

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

**İÇME VE ATIKSU BORULARININ  
REHABİLİTASYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş.Müh. Burak Yalçın YILMAZ**

**Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK**

**Tez Danışmanı : Prof. Lütfi SALTABAŞ**

**Temmuz 2009**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İÇME VE ATIK SU BORULARININ  
REHABİLİTASYONU

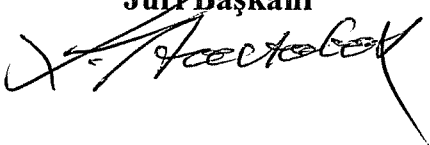
YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Burak Yalçın YILMAZ

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ  
Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK

Bu tez .. / .. /2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

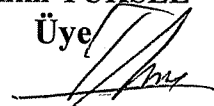
Prof.  
Lütfi SALTABAŞ  
Jüri Başkanı



Y.Doç.Dr.  
Mehmet SANDALCI  
Üye



Doç.Dr.  
İbrahim YÜKSEL  
Üye



## ÖNSÖZ

Günümüzde birçok alanda teknolojik gelişmeler sayesinde yapılan işlemler hem daha süratli hem de daha ekonomik olmaktadır. Altyapı sistemlerinin özellikle içme suyu ve kanalizasyon sistemlerinin günümüzde yenilenme işlemi trafik, ekonomiklik, zaman vb. unsurlardan dolayı giderek zorlaşmıştır. Bu da yeni yöntemlere yönelmeye sebep olmuştur. Son yıllarda özellikle Amerika, Avrupa ve son birkaç yıldır da ülkemizde uygulanmaya başlanan çeşitli malzeme ve çaplardaki yenileme, onarım ve rehabilitasyon sistemleri sorun oluşturan şartları ortadan kaldırarak altyapı sistemlerinin onarım ve yenilenmesini kolaylaştırmaktadır.

Çalışmanın yönlendirilmesinde ve yürütülmesinde büyük katkıları, gösterdiği yakın ilgi ve desteği sebebiyle çok kıymetli hocam Prof. Lütfi SALTABAŞ' a şükranlarımı sunarım.

Burak Yalçın YILMAZ

## İÇİNDEKİLER

|  |      |
|--|------|
| ÖNSÖZ .....  | ii   |
| İÇİNDEKİLER .....  | iii  |
| SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....                                   | viii |
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....   | ix   |
| TABLolar LİSTESİ .....   | x    |
| ÖZET.....  | xi   |
| SUMMARY.....   | xii  |
| <br>   |      |
| BÖLÜM 1.   |      |
| GİRİŞ .....  | 1    |
| <br>   |      |
| BÖLÜM 2.   |      |
| MEVCUT ALTYAPI SİSTEMLERİNDE OLUŞAN PROBLEMLER VE                      | 2    |
| ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ .....   |      |
| 2.1. İçme Suyu Hatları İşletme Problemleri.....                        | 2    |
| 2.1.1. Şebeke borularının arızalanması ve çözüm yöntemleri.....        | 2    |
| 2.1.2. Şube yolu arızaları.....  | 3    |
| 2.2. Kanalizasyon İşletme Problemleri.....                             | 3    |
| 2.2.1. Rabit tıkanıklığı.....  | 4    |
| 2.2.2. Kanal tıkanıklığı.....  | 4    |
| 2.2.3. Kanal çökmesi.....  | 4    |
| 2.2.4. Atık yağ.....   | 5    |
| 2.2.5. İmalat hataları.....  | 5    |
| 2.3. Kanalizasyon Şebekelerinin İşletilmesinde Kullanılan Araçlar..... | 5    |
| 2.3.1. Kanal işletmesinde basınçlı su ile kanal açma aracı kuka.....   | 5    |
| 2.3.2. Kanal işletmesinde basınçlı su ile kanal açma aracı kombine     | 6    |
| 2.3.3. Vidanjör.....   | 6    |

|  |    |
|--|----|
| 2.4. Kanalizasyon Şebekesinin Temizlenmesinde Kullanılan Araçlar.... | 7  |
| 2.4.1. Kombine kanal temizleme araçları.....                         | 7  |
| 2.4.1.1. Tank.....   | 7  |
| 2.4.1.2. Temiz su haznesi.....                                       | 8  |
| 2.4.1.3. Pis su haznesi.....   | 8  |
| 2.4.1.4. Yüksek basınçlı su pompası.....                             | 8  |
| 2.4.1.5. Vakum pompası.....  | 8  |
| 2.4.1.6. Kanal hortumu ve makarası.....                              | 9  |
| 2.4.1.7. Üst emiş sistemi.....                                       | 9  |
| 2.4.1.8. Suyu geri kazanım sistemi (Recycling).....                  | 10 |
| 2.4.2. Freze.....  | 10 |

### BÖLÜM 3.

|  |    |
|--|----|
| KAPALI DEVRE TELEVİZYON SİSTEMLERİ.....  | 12 |
| 3.1. Kanalizasyon Sistemlerinin Yerinde Denetlenmesi.....  | 12 |
| 3.2. Kamera Sistemlerinin Karşılaştırılması.....   | 13 |
| 3.2.1. Konfigürasyonlar.....   | 13 |
| 3.2.2. Kamera tipleri.....   | 14 |
| 3.2.2.1. Siyah- Beyaz kameralar.....   | 14 |
| 3.2.2.2. Renkli kameralar.....   | 14 |
| 3.2.2.3. Görüntü.....  | 14 |
| 3.2.3. Aydınlatma sistemleri.....  | 15 |
| 3.2.3.1. Lambalar.....   | 15 |
| 3.2.3.2. Lüks.....   | 15 |
| 3.2.3.3. Kızıl ötesi ışıklar.....  | 15 |
| 3.2.4. Kablolar.....   | 15 |
| 3.2.4.1. Çoklu kablolar.....   | 16 |
| 3.2.4.2. Tekil kablolar.....   | 16 |
| 3.3. Kapalı Devre TV Sistemleri İle Kanalizasyon Şebekesinde<br>Görüntü Almada Karşılaşılan Problemler | 16 |
| 3.3.1. Düşümlenme.....   | 16 |
| 3.3.2. Süreklilik.....   | 16 |
| 3.3.3. Erime.....  | 17 |

|  |    |
|--|----|
| 3.3.4. Conta.....                                      | 17 |
| 3.4. Taşıyıcılar.....                                  | 17 |
| 3.4.1. Düşük debili TV teknikleri.....                 | 18 |
| 3.4.1.1. Denetim ve sayım.....                         | 18 |
| 3.4.2. Yüksek debili TV teknikleri.....                | 18 |
| 3.5. TV Kullanım Alanları.....                         | 19 |
| 3.5.1. Ön temizlik.....                                | 19 |
| 3.5.2. Kökler.....                                     | 20 |
| 3.5.3. Çürüme.....                                     | 20 |
| 3.5.4. Oranlama ve değerlendirme.....                  | 20 |
| 3.5.5. Robotlar.....                                   | 21 |
| 3.5.6. Kanalizasyon bağlantı envanteri.....            | 21 |
| 3.5.7. Yol çalışmaları.....                            | 21 |
| 3.5.8. Yeni sistemler.....                             | 22 |
| 3.5.9. Atıl durumdaki sistemlerin aktive edilmesi..... | 22 |
| 3.5.10. Gömülü menholler.....                          | 22 |
| 3.5.11. Sızma.....                                     | 22 |
| 3.5.12. Sızma oranı.....                               | 23 |
| 3.6. Arıza Belirtileri.....                            | 23 |
| 3.6.1. Boru kusurları.....                             | 23 |
| 3.6.2. Kökler.....                                     | 23 |
| 3.6.3. Mineral depozitler.....                         | 23 |
| 3.6.4. Türbülans.....                                  | 24 |
| 3.6.5. Çökmeler.....                                   | 24 |
| 3.6.6. Boru kırılmaları.....                           | 24 |
| 3.6.7. Çamur.....                                      | 25 |
| 3.6.8. Video yorumlama.....                            | 25 |
| 3.7. Bilgi Yönetimi.....                               | 25 |
| 3.8. TV Güvenliği.....                                 | 26 |
| 3.8.1. Tehlikeler.....                                 | 26 |
| 3.8.2. Güvenlik.....                                   | 26 |

## BÖLÜM 4.

|   |    |
|---|----|
| BORU HATTI YENİLEME TEKNOLOJİLERİ .....                                 | 27 |
| 4.1. Yerinde Uygulanan Kaplama Sistemleri.....                          | 27 |
| 4.1.1. Genel bakış.....   | 27 |
| 4.1.2. Hazırlık.....  | 28 |
| 4.1.3. Çimento harcı ile kaplama.....                                   | 29 |
| 4.1.4. Epoksi ve DE poliüretan kaplama.....                             | 31 |
| 4.2. Yerinde Kürlme (CIPP) Kaplama Sistemleri.....                      | 32 |
| 4.2.1. Genel bakış.....   | 32 |
| 4.2.2. CIPP uygulama alanları.....                                      | 36 |
| 4.2.3. Uygulama / Yerleştirme.....                                      | 37 |
| 4.2.4. Atık su kanalları montaj – Isı ile sertleşme.....                | 38 |
| 4.2.5. UV – Sertleşmeli kaplama malzemeleri.....                        | 42 |
| 4.2.6. Atık su kanalları içinde uygulama ve ortam ısısında<br>sertleşme | 43 |
| 4.3. Kayarak Kaplama Sistemleri.....                                    | 44 |
| 4.3.1. Genel bakış.....   | 44 |
| 4.3.2. Uygulama alanları.....   | 46 |
| 4.3.3. Tasarım gereksinimleri.....                                      | 47 |
| 4.3.4. Kaplama boruları.....  | 48 |
| 4.3.5. Araya yerleştirme.....   | 49 |
| 4.3.6. Derz dolgu.....  | 50 |
| 4.3.7. Hareketli araya yerleştirme ve servis borusu yenileme.....       | 52 |
| 4.3.8. Yan parçalar ve de kol bağlantıları.....                         | 53 |
| 4.4. Sıkı Geçme Termo Plastik Kaplama.....                              | 54 |
| 4.4.1. Genel bakış.....   | 54 |
| 4.4.2. Yöntemlerin ilkeleri ve sınıflandırılması.....                   | 54 |
| 4.4.2.1. Simetrik azaltma yöntemleri.....                               | 55 |
| 4.4.2.2. Katla ve şekil ver süreci.....                                 | 57 |
| 4.4.3. Uygulama alanları.....   | 60 |
| 4.5. Spiral Olarak Sarılmış Kaplama Malzemeleri.....                    | 61 |
| 4.5.1. Genel bakış.....   | 61 |

|  |    |
|--|----|
| 4.5.2. Mekanik olarak sarılmış kayarak kaplama.....                              | 62 |
| 4.5.3. Manüel olarak sarılmış kayarak kaplama.....                               | 63 |
| 4.5.4. Mekanik olarak sarılmış sıkı geçme kaplama.....                           | 64 |
| <br>   |    |
| BÖLÜM 5.   |    |
| DEĞERLENDİRMELER.....  | 66 |
| 5.1.Kazılı Sistemler İle Kazısız Sistemlerin Karşılaştırılması .....             | 66 |
| 5.2.Kazılı Sistemler İle Kazısız Sistemlerin Maliyetlerinin<br>Karşılaştırılması | 67 |
| 5.2.1. Direkt Maliyetler .....   | 68 |
| 5.2.2. Dolaylı Maliyetler .....  | 70 |
| 5.2.3. Sosyal Maliyetler .....   | 76 |
| 5.2.3.1. Trafik .....  | 77 |
| 5.2.3.2. Çevre .....   | 77 |
| 5.2.3.3. Ticaret ve Endüstri .....   | 78 |
| 5.2.3.4. Sosyal Hayat .....  | 78 |
| <br>   |    |
| BÖLÜM 6.   |    |
| 6.1. Sonuç ve Öneriler .....   | 79 |
| KAYNAKLAR.....   | 81 |
| ÖZGEÇMİŞ.....  | 83 |



## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

|      |                                      |
|------|--------------------------------------|
| HDPE | : Yüksek dayanımlı polietilen        |
| DF   | : Düktilite font boru                |
| CCTV | : Kapalı devre televizyon sistemi    |
| PU   | : Poliüretan                         |
| CIPP | : Yerinde kürleme kaplama sistemleri |
| UV   | : Ultraviyole                        |
| PE   | : Polietilen                         |
| OPC  | : Normal Portland çimentosu          |
| PFA  | : Öğütölmüş yakıt külü               |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Şekil 2.1. | Kuka .....  | 6  |
| Şekil 2.2. | Kombine.....  | 6  |
| Şekil 2.3. | Vidanjör.....   | 7  |
| Şekil 2.4. | Kanal temizleme kombinesi (Recycling).....                      | 10 |
| Şekil 2.5. | Freze.....  | 11 |
| Şekil 3.1. | Kameranın kanal içerisindeki durumu.....                        | 12 |
| Şekil 3.2. | Görüntülere ait raporlama örneği.....                           | 12 |
| Şekil 4.1. | Çimento harcı ile kaplamada kullanılan alet.....                | 31 |
| Şekil 4.2. | CIPP kaplama buharla kürlenme.....                              | 34 |
| Şekil 4.3. | CIPP sıcak su ile kürlenme.....                                 | 34 |
| Şekil 4.4. | CIPP Ultraviyole ile kürlenme.....                              | 34 |
| Şekil 4.5. | Freze ile kaplama sonrası yanıl bağlantıların açılması.....     | 36 |
| Şekil 4.6. | Mekanik olarak spiral kaplama.....                              | 65 |
| Şekil 4.7. | Manüel olarak spiral kaplama.....                               | 66 |
| Şekil 5.1. | Kazılı ve kazısız sistemler maliyet grafiği.....                | 70 |
| Şekil 5.2. | Kazılı ve kazısız sistemler direk maliyet analiz grafiği.....   | 72 |
| Şekil 5.3. | Asfalt kaplama dolaylı maliyet grafiği.....                     | 73 |
| Şekil 5.4. | Parke kaplama dolaylı maliyet grafiği.....                      | 74 |
| Şekil 5.5. | Sosyal maliyet grafiği.....                                     | 75 |
| Şekil 5.6. | Telekom işletme zararlarının zamana bağlı değişim grafiği.....  | 77 |
| Şekil 5.7. | Elektrik hasarlarının zamana bağlı değişim grafiği.....         | 79 |
| Şekil 5.8. | Doğalgaz hatlarında oluşun hasarın maliyet hesap grafiği.....   | 80 |
| Şekil 5.9. | Kazılı ve kazısız sistemler 100 mt. Toplam maliyet grafiği..... | 81 |

## TABLolar LİSTESİ

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Tablo 4.1. | CIPP uygulama sistemleri.....  | 33 |
| Tablo 4.2. | CIPP uygulama alanları.....  | 37 |
| Tablo 4.3. | Kayarak kaplama uygulama alanları.....                                 | 47 |
| Tablo 4.4. | Sıkı dar geçme termo plastik kaplama şekilleri.....                    | 57 |
| Tablo 4.5. | Sıkı dar geçme termo plastik kaplama uygulama alanları.....            | 62 |
| Tablo 5.1. | Kazılı sistemler asfalt zemin maliyet analizi.....                     | 71 |
| Tablo 5.2. | Kazılı sistemler parke zemin maliyet analizi.....                      | 71 |
| Tablo 5.3. | Asfalt kaplama dolaylı maliyet tablosu.....                            | 73 |
| Tablo 5.4. | Parke kaplama dolaylı maliyet tablosu.....                             | 74 |
| Tablo 5.5. | Telekom işletme zararlarının zamana göre değişim tablosu.....          | 77 |
| Tablo 5.6. | Elektrik hasarlarının maliyet hesap tablosu.....                       | 78 |
| Tablo 5.7. | Elektrik hatlarında oluşan hasarların zamana göre değişim tablosu..... | 78 |
| Tablo 5.8. | Doğalgaz hasarlarının zamana göre değişim tablosu.....                 | 79 |

## ÖZET

Anahtar kelimeler: CCTV, Kazısız Teknolojiler, Altyapı Sistemleri

Bu çalışmada mevcut olan altyapı sistemleri ve bu sistemler üzerinde oluşan arızalar, bu arızaların çeşitleri, tespit yöntemleri ve çözüm yöntemleri ele alınmıştır. Günümüzde, yapılan çalışmalar özellikle de teknolojik ilerlemelerin bu konu üzerindeki etkileri giderek artmaktadır. CCTV (Kapalı devre televizyon sistemi) sayesinde altyapı sistemleri üzerinde yapılan çalışmalar sonucu alınan bilgilere dayanılarak tamir yöntemlerinin belirlenmesi sağlanır.

Yine bu çalışmada kazısız teknoloji çalışmaları incelenerek CCTV incelemelerinden alınan sonuçlar neticesinde altyapı sistemlerinin kazısız yöntemlerden hangisi ile iyileştirme çalışması yapılabileceği ayrıntılı bir biçimde açıklanmıştır.

# **THE REHABILITATION OF DRINKING AND WASTE WATER PIPE**

## **SUMMARY**

Key Words: CCTV, Trenchless Technology, Infrastructure System

In this study, operational conditions of current infrastructure systems and some breakdowns occurred in these systems, these breakdowns' types, identification methods and repairing methods were investigated. Nowadays, the work on these issues, particularly the impact of technological progress is increasing. Through CCTV (closed circuit television system) as a result of the work on infrastructure systems based on information received to determine the repair methods will be provided.

Again this technology works trenchless technology study examined the results of the examination result of the CCTV systems in the infrastructure without excavation work can be done to improve the methods which are described in a detailed manner.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Su, vücudumuzun en çok ihtiyaç duyduğu maddedir. Günümüz dünyasında bu madde için ilerleyen yıllarda 3.dünya savaşı dahi çıkabileceği göz ardı edilmemelidir. Yaşadığımız kurak günlerde suyun önemini bir kez daha gördük. Yapılan su getirme projeleri ve harcanan paralar bu maddenin ne kadar önemli olduğunu göstermiştir. Örneğin Melen çayının İstanbul'a getirilmesi için yapılan çalışmalar ve oluşan maliyetler ortadadır. Kullanılan isale, şebeke ve kanalizasyon hatlarında zamanla ortaya sıkıntılarının çıktığı görülmüştür.

Çalışmada günümüzdeki suyun önemini de göz önüne alarak hem içme suyu hem de atık suyun iletim hatlarında oluşan arızaları, bu arızaların insan ve çevre sağlığını en az etkilemesi için günümüzün önemli teknolojik gelişmeler ele alınmıştır.

Mevcut altyapı sistemlerinde oluşan problemler ve bu problemlerin ortadan kaldırılması için yapılan çalışmalar anlatılmaktadır. Günümüzde teknolojik olarak nemli yer kaplayan kapalı devre televizyon sistemleri ve bu sistemler ile altyapı sistemlerinin incelenmesi açıklanmaktadır. Boru hattı yenileme teknolojileri anlatılmaktadır.

Sonuç olarak gelişen teknoloji ile kazısız bakım ve onarım maliyetlerinin hem zaman, hem maddi olarak klasik kazı ile yapılan çalışmalara göre son derece maliyetinin az olduğu görülmüştür. Bu maliyetler tablo ve şekillerle verilmiştir.

## **BÖLÜM 2. MEVCUT ALTYAPI SİSTEMLERİNDE OLUŞAN PROBLEMLER VE ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ**

### **2.1. İçme Suyu Hatları İşletme Problemleri**

İçme suyu şebekelerinin işletilmesinde karşılaşılan problemleri aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz.

- Şebeke borusunun arızalanması,
- Şebeke üzerindeki bina bağlantı noktasında tesis edilmiş bulunan ana muslukların arızalanması,
- Şebekeden binaya kadar döşenmiş olan şube yolu bağlantılarında meydana gelen arızalar,
- Şebeke üzerinde bulunan hat vanaları, tahliye vanaları ve vantuz gibi yapılarda meydana gelen arızalar,

Olarak açıklamak mümkün olabilir.

#### **2.1.1. Şebeke borularının arızalanması ve çözüm yöntemleri**

Şebeke borularında çeşitli nedenlerden dolayı arızalar meydana gelmektedir. Bunlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Mevcut ana şebeke borusunun ekonomik ömrünün tamamlanması sonucu oluşan arızalar. Bu sebepten dolayı oluşan arızalar için mevcut ana borunun ya klasik yöntem ile değiştirilmesi ya da teknolojik yöntemlerle yeni borunun yerleştirilmesi ile giderilebilir.
- Diğer alt yapı kuruluşlarının kazıları veya münferit kişilerin kazıları sırasında oluşan arızalar. Bu arızaların giderilmesi için borunun cinsine (HDPE, DF) ve

uygulama alanının uygunluğuna gore manşon, flanş, kolay tamir parçaları vb. malzemeler kullanılarak arızanın giderilmesi sağlanır. HDPE borulardaki tamir işlemleri füzyon kaynağı kullanılarak giderilmektedir.

- Dügüm noktalarında meydana gelen arızalar. Bu türde oluşan arızaların giderilmesi için sistem içerisinde bulunan font vanalar veya birleşim elemanları borunun cinsine göre değiştirilerek giderilebilmektedir.

### **2.1.2. Şube yolu arızaları**

Şube yolu, şebeke borusundan ana musluklar vasıtası ile mevcut binalara su verilmesi maksadı ile döşenen plastik, galvaniz, kurşun gibi malzemelerden oluşan sistemleri içermektedir ve bu sistemi oluşturan boru çapları Ø25 mm ile Ø100 mm arasında değişmektedir. Günümüzde bu aralıklardan yoğunlukla Ø32 mm ve Ø40 mm çapındaki borular kullanılmaktadır. Şube yolları genellikle 2 – 10 metre arasındadır ancak özel koşullar durumunda bu mesafeler uzayabilmektedir. Bu hatlarda meydana gelen arızalar şu şekilde sıralanabilir [1].

