					
İŞİN ADI	ELAZIĞ (MERKEZ) GAZİ CADDESİ KISMİ KANALİZASYON İNŞAATI				
İŞ KALEMİ NO	ELZ.KAN1 (2015 B.F.)				
ÜNİTESİ	Ø500 mm İç Çaplı Entegre Contalı Buhar Kürlü Beton Boru ile Kanalizasyon Şebeke İnşaatı Yapılması (Hendek Dolgusu Stabilize Malzeme ile)				
POZ NO	İŞİN CİNSİ	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL)
14.160030	Her cins zemin ve her derinlikte hendek kazısı (2,50 x 1,30)	3,2500	m ³	6,00	19,50
15.140/İB-1	Stabilize (08.008) malzeme ile hendek ve temel dolgusu yapılması (1,38 x 1,30)	1,7940	m ³	9,86	17,68
15.140/İB-4	Her kategoride granüloметриk kum-çakılın (0.8009/İB-2) el ile sıkıştırılarak hendek ve temel taban ıslahı, boru tabanı yataklanması ve boru gömlekleme yapılması (0,15 x 1,30 + 0,50 x 1,30 - π x 0,52 / 4 + 0,30 x 1,30)	1,0387	m ³	15,39	15,99
12.218225	Çapı 500 mm buhar kürlü, entegre contalı, muflu beton kanalizasyon borularının döşenmesi (Boru, lastik conta, baş bağlama ve sızdırmazlık bedeli dahil)	1,0000	m	98,75	98,75
Y.16.050/01	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C8/10 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi (beton nakli dahil) (0,10 x 1,30)	0,1300	m ³	132,81	17,27
Y.21.001/02	Ahşaptan düz yüzeyli beton ve betonarme kalıbı yapılması (0,10 x 2 x 1,00)	0,2000	m ²	6,69	1,34
18.190/İB-1	Her türlü asfaltın kesilmesi (0,07 x 2 x 1,00)	0,1400	m ²	23,86	3,34
18.190/İB-2	Asfalt, kırma taş ve şose sökülmesi (0,07 x 1,30 x 1,00)	0,0910	m ³	31,62	2,88
A	İnşaat işleri toplamı				176,74
B	İmalata giren her türlü malzemeye ait nakliye bedeli olarak imalat toplamının % 10'u				17,67
C	İnşaat işleri ve nakliye dahil toplam (A+B)				194,42
D	Yüklenici karı ve genel giderler (%10)				19,44
E	İnşaat İşleri Genel Toplamı (C+D)				213,86
				1 m BEDELİ (TL)	213,86
				1 m BEDELİ (\$)	82,25
				250 m BEDELİ (\$)	20 563,00

Gazi Caddesi için kabul edilen uygulama projesi kriterleri gereğince, 250 m uzunluğundaki kanalizasyon hattı için ahşap iksa, çelik panolu iksa ve palplanş iksaya gereksinim duyulmamış olup, maliyet hesaplamalarına dahil edilmemiştir.

Yapılan çalışmalar sonucunda, Gazi Caddesindeki 250 m uzunluğunda ve 500 mm iç çapında entegre contalı buhar kürlü beton boru olarak döşenecek hattın açık kazı uygulamasıyla toplam maliyetleri minimum 53 341 \$, maksimum 473 125 \$ ve ortalama 263 233 \$ olarak hesaplanmış olup, sonuçlar Çizelge 5.2’de detaylı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. Açık kazıyla hat yenileme toplam maliyeti

Maliyet Kalemi	Açık Kazı Maliyeti		
	Minimum (\$)	Ortalama (\$)	Maksimum (\$)
Direk Maliyet (A)	20 563	61 532	102 500
Dolaylı Maliyet (A x %5)	1 028	3 077	5 125
Sosyal Maliyet	31 750	198 625	365 500
TOPLAM MALİYET	53 341	263 233	473 125

Açık kazı ve kazısız teknolojilerin uygulama toplam maliyetlerinin karşılaştırılmasında Çizelge 5.2’de hesaplanan değerler baz alınacaktır.