- Şube yolu malzemesinin tıkanması sonucu arızalar meydana gelmektedir. Bu arızaların giderilmesi için mevcut hattın tıkalı kısmının değiştirilmesi ya da hattın komple değiştirilmesi gerekir.

- Dış etkenlerden kaynaklanan (güneş etkisi ile açıkta kalan kısımlarda oluşan deformasyon ile soğuk havalarda plastik şube yollarında malzeme dayanımının azalması sonucu oluşan) arızalar. Bu arızaların giderilmesi için deformasyon göstermiş ve çatlamış olan borunun komple değiştirilmesi gereklidir. Eğer tekrar açıkta kalacak kısım mevcut ise izole malzemesi kullanılarak bu sorun giderilebilir.

- Diğer alt yapı kuruluşlarının çalışmaları sonucu arızalar meydana gelmektedir. Bu arızalar arızanın boyutuna bağlı olarak ya komple hattın değişimi ya da noktasal olarak onarımlar yapılarak giderilir.

### **2.2. Kanalizasyon İşletme Problemleri**

Kanalizasyon şebekelerinin işletilmesinde karşılaşılan problemleri aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz.



- Rabıt tıkanıklığı
- Kanal tıkanıklığı
- Kanal çökmesi
- Atık yağ
- İmalat hataları

Olarak açıklamak mümkün olabilir.

### **2.2.1. Rabıt tıkanıklığı**

Bez, çaput, özel pet türü maddeler, kıl, üstüğü gibi maddelerin evsel atık sulara atılması, rabıtların tıkanmasına sebep olmaktadır. Hatalı bağlantılarda zamanla ortaya çıkmakta olan ve tıkanarak tamiri güç problemlere yol açmaktadır. Ancak çökme, hatalı bağlantılar gibi durumlarda kanal açma araçları ile tıkanıklık giderilemediğinden tamirat kazı ile yapılmak zorunda kalmaktadır.

### **2.2.2. Kanal tıkanıklığı**

Muayene baca kapaklarında bulunan boşluklardan kum, çakıl, toprak, sopa, demir çubuk, tekstil, sanayi atıklarının atılması ve beton mikserlerinin kalan şerbeti kanal kapaklarını kaldırarak yıkaması ile betonun kanala dökülmesi kanalların tıkanmasına sebep olmaktadır. Ayrıca birleşik sistem olarak çalışan kanallarda, yağmur sularıyla kanal içindeki pisliklerin bir noktaya toplanarak birikmesi de kanalların tıkanmasına neden olmaktadır.

### **2.2.3. Kanal çökmesi**

Kanal imalatında kullanılan muflu beton ve betonarme boruların eskimesi, H<sub>2</sub>S korozyonu, eski büz olan kısımlarda kanal tıkanıklığının açılması için kanal açma aracı ile basınçlı su verilmesi gibi hususlar kanalların çökmesine sebep olmaktadır.

#### **2.2.4. Atık yağ**

Lokanta, pastane, oto yıkama, petrol istasyonlarından vb. yerlerden atılan yağlardan dolayı tıkanıklıklar meydana gelmektedir. Bu yağlar hem kanallarda işletme problemlerine yol açmakta, hem de arıtma tesislerinin çalışmasını olumsuz yönde etkilemektedir.

#### **2.2.5. İmalat hataları**

Ters eğim, aşırı eğim, yetersiz eğim, beton boruların contasız döşenmesi, kırık ve çatlak boruların kullanılması, rabıtların hatalı bağlanması, hatalı çap seçilmesi, imalat hataları da önemli işletme problemlerine yol açmaktadır.

### **2.3. Kanalizasyon Şebekelerinin İşletilmesinde Kullanılan Araçlar**

Kanalizasyon şebekelerinin işletmelerinde zaman içerisinde çeşitli sorunlar meydana gelmektedir. Bu sorunların giderilebilmesi, gerekli çalışmaların yapılması için çeşitli araçlar gerekmektedir. Bu araçları aşağıdaki gibi sıralayabilmek mümkündür [2,2].

- Basınçlı su ile kanal açma aracı kuka
- Basınçlı su ile kanal açma aracı kombine
- Vidanjör

#### **2.3.1. Kanal işletmesinde basınçlı su ile kanal açma aracı kuka**

Basınçlı su ile kanal açma aracı üzerinde su tankına sahip olan ve yüksek basınçlı su püskürtebilen hortumu ile tıkanmış kanalları açabilen araçtır kuka (Şekil 2.1). Bu araçlar bina bağlantılarındaki tıkanıklığı basınçlı su ile açmakta da kullanılmaktadır.



Şekil 2.1. Kuka

### 2.3.2. Kanal işletmesinde basınçlı su ile kanal açma aracı kombine

Basınçlı su ile kanal açma aracı kukanın özelliklerine ek olarak üzerinde vakum sistemi olan ve kanallarda biriken teressubatın da alınmasını sağlayan, kukadan daha fazla özelliklere sahip olan araçtır (Şekil 2.1).



Şekil 2.2. Kombine

### 2.3.3. Vidanjör

Vidanjör, atık su çukurlarında (fosseptik) ve kanal bacalarında biriken atık suları vakum sistemi ile üzerlerinde bulunan tanklara çekerek istenilen yere taşınarak boşaltan bir araçtır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Vidanjör

## 2.4. Kanalizasyon Şebekesinin Temizlenmesinde Kullanılan Araçlar

### 2.4.1. Kombine kanal temizleme araçları

Kanalizasyon borularının içinde bulunan katı atıkları (kum, taş, yağ, kök vs) yüksek basınçlı su ile yumuşatıp sürükleyerek muayene bacalarına kadar getirilmesini ve bu muayene bacalarından vakum sistemi ile emilerek tank içine aktarılmasını sağlar. Bu sayede kanal borularının içinin katı atıklar yüzünden daralmasını ve tıkanmasını tamamen önler [3,4].

#### 2.4.1.1. Tank

İsteğe bağlı olarak 3000 - 20000 lt hacimde üretilmektedir. Silindirik yapıda ve standart olarak DIN EN10025-S235 malzemeden imal edilmekte olan tanklar, isteğe bağlı olarak DIN EN10025-S275, AISI304, AISI316 paslanmaz çelik malzemeden de imalat edilebilmektedir. Pis su ve temiz su tankları ikiye bölünmüş tek bir tank olarak imal edildiği gibi ayrı ayrı tanklar halinde de imalat yapılabilmektedir.

#### **2.4.1.2. Temiz su haznesi**

Tankın temiz su haznesinin üzerinde içeri girilebilmesi için bir menhol bacası bulunmaktadır.

#### **2.4.1.3. Pis su haznesi**

Tank arka kapağı tam açılır tip olup hidrolik silindir ile düşey ekseninde açılmaktadır. Arka kapağın tanka kilitlenmesi standart uygulamalarda el kumandalı kilitleme simitleri ile olabildiği gibi isteğe bağlı olarak hidrolik silindir ile otomatik kilitleme sistemleri de uygulanmaktadır. Tank içerisine emilen atık suyun vakum pompasına kaçmasını engellemek amacıyla paslanmaz malzemeden imal yüzer toplu 2 adet emniyet şamandırası vardır. Tank içerisindeki atık suyun seviyesini görebilmek için arka kapak üzerinde seviye göstergesi tasları, ayrıca tank yanında akrilik tüpten imal içi temizlenebilir tip seviye göstergesi vardır. Tank içerisine atık malzemenin emilmesi tank üzerine monteli teleskopik tip boomdan veya tank arka kapağına bağlı emiş vanasından yapılabilmektedir. Ayrıca emilen atık içerisindeki katı malzemelerin tankın içinde kalmasını ve atık suyun geri kanalizasyona boşaltılmasını sağlayan sistem vardır. Tank içindeki katı atıkların boşaltılabilmesi için tank arkaya 50 derece eğim yapacak şekilde önden hidrolik silindir ile kaldırılabilir. Tank yanında bulunan dolaplar ile emiş hortumları ve diğer teçhizat rahatlıkla taşınabilmektedir.

#### **2.4.1.4. Yüksek basınçlı su pompası**

Yüksek basınç su pompaları pistonlu tip olup yıkanacak kanal çapı ve temizlenecek atık tipine bağlı olarak 100–200 bar, ve 150-400 lt/dak su debisinde değişik kapasitelerde imal edilebilmektedir. Pompa emişinde bir su filtresi ve pompa basınç hattı üzerinde bir su basınç ayar regülatörü vardır.

#### **2.4.1.5. Vakum pompası**

Vakum pompaları kapasiteye ve isteğe bağlı olarak hava soğutmalı veya su soğutmalı olabilmektedir. Emilen atığın özelliğine ve tank kapasitesine bağlı olarak

serbest hava emiş kapasitesi 10000.lt/dak - 110000.lt/dak olan ve %90 maksimum vakum kapasitesinde pompalar monte edilmektedir. Vakum pompası üzerine monteli 4-yollu vana ile tank içerisinde vakum ya da basınç (maksimum 2 bar mutlak basınç) oluşturabilmek mümkün olmaktadır. Bu sayede tank içerisindeki atıklar basınç ile dışarı atılabilmektedir.

#### **2.4.1.6. Kanal hortumu ve makarası**

Kanal hortumları kauçuk malzemeden imal tekstil örgü takviyeli, i ve dış yüzeyleri pürüzsüz kanal tiplidir. Kanal hortumu talebe göre 80 – 180 mt boylardadır. Hortum tamburu sabit veya 180 derece döner tipte olabilmektedir. Hortumun tambura düzgün sıralanabilmesi için el kumandalı veya otomatik tipte hortum sıralama kılavuzu vardır.

Araçlar üzerine istenildiğinde küçük çaplı kanalların yıkanmasında kullanılabilecek 1/2” çapında ve 60 mt uzunlukta kanal hortumu içeren ikinci bir hortum tamburu monte edilebilir.

#### **2.4.1.7. st emiş sistemi**

Tankın üstüne monte edilen boom sistemi ile atıklar pis su tankının içine alınmaktadır. Talebe göre farklı st emiş sistemleri;

- Teleskopik veya sabit boyda 270 derece döner tip emiş boom sistemi.
- 15-20 metre arasında hortum serilmeye müsait st emiş kaset sistemi ile hortum yönlendirmeyi sağlayan teleskopik veya sabit boyda 100 derece döner tip emiş boom sistemi.
- 15-30 metre arasında hortum sarılmaya müsait st emiş tambur sistemi ile hortum yönlendirmeyi sağlayan ve tambura monteli veya tamburdan ayrı bir sehpaye monteli döner tip emiş boom sistemi olabilmektedir.

#### 2.4.1.8. Suyu geri kazanım sistemi (Recycling)

Talep edilmesi halinde kombine kanal temizleme araçları suyu geri kazanım sistemi (Recycling) donanımlı olarak üretilmektedir (Şekil 2.3). Bu sistem sayesinde uygun şartlar oluşması halinde, haricen su temin etmeye gerek duyulmaksızın vakum ve yüksek basınç sistemleri çalışır durumda iken, kanal içerisinde bulunan atık su vakum haznesine emilir ve filtre edilmek suretiyle yüksek basınç sistemi kullanılmaktadır.



Şekil 2.3. Kanal temizleme kombinesi (Recycling özellikli)

#### 2.4.2. Freze

Gerekli olması halinde kanalizasyonda akışa engel olan ağaç kökü, conta, yağ birikintisi, demir, kanal içerisine girmiş olan rabıt bağlantılarının kesilmesinde kullanılan, bu işlemler sonrasında kanalizasyon akışın daha düzgün olmasını sağlamak ve rehabilitasyon işlemleri sonrasında kapalı kalan yanal bağlantıların açılmasında kullanılan bir alettir (Şekil 2.4). Bu işlemler için kesilecek veya çıkartılacak malzemenin cinsine bağlı olarak çeşitli başlıklar mevcuttur. Freze robotunun çalıştırılması için kullanılan araçta elektronik aksama ek olarak freze kafasının yüksek devirde dönmesini sağlamak amacı için bir adet kompresör bulunmaktadır. Kompresörden sağlanan basınçlı hava ile ve uygun başlık ile kanalizasyondaki engeller kesilerek işlem tamamlanır [3].



Şekil 2.4. Freze



## **BÖLÜM 3. KAPALI DEVRE TELEVİZYON SİSTEMLERİ**

### **3.1. Kanalizasyon Sistemlerinin Yerinde Denetlenmesi**

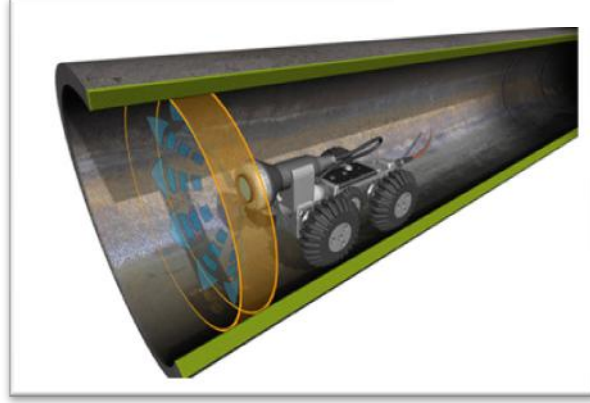
Meydana gelen işletme problemleri kanalizasyon sistemleri iç kısımlarının görsel olarak denetlenmesini gerektirir. Mevcut denetleme tekniklerini kanalizasyon aydınlatma, baca denetleme ve büyük tünellerin insan girişli görsel denetlemesi olarak sıralamak mümkündür. Bu metotlar günümüzde hala kullanılmaya devam etmektedir. Öte yandan günümüz toplama sistemi operatörleri güvenli denetim yapabilmek için video kameraları kullanmaktadırlar.

Kapalı devre televizyon sistemi (CCTV) güçlü bir bilgi toplama ve teşhis ekipmanıdır. Boru hattı problemlerinin teşhis edilmesinde etkin bir role sahiptir. Yapı şartları, akım karakteristikleri ve diğer tüm eksiklikler CCTV ile tespit edilebilir (Şekil 3.1). Bu sistemde, ilk yatırım iyileştirmeleri, hat bakımı ve rehabilitasyon ihtiyaçlarının analiz edilmesi için gerekli olan detaylı spesifik verileri sağlar.

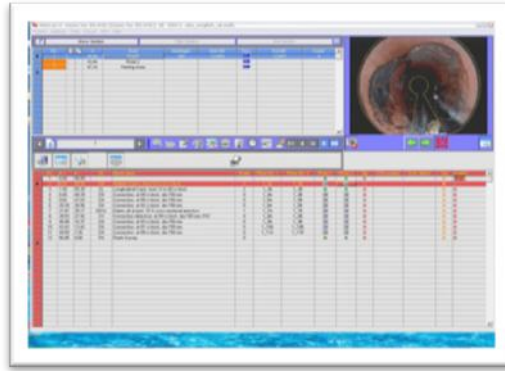
Bu bölümde TV güvenliği, ekipman bakımı ve işletme problemleri ana başlıkları oluşturmaktadır. Tarihsel olarak kanalizasyon denetimleri insan girişleri ve aydınlatma ile sınırlı iken, günümüzde özellikle video ekipmanlarının geliştirilmesi toplama sistemi denetimine büyük yenilikler getirmiştir. Günümüzde artık bakım ve rehabilitasyon kararları, TV denetim sonuçları baz alınarak verilmeye başlanmıştır.

CCTV ekipmanı su geçirmez video kamera, güçlü bir ışık kaynağı, kamera taşıma mekanizması, video işlemcisi ve kamera kontrol ekipmanından meydana gelmektedir. Video sinyali bir televizyon yayını değildir. Aslında video sinyali kamerayı bir taşıyıcıya bağlayan kablo vasıtası ile sağlanır. Devre, kamera ve TV monitörü arasında kapalı bir düğümdür. Bir portatif jeneratör gerekli gücü sağlar.

Video görüntüleri gelecekte kullanılmak üzere bir kaset veya cd ortamında kaydedilerek saklanır (Şekil 3.2) [4-7].



Şekil 3.1. Kameranın kanal içerisindeki durumu



Şekil 3.2. Görüntülere ait raporlama örneği

## 3.2. Kamera Sistemlerinin Karşılaştırılması

### 3.2.1. Konfigürasyonlar

Günümüzde çok çeşitli kamera sistemleri mevcuttur. Çapları 5 cm'den 180 cm'ye kadar değişen kanallar kameralar tarafından denetlenebilir. Çoğu kanalizasyon hatları 20 – 30 cm çaplarına sahiptirler. Çoğu kameralar bu kanal boyutuna göre dizayn edilmektedir. Gerekli olan ekipmanlar kamera, kamera taşıyıcı sistem kablo makarası, video monitörü, video kayıt cihazı ve taşınabilir jeneratör olarak sıralanabilir. İsteğe bağlı ekipmanlar, video işlemciler, sabit fotoğraf ekipmanı, veri

depolama sistemleri olarak sıralanılabilir. Kamera sistemleri portatif veya modüler olup minibüs, kamyonet ve tır ile taşınabilir.

### **3.2.2. Kamera Tipleri**

#### **3.2.2.1. Siyah – Beyaz kameralar**

Bu tip kameralar renkli kameralara göre daha ucuz ve daha az karmaşıktırlar. İyi bir resim için daha az ışığa gereksinim duyarlar. Siyah – Beyaz kameralar renklilere göre resim hakkında daha az bilgi verirler. Bu kameralarda çoğu şey beyaz gözükür. Bu yüzden hat üzerinde oluşmuş olan sıkıntılı noktaların gözden kaçırılması ihtimali yüksektir [1].

#### **3.2.2.2. Renkli kameralar**

Renkli kameralarla ilgili gelişmeler çok heyecanlandırıcıdır. Siyah – Beyaz kameralara göre resim hakkında daha objektif ve detaylı bilgi verirler. Renkli kameralarla çoğu ince ayrıntıların görüntülenmesi mümkündür. Bu kameralar çok pahalıdırlar ve güçlü ışık kaynağına ihtiyaç duyarlar. Bu kameralarda hat üzerinde bulunan eksiklikleri görmek ve üzerlerinde yorum yapmak çok kolaydır, kırık ve çatlaklar çok kolay tespit edilebilir.

#### **3.2.2.3. Görüntü**

Video görüntüleri çözümü olarak adlandırılan bir seri yatay çizgilerdir. Basit siyah – beyaz kameralar 200 çizgili çözülemeye sahiptir. Çoğu renkli kameralar ise 460 çizgili çözülemeye sahiptir. Bunlar yüksek çözümü olarak kabul edilirler. Hatta bazı kameralar 600 çizgiden fazla çözülemeye sahiptirler. Çok çizgili çözülemeler video resmi hakkında açık ve detaylı bir bilgi verir.

### **3.2.3. Aydınlatma Sistemleri**

#### **3.2.3.1. Lambalar**

Kanalizasyon sistemleri karanlık ortamlardır. Video kameralarının resim gösterebilmesi için ışık kaynaklarına ihtiyaç vardır. Kamera kanalizasyon içinde hareket ederken ışık ona eşlik eder. Işık sistemleri kızıl ötesi, kayış üzerinde hareket edebilen yardımcı ışıklar ya da kamera başlığına entegre olmuş sistemlerden oluşmaktadır. Işık kaynağı su geçirmez olmalıdır. Mercek etrafındaki conta sayesinde ışık korunur. Ampuller kolayca değiştirilebilmelidir.

#### **3.2.3.2. Lüks**

Lüks, kamera tarafından gereksinim duyulan minimum ışık yoğunluğunu ölçer. Kedigözleri düşük lükstedir. Bu lüksler görmek için ufak bir ışığa ihtiyaç duyarlar. Çoğu renkli kameralar 3-5 lüks kapasitesindedir. Kamera seçiminde lüks dikkate alınması gereken bir faktördür.

#### **3.2.3.3. Kızıl ötesi ışıklar**

Küçük çaplı boru sistemlerinin kamera ile denetimi için kızıl ötesi ışık halkaları kamera başlığına eklenmiştir. Bunlar düşük güce sahiptirler. Küçük kanalizasyon sistemlerinin video ile denetimi için ışık saçarlar.

#### **3.2.4. Kablolar**

Kamera kabloları tekil veya çoklu iletken hatlarına sahiptirler. Korunumlu dış kablolar genelde fiberglass çubuk, paslanmaz çelik veya kauçuk ile çerçevelenmişlerdir. Kamera seçiminde tekil veya çoklu iletken kamera sistemleri arasında tercih yapılabilir. Bazı üreticiler bu özelliklerden sadece birine sahipken bazıları da her iki sistemi birleştirmişlerdir. Kamera seçimi tamamen kişisel tercihe, fiyata ve kullanım amacına göredir.

### **3.2.4.1. Çoklu Kablolar**

Her kamera, fonksiyonunu kontrol eden ayrı kablolarla sahiptir. Işıklar, kamera sinyali, odaklama, göz, kamera oynar başlığı taşıyıcı fonksiyonlar ve yer ayrı kablolarla sahiptir. Kamera bağlantısını yeniden yapmak çok zordur; dolayısıyla her bir kablo direkt olarak lehimlenmelidir. Çoğul kablo kalınlığından dolayı ağırdır. Çoklu kablolu kameralar genellikle bir hatta bağlı olarak hareket ederler.

### **3.2.4.2. Tekil Kablolar**

Tekil kablolar çok yönlüdürler. Merkezdeki kablo çok sıcağıdır. Tekil kablolarla dalga boyu sayesinde farklı fonksiyonları birbirinden ayırır. Ses panosu farklı sinyalleri gönderir, kabul eder ve yorumlar. Sistem farklı frekanslarda aynı zamanda aynı kabloda seyahat eden bir radyo gibi çalışır her iki yönde de sinyaller eş zamanlı gider. Bu yönleri arabadan kameraya kontrol direktifleri ve kameradan arabaya tekrar video sinyalleri olarak tanımlanabilir. Bu kablolar ince ve hafiftir. Bu kablolar makarayla temin edilebilirler.

## **3.3. Kapalı Devre TV Sistemleri İle Kanalizasyon Şebekesinde Görüntü Almada Karşılaşılan Problemler**

### **3.3.1. Düşümlenme**

Çoğu kameraların problemi genelde elektriksel aksamdan kaynaklanmaktadır. Kameralar kablolarla esnek bir sistemle bağlanır. Örne kablolar video sistemlerinde kritik bir bağlantı oluştururlar. Uçlardan biri kameranın yakınına monte edilir; diğeri ise kablo sistemine lehimlenir. Çoğu TV'ler de ki problemler bu örne kablolarla meydana gelmektedir.

### **3.3.2. Süreklilik**

Süreklilikten yoksun olmak bir kablonun ya da bağlantının koptuğunu gösterir. Tekil kablo sistemlerinin test edilmesi, tamir edilmesi ve yeniden başlatılması çoklu kablo

sistemlerine göre daha kolaydır. Tekil bir kablonun sürekliliğinin kontrol edilmesi birçok ortamda çoğul kablolarla göre daha kolaydır.

### **3.3.3. Erime**

Olumsuz bir ses ve erime video sinyali verir. İç kısımdaki kameranın arızalanmasını üretici firmanın tamir etmesini gerektirir. Elektriksel bağlantılardan suyun uzak tutulması çok önemli bir konuyu teşkil eder. Elektriksel kontak temizleyici spreyi kullanarak su uzaklaştırılır ve bağlantılar temizlenir.

### **3.3.4. Conta**

Bulanık video görüntüsü merceğin iç kısmındaki rutubetin yoğunlaşmasından kaynaklanmaktadır ve bu merceğin contasının su sızdırdığını gösterir. Contanın silikon yağı ile kaplanması sızıntıyı engeller. Işıktan kaynaklanan sıcaklık merceğin contasını kurutur. Yoğunlaşma genelde kışın problem olmaktadır. Kamera başlığının kanalizasyon içine bırakılmadan önce ısıtılması buğulanmayı ve yoğunlaşmayı önler.

## **3.4. Taşıyıcılar**

Kameralar denetleme yapılan kanalizasyon hatları içinde hareket ederler. Operatörler birçok metodu kullanarak kamerayı kanalizasyon hattı içinde iterler, çekerler ya da durdururlar. Ayrıca kamerayı arabaya doğru geri çekerler. Bunlar aşağıdaki yöntemlerden biri ile yapılabilir.

- Katı Çekme Kablolar
- Tekerlekli taşıyıcılar
- Vinçler ve kaydırıcılar
- Jetli drug kameralar
- Flotasyon aletleri

Diğer kamera taşıyıcı tekniklerine ihtiyaç olmaksızın kendi kendine hareket eden kameralar özgürlük ve esneklik sağlar. Kamera boru hattından aşağı doğru uzaktan

kontrol ekipmanı ile hareket ettirilir ve bir video kablosu vasıtasıyla geri getirilir. Kendi kendine hareket eden taşıyıcılarla TV ekipmanı bağımsız çalışır. Kamera taşıyıcı ünitenin önünde veya üzerinde durabilir; bu üretici firmaya bağlıdır. Güçlü su geçirmez elektrik motorları aksı hareket ettirirler. Farklı teker ve lastikler aksa ilave edilmiş durumdadır. Çok çeşitli taşıyıcı sistemler vardır. Bu taşıyıcıların çoğu kamera sistemlerinin aksesuarı olarak tescillenmişlerdir. İziciler ve taşıyıcılar olmak üzere iki temel kategoriye ayrılırlar.

### **3.4.1. Düşük debili TV teknikleri**

Yerleşim ve hafif ticari aktiviteye sahip yerlerden gelen kanalizasyon debileri genellikle düşük olur. Düşük debili borular genellikle % 40 doluluk oranında akar. Düşük debili kanallarda yüksek üretimli TV teknikleri kullanılabilir. Kamera düşük hacme sahip yerlerde akımla aynı veya akıma ters yönde hareket edebilir. TV ile denetleme işi yapılmadan önce ortama jet hava sirkülasyonu yapılır ve bütün bitkisel kökler uzaklaştırılır. Üç tip TV işletimi yapılır. Bunlar rutin denetleme ve sayım, yeni yapı denetimi ve problem olan noktaların araştırılması olarak sıralanabilir.

#### **3.4.1.1. Denetim ve sayım**

Her boru hattı denetlenir ve boru hattındaki mevcut durum dokümanter edilir. Bu tip TV operasyonu sistemde oluşan eksiklikleri, bitkisel köklerin yerini ve çatlakların yerini tespit eder. Bu denetim ve sayım tekniği zaman alıcı bir işlemdir ama sistemde bir harita koordinatı üzerinde bitirildiği zaman kanalizasyon sisteminin komple bilgileri çıkartılmış olunur. Daha sonra çıkarılabilecek problemler TV verileri baz alınarak tespit edilir ve çözülür. Bu denetim ve sayım dokümanlarından elde edilen bilgilerle bir veri tabanı oluşturulabilir.

### **3.4.2. Yüksek debili TV teknikleri**

Kapalı devre TV kameraları su altında çalışan kameralar değildir. Eğer debi çok fazla ise TV'nin kullanılabilme şansı çok azdır temiz su kuyularınının tam tersine atık su videonun merceğini sardığı zaman görüntü bulanık olur. Genellikle eğer debi % 50

kapasite ve daha üzerindeyse sistemin susuzlaştırılması istenir. Susuzlaştırma şu yollarla yapılır sistemin bir müddet kapanması, BY-Pass'ların açılması, jet kullanma ya da TV'nin gecenin geç saatlerinde kullanılması.

### **3.5. TV Kullanım Alanları**

TV denetim ekipmanları birçok kullanım alanına sahiptir:

- 1) Boru hattı temizleme işleminin denetiminde
- 2) Kök mahallinin tespitinde ve köklerin verdiği zararın miktarının dokümanter edilmesinde
- 3) Eksikliklerin yerinin belirlenmesinde ve tamamlanmasında
- 4) Arıza telefonlarının cevaplanmasında
- 5) Çürüme ve korozyon hızının dokümanter edilmesinde
- 6) Boru hattının değerlendirme ve analizi için veri sağlamada
- 7) Boru hattında rehabilitasyon ve robotların kullanılmasında rehberlik etmede
- 8) Sayım işlemlerinde ve tıkaçların takılmasında
- 9) Yolların yeniden yapıma aşamasında kanalizasyon sistemine verdiği zararın değerlendirilmesinde
- 10) Yeni yapıların denetiminde
- 11) Sızma ve debi çalışmalarının gerçekleştirilmesinde
- 12) Kapasite, debi ve hidrolik çalışmalarının gerçekleştirilmesinde

Bu kullanım alanlarından bazıları hakkında aşağıda kısaca bilgi verilmiştir [1, 2].

#### **3.5.1. Ön temizlik**

Boru hattı TV tarafından denetlenmede önce temizlenmelidir. Temizleyici firmalar genellikle ön temizlik işlemini yapmazlar. Öte yandan ön temizlik işlemi yapıldıktan sonra gerçekleştirilen TV çekimleri çok net görüntü oluşturur. Gizli hatalar genellikle kirli boruların içinde saklı kalabilirler. Taşıyıcılar temiz boruların içinde rahatlıkla hareket edebilirler. TV'ler temizlik işleminin verimliliğinin değerlendirilmesinde kullanılabilir.



### 3.5.2. Kökler

Büyük miktarda oluşmuş kökler sistemi tıkamadan önce sistemden uzaklaştırılmalıdır. Köpük işlemi uygulandığı zaman TV bilgileri çok kullanışlı olur. Bütün boru sisteminin köpüklenmesi yerin spesifik kökler sistemden uzaklaştırılabilir. Boru hattının çürüme hızı ardışık video görüntülerinin karşılaştırılması ile tespit edilir. Hatta asidik koşullar oluştuğu zaman sistemin çürüme hızı artar. Beton borular korozyon iletimine tabii olduğundan dolayı sürekli denetim altında tutulmalıdır.

TV köklerin toplama sistemine tam olarak nerden girdiğini tespit eder. Köklerin verdiği zarar analiz edilebilir ve miktar belirlenebilir. Kökler sistemin tıkanmasını gerçekleştirmeden önce uzaklaştırılmalıdır. Sisteme köpük uygulama işlemi yapılırken TV bilgileri çok yararlı olur. Bütün sistemin köpüklenmesi yerine spesifik kökler belirlenir ve uzaklaştırılır.

### 3.5.3. Çürüme

Sistemdeki çürüme hızı ardışık video görüntülerinin karşılaştırılması ile belirlenebilir. Sistemde asidik koşullar oluştuğu zaman yapı çok çabuk zarar görür. Beton borular korozyonda etkilenirler ve dolayısıyla sürekli denetlenmelidirler.

### 3.5.4. Oranlama ve değerlendirme

Spesifik eksikliklerin ve koşulların kategorize edilmesi ile, bir objektif oranlama sistemi bütün toplama sistemine uygulanabilir. Literatürde iyi, normal, zayıf ve kritik oranlama programı kullanılır. Bu program video kasetlerine bakılarak belirlenir ve inceleme yapılan eksikliklerin kategorisi tanımlanarak ortaya konur. TV bilgileri oranlama olayını çok kolay hale getirir. İyi bir oranlama sistemi bakı işlemini bütçe, planlama ve program açısından kolay hale getirir.

### **3.5.5. Robotlar**

Boru hattı rehabilitasyon robotları kullanılarak kanalın iç kısmı tamir edilir. Robotik ekipmanlar TV'nin bulunduğu araçtan kumanda ve kontrol edilirler. Robotlar sistemde bulunan baca kapaklarını söküp içeri girdikten sonra tamir işlemini yapıp dışarı çıkarlar ve baca kapağı tekrar uygun şekilde kapatılır. Ayrıca sistemdeki çatlakları tespit ederek epoksi ya da infiltrasyon çözeltileri ile doldururlar. Robot işlemleri canlı olarak videodan izlenebilirler. Robotik işlemlerin gerçekleştirilebilmesi için çoklu kondüktör kablolarının kullanılması gerekir.

### **3.5.6. Kanalizasyon bağlantı envanteri**

Kanalizasyonda TV hareket ederken her kanalizasyon bağlantısı için denetim ve envanter çalışması yapılır. Bağlantılar arasındaki zaman farkı ve uzaklıklar kaydedilir. Her bağlantının adresi belirlenir. Böylelikle kaçak ve terk edilmiş bağlantılar tespit edilir.

Eski kanalizasyon sistemleri genellikle ekstra bağlantı noktalarına sahiptirler. Bu sistemlerde bu eski bağlantı noktaları terk edilmiştir. Kameralar mevcut ve terk edilmiş bağlantıları çok iyi bir şekilde belirleyebilmektedir.

### **3.5.7. Yol çalışmaları**

Yolların bozulmasının bir nedeni yolun zemin kısmının yeterli derecede sıkıştırılmamasından kaynaklanmaktadır. Yol yapım çalışmaları sırasında yolun üst tabakası kaldırılır. Ağır vibrasyona sahip sıkıştırma makineleri kanalizasyon hattını çatlatabilir veya kırabilir. Asfalt dalgalı şekil aldığı zaman aynı zamanda menhol de dalgalı şekil alır. Bu genellikle boru hattını çatlatır. Kanalizasyon sisteminde yol çalışmalarından önce ve sonra TV ile denetleme çalışması yapılabilir.

### **3.5.8. Yeni sistemler**

Yeni borular basınç ve burkulma testinden geçirilirler. Boruları gözle incelemek yeterli bir işlemdir. Buna rağmen bazı kuruluşlar boruların taşınması ve kabulünden önce TV denetimini zorunlu kılar. PVC borular bile taşınma sırasında kırılabilirler. Borulardaki pürüzlülük dikkatlice incelenmelidir. Hatalı yapılmış boru yatağı PVC'lerin kırılmasına sebep olabilir. PVC'ler sisteme monte edilmeden önce kontrol edilmelidirler. Bir plastik boru bir kez kontrolden geçirildikten sonra daha sonra uzun yıllar kontrolden geçirilmeyebilirler.

### **3.5.9. Atıl durumdaki sistemlerin aktive edilmesi**

Ekonomik faktörler kanalizasyon sistemlerinin uzantılarının aktif olmayan şekilde kalmasına sebep olabilir. Yeni gelişmeler bu eski mevcut sistemleri kullanma yoluna gider. Aktivite etme işleminden önce TV denetimi esastır. Bu yeni planlar uygulanmadan önce eksiklikler giderilmek zorundadır. Bu kanalizasyonla ilgilenen kuruluşun sistemde eksiklikler yapmasın önler. Aktif olmayan kanalizasyon sistemleri içinde çatlak olabilir; içlerinde kök olabilir ya da mineral tabakalarla kaplı olabilir.

### **3.5.10. Gömülü menholler**

Bir menhol aktif olmadığı zaman toprak veya asfalt altında kalır. TV denetimleri sırasında bu kayıp menholler bulunur ve yeri tespit edilir. Tekrar aktif hale getirilmelidir. Bu durumda yüksekliğinden fazla yapılmamalıdır.

### **3.5.11. Sızma**

Sızma, boru hattının arızalanmasına yol açar. Ardından boru hattının etrafındaki toprağın gevşemesine neden olur. Yüksek hızlı sızdırma durumunda boru hattı etrafında geniş boşluklar oluşur. Sızdırma dağıtım sisteminin bir kısım kapasitesini kullanır. Dağıtım sisteminin kapasitesini artırmaktan ziyade sızdırma olayını kontrol etmek daha ekonomiktir. Spesifik sızma kaynaklarının yerleri belirlenebilir.

### 3.5.12. Sızma Oranı

Canlı video görüntüleri sızma oranlarının tahmininde kullanılan en iyi yöntemdir. Operatör sisteme sızan suyu izler ve kaydeder. Sızma hacminin tanımlanmasında hafif, orta ve büyük oranlar gibi skalanın kullanılması uygun bir derecelendirmedir.

- Sızma: hafif
- Suyun ölçülebilir damlaları: orta
- Fıskırma: büyük

### 3.6. Arıza Belirtileri

#### 3.6.1. Boru kusurları

En iyi dağıtım sistemleri bile kusurlu olabilir. TV denetim sistemdeki problemlerin ve kusurların bulunmasında kullanılabilir. Çatlaklar ve kırıklar gibi görünür yapısal kusurlar olaylıkla tespit edilebilir. Diğer kusurları belirti niteliğinde olabilir. Bunlara örnek kökleri, mineral depozitleri, türbülans ve fırtına sinyali gösterebiliriz. TV operatörü birçok kusuru incelemek, tanımlamak ve dokümante etmek zorundadır.

#### 3.6.2. Kökler

Köklerin sistemi tıkamasına ek olarak sistemde çatlaklar, kırıklar, zayıf bağlantılar gibi yapısal belirtilere sebep olduğu bilinmektedir.

#### 3.6.3. Mineral depozitler

Mineral depozitler boru çatlaklarının ve zayıf bağlantılarının belirtiridir. Yer altı suyu topraktan süzülürken mineralleri de çözer. Bu mineraller borular ve menhollerin üzerinde birikir. Mineraller bünyesinde buldukları toprağa bağlı olarak beyaz, sarı, kırmızı ya da gri renkli olabilirler. Yavaşça ilerleyen sızma büyük depozitler bırakır. Büyük sızma olayında su çok hızlı akar ve minerallerin birikmesine müsaade eder. Mineral depozitler pürüzlüdür. Bu da boru kapasitesinin düşmesine sebep olur.

Depozitlerin uzaklaştırılması oldukça güçtür. Bunların oluşumları TV raporlarıyla not edilmelidir. Kök kazıyıcıları mineral depozitlerin uzaklaştırılmasında etkili bir yöntem değildir.

#### **3.6.4. Türbülans**

Atık su akımı düzgün ve laminer olmalıdır. ( İdeal atık su hızı 60 cm/sn. ). Büyük hızlar suyun katı maddeleri taşımasına neden olur. Türbülans akımda dalgalanma ve kabarma şeklinde olabilir.

#### **3.6.5. Çökmeler**

Kanalizasyon sistemi menholler arasında sabit eğimli yapırlar. Boru hattındaki çöküntüler boru hattının bir kısmının zemine batmasıyla veya çökmesiyle meydana gelir. Boru hattının çöküntü kısmında hız artışı olur. Bu kanalizasyon hattının bulunduğu alandaki denetim raporunda çökme raporlanmalıdır. Operatör bu konuda işlem yaparken çok dikkatli olmalıdır. Çünkü kırılmış borudan dolayı kameranın lensi tamamen suyun içine batmış olabilir. Dolayısıyla görüntü almak güçleşir. Normalde kanalizasyon hattını çöküntü kısımları taş, gres yağı ve çamurla doludur. Eğer hat temizlenmezse kamera çamurun içini yarıp geçer ve kameranın lensi kirlenir.

Eğer kameranın lensi köklerden ve gres yağı gibi maddelerden dolayı kirlenirse, kameranın başlığı temizlenir. Bunu yapabilmek için cam temizleyici spreyle kullanılır.

#### **3.6.6. Boru kırılmaları**

Boru hattındaki kırıklar yatay düzlemde meydana gelir. Bu kırıklar kaza sonucu veya kasıtlı olarak gerçekleşebilir. Kaza ile meydana gelen kırıklar genellikle kalitesiz malzeme kullanımından ya da yapı denetim işleminin eksikliğinden meydana gelir. Kasıtlı kırılmalar kanalizasyon hattının normal güzergahını değiştirmek için yapılır. Plastik borular eğer güneş ışığından yeterince korunmazlarsa muz şeklinde

tanımlanan yatay kırıkların oluşmasına sebep olurlar. Yatay kırılmalar dikey yönde meydana gelen çöküntülere tercih edilir.

### **3.6.7. Çamur**

Eğer kanalizasyon hattı az eğimli, pürüzlü yüzeyli, büyük çaplı ve kendi kendini temizleyebilecek ölçüde yavaş hızlı ise bu gibi faktörler sistemde ağır, siyah çamur depozitlerinin birikmesine yol açar. Kanalizasyon hattı kendi kendini temizleyebilecek yeterli hıza sahip olmalıdır. Eğer sistemde yeterli hız yoksa sistem periyodik olarak sık temizlenmelidir. Sistemde beyaz yumurta kabuğu şeklinde küçük miktarda çamur birikintilerinin olması normaldir. Bu durum sistemin kendi kendini ara sıra temizlediğine işaret eder. Sistemde büyük çakılların ve siyah renkte yumurta kabuğu şeklinde çamurun görülmesi bunların uzun zaman süreci içinde biriktiğini gösterir. Günlük her denetim işleminin sonucunda kamera ve başlığı yıkanmalıdır.

### **3.6.8. Video yorumlama**

Video görüntülerini anlamak ve yorumlamak bir kabiliyet ister. Örneğin, video görüntülerinde şu maddeler beyaz gözüktür: su buğulanmaları ve damlacıkları, gres, deterjan, köpük, mineral depozitler, kök büyümeleri, buhar, yumurta kabukları ve kâğıt.

### **3.7. Bilgi Yönetimi**

Boru hattı denetimi yapılırken sistem dokümante edilmelidir. Elde edilen bilgiler hattın denetiminde ve gözden geçirilmesinde kullanılır. Rehabilitasyon ve bakım kararları TV verileri baz alınarak verilir. Denetim bilgileri birkaç yolla kayıt edilir. Bunlar videokasetleri, fotoğraflar, yazılmış denetim raporları, haritalar, bilgisayar bilgi raporları (Şekil 3.2) ve bakım yönetimi yazılımları olarak sıralanabilir.

### **3.8. TV Güvenliği**

#### **3.8.1. Tehlikeler**

TV işlemleri açısından spesifik olarak tehlikeli unsurları şu şekilde sıralanabilir: gerilmeler, trafik, kesilmeler ve delinmeler, kapalı alan tehlikeleri ve elektriksel şoklar.

#### **3.8.2. Güvenlik**

Sistemde denetim işlemleri yapılırken gerekli ekipman ve aksamaların temin edilmesi gerekir. Güvenlik ekipmanları aşağıdaki şekilde kategorize edilebilir:

- Trafik kontrol ekipmanları: Yol kontrol konileri, personel trafik yelekleri, işaret lambaları, yön göstericiler, dur ve yavaşla levhaları ve eğer gerekli ise ikinci trafik kontrol aracı
- Kapalı bölge giriş elemanları: Gaz detektörleri, giriş izni, sehpa, personel bakım giysisi, temiz hava blowerleri, acil kaçış malzemesi, halat ve baretler
- Personel koruyucu ekipmanları: Baretler, trafik konileri, çelik çizmeler, eldiven ve önlük.
- İlk yardım ekipmanları: Dezenfeksiyon sabunu ve temiz su, havlu, ilk yardım teçhizatı ve iletişim ekipmanları
- İletişim ekipmanları: Radyo, cep telefonu ve telsiz [8-10].

## **BÖLÜM 4. BORU HATTI YENİLEME TEKNOLOJİLERİ**

Bir boru hattını, mevcut boru hattının sınırları her ne uzunlukta olursa olsun, iki baca arası uzunluklarında ya da bundan daha büyük uzunluklarda ıslah etmek amacı ile kullanılan tüm süreçleri içerir [1-3,11,15].