5.3. Kazısız Teknolojilerle Kanalizasyon Hattı Uygulama Maliyetleri

Bu bölümde kazısız teknolojilerden yönlendirilebilir yatay delgi, boru patlatma, kaplama ve astarlamalar olmak üzere üç ana yöntem maliyetleri incelenecektir. Yönlendirilebilir yatay delgi yöntemiyle yapılacak hat yenilemesinin direk maliyeti İller Bankası ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın yayınladığı 2015 yılı birim fiyatları ile hesaplanmış olup, Çizelge 5.3’de detaylarıyla birlikte verilmiştir. Yatay delgi metodu ile zemin altından karayolunun yapısal özelliğini bozmadan 700 mm çapında çelik borunun geçirilmesi ve içerisine 500 mm iç çapında koruge kanalizasyon borusunun döşenmesi direk maliyeti, 621,21 \$/m olmaktadır. Hattın bütünü düşünüldüğünde, kazısız teknoloji yöntemlerinden yönlendirilebilir yatay delginin toplam direk maliyeti 155 303 \$ olmaktadır. Yatay delgi ile hat yenileme maliyetlerine azda olsa platform

oluşturulmasından kaynaklı açık kazı maliyeti eklenerek toplam direk maliyet hesaplanacaktır.

Çizelge 5.3. Yatay delgi yöntemi ile hat yenileme direk maliyeti (2015 yılı B.F.)

ANALİZ FORMATI					
İŞİN ADI	ELAZIĞ (MERKEZ) GAZİ CADDESİ KISMİ KANALİZASYON İNŞAATI				
İŞ KALEMİ NO	ELZ.KAN2 (2015 B.F.)				
ÜNİTESİ	Yatay Delgi Metodu ile Zemin Altından Karayolunun Yapısal Özelliğini Bozmadan Ø700 mm Çapında Çelik Borunun Geçirilmesi ve İçerisine Ø500 mm Çapında PE100 Koruge Kanalizasyon Borusunun Döşenmesi (Boru Bedeli Dahil)				
POZ NO	İŞİN CİNSİ	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL)
14.160030	Her cins zeminde ve her derinlikte iksasız hendek kazısı yapılması	1,7070	m ³	6,00	10,24
14.1700	Kazı malzemesinden makine ile hendek ve temel dolgusu yapılması	1,1190	m ³	6,69	7,49
12.2256	Spiral sarımlı çapı 500 mm PE100 koruge kanalizasyon borularının döşenmesi (Tip 5)	1,0000	m	75,93	75,93
Y.16.050/04	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C20/25 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi (beton nakli dahil)	0,0020	m ³	109,47	0,22
Y.21.001/02	Ahşaptan düz yüzeyli beton ve betonarme kalıbı yapılması	0,0400	m ²	21,71	0,87
32.014/İB-4	Karayolu, demiryolu vb. yerlerin zemin altından (her türlü zeminde) yatay delgi metodu ile delinerek geçilmesi ve boru sürülmesi (Ø700 mm çelik boru)	1,0000	m	1 240,08	1 240,08
A	İnşaat işleri toplamı				1 334,83
B	İmalata giren her türlü malzemeye ait nakliye bedeli olarak imalat toplamının % 10'u				133,48
C	İnşaat işleri ve nakliye dahil toplam (A+B)				1 468,31
D	Yüklenici karı ve genel giderler (%10)				146,83
E	İnşaat İşleri Genel Toplamı (C+D)				1 615,14
				1 m BEDELİ (TL)	1 615,14
				1 m BEDELİ (\$)	621,21
				250 m BEDELİ (\$)	155 303,00

Önceki bölümlerde detaylı incelendiği üzere açık kazı maliyet oranı, yatay delgi direk maliyetinin %5'i olarak alınacaktır. Bununla birlikte, dolaylı maliyet kazısız teknoloji yöntemlerinde alınmayacaktır. Kazısız teknolojilerde, Bölüm 4'te detayları açıklandığı üzere direk maliyetlerinin %3'ü oranında sosyal maliyette hesaba katılacaktır

(Pucker ve diğeri). Bu oran birçok durumda ihmal edilebilir ama bu çalışma kapsamında göz ardı edilmeyecektir.

500 mm çapındaki koruge boru için yönlendirilebilir yatay delgi ile kazısız teknoloji yönteminin direk maliyeti önceki bölümde 354,33 \$/m olarak verilmişti (Sarireh, 2013). 250 m uzunluğundaki hattın bütününde direk maliyet 88 583 \$ olmaktadır.

Sonuçta, Gazi Caddesindeki 250 m uzunluğunda ve 500 mm iç çapında koruge borunun 700 mm çelik borudan yatay delgi yöntemiyle geçirilmesi toplam maliyetleri minimum 95 669 \$, maksimum 167 727 \$ ve ortalama 131 698 \$ olarak hesaplanmış olup, sonuçlar Çizelge 5.4'de detaylı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 5.4. Yönlendirilebilir yatay delgi yöntemi ile hat yenileme toplam maliyeti

Maliyet Kalemi	Yönlendirilebilir Yatay Delgi		
	Minimum (\$)	Ortalama (\$)	Maksimum (\$)
Maliyet (A)	88 583	121 943	155 303
Direk Maliyet (A x 1,05)	93 012	128 040	163 068
Dolaylı Maliyet	-	-	-
Sosyal Maliyet (A x %3)	2 657	3 658	4 659
TOPLAM MALİYET	95 669	131 698	167 727

Boru patlatma, kaplamalar ve astarlama yöntemleri ülkemizde henüz uygulanmadığından maliyet karşılaştırmaları önceki bölümlerde verilen farklı ülkelerde uygulanmış değerler üzerinden yapılacaktır. Bahse konu yöntemlerde çap büyütme gerçekleşmeyeceğinden, kıyaslama 400 mm çapındaki imalat değerleri üzerinden yapılacaktır. 400 mm çapındaki mevcut hattın boru patlatma yöntemi ile yenileme maksimum maliyeti 687 \$/m olmaktadır (Lee, Najafi ve Matthys, 2007). Bununla birlikte boru patlatmanın açık kazıya göre %25 daha ucuz olduğunu savunan Mohamed ve

diğerlerine göre 410 \$/m açık kazı maliyetinden hesap yapılırsa, boru patlatma yönteminin minimum direk maliyeti, 307,50 \$/m olmaktadır. Sonuç olarak, 250 m uzunluğundaki hat üzerinden yapılan hesaplamalar Çizelge 5.5’de gösterilmiş olup, toplam maliyetler, minimum 83 025 \$, maksimum 185 491 \$ ve ortalama 134 258 \$ bulunmuştur.

Çizelge 5.5. Boru patlatma yöntemi ile hat yenileme toplam maliyeti

Maliyet Kalemi	Boru Patlatma		
	Minimum (\$)	Ortalama (\$)	Maksimum (\$)
Maliyet (A)	76 875	124 313	171 750
Direk Maliyet (A x 1,05)	80 719	130 528	180 338
Dolaylı Maliyet	-	-	-
Sosyal Maliyet (A x %3)	2 306	3 729	5 153
TOPLAM MALİYET	83 025	134 258	185 491

Kazısız teknolojilerden boru çakma ve mikrotünelleme yöntemleri uygulamanın yapıldığı alanın topoğrafik konumu, çalışma şartları ve teknik açıdan uygun bulunmadığından maliyet karşılaştırmalarında değerlendirilmemiştir. Son olarak, kaplama ve astarlama yöntemlerinin Gazi Caddesindeki hatta uygulanma maliyetleri hesaplanacaktır. Bölüm 4’te kaplama ve astarlama yöntemlerinin uygulama maliyetleri verilmiştir. Koerner ve diğerlerinin gösterdiği kaplama yöntemleri için minimum 108 \$/m, maksimum 215 \$/m ve astarlama yöntemleri içinse minimum 215 \$/m, maksimum 538 \$/m değerleri alınarak yapılan hesaplamalar sırasıyla Çizelge 5.6 ve Çizelge 5.7’de verilmiştir. Hesaplamalarda, Koerner ve diğerlerinin gösterdiği kaplama ve astarlama yöntemlerinin farklı tiplerine göre minimum ve maksimum maliyetlerin en küçüğü ve en büyüğü alınmıştır. Sonuçta, Gazi Caddesindeki 250 m uzunluğunda ve mevcut 400 mm iç çapında beton borunun kaplama yöntemleriyle onarım toplam maliyetleri minimum 29 160 \$, maksimum 58 051 \$ ve ortalama 43 605 \$ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.6. Kaplama yöntemleri ile hat yenileme toplam maliyeti

Maliyet Kalemi	Kaplama		
	Minimum (\$)	Ortalama (\$)	Maksimum (\$)
Maliyet (A)	27 000	40 375	53 750
Direk Maliyet (A x 1,05)	28 350	42 394	56 438
Dolaylı Maliyet	-	-	-
Sosyal Maliyet (A x %3)	810	1 211	1 613
TOPLAM MALİYET	29 160	43 605	58 051