Bu süreç süresinde yapılan uygulamalar aşağıda yer verilen teknikleri içerir;

- 1- Yerinde uygulanan kaplamalar ( Applied Coating )
- 2- Yerinde kürlenme kaplamalar ( CIPP Lining )
- 3- Kayarak kaplama ( Sliplining )
- 4- Sıkı geçme termo plastik kaplamalar (Close Fit Lining )
- 5- Spiral sarma kaplamalar ( Spiral Winding Lining )
- 6- Parçalı kaplama ( Sectional Lining )

### **4.1. Yerinde Uygulanan Kaplama Sistemleri**

#### **4.1.1. Genel bakış**

Bu bölüm, küçük çaplı ( insan girişi söz konusu olmayan ) basınçlı boru hatları için püskürtmeli kaplama sistemlerini kapsamaktadır. Söz konusu teknolojiler, metalik ya da asbestli çimentodan mamul boru hatlarının iç yüzeylerine, ya epoksi ya da Poliüretan ( PU ), genel olarak ince çimento gibi ya da ısıtılınca sertleşen reçine kaplama uygulamalarını içermektedir. Kaplamanın fonksiyonu ise, akan suyu boru duvarından ayırmak ve de bu sayede korozyonu ve akan suyun kirlenmesini yok etmek ya da önemli ölçüde azaltmaktır. Çimento bazlı sistemler, boru duvarını pasif hale getiren ve de korozyonun meydana gelmesini önleyen kaplama, boru ara yüzünde oldukça yüksek oranda bir alkalın ortam yaratmaktadır. Polimer bazlı sistemler ise, ince ve de sızdırmaz bir koruma bariyeri oluşturmaktır [1-3].



Sözü edilen tüm bu teknolojilerin daha önceden monte edilmiş olan boru hatlarında kullanılması, zaman içinde birikmiş bulunan korozyon ürünlerini çıkartarak orijinal sondajı muhafaza edecek detaylı bir temizlik işleminin yapılmasına bağlıdır. Bu durum aynı zamanda, kaplama malzemesinin yapışabileceği ve de kaplamanın gelecekteki performansında hayati önem arz eden bir etmen olan bir yüzey de oluşturacaktır.

Bir insanın girmesinin söz konusu olmadığı atık su kanalları için püskürtmeli kaplama teknolojileri hakkında bir takım geliştirme çalışmaları yapılmış, ne var ki, şu ana kadar bu tür hiçbir yöntem ticari anlamda dikkat çekecek düzeye erişememiştir. Bu durum, kısmen de olsa, amacın genel anlamda korozyonu önlemekten ziyade, borunun harici yüklere dayanımını, direncini arttırmak olduğu atık su kanalını yenilemenin farklı gereksinimlerinden ileri gelmektedir. Ayrıca, kısmen de olsa, materyal uygulanırken ve de iyileştirilirken atık su kanalı içerisine akışın tamamen durmasını tesis etmekte yaşanan uygulamadaki yaşanan zorluklardan da ileri gelmektedir. Atık su kanalları için pratik bir püskürtmeli kaplama sistemi, pek çok diğer yenileme tekniklerinin doğasında var olan yanıl yeniden bağlantı problemini de ortadan kaldıracaktır.

#### **4.1.2. Hazırlık**

Püskürtmeli kaplamanın genel anlamda, mevcut alt katman ile bir yapıştırıcı maddeye dayanan koruyucu bir kaplama olarak kullanılmasını amaçladığından dolayı, ana borunun detaylı bir şekilde hazırlanması önemlidir. Eski su şebekeleri ve de özellikle dökme demirden imal edilmiş olan su şebekeleri sık sık, bazı durumlarda etkin sondajı orijinal ebadının belirli bir bölümüne kadar daraltabilecek ölçüde, kabuk ve de korozyonun ağır dahili kalıntılarına sahip olabilirler.

Temizlik teknikleri arasında yüksek basınçlı su püskürtme, pigging (boru hatlarının bir tür alet yardımı ile temizlenme işlemi), dişli çubuk beslemeli sondaj aletleri ve de kesiciler ile zincir dövenleri gibi mekanik olarak işleyen cihazlar yer almaktadır. Boru hattı içinde zaman içinde birikmiş bulunan korozyonun tüm izlerinin çıkartılması ile boru duvarına zarar vermektan kaçınmak arasında genel olarak bir

denge gözetilir ve de bir takım daha agresif olan teknikler daha büyük bir itina ile kullanılmak durumundadır.

Bir boru içerisine vinç yardımı ile sokulan boru kazıyıcıları sert kalıntılar ve de nodülleri buldukları yerden sökmek üzere tasarlanmışlardır ve de orta şaftı üzerine monte edilmiş çok sayıda çelik iki uçlu bıçakları içermektedir. Şaftın her bir ucuna da, gerekli olması halinde, aletin geri çekilmesine imkân veren bir çekme halatı bağlantı halkası yerleştirilmiştir.

Tel fırça pik demirler, her bir ucunda bir adet çekme halatı bağlantı halkası yer alan merkezi bir orta şaft üzerinde iki adet dairesel tel fırça içerir ve de kaplama öncesinde boru hattı iç duvarlarına yapışık bulunan gevşek kalıntıları ve de tozu çıkartmak için kullanılır. Söz konusu bu aletler, ayrıca bir boru kazıyıcısı tarafından gevşetilen molozları da buldukları yerden çıkartmak için de kullanılabilir.

Lastik şeritli ve de saplı silecekler, boruların içinde bulunan ince malzemeyi ve de akışkanları temizler. Söz konusu lastik şeritli ve saplı silecekler, her bir ucunda bir çekme halatı bağlantı kablosuna haiz olan bir merkezi üzerine monte edilmiş iki adet kalın kauçuk diski içerirler. Lastik şeritli ve de saplı silecekler genel olarak püskürtme kaplama malzemesinin uygulanacağı temiz ve de kuru bir yüzey oluşturmak için hazırlık çalışmalarının en son aşaması olarak kullanılırlar.

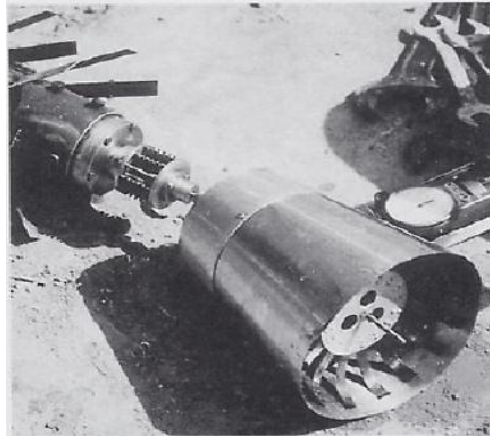
#### **4.1.3. Çimento harcı ile kaplama**

Çimento harcı ile kaplama uygulaması, su şebekesi yenileme işinde yaygın bir biçimde kullanılan ve de göreceli olarak diğer uygulamalara nazaran daha pahalı olmayan bir yöntemdir. Çimento harcı belli başlı iki fonksiyonu yerine getirir. Çimentonun alkalitesi demir borunun korozyonunu engeller ve de göreceli olarak daha düz iç yüzey ise hidrolik pürüzlülüğü azaltır ve de akış karakteristiklerini geliştirir. Tüm bunların yanı sıra, çimento harcı ile kaplama uygulamasının pek çok yeni pik demir ve de dökme demir borulara da uygulandığını ve de aynı zamanda korozyonu da önlediğine dikkat edilmelidir.

Kaplama, ana borunun çürüyeceği oranı azaltmaktan başka yapısal bir işlevi yerine getirmez, bu nedenle de, söz konusu teknik, sızdırmanın mevcut olduğu ya da korozyonun boru duvarının kalınlığını önemli ölçüde azalttığı borular için uygun değildir.

Yukarıda açıklandığı gibi, mevcut borunun detaylı bir biçimde hazırlanması gereklidir. Ayrıca, sıva ile demir ara yüzünde alkaline bir ortam oluşturmak amacı ile sıvayı yeterli kalınlıkta uygulamak çok önemlidir. Betonarme yapılarda çelik güçlendirme ile olduğu gibi, metalin yetersiz bir şekilde kaplanması, sıvanın çatlamasına ve de yer yer dökülmesine neden olacak korozyonun başlamasına imkan sağlayacaktır.

Genel olarak uygulama, ya yüzeyden gelen hortumlar ile beslenen, ya da bilhassa daha geniş borularda, önceden karıştırılmış harcı içeren kendi besleme hunisine sahip olan bir püskürtme makinesi (Şekil 4.1) ile gerçekleştirilir. Makinenin ileri hız kontrolü, sıvanın tutarlı bir kalınlığını tesis etmek için önemlidir. Püskürtme uygulamasının sonrasında malalama uygulaması gelir. Bu işlem ise, püskürtme makinesine bağlanmış döner ıspatulalar yardımı ile ya da bazı zamanlarda makinenin hemen arkasından çekilen ve de gerek duyulan iç çap eninde basit bir boru şeklindeki kalkan yardımı ile gerçekleştirilebilir. Hangi sistem kullanılırsa kullanılsın, ekipmanı ana borunun tam ortasına oturtmak, böylece de bütün çeperin etrafında kaplamanın sabit bir kalınlıkta uygulanması mümkün olacaktır.



Şekil 4.1. Çimento harcı ile kaplamada kullanılan aletler

#### 4.1.4. Epoksi ve DE poliüretan kaplama

Epoksi ve de Poliüretan kaplama, korozyon koruması sağlamak ve de düz bir sondajı gerçekleştirmek için aynı fonksiyonlara sahip olan çimento harcı ile kaplama yönteminin alternatifleri olarak görülebilir. Borunun hazırlanan iç yüzeyine yapıştırılacak reçine için amaç, suyun nüfuz etmesini ve de korozyonu önleyen bir kaplama oluşturmaktır. Kaplama genel olarak çimento harcı ile kaplama uygulamalarından daha da incedir ve de bu nedenle önemli ölçüde sondaj çapının azalmasına neden olmaz. Onlar ayrıca, çimento bazlı malzemelerden çok daha hızlı bir şekilde sertleşirler. Bununla birlikte, kaplama üzerinde herhangi bir bozukluk korozyonun başlamasına neden olur ve çimento harcının aksine, çürümeyi kimyasal olarak engelleyecek hiçbir alkaline mevcut değildir. Ayrıca reçineler, çimento bazlı malzemeler ile mukayese edildiğinde, göreceli olarak daha pahalıdır.

Reçine, genellikle yüksek hızlı bir döner enjektöre sahip olan bir püskürtme makinesi tarafından uygulanır. Kaplamanın kalınlığı, akış oranı ve de makinenin ileri yöndeki hızı ile kontrol edilir. Pek çok sistemde, reçine esaslı ve de sertleştirici ayrı hortumlar aracılığı ile beslenir ve püskürtme enjektörünün hemen arkasında yer alan statik bir karıştırıcı ile bir araya getirilir. İdeal olarak, su şebekesinin devre dışında kalma süresinin minimize etmek ve ayrıca sertleşme öncesinde reçinenin kirlenmeye maruz kalması riskini azaltmak amacı ile sertleşme süresi mümkün olduğu kadar kısa olmalıdır. Bununla birlikte, çok da hızlı şekilde gerçekleşen bir sertleşme durumu ise statik karıştırıcının ya da enjektörün bloke edilmesi riskini de beraberinde getirir. Çimento harcı ile kaplamadan farklı olarak, reçine püskürtme işlemi sonrasında düzleştirilmez ya da malalanmaz ve de yüzey kalitesi ise uygulanan tekniğe ve de kullanılan malzemenin özelliklerine bağlıdır. Sarkmayı engelleyen tiksotropik malzemeler ve de su bazlı bir yapı malzemesi de dâhil olmak üzere çeşitli reçine formülasyonları mevcuttur [3].

## 4.2. Yerinde Kürleme (CIPP) Kaplama Sistemleri

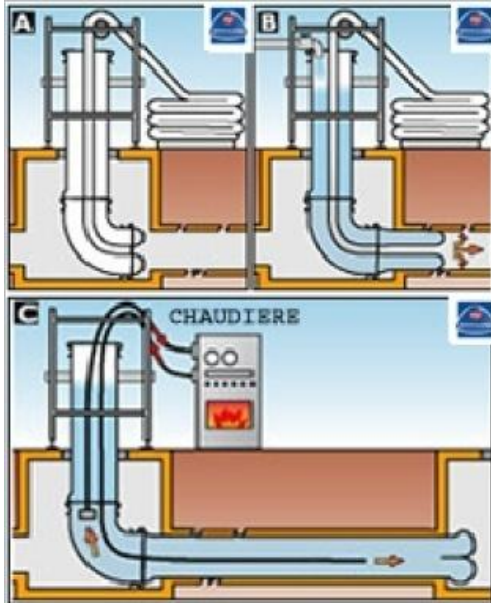
### 4.2.1. Genel bakış

Pek çok ülkede içerisinde insan girmesi söz konusu olmayan atık su kanalı yenileme sistemlerinde baskın konumda bulunan ve de bazı zamanlarda yerinde kaplama, yumuşak kaplama ya da yerinde sertleşen (CIPP) şeklinde ifade edilen, yerinde sertleşen kaplamadır. Kısa ve öz olması için, söz konusu bu uygulama, bu tür sistemleri kullanan uygulamacıların tamamı bu terimleri kullanmasa da, yerinde kaplama tüm kaplama tekniklerini CIPP sistemleri şeklinde ifade etmektedirler. Belli başlı uygulama sistemlerini ise aşağıdaki şekilde sıralamak mümkün olmaktadır.

Tablo 4.1. CIPP uygulama sistemleri

| Kaplama Boru Malzemesi  | Sertleşme Türü  | Reçine     | Başlıca Uygulama Alanları     |
|---|-----------------|------------|-------------------------------|
| Polyester Keçe  | Isı ya da Ortam | Pe, Ve, Ep | Yer Çekimi Boruları           |
| Elyaf ile güçlendirilmiş Polyester Keçe                         | Isı             | Ve, Ep     | Basınç Boruları               |
| Cam Elyafı Yapılı Kumaş   | Isı             | Pe, Ve, Ep | Yer Çekimi ve Basınç Boruları |
|   | Işık            | Özel       | Yer Çekimi Boruları           |
| Dairesel Biçimde Dokunmuş Polyester Elyaf Hortum                | Isı ya da Ortam | Ep         | Basınç Boruları               |
| Dokunmuş Hortum Artı Keçe                                       | Isı             | Ep         | Basınç Boruları               |
| Dokunmuş Hortum Artı Keçe Artı Yapılandırılmış Cam Elyaf Kumaşı | Isı             | Ep         | Basınç Boruları               |

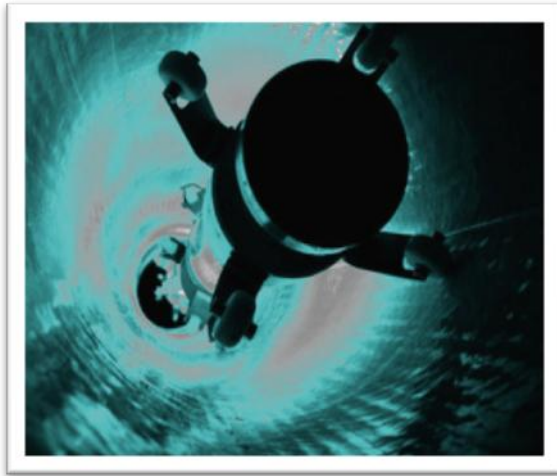
Şu anda piyasada çok sayıda rekabetçi sistem mevcut olmasına rağmen, tüm bu sistemlerin ortak özelliği, polyester ya da epoksi reçine ile emprenye edilmiş bir kumaş borunun kullanımınıdır. Söz konusu kumaş boru mevcut boru hattının içine yerleştirilir ve de boru duvarına karşı şişirilir, daha sonra ise ya ortam sıcaklığında, ya da daha yaygın olarak en küçük çaplı borular hariç olmak üzere tümünde, sıcak su (Şekil 4.3) ya da buhar sirkülasyonu (Şekil 4.2) yaptırılarak sertleştirilir. Bazı türler reçineyi sertleştirmek amacı ile ultraviyole ışık (Şekil 4.4) kullanır [1-3,].



Şekil 4.3. CIPP sıcak su ile kürleme



Şekil 4.2. CIPP kaplama buharla kürleme



Şekil 4.4. CIPP Ultraviyole ile kürleme

Araya yerleştirme işlemi mevcut iki yoldan her hangi bir tanesi kullanılarak başarı ile gerçekleştirilir. Bu yollardan bir tanesi, kaplama malzemesini ana boru duvarına karşı otomatik bir biçimde iten sıkıştırılmış hava ya da su kullanarak hortumun borunun içerisinde ters çevrilmesidir. Diğer yol ise, şişirilmiş kaplama malzemesinin boru içine vinç yardımı ile sokulup, söz konusu kaplama malzemesi boru içinde doğru konuma gelince şişirmektir. Sözü ettiğimiz her iki teknik arasındaki fark ise, ilk seçenekte, montaj işlemleri esnasında kaplama malzemesi ve de boru duvarı

arasında genel olarak hiçbir rölatif hareket yoktur, ancak ikinci seçenekte ise, koruyucu bir tabaka ya da ön kaplama malzemesi kullanılmadığı müddetçe, kaplama malzemesi ve de ana boru duvarı arasında sürtünme nedeniyle zarar oluşması potansiyeli söz konusudur.

CIPP sistemleri, ölçülebilir yapısal güce sahip olan ve de çeşitli yükleme koşullarına uyum sağlaması amacı ile tasarlanabilecek bir sıkı geçme ‘bir boru içinde başka bir boru’ oluşturur. Kaplama malzemesinin halka bükülme direnci, ana boru ve de etrafını çevreleyen toprak tarafından sağlanan baskı ile arttırılır, ancak yer çekimi boru hatları için tasarlanan sistemler kaplama malzemesi ve de alt katman arasında bir yapıştırıcı maddeye dayanmaz. Yapısal desteğin bir kısım ölçüleri için ana boruya dayanan sistemler bazen ‘enteraktif kaplama’ teknikleri olarak da bilinirler.

Sondaj daralmasını minimize etmenin yanı sıra, yerinde sertleşen kaplama malzemelerinin özünde var olan bir diğer avantaj ise, hemen hemen tüm şekillerdeki borulara, onların dairesel olmayan kesit yüzeylerini yeniden kaplamak için uygun hale getirerek uyum sağlama yeteneğidir. Kaplama malzemesi çeperinin doğru bir şekilde ölçülmüş olması ve sertleşmesi sırasında malzemenin önemli ölçüde çekerek daralmaması şartları ile daha sıkı geçen bir kaplama malzemesi sonuç vermelidir. Onların esas sınırlılıkları ise duvar kalınlığıdır ve bu nedenle, özellikle dairesel olmayan borularda daha geniş ebatlar ya da zor yükleme koşulları için gerekli olabilecek malzemenin miktarı, ağırlığı ve de maliyetidir.

Yer çekimi boru hatlarında, kaplama işlemi sonrasında yandan bağlı durumda bulunan yan bağlantılar uzaktan kumandalı robot (freze) yardımı ile yeniden açılabilirler (Şekil 4.5) , ancak fazla reçinenin yan bağlantılara girmemesini tesis etmek amacı ile montaj işlemleri sırasında azami özen gösterilmelidir.



Şekil 4.5. Freze ile kaplama sonrası yanıl bağlantıların açılması

CIPP kaplama sistemlerinin en büyük dezavantajı ise, montaj işlemleri ve de sertleşme sürecinde ana boru hattının devre dışı bırakılması ihtiyacının söz konusu olmasıdır. Akışın çok düşük olduğu yer çekimi borularında, her hangi bir giren boruyu kapatmak ve de sistem içinde depolamaya güvenmek mümkün olabilir. Diğer durumlarda, akış yönünün değiştirilmesi ya da bir altta bulunan muayene bacasına aşırma işleminin pompalarla yapılması gibi farklı çözüm yollarına başvurulmasına genel olarak gerek duyulur.