Aynı şekilde, Gazi Caddesindeki 250 m uzunluğunda ve mevcut 400 mm iç çapında beton borunun astarlama yöntemleriyle onarım toplam maliyetleri minimum 58 051 \$, maksimum 145 260 \$ ve ortalama 101 655 \$ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.7. Astarlama yöntemleri ile hat yenileme toplam maliyeti

Maliyet Kalemi	Astarlamalar		
	Minimum (\$)	Ortalama (\$)	Maksimum (\$)
Maliyet (A)	53 750	94 125	134 500
Direk Maliyet (A x 1,05)	56 438	98 831	141 225
Dolaylı Maliyet	-	-	-
Sosyal Maliyet (A x %3)	1 613	2 824	4 035
TOPLAM MALİYET	58 051	101 655	145 260

5.4. Açık Kazı ile Kazısız Teknolojilerin Maliyetlerinin Karşılaştırılması

Açık kazı ve kazısız teknolojilerin maliyetlerinin karşılaştırılabilmesi için örnek uygulama olabilecek, Elazığ şehir merkezinde bulunan Gazi Caddesi üzerindeki mevcut hattın 400 mm çapındaki beton borudan 500 mm çapındaki değişik tipte borular ile yenilenmesi çalışılmıştır. Yöntemler bazında hesaplanan maliyetler önceki bölümde açıklanmıştır. Teknik ve topoğrafik yönlerden uygulanabilecek bütün yöntemlerin direk maliyetleri toplu olarak Çizelge 5.8’de verilmiştir.

Çizelge 5.8. Açık kazı ve kazısız yöntemlerin direk maliyet karşılaştırması

Yöntem	Boru İç Çapı (mm)	Direk Maliyet		
		Minimum (\$)	Ortalama (\$)	Maksimum (\$)
Açık Kazı	500	20 563	61 532	102 500
Yönlendirilebilir Yatay Delgi	500	93 012	128 040	163 068
Boru Patlatma	400	80 719	130 528	180 338
Kaplamalar	400	28 350	42 394	56 438
Astarlamalar	400	56 438	98 831	141 225
En Düşük Maliyet	-	<i>Açık Kazı</i>	<i>Kaplamalar</i>	<i>Boru Patlatma</i>
En Yüksek Maliyet	-	<i>Yönlendirilebilir Yatay Delgi</i>	<i>Boru Patlatma</i>	<i>Boru Patlatma</i>

Direk maliyetler bazında minimum en düşük maliyet açık kazı uygulamasında, minimum en yüksek maliyet ise yönlendirilebilir yatay delgi yönteminde olmaktadır. Maksimum en düşük ve maksimum en yüksek direk maliyet boru patlatma yönteminde oluşmaktadır. Bununla birlikte, ortalama en düşük direk maliyet kaplamalarla, ortalama en yüksek direk maliyet ise boru patlatmayla oluşmaktadır.

250 m uzunluğundaki mevcut hattın yenilenmesi sonrasında ilerleyen dönemlerde oluşabilecek dolaylı maliyetlerin karşılaştırması ise Çizelge 5.9’da verilmektedir.

Çizelge 5.9. Açık kazı ve kazısız yöntemlerin dolaylı maliyet karşılaştırması

Yöntem	Boru İç Çapı (mm)	Dolaylı Maliyet		
		Minimum (\$)	Ortalama (\$)	Maksimum (\$)
Açık Kazı	500	1 028	3 077	5 125
Yönlendirilebilir Yatay Delgi	500	-	-	-
Boru Patlatma	400	-	-	-
Kaplamalar	400	-	-	-
Astarlamalar	400	-	-	-
En Yüksek Maliyet	-	<i>Açık Kazı</i>	<i>Açık Kazı</i>	<i>Açık Kazı</i>

Kazısız teknoloji yöntemlerinin uygulama sonrası dönemlerde dolaylı maliyetlerinin oluşmadığı düşünüldüğünde, açık kazı uygulamalarında bu maliyetler oluşabilecektir.