#### 4.2.2. CIPP uygulama alanları

Tablo 4.2. CIPP uygulama alanları

|   |                        |   |
|---|------------------------|---|
| Atık su kanalları                                   | Evet                   |   |
| Gaz boru hatları                                    | Evet                   | CIPP sistemlerinin belli türleri spesifik olarak, yer çekimi atık su kanallarından ziyade gaz boru hatlarında kullanım için tasarlanmıştır.   |
| İçilebilir su boru hatları                          | Evet                   | Pek çok CIPP sistemleri içilebilir su şebekelerinin yenilenmesi (rehabilitasyonu) için amaçlanmamıştır, bu amaç için tasarlanmış yada adapte edilmiş ve onaylanmış CIPP sistemleri söz konusudur.   |
| Kimyasal / Endüstriyel boru hatları                 | Evet                   | Fevkalade agresif dışarı akan atık sulara veya yüksek sıcaklıklara dayanım göstermesi için doğru reçine formülasyonu seçilmelidir.  |
| Düz boru hatları                                    | Evet                   |   |
| Bükümlü boru hatları                                | Evet                   | Büküm yarıçapına, kumaş türüne ve kaplama malzemesinin kalınlığına bağlı olarak kumaşın buruşması ve kırışması söz konusu olabilir.   |
| Dairesel boru hatları                               | Evet                   |   |
| Dairesel olmayan boru hatları                       | Evet                   |   |
| Çeşitli en kesitleri olan boru hatları              | Olası (Yoruma bakınız) | Bir kısım CIPP sistemleri, iki baca arası içinde boru hattının çevresi ya da çeperi içinde değişiklikleri uyum sağlaması için kumaş borunun özel olarak yapılmış olmasına izin verir. Diğer sistemler ise en kesit içindeki küçük varyasyonlara uyum sağlaması amacı ile uzayabilen bir kumaş kullanır. Dikkat edilmelidir ki, CIPP kaplama malzemeleri sertleşme öncesinde esnek olduğundan ve neredeyse hemen her tür ana boru şekline uyum sağlayabildiğinden ötürü, bu durumda kritik ölçüt borunun çevresi ya da iç çeperidir. |
| Yanal bağlantıları olan boru hatları                | Evet                   |   |
| Biçiminde bozulma meydana gelmiş boru hatları       | Olası (Yoruma bakınız) | Yaygın olarak kabul gören kural ise %10'dan daha az biçim bozulmasına maruz kalmış atık su kanalları her hangi bir ön yeniden yuvarlama işlemi gerek duyulmaksızın kaplanabilir. Yumurta ya da elips şeklinde olma durumu, kaplama malzemesinin hidrostatik basınç gibi harici yüklere karşı koyma yeteneğini azaltır ve de tasarım sırasında bu husus mutlak surette göz önünde tutulmalıdır.  |
| Yerinde değiştirme                                  | Hayır                  |   |
| Basınçlı boru hatları                               | Olası (Yoruma bakınız) | Pek çok CIPP sistemleri esasen yerçekimi boru hatları için üretilmişlerdir, ancak bir takım özel teknikler basınçlı borular için kullanılabilirler.   |
| Bir insan girebilecek kadar geniş olan boru hatları | Evet                   | Esas olarak bir insanın girmesi söz konusu olmayan boru hatları için kullanılmasına rağmen, bir takım sistemler, ayrıca, geniş çaplı atık su kanallarını ve de alt su kanallarının yenilenmesi içinde uygundur. Kaplama malzemesinin duvar kalınlığı, ağırlığı ve de maliyeti belli başlı kısıtlamalardır.  |

### 4.2.3. Uygulama / Yerleştirme

Tüm yenileme sistemlerinde olduğu gibi, teferruatlı bir temizlik ve de hazırlama süreci elzem ön koşullardır. Bir insanın girmesinin söz konusu olmadığı atık su kanalları ve diğer boru hatlarında, yeniden kaplama işleminin hemen öncesinde CCTV tarafından denetim gerçekleştirilmelidir. Çünkü önceki araştırmalar yanıltıcı ya da yanlış yönlendirici olabilir. Bir insan girebilecek kadar geniş olan atık su kanalları da CCTV tarafından ya da manüel bir biçimde araştırılabilir.

Tüm kum ve birikinti tabakaları tamamen temizlenmeli ve de bu durumun ne ölçüde gerçekleştirildiğini tespit amacı ile temizlik işleminin akabinde bir denetim gerçekleştirilmesi önerilir. Bozuklukların daha da derinleşmesine ve tamiri imkânsız hale gelmesine yol açabileceğinden ötürü, püskürtme (fişkirtme) ekipmanlarını kullanırken aşırı basınç kullanımından kaçınmaya azami özen gösterilmelidir. Zorla içeri giren bağlantılar, kireç bağlama, yağ bağlama ve diğer sert çöküntüler mekanik ya da yüksek basınçlı su ile tıraşlama ekipmanları tarafından çıkartılmalı ve de akabinde bu işlemin meydana getirdiği molozları da çıkartmak için bir temizlik işlemi de uygulanmalıdır.

Kaplama malzemesi boru içine yerleştirilirken düşmesi söz konusu olabilecek borunun her hangi bir gevşek parçasının çıkartılması da büyük önem arz etmektedir. Bu işlem bağlantı halatı ile çekilen ya da vinç vasıtası ile boru içinde işlem gören kaplama malzemeleri için özellikle kritiktir, zira borunun kırık bir parçası kaplama malzemesi borunun içinde itilirken üzerine düşebilir ve bu durumda kaplama malzemesi şişirildiğinde, kaplama malzemesi ve boru duvarı arasında sıkışıp kalabilir. Ters çevrilen kaplama malzemeleri, boru kumaşına daha az sıkıntı verir, ancak problem halen söz konusudur.

Pek çok CIPP sistemleri, montaj işlemleri ve sertleşme sırasında akım yönünün başka yöne çevrilmesini gerektirir. Boru hattının sistemine ve karakteristik özelliklerine bağlı olarak bu süre birkaç saat olabilirken, bir güne kadar da uzayabilir. Yanal bağlantılar, yeniden açılıncaya dek kaplama malzemesi tarafından bloke edilecektir ve eğer ki kol sisteminde yetersiz kapasite durumu söz konusu ise

atık su ile dolmuş kısmın tahliye edilmesi için önlem alınmalıdır. Bloke edilmiş bir yanal bağlantı içinde atık suyun birikmesi, kaplama malzemesi üzerinde, atık su kanalının derin olması halinde önemli olabilecek harici bir basınç meydana getirir. Aşırı yük kafasını sınırlamak üzere bir takım önlemlerin alınması gerekli olabilir. CIPP sistemleri kazısız olmasına ve de yarıлма durumlarını minimize etmek amacı ile tasarlanmış olmasına rağmen, montaj, kurulum prosedürü boyunca, özellikle giriş bacasında yüzey üstünde araçlara ve çeşitli ekipmanlara ihtiyaç duyulur. Bu nedenle, trafik düzenlemesine de ihtiyaç duyulması söz konusu olabilir.

Sertleşmemiş reçine içindeki stiren çözücüsü varlığı keskin bir kokusu olan yoğun bir buharı dışarı yaydığından ötürü, polyester reçine bazlı CIPP sistemleri ile kısa süreli çevresel karışımlar söz konusu olabilir. Bununla birlikte, yüksek yoğunluklarda bu buhar sağlık açısından risk teşkil etmesine rağmen, CIPP montajları çevresinde bu tür yüksek seviyeler genel olarak bulunmaz. Aslında, stiren buharı 1 ppm değerinden daha az yoğunluklarda insanlar tarafından algılanabilir ve bir tehlike teşkil eden söz konusu seviyelerin altında koku dayanılmaz hale gelir. Bununla birlikte, sıkıntıya neden olabilecek her hangi bir durumdan kaçınmak için, çalışma alanının etrafında yeterli havalandırmanın sağlanması gereklidir. Bu problem yalnızca reçine sertleşinceye kadar söz konusudur.

Polyester reçineler sertleşinceye dek, filtrelemesi olan ya da yedek bağlantıları mevcut olan bir boru hattı ile ilişki içinde olabilen su tarafından olumsuz yönde etkilenebilir. Bazı durumlarda, bir ön kaplama malzemesinin kullanılması sözü edilen bu kirlilik problemleri ile başa çıkılmasına yardımcı olabilir.

#### **4.2.4. Atık su kanalları montaj – ısı ile sertleşme**

Aşağıda yer alan kısım, atık su kanalları içinde ısı ile sertleşen CIPP kaplama malzemesinin montajı için tipik bir prosesi açıklamaktadır. Her bir ayrı müseccel sistem kendi yöntem bilimine haizdir ve aşağıda yer alan açıklamanın amacı, en iyi uygulamanın ifade edilmesinden ziyade, rehberlik etmektir.

Yer çekim boru hatları için ısı işe sertleşen kaplama malzemelerinin büyük bir kısmı, genel olarak polyester keçe ile emprenye edilmiş iğneleme yöntemi ile üretilmiş polyester keçe olan dokunmamış bir kumaşı ihtiva eder. Bir takım sistemler keçe ve cam elyafı gibi kompozit bir materyali kullanırlar. Reçinenin formülasyonu, farklı sertleşme rejimlerine ve de atık su karakteristiklerine uyum sağlamak üzere adapte edilebilir.

Kaplama kumaş genel olarak, uygulamaya bağlı olarak, bir polyester, polietilen, Surlyn (bir tür termo plastik iyonmer reçine) ya da poliüretan membran ile ters çevrilmiş bir kaplama malzemesinin iç yüzeyi haline gelen borunun dış yüzeyini kaplar. Sözü edilen membran bir fonksiyonu yerine getirir. Emprenye etme ve taşıma işlemi sırasında reçineyi alıkoyar, ters çevirme sırasında suyu ya da havayı alıkoyar ve de bitmiş kaplama malzemesinin iç yüzeyine hidrolik olarak etkili bir düşük sürtünme sağlar. Bir takım sistemler uygulanmış bir kaplamadan ziyade ayrı bir membran kullanırlar ve bu da montaj sonrasında yerinde sökülebilir.

Normal olarak emprenye etme işlemi, havayı dışarı çıkartmak ve reçinenin düzenli bir şekilde dağılmasını sağlamak üzere fabrikada bir vakum, emme sistemi altında gerçekleştirilir. Bu işlem 'wetting-out (ıslağın-nemin dışarı alınması)' olarak da bilinir. Reçinenin karakteristik özelliklerine bağlı olarak, kaplama malzemesi, sertleşme reaksiyonunun zamanından önce erken başlamasını önlemek amacı ile soğuk hava deposu olan bir araç ile montaj yapılacak yere getirilmesi daha uygun olabilir.

Mevcut atık su kanalının içerisinde ters çevirme işlemi genel olarak, ya bir vinç yardımı ile ya da kaplama malzemesi boru içinde giderken onu ters yüz etmek için kullanılan su (ya da bazı durumlarda hava) basıncı içinde bir ters çevirme süreci ile gerçekleştirilir.

Montaj işlemi genel olarak aşağıda belirtilen süreci takip etmektedir:

a) Kaplama malzemesini ters yüz etmek için gerekli olan su basınç yüksekliğini sağlamak üzere ekleme bacası üzerinde bir yapı iskelesi inşa edilir. Derin atık su

kanallarında, kule gerekli olmayabilir. Bazı durumlarda ise, bir kuleye duyulan gereksinimi ortadan kaldırarak kaplama malzemesini ters yüz etmek için ihtiyaç duyulan su basınç yüksekliğini sağlamak için bir basınç tankı kullanılır.

b) Kaplama malzemesinin ekleneceği üst uçta rijit bir blok bilezik ile atık su kanalının giriş kısmı ve yapı iskelesinin arasında bir kılavuz borusu (kuru kaplama malzemesinden mamul) monte edilir.

c) Kaplama malzemesinin önde gelen ucu manüel bir biçimde önceden belirlenmiş bir uzunluk için, genel olarak birkaç metre ters yüz edilir ve de daha sonra kılavuz borusunun blok bileziğine kenetlenir. Arkada gelen uca eklenen ise, ters yüz etme işlemi sonrasında kaplama malzemesinin bütün uzunluğu boyunca çalışacak olan bir hortumdur.

d) Kaplama malzemesinin ana boru içinde kılavuz boru boyunca ters yüz olmaya devam etmesine neden olacak şekilde, ters yüz edilen kısım içine su verilir. Suyun basıncı kaplama malzemesinin mevcut boru duvarlarına doğru iter, zorlar.

e) Ters yüz etme prosesi sona erdiğinde, kaplama malzemesi içinde bulunan su, sıcak suyun kaplama malzemesinin bütün uzunluğu boyunca geçmesini tesis etmek amacı ile arkada gelen uca eklenen hortumu kullanarak, bir kazan ünitesi aracılığı ile devir daim ettirilir. Isı geçiş oranı, reçinenin gerek duyulan sertleşme rejimi uyarınca kontrol edilir.

f) Kaplama malzemesinin yüzeyi üstünde çeşitli noktalardaki sıcaklık değerleri, hararet müşirleri ile izlenir.

g) Sertleşme işlemi bir kere tamamlandıktan sonra, serbest bırakma öncesinde su kademeli bir biçimde soğutulur.

h) Kaplama malzemesinin uç kısımları kesilir. Bazı zamanlarda, kaplama malzemesinin birkaç santimetrelilik bir kısmı baca duvarından sarkan bir halde bırakılır, bu sayede daha iyi yapışma sağlanır ve ayrıca kaplama malzemesi yerine mekanik olarak kilitlenir.

i) Eğer gerekli ise, yanal bağlantılar, robot bir kesici (freze) ile yeniden açılır.

Bazı sistemler, emprenye edilmiş kaplama malzemesi borusu ters yüz edilmeden önce ana boru içinde monte edilen bir ön kaplama malzemesi kullanırlar. Söz konusu bu ön kaplama malzemesinin amacı ise, fazla gelen reçinenin yanal bağlantılara

sızmasını engellemek ve ayrıca, atık su kanalı içine filtre edilen ya da aşırı yük bağlantılarından gelen su ile sertleşmemiş reçinenin kirlenmesini önlemektir.

Bazı sistemler ise, bir ters yüz etme tekniğinden ziyade kaplama malzemesi içinde vinç kullanma tekniğine yer verir. Yeteri düzeyde su basıncı oluşturma gereksiniminin (söz konusu su basınç yüksekliğinin, hava ve de su basıncının bir kombinasyonu ile oluşturabilmesinin mümkün olmasına rağmen) söz konusu olmasından ve kaplama malzemesi içinde çekme işleminin yapı iskelelerine ve de ek çalışmaya duyulan gereksinimi ortadan kaldırdığından dolayı belirli yerlerde ters yüz etme prosesi zor olabilir. Bununla birlikte, kaplama malzemesinin ebatlarına ve de ağırlığına bağlı olarak, kaplama malzemesinin esnetilmeden ya da kopartılmadan vinç yardımı ile boru hattı içinde yerleştirilmesinin önünde çeşitli kısıtlamalar söz konusudur, zira ağır bir kaplama malzemesi bir boru içine vinç yardımı ile yerleştirildiği sırada kumaşın zarar görme riski söz konusudur.

Tarihsel olarak, bir kaplama malzemesi içinde reçineyi ayarlamak için ihtiyaç duyulan sıcaklık değişikliğini sağlamak için pek çok ısı ile sertleştirme kaplama operasyonları sıcak sudan yararlanmışken, 2006 yılı boyunca, çoğunlukla İngiltere’de yerleşik bir takım şirketler atık su boru hatları içinde kullanım için bir sıkıştırılmış buhar ile sertleştirme sistemi piyasaya sürmüşlerdir. Genel olarak bir ters yüz etme tamburu kullanılarak, kaplama malzemesi tambur içinde diğerlerinden bağımsız bir şekilde çalışan bir makara üzerine monte edilen kaplama malzemesine uygulanan sıkıştırılmış havayı kullanarak zarar görmüş boru boyunca kaplama malzemesi ters yüz edilir. Daha sonra ise kaplama malzemesi, bütün boru boyunca, kaplama birim aracında yer alan bir kazan ünitesi tarafından üretilen buhar yardımı ile ısıtılır.

Söz konusu bu tekniği kullanan en son kaplama sistemleri için iddia edilen en büyük avantaj, sertleşme sırasında çekme yapmayan bir kaplama malzemesi üretilmiş olmasıdır. Bu durum, yanal bağlantıların düzenleyici su izolasyonuna duyulan ihtiyacı azaltarak, ana boru ve kaplama malzemesinin dış yüzeyi arasındaki ara boyunca söz konusu olan filtreleme sızıntısı potansiyelini ortadan kaldırır. Bu

kolaylık, ayrıca, her hangi bir filtreleme probleminin sorunlu olan boru hattına geçmemesini de sağlar.

#### **4.2.5. UV – Sertleşmeli kaplama malzemeleri**

Sıcak su ile sertleştirme sürecine bir alternatif olarak, ultraviyole ışık altında sertleşen reçineleri kullanan sistemler mevcuttur. Gerek duyulan ekipman miktarı ise, ısı ile sertleştirme yapan sistemlerden genel olarak daha azdır.

UV – sertleştirmeli kaplama malzemeleri genel olarak, depolama, yükleme ve montaj sırasında kaplama malzemesini korumak için bir kovan ve de bir membran ile cam elyafından ya da cam elyafı ile iğnelenmiş polyester keçenin kombine edilmesinden yapılmaktadır.

Ortam sıcaklığında depolama süresi en azından birkaç hafta olan reçineleri kullanmakta mümkündür, böylece soğutma işlemine gerek duyulmaz. Çıkış suyunun özelliğine uyum sağlamak üzere çeşitli reçine formülasyonları mevcuttur.

Montaj işlemi genel olarak aşağıda belirtilen süreci takip etmektedir:

- a) Olağan ön araştırma ve temizlik işlemleri sonrasında, önceden emprenye edilmiş kaplama malzemesi vinç yardımı ile ana boru içindeki pozisyonuna yerleştirilir ya da ters yüz edilir.
- b) UV ışık kaynağı kaplama malzemesi içine yerleştirilir ve su izolasyonu paketleyicileri (balonlar) her baca içerisinde şişirilir.
- c) Kaplama malzemesine genel olarak 0,6 bar değeri civarında bir basınç uygulanır. İçte yer alan kovan iç basıncı, boru duvarına karşı baskı uygulanan kaplama malzemesine transfer eder. Dışta yer alan membran ise her hangi bir reçine kaçağını önler.
- d) Uygulanan basınç muhafaza edilirken, kimyasal reaksiyon sırasında kaplama malzemesinin sıcaklık değerine bağlı olarak UV ışık kaynağı elektronik olarak izlenen bir hızda kaplama malzemesinin boyunca hareket ettirilerek sertleşme süreci gerçekleştirilir.

e) Sertleşme süreci sona erdiğinde, basınç serbest bırakılır ve de iç kovan yerinden sökülür.

Genel olarak, sertleşme süresi 0,5 ve de 0,9 mt/dak. arasındadır ve 200 metreye kadar olan uzunluklar sürekli bir biçimde kaplanabilir. UV ile sertleştirilen sistemler, kaplama malzemesinin duvar kalınlığı 3 mm ile 15 mm arasında olan 100 mm ile 1000 mm çapındaki borular için kullanabilirler.

#### **4.2.6. Atık su kanalları içinde uygulama ve ortam ısısında sertleşme**

Ortam ısı ile sertleşerek kaplama sistemleri esas olarak, dikey yağmur suyu ve toprak borular da dâhil olmak üzere küçük çaplı atık su kanallarının, kanalizasyonların ve de diğer boru işlerinin yenilenmesi için kullanılır. Isı ile sertleştirme sistemleri ile benzer kumaşlar kullanılır, normal olarak kaplamalı bir keçe ve de pek çoğu ise, ısı uygulaması yapılmaksızın sertleşmek üzere formüle edilen polyester reçineleri kullanırlar.

Ortam ısıyla sertleşen sistemler kazan ünitelerine ya da diğer ısı kaynaklarına duyulan gereksinimi ortadan kaldırır ve bu nedenden ötürüdür ki, söz konusu bu sistemler ısı ile sertleşen diğer sistemlere nazaran daha az pahalı olma eğilimindedirler. Tamamlanan ürünün özellikleri, bununla birlikte, ısı ile sertleştirilmiş bir kaplama malzemesinin özellikleri ile eşit değildir ve sertleşme döngüsü üzerinde harici kontrol eksikliği, söz konusu bu sistemin çapı 150 mm'nin üzerinde olan borular ya da daha büyük olan boru hatları için genel olarak uygun olmadığı anlamına gelmektedir. Reçinenin ortam özelliği, çoğu kez, araya yerleştirme işlemi sona ermeden önce, reçine için söz konusu olan sertleşme potansiyelini ortadan kaldırmak amacı ile kaplama malzemesi için emprenye etme işleminin iş yerinde ya da iş yerine yakın bir yerde ancak montaj sürecinin hemen öncesinde yapılması gerektiği anlamını taşır.

Montaj işlemi genel olarak aşağıda belirtilen süreci takip etmektedir:

a) Isı ile sertleşme sistemlerinin aksine, kaplama malzemesinin emprenye edilmesi ve de reçinenin karıştırılması genel olarak iş yerinde gerçekleştirildiğinden dolayı,



reçinenin ölçülmüş bir miktarı, gerek duyulan sıcaklık ve reaksiyon hızına göre eklenen katalizör ve ivmelendiricinin farklı miktarları ile karıştırılır.

- b) Borunun dış yüzeyindeki kaplama ile kaplama malzemesi yol ya da düz ve de pürüzsüz bir zemin üzerine uzatılır ve de bir ucundan üzerine reçine dökülür. Tüm kaplama malzemesi reçineyi emene kadar ağır bir silindir vasıtası ile reçine boru üzerine yayılır.
- c) Emprenye edilmiş boru içine çekilir ya da vinç yardımı ile yerleştirilir ve de geçici bir dahili kovan onun içerisine ya çekilir ya da ters yüz edilir. Bu kovan, şişirme için kullanılan hava ya da suyu içermektedir.
- d) Kaplama malzemesini mevcut boru duvarı üzerine bastırarak şekilde geçici kovan içerisinde su ya da sıkıştırılmış hava uygulaması yapılır.
- e) Reçinenin sertleşmesi için gerek duyulan zamanın geçtiği yargısına varıldığında, basınç uygulamasına son verilir ve de geçici kovan yerinden çıkartılır.
- f) Kaplama malzemesinin uç kısımları kesilir ve eğer gerekli ise yan bağlantılar yeniden açılır.

Yukarıda söz edilen konu üzerinde, hava basınç altında iç kovanın ters yüz edilmesi için taşınabilir basınç tanklarının artan bir şekilde kullanılması da dahil olmak üzere, çok sayıda varyasyon söz konusudur.

Ekipmanın düşük sermaye maliyeti nedeniyle ortam ısısında sertleşen yeniden kaplama sistemleri, kanalizasyon tamir işlemlerinin kazı ile gerçekleştirilmesine bir alternatif olarak pek çok küçük çaplı uygulamacı tarafından büyük ölçüde benimsenmiş ve bu alanda popüler bir ürün haline gelmiştir.

### **4.3. Kayarak Kaplama Sistemleri**

#### **4.3.1. Genel bakış**

Bir insanın girmesinin söz konusu olmadığı boru hatlarının yenilenmesi için muhtemelen en basit teknik, temel olarak yeni bir boru hattının eskisinin içinde itilmesi ya da çekilmesini gerektiren kayarak kaplama tekniğidir. Yeni bir borunun

eski olanın içerisinde monte edilmesi ile 'zemindeki deliğin' kullanılması konsepti uzun süreden beri kullanılmaktadır ve de uzun yıllar önce de pişmiş kilden üretilen boruların eski atık su kanalları ve menfezleri içerisinde vinç yardımı ile monte edildiği yönünde raporlar mevcuttur.