Son olarak, sosyal maliyetlerin uygulaması yapılan yöntemler bazında karşılaştırılması Çizelge 5.10’da verilmektedir. Veriler incelendiğinde, minimum ve maksimum en düşük sosyal maliyetin kaplamalarda, minimum ve maksimum en yüksek sosyal maliyetin ise açık kazı uygulamasında olduğu görülmektedir. Bu sebeple ortalama en düşük ve en yüksek maliyet sırasıyla kaplamalar ve açık kazı yöntemlerinde gerçekleşmektedir. Konuya sosyal maliyetler açısından bakıldığında, açık kazı uygulamalarının kazısız teknolojilere göre çok yüksek oranlarda etkilendiği görülmektedir. Bununla birlikte, sosyal maliyetler ilk defa bu çalışma kapsamında direk ve dolaylı

maliyetlere birim fiyatlar bazında eklenmiş olup, maliyetleri ciddi bir biçimde etkileyeceği ortadadır.

Çizelge 5.10. Açık kazı ve kazısız yöntemlerin sosyal maliyet karşılaştırması

Yöntem	Boru İç Çapı (mm)	Sosyal Maliyet		
		Minimum (\$)	Ortalama (\$)	Maksimum (\$)
Açık Kazı	500	31 750	198 625	365 500
Yönlendirilebilir Yatay Delgi	500	2 657	3 658	4 659
Boru Patlatma	400	2 306	3 729	5 153
Kaplamalar	400	810	1 211	1 613
Astarlamalar	400	1 613	2 824	4 035
En Düşük Maliyet	-	<i>Kaplamalar</i>	<i>Kaplamalar</i>	<i>Kaplamalar</i>
En Yüksek Maliyet	-	<i>Açık Kazı</i>	<i>Açık Kazı</i>	<i>Açık Kazı</i>

Uygulaması gerçekleştirilebilecek açık kazı ve kazısız yöntemlerin direk, dolaylı ve sosyal maliyet kalemlerinin tamamı birleştirildiğinde, toplam maliyetler ortaya çıkacaktır. Sonuç olarak, toplam maliyetlerin karşılaştırılması Çizelge 5.11’de verilmektedir.

Toplam maliyetlerin minimum maliyetler üzerinden karşılaştırılmasında, en düşük maliyet kaplama uygulamalarında, en yüksek maliyet ise yönlendirilebilir yatay delgi uygulamasında olmaktadır. Bununla birlikte, hesaplanan maksimum en düşük maliyet kaplama uygulamalarında, maksimum en yüksek maliyet ise açık kazı uygulamasındadır. Son olarak, ortalama en düşük maliyet kaplama uygulamalarında, ortalama en yüksek maliyet ise açık kazı uygulamasıyla gerçekleşmektedir.

Bütün yöntemler içinde en yüksek ve en düşük maliyet sırasıyla açık kazı ve kaplama uygulamaları ile ortaya çıkmaktadır. Toplam maliyetin bileşenlerini oluşturan direk, dolaylı ve sosyal maliyetler içinde en yüksek dolaylı ve sosyal maliyetin açık kazı ile oluşması bunu doğrulayan bir etmendir. Buna ek olarak, kaplama ve astarlamalar, genel olarak bütün yöntemler içinde toplam maliyeti en az olan yöntemler olmuştur. Bu tespitite, mevcut borular değiştirilmeyerek, yapılan boru iç çeper onarımlarının azaltıcı maliyet etkisi düşünülmelidir.

Çizelge 5.11. Açık kazı ve kazısız yöntemlerin toplam maliyet karşılaştırması

Yöntem	Boru İç Çapı (mm)	Toplam Maliyet (Direk + Dolaylı + Sosyal)		
		Minimum (\$)	Ortalama (\$)	Maksimum (\$)
Açık Kazı	500	53 341	263 233	473 125
Yönlendirilebilir Yatay Delgi	500	95 669	131 698	167 727
Boru Patlatma	400	83 025	134 258	185 491
Kaplamalar	400	29 160	43 605	58 051
Astarlamalar	400	58 051	101 655	145 260
En Düşük Maliyet	-	<i>Kaplamalar</i>	<i>Kaplamalar</i>	<i>Kaplamalar</i>
En Yüksek Maliyet	-	<i>Yönlendirilebilir Yatay Delgi</i>	<i>Açık Kazı</i>	<i>Açık Kazı</i>

Genellemek gerekirse, minimum ve maksimum toplam maliyetler üzerinden yapılacak karşılaştırmalar yerine ortalama maliyetler kullanılırsa daha gerçekçi sonuçlar elde edilmiş olur. Bu sebeple, açık kazı uygulaması bütün yöntemler içinde en yüksek toplam maliyete sahip olmaktadır. Ortalama maliyetler üzerinden gidildiğinde, toplam maliyetler bazında en yakın olan boru patlatma yönteminden yaklaşık 128 975 \$ daha pahalı olmaktadır.