Polimerik boruların mevcut olması, özellikle de füzyon ile birbirine eklenmiş polietilen, kayarak kaplama tekniklerinin popüleritesini arttırmıştır. Kısa kesitli polimerik borular, füzyon ile kaynak ya da maşonsuz eklemler ile kayarak kaplamalar içerisinde oluşturulabilir. Onlar, ayrıca boru patlaması gibi yerinde değiştirme teknikleri ile de yaygın bir biçimde kullanılmaktadır.

Teoride, yeni bir boru için her hangi bir materyal rahatlıkla kullanılabilmesine rağmen, pratikte polietilen (PE) en yaygın olarak tercih edilen seçenektir. Söz konusu bu materyal, yalnızca içilebilir su ve de gaz endüstrilerinde sağlam bir şekilde yerleşmiş değil, aynı zamanda aşınmaya karşı dayanımlı ve montaj sırasında küçük dirsekleri bir diğerine kavuşturmaya yetecek kadar da esnektir. Ana boru içinde vinç yardımı ile yerleştirilmeden önce, çok uzun süreli bir uzunluk içinde ucu ucuna eritilerek birleştirilebilir.

Kaplama malzemesinin araya eklenmesi sonrasında dairesel halka biçiminde derz dolgu gerekli olabilir, böylece mevcut borunun yapısı bir miktar daha sınırlama sağlar ve halka bilezik sertliğini de artırır. Pratikte, derz dolgu işlemi işin en zor kısmı olarak görülebilir. Kesitsel alanın kaybı da, özellikle eğer kaplama malzemesinin ebadı ticari olarak mevcut olan kalıptan çekilmiş borular etrafından yönetiliyor ise, ya da ana boru içinde mevcut olan deformasyonu gidermek ya da yerlerinde oynamış olan eklemleri orijinal yerlerine yeniden oturtmak için ebadın daha da azaltılmasının zorunlu olduğu durumlarda, önemli olabilir. Söz konusu bu sınırlamanın bir sonucu olarak, düz kayarak kaplama sıkı geçme kaplamadan daha az yaygın bir hale gelmiştir, ancak belirli durumlarda halen en iyi seçenek olarak öne çıkmaktadır [14].

### 4.3.2. Uygulama alanları

Tablo 4.3. Kayarak kaplama uygulama alanları

|   |      |                  |
|---|------|------------------|
| Atık su kanalları                                   |      | A notuna bakınız |
| Gaz boru hatları                                    | Evet |                  |
| İçilebilir su boru hatları                          | Evet | B notuna bakınız |
| Kimyasal / Endüstriyel boru hatları                 | Evet | C notuna bakınız |
| Düz boru hatları                                    | Evet |                  |
| Bükümlü boru hatları                                | Evet | D notuna bakınız |
| Dairesel boru hatları                               | Evet |                  |
| Dairesel olmayan boru hatları                       |      | E notuna bakınız |
| Çeşitli en kesitleri olan boru hatları              |      | F notuna bakınız |
| Yanal bağlantıları olan boru hatları                |      | G notuna bakınız |
| Biçiminde bozulma meydana gelmiş boru hatları       |      | F notuna bakınız |
| Basınçlı boru hatları                               | Evet |                  |
| Bir insan girebilecek kadar geniş olan boru hatları |      | H notuna bakınız |

- a) Kayarak kaplama atık su kanallarını yenilemek için kullanılabilir, ancak sondaj içinde meydana gelen daralma nedeniyle yer çekimi boru hatları için genel olarak ilk seçenek değildir.
- b) İçilebilir su ile temas halinde olması muhtemel olan tüm materyaller için ilgili düzenleyici kurum ya da kuruluşunun onayı gerek duyulur.
- c) Özellikle de geniş çaplı borularda görülen sert dirsek yapıları genel olarak dönülemez. Montaj sırasında eski ve de yeni boru arasındaki sürtünmeyi eklenen ve de kaplama malzemesinin uzunluğu bu şekilde azaltan tüm dirsekler, boruya herhangi bir fazla yük getirmeksizin içeri çekilebilir.
- d) PE borular, göreceli olarak çok da yaygın olmamasına rağmen, dairesel olmayan kesitler için kullanılabilir.
- e) Sivri uçlar bir araya getirildiği müddetçe, kaplama malzemesi ana borunun minimum boyutlarına boyutlandırılmak durumundadır.
- f) Kaplama malzemesi montajı öncesinde ve de kesinlikle derz dolgu öncesinde bağlantıların kazılarak ortaya çıkartılması ve de bir diğer ile bağlantılarının kesilmesi

genel olarak gereklidir. Söz konusu süreç, sıkı geçme kaplama işleminde daha karışık olmasına rağmen, dâhili yeniden bağlantı kurma mümkün olabilir.

g) Materyalin ağırlığından dolayı, sürekli bir bağ olarak bir insanın girmesinin mümkün olduğu kadar geniş olan boru içerisine yeni bir boru hattının çekilmesi sıradan bir durum değildir.

### 4.3.3. Tasarım gereksinimleri

Kayarak kaplama için kullanılan borular genel olarak, ama her zaman için değil, benzer türde ve yeni montaj işlemleri için kullanılanlar ile aynı spesifikasyondaki bağımsız borulardır. PE borular genel olarak, dahili basıncın başlıca kriter olduğu uygulamaları amaçlar ve de basınçlı borular içindeki PE kayarak kaplamaların tasarımı, yeni borular için söz konusu olan aynı ilkeleri izlemelidir. Mevcut boruların yeteri kadar sınırlama sunduğunun bilinmesi şartıyla, ince duvarlı kaplama malzemeleri zaman zaman kullanılabilir ve de dairesel dolgunun bütün derz dolgu işlemi başarı ile yerine getirilebilir, böylece de kaplama malzemesinin hiçbir kısmı desteksiz kalmaz. Bu durumu garanti etmek her zaman için kolay değildir ve de bu nedenle, ince duvarlı kaplama malzemeleri, modifiye edilmiş (sıkı – dar geçme) kayarak kaplama içinde sıklıkla kullanılmalara rağmen, temel kayarak kaplama işlemi için gözde bir teknik değildir.

Basınçlı boruları kaplarken dairesel halka biçiminde derz dolgu işlemi gerekli olmayabilir, ancak kaplama malzemesinin bilezik halka sertliğini arttırmak amacı ile kanalizasyon boru hatları için genel olarak gereklidir. Atık su kanalları içindeki kayarak kaplamalar genel olarak ana boru ve de dairesel halka biçiminde derz dolgu tarafından kısıtlanmak üzere tasarlanmıştır, fakat mevcut boru duvarı ile bir bağ oluşturmaz. Bu tür durumlarda, derz dolgu sadece bir dolgu maddesi olarak görev yapar ve yüksek yapısal direnç gerektirmez. Yapısal desteğin bazı ölçüleri için ana boruya dayanan sistemler zaman zaman ‘interaktif kaplama’ olarak da bilinir.

PE'nin göreceli olarak düşük eğilme modülünden ötürü, yüksek harici yüke karşı mukavemet göstermek için kalın duvarlı borulara ihtiyaç duyulabilir. Bu durum, önemli derinliklerde yatan ya da yüksek araç yüküne maruz kalan yerçekimi borular için önemli bir etkidir. Bu gibi durumlarda, kaplama malzemesinin duvar

kalınlığını artırmaktan ziyade yüksek dirençli derz dolgu için kalıcı bir kılıp yapısı olarak PE kaplama malzemesinin tasarlanması daha ekonomik olabilir. Bu tür kaplama sisteminde, derz dolgu başlıca yapısal unsurdur.

Tüm durumlarda, kaplama malzemesi sadece kullanımda bulunan dahili ve de harici güçlere karşı değil, aynı zamanda montaj sırasında, özellikle de vinç yüklerine ve derz dolgu basıncının neden olduğu yüklere karşı da mukavemet göstermek üzere tasarlanmak zorundadır.

#### **4.3.4. Kaplama boruları**

Yukarıda da işaret edildiği üzere, kayarak kaplama malzemesi yaygın olarak polietilenden üretilir, fakat ana boru içerisinde yerleştirilebilecek her hangi bir materyalden de üretilmesi mümkündür. Sondaj daralmasını minimize etmek için esas kriter ise, eklemlerin boru kovanının dışına çıkıntı yapmamasıdır.

Aşikârdır ki, eğer ki bir boru dizisi vinç yardımı ile yerleştirilecek ise, eklem yerleri çekilerek kopartılmamalıdır. Ya yüzey üstünde ya da araya ekleme çukuru içinde yer alan eriyerek birleşme olarak eritilerek kaynatılan (alın kaynağı) PE sıklıkla kullanılır.

Boşluğu sınırlarına tabi olarak, yüzey üstünde eriterek birleştirme işlemi, servisin kesintiye uğramasını minimize etmek için hızlı bir şekilde çekilebilecek olan uzun boru dizilerinin hazırlanmasına imkân verir. Borunun eğilme sınırlarına bağlı olarak, sözü edilen bu montaj yöntemi, özellikle de derin ya da geniş çaplı borular için uzun başlatma çukurlarını gerektirir. Çukur içinde eriterek birleşme tekniği kısa bir kazma işleminin imkân sağlar, ancak montaj işlemleri, eklem yerleri kaynak edildikçe ve de soğutuldukça hızlı bir şekilde ilerleyebilir.

Yeni montaj işlemlerinde eriterek kaynatılan ekleme yerleri için normal prosedürler ve de önlemler, kayarak kaplama borularına eşit oranda uygulanır ve de boru ile eriterek birleştirme ekipmanlarının imatlatçılarının önerileri de yakından izlenmelidir.

A.B.D.'de gerçekleştirilen en son gelişme, uPVC boruların eriterek kaynatma yöntemi ile kaynak edilmesidir. Bu gelişme, standart uPVC basınçlı boruların, polietilen ile benzer bir mantıktan yararlanarak, çekme tekniği ile ters yüz etme yöntemini içeren uygulamalarda kullanılmasına imkan verir. Eriterek kaynatma yöntemi ile kaynak yapma süreci, reçine formülasyonunun ve de eriterek birleştirme koşullarının çok dikkatli bir şekilde kontrol edilmesini gerektirir.

Eriterek birleştirilen ekleme yerleri için yaygın biçimde kullanılan iki alternatif söz konusudur. Vidalı birleştirme rakorları ve yerine tam olarak oturan ekleme yerleri. Bunlardan ilki, polietilen gibi boru malzemelerinde kullanılabilir ve de daha yüksek imalat maliyeti pahasına da olsa, güvenilir ve de hızlı bir şekilde bir araya getirilen rakor sağlar. Birlikte yuvalarına tam olarak oturan boru rakorları yüksek gerilme güçlerine karşı mukavemet gösteremeyebilirler ve de su mensesi tarafından sık sık araya ekleme çukuruna itilirler. Sözü edilen bu teknik, bu çalışmanın ileriki bölümlerinde açıklanan yerinde değiştirme işleminin bir takım formlarında kullanılan tenkil ile benzerdir.

Bir diğerine mekanik olarak eklenen borular, araya ekleme işlemi için kullanılabilir olan boşluğa uymaları için boyuna kullanılabilirler ve de mevcut odalarda monte edilebilirler. Bununla birlikte, eklemlerin işlemesi imalat maliyetinin büyük bir kısmını temsil eder, bu yüzden de uzunluğu fazla olmayan borular genel olarak yüksek birim maliyete sahiptirler.

#### **4.3.5. Araya yerleştirme**

Kayarak kaplamalar çekilebilir ya da itilebilirler. Eğer söz konusu kaplamalar çekilirler ise, yeni boruyu sıkıca tutan ve vinç kablosundaki gücü transfer eden çekme bağlantı kafası yüksek, yerleştirilmiş gerilim empoze etmeksizin güvenli bir bağlantı sağlar. Bazı tasarımlar, ayrıca, giriş kısmında toprak ya da moloz girmesini önlemek için borunun uç kısmını da izole ederler, bu işlem içme suyu uygulamaları için özellikle talep edilen bir husustur.

Küçük çaplı kayarak kaplamalar sık sık ‘çekme bağlantı soketleri’ kullanılarak çekilir. Bunlar, çap bakımından azalma eğilimi gösteren ve de bir çekme işlemi uygulandıkça kaplama malzemesini daha sıkı tutan elmas şekilli ağdan yapılmış borulardır.

Kaplama malzemesinin aşırı gerilmesinden kaçınmak amacı ile vinç kablosu ve de çekme bağlantı kafası arasına bir kopma konektörü oturtulabilir. Söz konusu bu konektörler, ünitenin iki yarısının hangi yükte bir diğerinden ayrılacağını belirleyen birbiri ile değiştirilebilir pimlerin bir dizisine sahiptir. İstenmemesine rağmen, konektörde kırılma nedeniyle meydana gelen hasar genel olarak borunun hasar görmesine ve de sonrasında yaşanması muhtemel olumsuzluklara tercih edilir ve ayrıca, bir kopma konektörünün mevcut olması, operatörlerin dikkatini aşırı vinç yükünden kaçınmak konusu üzerinde yoğunlaştıracaktır.

Küçük kaplama malzemeleri manüel olarak çekilebilir, ancak pek çoğu dışarıda bir desteğe ihtiyaç duyar. Vinç, gerilimde kopan ya da kontrol edilemeyen varyasyonlar meydana getirmeden sabit bir şekilde ilerleyen bir çekme uygulayabilir. Vincin konumlanmasına ve de kablonun yönünün belirlenmesine azami özen gösterilmeli ve kablonun önünde engel tesis etmek üzere ek disk makaraların monte edilmesi sıklıkla gerekli olabilir.

Boru itme makinelerinin, ya manüel olarak itilen ya da hidrolik gücü ile itilen çok sayıda tasarımı mevcuttur. Diğerleri araya yerleştirme çukurunun hemen arkasında yüzey üstünde konumlandırılır iken, bir kısım türler ise araya yerleştirme çukurunun içinde işlev görecektir şekilde tasarlanır. İtme makinesi kaplama borusunu sıkıca kavrar ve de ana boru içinde ileri doğru iter. Kavrama mekanizması, daha sonra, serbest bırakılır ve başlama pozisyonuna geri döner ve sözü edilen süreç tekrar edilir.

#### **4.3.6. Derz dolgu**

Mevcut boru ile kompozit olarak işlev gören ve kaplama malzemesinin mevcut boruya yapıştığı kaplama sistemleri ve kaplama malzemesi borusunun basit bir biçimde dairesel halka derz dolgu için kalıcı bir kalıp olarak işlev gördüğü sistemler,

genel olarak 10 ve de 20 kPA arasında sıkıştırıcı bir güç ile yapısal derz dolgu gerektirir.

Ana boru etrafında kısıtlanan ve ona yapışma gereği duymayan kaplama malzemeleri, sadece iki element arasında yükleri iletebilen bir dolgu maddesine gerek duyar. Bu amaçla kullanılan derz dolgu maddelerinin bir kısmı, daha yüksek güçte malzemelerin kullanılmasında hiçbir zarar olmamasına rağmen, sert klinkere benzer 1 kPA civarında bir güce haizdir.

Genel amaçlı Normal Portland Çimentosu ve Öğütülmüş Yakıt Külü (OPC/PFA) derz dolgu malzemeleri, çok çeşitli özel formüller piyasada mevcuttur olmasına rağmen yaygın bir biçimde kullanılırlar. Bunlardan bir tanesi, yer çekimi ya da minimal düzeyde basınç altında dairesel halka boyunca akan, fakat yaklaşık olarak 20 dakika içinde oturan çok düşük viskozite özelliğine haiz derz dolgu malzemesidir. Hızlı katılaştıran derz dolgu malzemelerinin bir avantajı ise, zemin derz dolgu uygulama işleminin, konvansiyonel malzemelerden daha hızlı bir şekilde ilerlemesine izin vermeleridir.

Derz dolgu uygulama işlemi sırasında bir kaplama malzemesi üzerindeki güçler zaman zaman normal hizmet süresince karşılaşılan herhangi bir şeyden daha yüksektir ve derz dolgu malzemesinin basıncıda ve de yüzdürme güçlerine bağlı olarak ortaya çıkması muhtemel sorunlardan uzak durulmalıdır. Yüzdürme kuvvetleri zaman zaman, özellikle de daha geniş kaplama malzemelerinde, normal değerler altında tahmin edilir ve de gücün, dairesel halka içinde yer alan derz dolgu malzemesinin ağırlığından ziyade kaplama malzemesi (örneğin; derz dolgu yoğunluğu ile çarpılan kaplama malzemesinin hacmi) tarafından yerinden edilen derz dolgu malzemesinin ağırlığı ile ilgili olduğu hatırlanmalıdır.

Yüzdürme kuvvetinin etkisinin yok edilmesine ve harici basınca direnç gösterilmesine yardım ederek derz dolgu işlemi sırasında kaplama malzemesinin su ile doldurulması en yaygın kullanılan pratik yöntemdir. Bu şekilde bile, pek çok derz malzemesi 1.0 değerinden daha büyük spesifik yer çekimine haiz olduğundan ötürü,



özellikle değişim hızının kritik olduğu ve yüzdürmenin kabul edilemez olduğu daha büyük yer çekimi boru hatlarında kademeli derz dolgu uygulaması gerekli olabilir.

#### **4.3.7. Hareketli araya yerleştirme ve servis borusu yenileme**

Yeni bir polietilen boru hattının, tedarik zincirini kesintiye uğratmaksızın mevcut bir gaz şebekesi ya da servisine eklenmesine izin veren bir takım teknikler geliştirilmiştir. Söz konusu bu yöntemler genel olarak, montaj sırasında eski boru hatları ve yeni boru hatları arasında dairesel halka biçimindeki boşluktan akan gaza dayanmakta ve de bu yüzden boru sondajında bir daralmaya yol açmaktadır. Bu durum, orijinal olarak daha düşük kalorifik değerin gazı için tasarlanan ya da şu anda mevcut olanlardan daha düşük basınç değerinde dağıtılan eski şebekeler durumunda kabul edilebilirdir.

İlk aşama, izole edilmiş bölümün bir ya da her iki ucunda da bir aşma borusu yoluyla gaz tedarik edilmesini sağlayarak, şebekenin yenilenecek olan kısmını izole etmektir. Daha sonra ise, yeni polietilen boru, kazı girişindeki eski şebekeye iliştirilen bilezikli salmastralar üzerinden beslenir ve yenilenecek şebekenin tüm uzunluğu boyunca pnömomatik ve hidrolik makineler kullanarak itilir. Genel araya yerleştirme uzunlukları 100 ve de 500 metre arasındadır.

Teknik üzerinde farklı değişkenler söz konusudur, ancak en basit versiyon ise, yeni PE borusunun kazı çıkışından bilezikli salmastralar aracılığı ile geçirilmesi ve bu durumda ya eski şebekeye ya dayeni genel olarak daha yüksek basınçlı olan yeni şebekeye bağlanabilir. Tüm varyasyonlarda, eski ve yeni borular arasındaki dairesel halka biçimindeki boşluk montaj sırasında tüketicilere hizmet sağlanması devam ettirilmesini muhafaza etmek için kullanılır. Servislerin yeni PE borusunu transfer edilmesini kolaylaştırmak için, eski şebekenin kesilmesi ve de yeni bağlantının yapılabilmesine izin veren gaz akışının durdurulması için dairesel halka biçimindeki boşluk içerisinde poliüretan köpük enjekte edilir. 77 mm'den 450 mm'ye kadar çapı olan gaz şebekeleri bu yöntemi kullanarak yeniden kaplanabilir.

Gaz servis borularının yenilenmesi işi için, bir t borusu etrafında 90 derecelik bir dirsek ile ya da birkaç uzun yarıçaplı bükümler aracılığıyla PE borusunun araya eklenmesini sağlayarak mevcut gaz sayaç pozisyonunun muhafaza edilmesine imkân veren bir teknik mevcuttur. Sayacın ve de ana vananın yerinden sökülmesinden sonra, kaplama montajı sayaç pozisyonunda servis bağlantısına tutturulur. Her hangi bir başboş pas benzeri şeyleri çıkartmak için eski servis borusu içine hava üflenir. Servise toplama borusu, bükümü ve de taşma borusu eklenir ve en ücra köşeye kadar havanın girmesine imkân sağlanır. Daha sonra, bu teknik vinç kablosunu gri çekmek için kullanılır ve toplama borusunun en üst kısmına vinç monte edilir. PE borusunun kısa bir kısmı, her hangi bir pas ya da kireci çıkartmak amacı ile vinç yardımı ile çekilir. Borunun tam uzunluğu ise, diğer uçtan manüel olarak uygulanan bir itme gücü ile kombinasyon halinde vinci kullanarak monte edilir ve borunun her hangi bir esnemenen kurtarılması için kısa bir süre sonra bir test işlemi uygulanır. Söz konusu bu teknik, su servislerinin yenilenmesi işi için adapte edilebilir.

#### **4.3.8. Yan parçalar ve de kol bağlantıları**

Yer çekimi (kanalizasyon veya cazibeli) boru hatlarının kayarak kaplanması ile bağlantılı bir biçimde yan parçaların ve de kolların yeniden bağlanması genel olarak kazı işlemi gerektirir. Derz dolgu işlemi öncesinde kaplama malzemesi içinde bir kısmın kesilerek açılması ve de kol ile kaplama malzemesini arasındaki kısmı izole etmek ve de her ikisi içine de derz dolgu malzemesinin girmesini önlemek için yan parça üstünde şişirilebilir bir çantanın araya eklenmesi mümkündür. Bununla birlikte, söz konusu bu operasyonun karışıklığı, şayet harici erişim çok zor ya da imkansız ise doğrulanır ve de prosedür yalnızca daha geniş olan borularda kullanılabilir.