Bununla birlikte, yukarıda da anlatıldığı üzere, açık kazı yönteminin gerçekleştirilmesi durumunda 250 m uzunluğundaki hat için 410 \$/m (PWTB 420-49-10, 1999) alınarak hesaplanan maksimum direk maliyet 102 500 \$ olmaktadır. Direk maliyetinin %5'i olarak hesaplanan 5 125 \$ dolaylı maliyet ve maksimum sosyal maliyet 1 462 \$/m (Pucker ve diğerleri) alınarak hesaplanan maksimum sosyal maliyet olan 365 500 \$ da eklendiğinde, açık kazı toplam maliyetinin 473 125 \$ olduğu görülmektedir. Hattın açık kazı ile 1 m'sinin yapılma maliyeti de 1 892,50 \$/m olmaktadır.

Benzer hesaplamalar kazısız teknoloji yöntemlerinden en yüksek maliyetli olan boru patlatma içinde yapılmıştır. Aynı hat için boru patlatma yönteminin direk maliyeti olan 687 \$/m (Lee ve diğerleri) alınarak açık kazı için maliyetinin %5'i artırılarak hesaplanan maksimum direk maliyet 180 338 \$ olmaktadır. Direk maliyetinin %3'ü (Pucker ve diğerleri) olarak hesaplanan 5 153 \$ tutarındaki sosyal maliyetle direk maliyeti birlikte toplandığında, maksimum toplam maliyetin 185 491 \$ olduğu görülmektedir. Hattın boru patlatma yöntemi ile 1 m'sinin yapılma maliyeti de 741,96 \$/m olmaktadır.

Sonuç olarak, Gazi Caddesi'ndeki değiştirilmesi planlanan 250 m'lik hat için, direk maliyetlere dolaylı ve sosyal maliyetlerde eklenerek hesaplanan toplam maliyetler karşılaştırıldığında, açık kazı maliyetinin en yüksek maliyetli olan kazısız teknoloji yönteminden %255 daha yüksek maliyetli olduğu görülmektedir.

6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Altyapı tesislerinin ihtiyaç dışı ve uygun teknikler kullanılmadan yapılması, küresel anlamda gözle görülemeyen bir yeraltı çöplüğü yaratmaktadır. Plansız bir şekilde sürekli yeni hatların döşenmesi ile eski hatların terk edilmesi bunu tetiklemektedir. Avrupa Birliği müktesebatı dahilinde ülkemizde de malzeme kalitesi, döşenme işçiliği ile koruma alanlarında yapılan imalatlarla ilgili bazı normlar getirilmektedir. Gelişmiş ülkelerde toprak altında bırakılan atık boruların kamusal ceza bedelleri dahil uygulanmaktadır. Bununla birlikte, mevcut hatların doğaya ve sosyal hayata minimum negatif etkilerle ve minimum sürelerde yapılabilmesi sürdürülebilirlik açısından da önem arz etmektedir.

Günümüzde, altyapı projelerindeki teknolojik yeniliklere bağlı olarak gelişen kazısız teknolojiler, ülkemizde de yeni yeni uygulanmaktadır. Kazısız uygulamalar bir takım imalat, iyileştirme ve yenileme ile yerine koyma tekniklerinden oluşmaktadır. Çalışma kapsamında, açık kazı yöntemi ile kazısız teknoloji yöntemlerinin teknik, ekonomik ve sosyal yönlerden uygulama detayları incelenmiş, yöntemler birbirleriyle kıyaslanmıştır.

İller Bankasında kazısız teknolojilerden boru çakma ve yönlendirilebilir yatay delgi sıklıkla, mikrotünelleme ise yeni yeni uygulanmaktadır. Bununla birlikte, bankanın uygulamalarında kaplama ve astarlama yöntemleri henüz kullanılmamaktadır. Ülkemizde, uygulama sıklıklarına paralel olarak kazısız teknoloji yöntemlerinin ticari gelişmişliği de aynı seviyededir.