Derz dolgu uygulama işlemi gerçekleştirilmeden önce kazı işlemi başlatılmalı ve de kol bağlantıları kesilmelidir. Yeni montaj işlemlerinde kullanılan aynı yöntem ile kol bağlantılarının PE kaplama malzemelerine eklenmesi için elektro füzyon tekniği yaygın bir biçimde kullanılır. Yeni ek yerine mevcut kol bağlantılarına yeniden bağlanması için kullanılacak özel manşonlar mevcuttur [8, 9].

## 4.4. Sıkı Geçme Termo Plastik Kaplama

### 4.4.1. Genel bakış

Araya eklemi işlemleri öncesinde kasıtlı olarak deforme edilen ve de daha sonra yeniden eski orijinal hallerine geri döndürülen, böylece de ana boru içerisinde sıkı bir şekilde oturan (geçen) kaplama malzemesinin kullanımı, ‘Sıkı Geçme Kaplama ya da modifiye edilmiş kayarak kaplama’ olarak bilinir. Bu gibi teknikleri temel kayarak kaplamanın mantıklı bir gelişimidir ve hem yer çekimi boru hatlarına hem de basınçlı boru hatlarına uygulanabilir. Yerinde sertleşen kaplama da ‘Sıkı – Dar Geçen Kaplama’ olarak isimlendirilir, ancak bu yönerge içinde başka bir yerde ayrı olarak ele alınmaktadır.

### 4.4.2. Yöntemlerin ilkeleri ve sınıflandırılması

Sıkı – dar geçen kaplama yöntemlerinin ilkesi, orijinal dış çapı, ana borunun iç çapından %5 daha az ve %3 daha fazla olan bir polietilen ya da PVC kaplama borusunu kullanmak ve de araya yerleştirme işlemi için yeterli açıklığı sağlayarak onun çapını geçici olarak azaltmaktır [1, 5]. Bir kere araya yerleştirildikten sonra, kaplama malzemesi sıkı – dar geçen kaplama oluşturmak için kendi orijinal ebatlarına geri döndürülür. Sıkı – dar geçen kaplama yöntemleri şu yönlerden sınıflandırılabilir.

- a) Çap azalması için kullanılan yöntem (Simetrik ya da Katla ve Şekil Ver)
- b) Ters yüz etme işlemi için kullanılan yöntem (natürel, ısı, basınç)
- c) Kaplama malzemesinin türü (PE, uPVC, PVC alaşımları)

Kullanılabilir olan yöntemler, aşağıda yer alan tabloda bu temelde özetlenmektedir. (Her bir yöntem, duvar kalınlığı ve de işlenebilecek çap aralığı üzerinde sınırlamalar empoze eder ve bu durum monte edilen kaplama malzemesinin yapısal kapasitesini belirler. Bu durum, ayrıca, kaplama malzemesine de bağlıdır.)

Tablo 4.4. Sıkı Dar geçme Termo Plastik Kaplama Şekilleri

| Daraltma Yöntemi   |                             | Malzeme                         | Minimum Çap(mm) | Maksimum Çap(mm) | Maksimum SDR min(t) | Minimum SDR max(t) | Direnç Sınıfı | Maksimum Basınç Sınıfı IV (bar) | ESAS Uygulama Alanı  |
|--------------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------|------------------|---------------------|--------------------|---------------|---------------------------------|----------------------|
| Simetrik           | Gerilim                     | PE 80/100                       | 75              | 1000             | 80                  | 11                 | 2 / 3 ya da 4 | 16                              | Basınç               |
|                    | Sıkıştırma                  | PE 80/100                       | 100             | 500              | 33                  | 11                 | 2 / 3 ya da 4 | 400'e kadar 16, daha sonra 10   | Basınç               |
|                    | Daraltma Yok                | uPVC / moPVC                    | 100             | 900              | 42                  | 18                 | 4             | 10                              | Basınç               |
| Katla ve Şekil Ver | Yerinde Katlanmış           | PE 80/100                       | 75              | 1600             | 80                  | 26                 | 2 / 3 ya da 4 | 6@ 400'den 2,5@1600             | Basınç               |
|                    | Fabrikada Katlanmış (Sıcak) | PE 80/100 uPVC ve alaşımlar     | 100             | 500              | 33                  | 17                 | 2 / 3 ya da 4 | 10                              | Basınç ve Yer Çekimi |
|                    |                             |                                 | 150             | 500              | 33                  | 33                 | Uygun Değil   | Uygun Değil                     | Yer Çekimi           |
|                    |                             |                                 | 100             | 600              | 25                  | 14                 | 4             | 16                              | Basınç               |
|                    | Fabrikada Katlanmış (Soğuk) | PE                              | 100             | 300              | 50                  | 33                 | 2 / 3         | N / A                           | Basınç               |
|                    | Fabrikada Katlanmış (Sıcak) | Polyester ile güçlendirilmiş PE | 70              | 200              | 50                  | 30                 | 4             | 16'dan 150'ye 10'dan 250'ye     | Basınç               |

#### 4.4.2.1. Simetrik azaltma yöntemleri

Söz konusu bu sistemler, bir PE borusunun, ya bir levha üzerinde bir delik ya da bir dizi yivli silindirden oluşan dairesel açıklık içeren bir kalıp içerisine itilerek ya da çekerek çapının azaltılmasını içerir. Kaplama malzemesinin dairesel kesiti, çap daralması ve de akabinde gerçekleştirilen ters yüz etme işlemi süresince alıkoyulur. Kaplama malzemesini deforme etmek amacı ile kullanılan enerji kaynağına bağlı olarak yöntemler, daha sonra gerilim ve de sıkıştırma bazlı sistemler olarak alt bölümlere ayrılabilir.

Gerilim bazlı sistemlerde, kaplama malzemesi bir kalıp aracılığıyla vinç ile doğrudan yenilenecek olan borunun içine yerleştirilir. Kalıp tarafından oluşturulan çap azaltılması, vinç kablосundaki gerilim tarafından muhafaza edilir. Vinç gerilimi bir kez serbest bırakıldığında, sıkı bir şekilde yerine oturmuş kaplama malzemesi oluşturmak için boru duvarına çarpana kadar kaplama malzemesi hızlı bir şekilde kendi orijinal çapına döner. Bu tekniğin bir gelişmesi, ana boru kimliğinden kendisinde daha küçük olan %10 ile %20 civarına bir çap ile standart uPVC basınçlı borudan yararlanır. Araya yerleştirme işlemi sonrasında, kaplama malzemesi sıkı bir şekilde yerine oturana kadar ısı ve basınç ile genişletilir. Genişleme süreci esnasında, halka gerilim gücünü ve basınç kapasitesini arttıran moleküler uyum meydana gelir.

Azaltılan kaplama malzemesinin çapını ana boru içine vinç yardımı ile yerleştirildikten ve de her iki ucunu da izole ettikten sonra, kaplama malzemesini kendi orijinal haline geri döndürmek amacı ile basınç uygulanır. Söz konusu bu teknik, korozyon koruması ve sızma izolasyonu için tam olarak basınç oranlı borulara ya da ince duvarlı yapısal olmayan kaplama malzemelerine uygulanabilir ve de kaplama malzemeleri aşamalı bükümler civarında monte edilebilir. Sistemler, 100 mm ve 600 mm arasındaki çaplar için mevcuttur, ancak teknik sadece 1100 mm ye kadar olan çaplar için kullanılabilir.

Sıkıştırma bazlı sistemlerde, kaplama malzemesi, yivli silindirlerin bir dizisi ile oluşturulan dairesel açıklıkların bir dizisi aracılığıyla çekilir. Çapta meydana gelen azalma duvar kalınlığında meydana gelen bir artış ile ilişkilidir ve de dâhili su basıncını kullanan müteakip bir ters yüz etme işlemine kadar büyük ölçüde alıkonulur. Söz konusu bu karakteristik özellik, çapta meydana gelen azalmanın zaman ve yer açısından araya yerleştirme ve ters yüz etme süreçlerine ayrılmasına izin verir. Ayrıca, daraltma ekipmanında önce ek kaplama malzemesinin uzunluklarının eklenmesine izin vermek amacı ile daraltma sürecine bir süre için ara verilebilmesine de imkân sağlar.

İçme suyu şebekeleri de dahil olmak üzere basınçlı boruların pek çok türü için uygun olmalarına rağmen, gaz endüstrisi için bir takım teknikler geliştirilmiştir. Çap

daraltma işlemi, malzemenin özellikleri ile kısıtlandığından dolayı, söz konusu bu süreçleri ek yerlerinin ve de diğer boyutsal düzensizlikleri yerinde çıkarmış olabilen atık su kanalları içinde yaygın bir şekilde kullanılmamaktadır. Pek çok bombeli kaplama malzemelerinden daha yüksek eğilme modülü olan bir materyal de, yüksek harici yüke maruz kalan yer çekim boruları için tercih edilebilirler.

#### **4.4.2.2. Katla ve şekil ver süreci**

Katlanmış kaplama malzemeleri zaman zaman ‘Katlanmış ve Şekil Verilmiş Boru’ kaplama malzemeleri (FFP) olarak bilinirler ve de pek çoğu, montaj işlemi öncesinde bir ‘U’ ya da ‘C’ şeklinde kaplama borularının oluşturulmasını içerir. Daraltılmış çaplı kaplama malzemelerinde olduğu gibi, katlanmış kaplama malzemelerinin ilkesi, araya yerleştirme işlemi esnasında kaplama malzemesinin etkin ebadını daraltmak ve daha sonra ise ana boru içerisinde sıkı geçen bir süreç üretmek amacı ile kendi orijinal şekline geri döndürmektir. Katlanmış kaplama malzemeleri hem basınç hem de yer çekimi boru hatları için kullanılabilir. Yer çekimi boruları için PVC katlı kaplama malzemeleri kullanılabilir iken, basınçlı uygulamalar için genel olarak polietilen kullanılır.

Bazı sistemlerde, kaplama malzemesi fabrikada katlanır ve de işlem yapılacak yere rulolar halinde getirilir. Bu durumda, ana boru içine vinç yardımı ile çekilebilir. PE kaplama malzemeleri, özellikle ince duvarlı olanlar, sadece basınç kullanılarak eski hallerine geri döndürmek için ısıtmaya ihtiyaç vardır. Diğer sistemlerde, PE kaplama malzemeleri araya yerleştirme sürecinin bir parçası olarak işlemin yapılacağı yerde katlanır. Basınçlı borular için fabrika tarafından katlanmış PE kaplama malzemeleri 450 mm’ye kadar mevcut iken, işlemin yapılacağı yerde katlanan kaplama malzemelerinin çapı ise 1600 mm’ye kadar çıkabilmektedir.

Teslimat öncesinde borunun katlanmasına bir alternatif olarak, dairesel bir PE borusunun, işlemin yapılacağı yerde bir oluşturma makinesi ile itildiği ince duvarlı kaplama malzemeleri sıkı geçen bir kaplama tekniği de söz konusudur. Bu teknik, mevcut boru içine yerleştirilmek için bir ‘U’ ya da ‘C’ şekline katlanmış standart PE borusunu kullanır. Eski haline döndürme aşaması esnasında monte edilen kaplama

malzemesine basınç uygulandığında kopan geçici sargılar ile şekil korunur. Kaplama malzemesi uzun mesafeler için (1000 metrenin üzeri) monte edilebilir ve de boru çapına ve diğer etmenlere bağlı olarak bükümler etrafına da monte edilebilir.

Termo plastik PVC kaplama malzemeleri sık sık esnekliğini artırmak amacı ile araya yerleştirme süreci öncesinde ısıtılır ve de, bir kere yerine geldikten sonra, malzeme boyunca istikrarlı bir sıcaklık değeri oluşturmak amacı ile içsel olarak ısıtılır. Aşağı akım yönündeki uca doğru buhar basıncı ile ileri doğru sürülen kaplama malzemesinin yukarı akım yönündeki ucuna bir yuvarlama cihazını ekleyerek, eski haline geri döndürme süreci devamlı olarak başarılabilir. Cihaz ilerlediği müddetçe, kaplama malzemesinin ana borunun duvarına doğru genişletir ve de ayrıca, kaplama malzemesi ve boru arasında kalan her hangi bir sıvıyı da dışarı çıkarmaya mecbur bırakır. Esnek hale geldiğinde, kaplama malzemesi ana borunun şekline göre kalıp alır ve genel olarak yanal bağlantı noktalarında çukurlar meydana getirir. Uç kısımlar soyulduktan ve de yan parçalar yeniden açıldıktan sonra, kaplama malzemesi sert bir hale gelmesi için serinletilir iken, basınç muhafaza edilir. Tipik bir montaj süreci yaklaşık olarak 5 saat sürer. Yer altı suyu filtreleme işleminin, kaplama malzemesinin ana borunun şeklini yeniden oluşturması sürecini ters yönde etkileyebileceğine ve bu tür koşullar altında alternatif bir tekniğin kullanılması talep edilebileceğine dikkat edilmelidir.

Katlı PVC kaplama malzemeleri 100 ile 350 mm arasındaki çap değerlerinde mevcuttur ve de katlama ve yeniden oluşturma süreçlerine uyum sağlaması amacı ile modifiye edilmiş bir tür PVC'den imal edilmektedir. Modifikasyonun derecesi, ürünler arasında büyük ölçüde değişiklik arz eder. Bir kısım 2000 – 2500 MPa arasında göreceli olarak yüksek bir eğimli modüle sahip iken, diğer yüksek oranda modifiye edilmiş bileşenler sadece, polietilene benzer bir rakam olan 900 ile 1100 MPa'lık bir değere ulaşırlar. Bu durum, kaplama malzemesinin yapısal tasarımında mutlak suretle göz önünde tutulmalıdır.

Küçük çaplı boru hatlarının, basınç oranlı bir polietilen değiştirme ile sıkı geçen yenilenmesi, özellikleri şekil belleğini de içeren çapraz bağlantılı polietilen (PE-X) kullanılarak başarı ile gerçekleştirilebilir. Bu durum, boruların verilen değerde

ekstrede edilebilmelerine ve de bunun akabinde çaplarının %25 oranında daraltılmasına da imkân sağlar, daha sonra işlem yapılacak yere teslim edilmek üzere ürün uzunlamasına olacak şekilde sarılır. Ebat daraltması, büzölmelerin ve de eklem tutarsızlıklarının giderilmesine de imkân verir. Bir kere araya yerleştirildikten sonra, malzemenin şekil belleğini aktif hale getiren ve de ekstrude edildiği boyutlarına geri dönmeye neden olan bir sıcak hava cihazı kullanılarak ısıtılır. Kaplama malzemesi borusu, her hangi bir tabaka ve eklemlerin aralarına girerek sıkı geçen bir kaplamayı gerçekleştirir. Eğer ki, ters yüz etme süreci öncesinde, ana boru kol bağlantılarının pozisyonundan çıkarılsa, yeni boru standart elektro füzyon donatılarının kullanımını için doğru boyutlara kadar genişler.

Polietilen içine sarmalanan dairesel bir dokuma polyester gömleği içeren bir su şebekesi için yeniden kaplama sistemi kullanılabilir. Sözü edilen bu esnek hortum, ana boru içerisinde eklenmeden ve de düşük buharlı basınç kullanılarak şişirilmeden önce sıkı bir ‘C’ şekline katlanır. Söz konusu süreç, çapa bağlı olarak 23 bara kadar desteklenmeyen elli yıllık bir yarılma direncine sahip olabilen ince duvarlı bir kaplama malzemesi üretir. Sistem, şu anda 20 ile 200 mm en aralığında mevcuttur ve de tek bir operasyonla 200 metre uzunluğa kadar monte edilebilir. Sistem, bükümler boyunca kaplama sürecini gerçekleştirmek için kullanılabilir.

Küçük çaplı (12 mm ve 18 mm arasında) su servis borularını yeniden kaplamak için iki teknik, sızıntı kontrolünü ve de boru girişlerinin kirlenmesinden kaçınmayı amaçlar. İlk teknikte, katlı bir polietilen film basınçlı bir tank içinde yer alan bir makara üzerinde sarılır. Kaplama malzemesinin ucuna bağlanan küçük bir esnek kurşun üzerinde hareket eden hava basıncı tarafından muharrik güç oluşturulur. Yağsız bir kompresörden elde edilen hava basıncı tankı içinde serbest bırakılır ve de kaplama malzemesini borunun arkasına taşıyarak kurşunu boru içerisinde iter. Daha sonra ise, kaplama malzemesi sıkıştırılmış hava ile şişirilir, su beslemesinin hızlı bir şekilde eski durumuna geri dönmeye izin vererek standart sıhhi tesisat teçhizatları ile yerine tutturulur. İkinci teknik ise, buhar basıncı ile genişletilmış ve de standart sıhhi tesisat teçhizatları ile olduğu yerde emniyetli bir şekilde sabitlenmiş normali altında boyutları olan ekstrude bir polyester borunun araya yerleştirilmesini içerir.



İşlem yapılacak yerde katlanan sistemler şeritleri kullanılarak ambalajlandığı halde, fabrika tarafından katlanmış kaplama malzemeleri bir rulo ya da tambur üzerinde sarılı bir biçimde işlem yapılacak yere getirilir.

#### 4.4.3. Uygulama alanları

Tablo 4.5. Sıkı Dar Geçme Termo Plastik Kaplama Uygulama Alanları

|   |      |                  |
|---|------|------------------|
| Atık su kanalları                                   | Evet | A notuna bakınız |
| Gaz boru hatları                                    | Evet |                  |
| İçilebilir su boru hatları                          | Evet | B notuna bakınız |
| Kimyasal / Endüstriyel boru hatları                 | Evet | H notuna bakınız |
| Düz boru hatları                                    | Evet |                  |
| Bükümlü boru hatları                                | Evet | C notuna bakınız |
| Dairesel boru hatları                               | Evet |                  |
| Dairesel olmayan boru hatları                       |      | D notuna bakınız |
| Çeşitli en kesitleri olan boru hatları              |      | E notuna bakınız |
| Yanal bağlantıları olan boru hatları                |      | F notuna bakınız |
| Biçiminde bozulma meydana gelmiş boru hatları       |      | E notuna bakınız |
| Basınçlı boru hatları                               | Evet |                  |
| Bir insan girebilecek kadar geniş olan boru hatları | Evet | G notuna bakınız |

- a) Daha sonra ters yüz edilen katlı kaplama malzemelerini kullanarak, spesifik olarak atık su kanallarının yenilenmesini amaçlayan müseccel sistemler vardır. Bombeli kaplama sistemleri, bununla birlikte, genel olarak atık su kanalları için uygundur.
- b) İçme suyu ile temas halinde olması muhtemel tüm malzemelerin ilgili düzenleyici kurum ve kuruluşlar tarafından usulüne uygun olarak onaylanması zorunludur.
- c) Montaj sırasında eski ve yeni boru arasındaki sürtünmeye eklenen ve kaplama malzemesinin uzunluğu bir şekilde azaltan tüm dirsekler, boruya her hangi bir fazla yük getirmeksizin içeri çekilebilir.

- d) Katlı kaplama malzemelerinin ters yüz edildiklerinde, bir takım dairesel olmayan profillere uyum sağlayabilmeleri söz konusudur. Bombeli kaplama malzemeleri dairesel borular içindir.
- e) Bombeli ve de katlı kaplama malzemeleri, ana boru çeperleri içinde önemli varyasyonlara uyum sağlayamayabilir, ancak genişletilmiş ve spiral olarak sarılmış kaplama malzemeleri uygun olabilir. Katlı kaplama malzemeleri zaman zaman deforme olmuş borular içinde kullanılabilirler.
- f) Boru çapına bağlı olarak, basınçlı borular için kazma işlemi daha çok yaygın olmasına rağmen, robot ekipman kullanılarak dahili yeniden bağlantı mümkün olabilir.
- g) Bir takım sıkı geçme kaplama sistemleri geniş çaplı boru hatlarında kullanılmak üzere üretilmiş iken, diğer bir takım sıkı geçme kaplama sistemleri ilke olarak daha küçük boyutlardaki boru hatlarında kullanılmak üzere tasarlanmışlardır.
- h) Kaplama malzemesinin kimyasallar ile uyumlu olmasına bağlı olarak.

#### **4.5. Spiral Olarak Sarılmış Kaplama Malzemeleri**

##### **4.5.1. Genel bakış**

Spiral olarak sarılmış kaplama süreçleri, bir giriş çukuruna duyulan ihtiyacı azaltan ya da ortadan kaldıran, normal olarak mevcut bir erişimden ya da menholden bir ana boru içerisine bir uPVC şeridin bir boru formunda helisel olarak sarılması ile yerinde oluşturulan bir boru ya da kaplama malzemesi vasıtasıyla uygulanan yöntemleri içerir. Sertliğini arttırmak amacı ile, yeni kaplamanın dış yüzeyi üzerinde 'eklem' şeridi 'T-kirişleri' ile desteklenir. Bir kısım sistemlerde, şeridin uç kısımları, su geçirmez bir izolasyon oluşturmak üzere bir arada kilitlenir iken, diğer sistemlerde helezonun bitişik dönüşlerini bir araya getirmek için ayrı bir izolasyon şeridi kullanılır. Kaplama malzemesini güçlendirmek için, daha başka sistemler, halka bilezik sertliğine ilaveten ek yerine çelik bir sarma sunar.