Çalışmanın ilk bölümlerinde kazısız teknoloji yöntemlerinin uygulama detayları anlatılmış olup, devamında sosyal, çevresel ve ekonomik açılardan kazılı ve kazısız teknolojiler birbirleriyle kıyaslanmıştır. Akabinde, kazılı ve kazısız teknolojilerin direk, dolaylı ve sosyal maliyetleri yaklaşımlar yapılarak ve tamamlanmış akademik çalışmalarda bulunan maliyetler üzerinden hesaplanmıştır. Son olarak, örnek uygulama olarak seçilen Elazığ şehir merkezindeki Gazi Caddesi üzerindeki kanalizasyon hattı, kazılı ve kazısız yöntemlerle teknik ve ekonomik açılardan incelenmiştir.

Örnek uygulama çalışması olarak seçilen Gazi Caddesi'ndeki kanalizasyon hattı ile ilgili direk maliyetler karşılaştırıldığında, maliyeti en düşük olan açık kazı, en yüksek olan yönlendirilebilir yatay delgidir. Sosyal maliyetler karşılaştırıldığında, maliyeti en düşük olan kaplamalar, en yüksek olan açık kazıdır. Çalışmada gerçekleştirilebilen yöntemler içinde ortalama toplam maliyeti en yüksek olan açık kazıdır. Açık kazı uygulamasıyla ilgili yapılan maliyet hesaplamalarında, sosyal maliyetin direk maliyetinin yaklaşık 2 ile 4 katı arasında olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, uygulama toplam maliyetlerinin karşılaştırılmasında, açık kazı ile imalatı gerçekleştirilen kanalizasyon hattında ahşap iksa, çelik panolu iksa ve palplanş iksa yapılmasına ihtiyaç duyulmamış olup, açık kazının iksalı yapılması durumunda direk maliyeti daha da artacaktır. Örnek uygulamadaki, minimum ve maksimum toplam maliyetler arasındaki farkın bu denli yüksek olmasında, kazısız teknolojilerin boş araziler veya yerleşimin olmadığı alanlarda açık kazı ile hat imalatına göre daha yüksek maliyetli olarak gerçekleşmesiyle birlikte, şehir merkezleri ile yoğun yerleşimlerin olduğu yerlerde ise daha düşük maliyetle gerçekleşmesi faktörleri etkin rol oynamaktadır.

Ülkemizdeki kamu kurumlarının yayınladığı birim fiyatlarla hesaplanan direk maliyetlerle, yurtdışındaki özellikle gelişmiş ülkelerde kullanılan direk maliyetler karşılaştırıldığında, gelişmiş ülkelerdeki direk maliyetlerin yüksek olduğu görülmektedir. Bunun temel nedeni, işçilik ve kullanılan malzeme maliyetlerinin gelişmiş ülkelerde yüksek olmasındandır. Altyapı teknolojileri geliştikçe, kazısız teknolojilerde kullanılan mekanik ve elektronik ekipmanların maliyetleri daha da düşecek olup, uygulamaları yapabilecek ticari firma sayıları artacaktır. Ticari rekabetin artması da kazısız teknolojilerin maliyetlerini aşağı çekecektir. Nitekim boru çakma ve yönlendirilebilir yatay delgi yöntemlerinin piyasa fiyatları giderek düşmektedir. Sonuç olarak, kazısız teknolojilerin açık kazı uygulamalarına kıyasla sosyal, çevresel ve ekonomik yönlerden pozitif etkileri olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, kazısız teknolojiler açık kazı uygulamalarına göre daha kısa sürelerde tamamlanırlar. Bahse konu avantajların topyekün olarak ortaya çıkabilmesi için uygun yerde uygun yöntemin seçilmesi kaçınılmazdır.

İlerleyen dönemlerde, belediye ve il özel idarelerinin taleplerine bağlı olarak, İller Bankası'nın kazısız teknolojiler ile uygulama sıklığını artırması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- Najafi, M. (2010). *Trenchless technology piping installation and inspection*, (First edition). Virginia: McGraw-Hill, 8,9,32,55,56,116,277.
- Kramer, S. R., McDonald, W. J., Thomson J. C. (1992). *An introduction to trenchless technology*, (First edition). Van Nostrand Reinhold: Springer, 6,7.
- Bardakjian, H., McReynolds, M., and Hausmann, D. (2007, July). *Corrosion protection of large diameter welded steel pipelines with cement mortar coatings*, paper presented at the International Conference on Pipeline Engineering and Construction, United States.
- French Society for Trenchless Technology (FSTT). (2004). *Microtunneling and horizontal drilling*, (First edition). Great Britain: Hermes Science, 27,214,215.
- Plastic Pipe Institute (PPI). (2012). *Handbook of Polyethylene Pipe*. Irving: Plastic Pipe Institute. 536,543,553.
- El-Baroudy, I. (2013). *Trenchless technologies and work practices review for Saskatchewan municipalities*, (First edition). Regina: Pinter and Associates Ltd., 2.
- İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ). (2006). *Kazısız yöntemle rehabilitasyon ve yenileme teknik şartnamesi*, 9.
- US Army Corp of Engineers. (1999). *Application of trenchless technology at army installations*. Washington, (PWTB No.420-49-10), 25.
- Sarireh, M. (2013). Cyclic Productivity for Horizontal Directional Drilling (HDD) Operation. *International Journal of Construction Engineering and Management*, 2(3), 46-52.
- Atalah A., Kariuki J., (2009, October). *Cost Comparison between Horizontal Directional Drilling and Open-Cut Construction Methods in Nairobi, Kenya*, paper presented at the International Conference on Pipelines and Trenchless Technology, Shanghai, China.
- Mohamed R., Najafi M., Hashemi B. (2008). Cost comparison of open-cut and trenchless methods for renewing sewer lines. *Underground Infrastructure Management*, 1(5), 36-39.
- Lee H., Najafi M., Matthys J. (2007, July). *Cost comparison of pipeline asset replacement: open-cut and pipe bursting*, paper presented at the ASCE International Pipeline Conference, Boston, USA.
- Koerner G. R., Koerner R. M. (1996). Geosynthetic use in trenchless pipe remediation and rehabilitation. *Geotextiles and Geomembranes*, 1(14), 223.

Apeldoorn, S. (2012). Comparing the costs – trenchless versus traditional methods. *The official magazine of the Institute of Municipal Engineering of Southern Africa (IMESA)*, 4(38), 55-57.

Matthews J. C., Allouche E. N., Sterling N. R. (2014). Social cost impact assessment of pipeline infrastructure projects. *Environmental Impact Assessment Review*, 1(50), 196-202.

Pucker J., Allouche E. N., Sterling R. L. (2006, March). *Social costs associated with trenchless projects: case histories in North America and Europe*, paper presented at the International Congress of No-Dig, Nashville, USA.

İller Bankası A.Ş. (İlbank) (2015). *Kamera monte edilmiş CCTV'li görüntüleme aracı özel şartnamesi*, 1,2

İller Bankası A.Ş. (İlbank) (2002). *Kanalizasyon işlerinin planlaması ve projelerinin hazırlanmasına ait talimatname*, 16

İller Bankası A.Ş. (İlbank) (2009). *İller bankası beton/betonarme boru ve bağlantı parçaları özel ve teknik şartnamesi*, 4

Internet: İSTT, Parçalı Kaplama Malzemeleri (2. Baskı). *Cipec*.URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fmesener.com.tr%2FUploads%2Ffiles%2FKesitli%2520dilimli%2520kaplama.pdf&date=2015-09-06>, Son Erişim Tarihi: 06.09.2015.

Internet: İSTT, Close Circuit Television (CCTV). *Cipec*.URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.istt.com%2Fguidelines%2Fctv&date=2015-09-07>, Son Erişim Tarihi: 07.09.2015.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : Özcan, Sinan
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 20/06/1980 ve Doğanşehir
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 505 580 5470
Faks : 0 424 218 1793
e-mail : sozcan1@ilbank.gov.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	ODTÜ İnşaat Mühendisliği	2008
Lisans	ODTÜ İnşaat Mühendisliği	2005
Lise	Rahmi Akıncı Lisesi/Malatya	1998

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2006-2010	Temelsu Uluslararası Müh. Hiz. A.Ş.	Proje Mühendisi
2010-2012	Hidro Dizayn Müh. İnş. ve Tic. A.Ş.	Proje Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce, Almanca

Yayımlar

-

Hobiler

Masa Tenisi, Sinema vs



İL BANK
TÜRKİYE'NİN YAPICI GÜCÜ