Spiral olarak sarılmış kaplama, yenileme teknolojisi sektörü içinde iki farklı bakış açısında görülebilir. İlk olarak, söz konusu sistem, spiral kaplama malzemesinin bir boru içinde monte edildiği ve onunla ana boru arasındaki dairesel halkanın ise

kaplama sürecini tamamlamak amacı ile derz dolgu kullanılarak doldurulduğu bir kayarak kaplama tekniği olarak görülebilir. İkinci olarak, söz konusu sistem, sadece bir kere ana boru boyunca monte edildiğinde, ana borunun iç yüzeyi boyunca çapsal olarak genişleyebilecek şekilde üretilmiş olan ürünler ile sıkı geçen bir kaplama malzemesi olarak da görülebilir. Ayrıca, bu noktada ele alınabilecek iki yöntem de söz konusudur. Bu yöntemlerden ilk olanı, ana boru içinde kaplama malzemesinin şeklini oluşturmak için bir sarma makinesinden yararlanır ve de diğer yöntem ise, ana boru içinde bir insan girebilecek kadar geniş bir operasyonu kullanarak kaplama malzemesini manüel olarak oluşturmaktır. Bir önceki yöntem genel olarak, sarma teçhizatları bir insanın girmesinin mümkün olduğu genişliklere kadar çalışabilmesine rağmen, daha küçük çaplı boru hatları için kullanılır. Mekanik olarak sarma sistemleri 150 mm'den 1800 mm'ye kadar olan çap aralıkları sunarlar. Manüel olarak inşa edilen kaplama malzemeleri genel olarak 1200 mm ile 3600 mm arasındaki daha geniş çaplı boru ebatlarına uygulanabilme eğilimindedirler.

Bir başka en son gelişme ise, uPVC yerine profilli bir HDPE şeridi kullanır. Sarma süreci sonrasında, bitişi şeritler arasındaki kalan birleşme yeri, yüksek dirençli bir su sızdırmaz ek teri tesis etmek üzere sıcak füzyon ile kaynak edilir. Profil, bir çelik güçlendirme şeridini, PE kalıptan çekme sürecinin kapsamlı bir parçası olarak bünyesinde barındırır.

#### **4.5.2. Mekanik olarak sarılmış kayarak kaplama**

Sıklıkla spiral olarak sarılmış kaplama olarak bilinen boru, menhol ya da küçük erişim kazısında normal olarak pozisyonlanmış hidrolik olarak çalıştırılan bir sarma makinesi (Şekil 4.6) tarafından oluşturulur. Borunun önde gelen uç kısmı, helezonun sonraki dönüşleri de eklendikçe, ana borunun aşağısına doğru gider. Montaj esnasında borunun tamamı döndüğünden dolayı, sarma makinesinin döndürme kapasitesinin olduğu kısıtlayıcı etmenler sürtünme ve de kaplama malzemesinin ağırlığı olabilir.

Alternatif bir spiral olarak sarma tekniği, boruyu oluşturdukça ve de böylece kaplama malzemesinin kendini döndürmeye olan ihtiyacı ortadan kaldırarak, ana

boru boyunca gidip gelen bir sarma makinesini kullanır. Ana boruya uymak için şekil almış bir sarma kafesi kullanarak, dairesel olmayan kesitler oval, yumurta biçimli ve de dikdörtgen biçimliler de dâhil olmak üzere kaplanabilirler.



Şekil 4.6. Mekanik olarak spiral kaplama

Borunun monte edilmesinden sonra, dairesel halka biçimindeki derz dolgu uygulaması, diğer boru malzemeleri ile kayarak kaplama için kullanılan aynı yolla gerçekleştirilir ve de dış tarafta yer alan destekleme çubukları kaplama malzemesi ve de derz dolgu arasında mekanik bir anahtar sağlar.

#### 4.5.3. Manüel olarak sarılmış kaplama

Manüel olarak sarılmış kaplama malzemeleri, mekanik olarak sarma sistemleri içinde kullanılanlara benzer bir materyali içerir, ancak bunlar ana borunun içerisinden daha geniş çaplı borularda erken dönem inşası için tasarlanmıştır. PVC şerit, gerek duyulan ek yeri izolasyonu şeridi ile yüzeyden içinde bir insanın girmesi mümkün olan boyuttaki boru hatları içine sürülür. Boru içinde bulunan operatörler, ilerledikleri sırada spiral ek yeri şeridini araya eklemeye (Şekil 4.7) devam ederek ihtiyaç duyulan çapta ve de şekilde kaplama malzemesini el yordamı ile oluştururlar. Söz konusu bu sistemin avantajı ise, ana boru şeklindeki pek çok anormalliklere, ana boru içine kaplama malzemesini sabitlemek için gerek duyulan derz dolgu uygulamasını minimize ederek, yapım esnasında izin verilmesidir.

Normal olarak, ana borunun tüm uzunluğu tek bir vardiyada kaplanabilir ve de derz dolgu ile de doldurulabilir. Alternatif olarak, boru hattının bir bölümü, derz dolgu uygulaması öncesinde kademeli olarak kısmen tamamlanabilir. Bu durumda, tek bir operasyon içinde birden fazla bölümün derz dolgu ile doldurulması mümkün olabilir.



Şekil 4.7. Manüel spiral kaplama

#### 4.5.4. Mekanik olarak sarılmış sıkı geçme kaplama

Spiral olarak sarılmış kaplama tekniğinin yer çekim boru hatları için kullanılan bazı versiyonları, ana boru içinde sıkı bir geçme sağlamak için monte edilmiş kaplama malzemesinin genişletilmesi kolaylığını sunar. Montaj sırasında, helezonun bitişik dönüşleri arasındaki ek yerinin kayması, bir sabitleme teli yardımı ile önlenir. Kaplama malzemesi, tüm ana boru uzunluğu üzerinde bir konumlandığında, sarma makinesi işlemeye devam eder ve de sabitleme teli, ek yerinin kaymasına izin vermek ve de helezonun çapsal olarak büyümesine imkân vermek amacı ile artan bir şekilde geri çekilir.

Spiral kaplama malzemelerinin standart formunda olduğu gibi, fazla pompalama ya da yön değiştirme gibi yöntemleri kullanmadan montaj esnasında boru hattı içinde düşük akımlar sağlanabilir. Hiçbir derz dolgu işlemi söz konusu olmadığından dolayı, harici T – kırımlarının arasındaki yolu izleyerek yer altı suları menhollere dolabilir. Bu nedenle, odalarda kaplama malzemesi ve de ana boru arasında iyi bir

izolasyonun sağlanması zorunludur. Ayrıca, izole etme işleminin her hangi bir yanıl bağlantı noktasında da gerçekleştirilmesi zorunludur.

Kaplama malzemesinin yapısal özellikleri, PVC şeridin bir helezon içerisine sarılmasına duyulan ihtiyaç tarafından yönetilir ve de spiral olarak sarılmış kaplama malzemeleri yüksek harici yüklerle karşı mukavemet gösteremeyebilir.

## **BÖLÜM 5. DEĞERLENDİRMELER**

### **5.1. Kazılı Sistemler İle Kazısız Sistemlerin Karşılaştırılması**

Altyapı sistemlerinde oluşan sorunların giderilmesi için oluşmuş olan sorunun durumuna göre tamirat yapılması veya yenilenmesi gerekmektedir. Yenileme yapılacak olan sokak veya caddeler önem durumları göz önünde bulundurularak çeşitli ön çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar öncelikle yenilenecek hattın arazi durumuna göre nivelman yapılarak başlanır. Belediyelerden çalışma alanı için gerekli ruhsat ve izinler alınır. Trafığın yoğun olduğu yollarda yapılacak çalışmalar için ilgili trafik birimlerinden trafik ruhsatı, ulaştırma koordinasyon merkezinden de geçici trafik kesme belgesi alınır. Bu işlemler ortalama 15 gün gibi bir süre içerisinde gerçekleşmektedir. Gerekli ruhsat ve izinler alındıktan sonra çalışmaya başlanır. Gerekli ekipmanlar getirilerek güvenlik önlemleri alınır, trafik düzenleme ve uyarı levhaları yerleştirilir ve kazı makineleri çalışma sahasına getirilerek çalışmalar başlatılır. Bu çalışmalar öncelikle zeminin kaplama durumuna göre asfalt ise asfalt kesme makinesi ile asfalt kesilir, eğer zemin kaplaması parke ise parkeler dikkatli bir şekilde sökülür. Daha sonra kazı makinesi ile kazı çalışmasına geçilir. Kazı işlemi sırasında çok dikkatli çalışılmalıdır. Diğer altyapı kurum ve kuruluşlarına ait altyapı sistemleri kazı işleminde ortaya çıkmaktadır. Ortaya çıkan bu tesisatlara zarar vermemek için çalışmanın güvenliği için ilgili kurumlarla sürekli irtibat halinde olunmalıdır. Aksi durumlarda oluşacak zararlardan dolayı ceza işlemleri uygulanmaktadır ve bu cezalar caydırıcılık bakımından yapılan kazı çalışmasının imalat tutarları civarında olabilmektedir.

Kazı çalışmaları eğer su borusu döşenmesi için yapılıyorsa kazı derinliği ortalama 1 metre civarında olur iken kanalizasyon çalışması yapılıyorsa kazı derinliği ortalama 3 metre civarında olmaktadır. İki çalışma arasında bir kıyaslama yapıldığında kanalizasyon çalışmalarında can güvenliğinin ne kadar önemli olduğu

görülmektedir. Bunun için çalışma sahasında iksa bulundurulmalı ve her durumda muhakkak kullanılmalıdır. Kazı sırasında çıkarılan hafriyatın kamyonlara yüklenmesi, nihai depoya sevki yapılır. Daha sonra yeni hattın döşenme işlemi için borular getirilerek yeni hat tesis edilir. Dolgu işlemleri yapıldıktan sonra asfalt zeminlerde asfaltın daha sağlam ve düzgün olması için 20 cm beton atılır ve 7 cm asfalt serilir. Parke zeminlerde ise dolgu üzerinde 18 cm parke + kum payı bırakılarak çalışma bittikten sonra parke çalışması bu sınır içerisinde yapılır. Asfalt serilme v sıkıştırma işlemi veya parke döşeme işlemi çalışmaları bittikten hemen sonra yapılmayacak ise zemin mevcut zeminle aynı hizaya kadar doldurulur. Bu da ayrı bir maliyet oluşturmaktadır. Çünkü zeminin tesviyesi için artı bir iş gücüne ve makine gücüne ihtiyaç vardır.

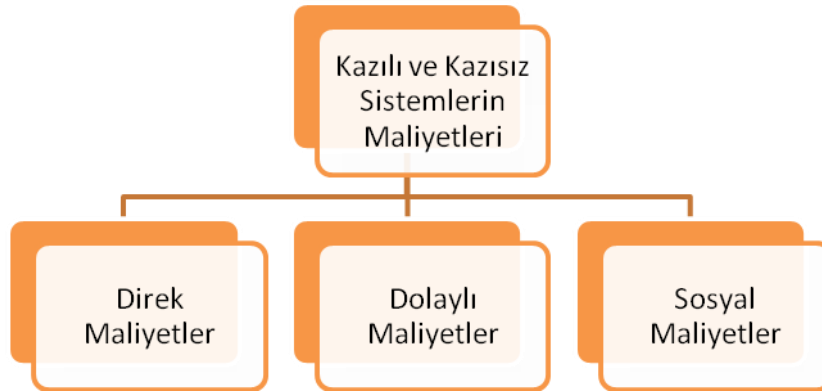
Kazısız teknolojilerde ise rehabilitasyon yapılacak olan boru hattı için çok fazla izin alma çalışması gerekmemektedir. Yukarıda bahsettiğimiz diğer fazla işlemlerinde neredeyse tamamı ortadan kaldırılarak, yenileme ve tamirat işlemleri gerçekleştirilmektedir. Çünkü rehabilitasyon çalışmaları genellikle kazılı işlemlerde olduğu gibi günlerce değil sadece 1 gün veya daha az zamanda gerçekleşmektedir.

## **5.2. Kazılı Sistemler İle Kazısız Sistemlerin Maliyetlerinin Karşılaştırılması**

Bu iki sistem arasındaki maliyetleri üç ana başlık altında toplamak mümkün olmaktadır. Bunları aşağıdaki gibi sıralanmıştır (Şekil 5.1);

- Direkt Maliyetler
- Dolaylı Maliyetler
- Sosyal Maliyetler





Şekil 5.1. Kazılı ve kazısız sistemler maliyet grafiği

### 5.2.1. Direkt Maliyetler

Bir projenin planlanma aşamasından inşaat aşamasına kadar geçen süreçte ortaya çıkan maliyetler direkt maliyetler olarak bilinir. Ayrıca imalat aşamasında mevcut altyapıların zarar görmesi ve ötelenme gerekliliği maliyetleri daha da arttırmaktadır.

İnşaat süreleri dikkate alındığında su borularının döşenme ve yenileme süresi 20 mt/gün iş hacmine sahip iken, kanalizasyon sistemlerinde bu süre 10 mt/gün olarak gerçekleşmektedir. Bu süreler baz alındığında 100 metrelik bir kanalizasyon imalatı 10 gün sürecektir.

Kazılı sistemlerde direkt maliyetler aşağıdaki gibi ortaya çıkabilir.

- Asfalt kesilmesi ve sökülmesi
- Parke, adi kaldırım ve blokaj sökülmesi
- Beton sökülmesi
- İksalı hendek kazısı
- Malzeme (beton boru veya büz) nakli ve döşeme işçiliği
- Dolgu yapılması
- Beton atılması
- Asfalt serilmesi ve sıkıştırılması
- Parke döşenmesi

Kazısız sistemlerde ise yukarıda bahsedilen maliyet kalemlerinin tümü ortadan kalkmaktadır. Maliyeti sadece rehabilitasyon yapılan kanal uzunluğunun birim fiyat cinsinden toplamı oluşturmaktadır [15].

Direk maliyetleri parasal yönden değerlendirecek olursak 100 metre uzunluğunda 3 metre derinliğinde ve 1 metre tranşe genişliğinde kabul edilen bir kanalizasyon imalatının kazılı sistemdeki maliyeti Tablo 5.1 ve Tablo 5.2 de belirtilmiştir.

Tablo 5.1. Kazılı sistemler asfalt zemin maliyet analizi

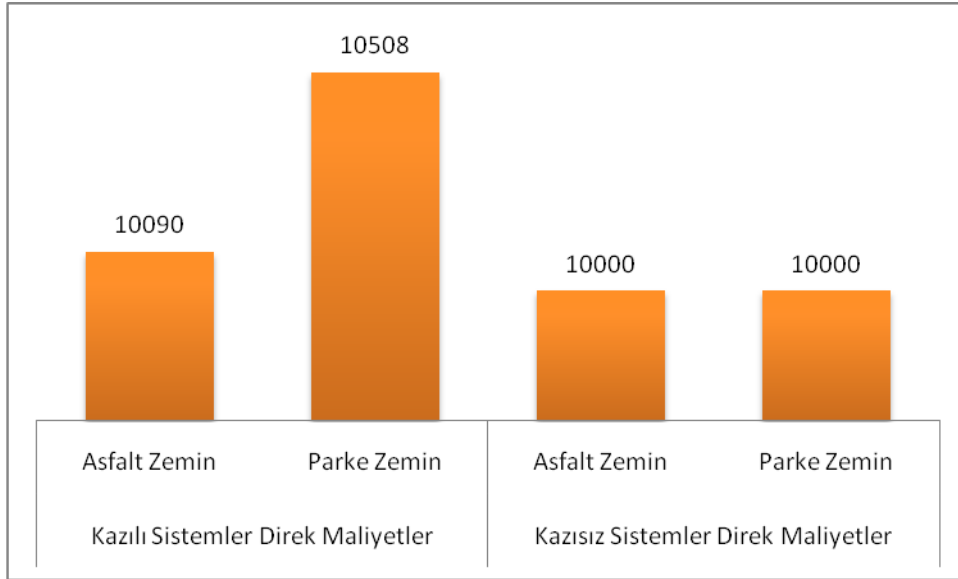
| Sıra No | Yapılan İşin Cinsi                           | Birim          | İşin Miktarı   | Birim Fiyat        | Toplam Fiyat |
|---------|--|----------------|----------------|--------------------|--------------|
| 1       | Asfalt Kesilmesi, Sökülmesi ve Nakli         | m <sup>3</sup> | 100*0,10*1=10  | 10                 | 100          |
| 2       | İksalı Hendek Kazısı                         | m <sup>3</sup> | 100*2,90*1=290 | 10                 | 2900         |
| 3       | Ø300 mm MBB Döşenmesi (Nakliye Bedeli Dahil) | m              | 100            | 10                 | 1000         |
| 4       | Kum Dolgu Yapılması                          | m <sup>3</sup> | 100*2,93*1=293 | 10                 | 2930         |
| 5       | Hafriyat Nakli                               | m <sup>3</sup> | 100*2,90*1=290 | 4                  | 1160         |
| 6       | Asfalt Serilmesi ve Sıkıştırılması           | m <sup>2</sup> | 100*1=100      | 20                 | 2000         |
|         |  |                |                | Genel Toplam Tutar | 10.090 TL    |

Tablo 5.2. Kazılı sistemler parke zemin maliyet analizi

| Sıra No | Yapılan İşin Cinsi                           | Birim          | İşin Miktarı   | Birim Fiyat        | Toplam Fiyat |
|---------|--|----------------|----------------|--------------------|--------------|
| 1       | Parke Sökülmesi                              | m <sup>2</sup> | 100*1,30=130   | 10                 | 1300         |
| 2       | İksalı Hendek Kazısı                         | m <sup>3</sup> | 100*2,92*1=292 | 10                 | 2920         |
| 3       | Ø300 mm MBB Döşenmesi (Nakliye Bedeli Dahil) | M              | 100            | 10                 | 1000         |
| 4       | Kum Dolgu Yapılması                          | m <sup>3</sup> | 100*2,82*1=282 | 10                 | 2820         |
| 5       | Hafriyat Nakli                               | m <sup>3</sup> | 100*2,92*1=292 | 4                  | 1168         |
| 6       | Parke Döşenmesi                              | m <sup>2</sup> | 100*1,30=130   | 10                 | 1300         |
|         |  |                |                | Genel Toplam Tutar | 10.508 TL    |

Yukarıda bahsedilen bu işlemleri parasal yönden değerlendirdiğimizde yukarıdaki Tablo 5.1. ve Tablo 5.2. de ayrıntılı bir şekilde görüleceği üzere maliyetler asfalt zemin için 10090 TL, parke zemin için ise 10508 TL olmaktadır.

Kazısız sistemle aynı kanalizasyon hattının yenileme maliyeti metresi 100 TL'den [16] hesaplandığında  $100 \times 100 = 10.000$  TL tutmaktadır.



Şekil 5.2. Kazılı ve kazısız sistemler direk maliyet analiz grafiği

Sonuç olarak rakamlardan da görüleceği üzere kazısız sistemlerle yenileme parasal yönüyle daha ucuza mal olmaktadır (Şekil 5.2). Sadece parasal maliyet göz önünde bulundurulduğunda bile kazısız yöntemin seçilmesinin uygun olacağı görülmektedir.

### 5.2.2. Dolaylı maliyetler

Kazılı sistemlerin inşaatı sırasında mevcut yol durumunun bozulması, bozulma sonrası tekrar kaplama yapılması ne kadar iyi yapılırsa da ilk hali gibi olamayacağından yolun ekonomik ömrünün azalmasına neden olacaktır.

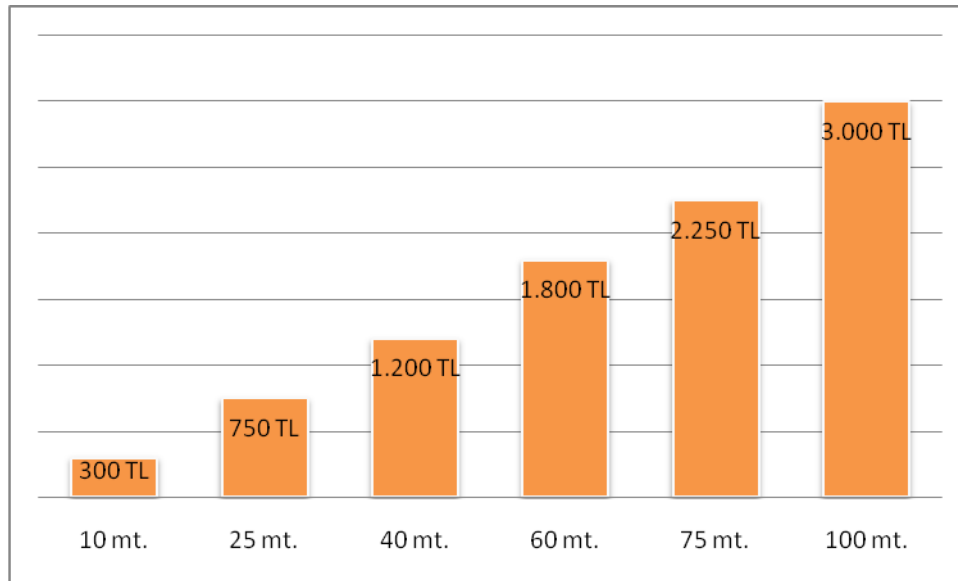
Yine kazılı sistemlerin kazısı sırasında oluşacak hasarlardan ve kesintilerden dolayı ekonomik kayıplar ortaya çıkacaktır.

Kazısı sistemlerde dolgu işlemi yeterli miktarda yapılamadığı zaman yolun deformasyona uğraması söz konusu olacak, bu da tekrar bir bakım ve onarım masrafı ortaya çıkmasına sebep olacaktır (Tablo 5.3 – Tablo 5.4).

Kazısız teknolojilerde yukarıda bahsettiğimiz hiçbir olumsuzluğun oluşması söz konusu olmayacağından ilave bir masrafta oluşmayacaktır.

Tablo 5.3. Asfalt kaplama dolaylı maliyet tablosu

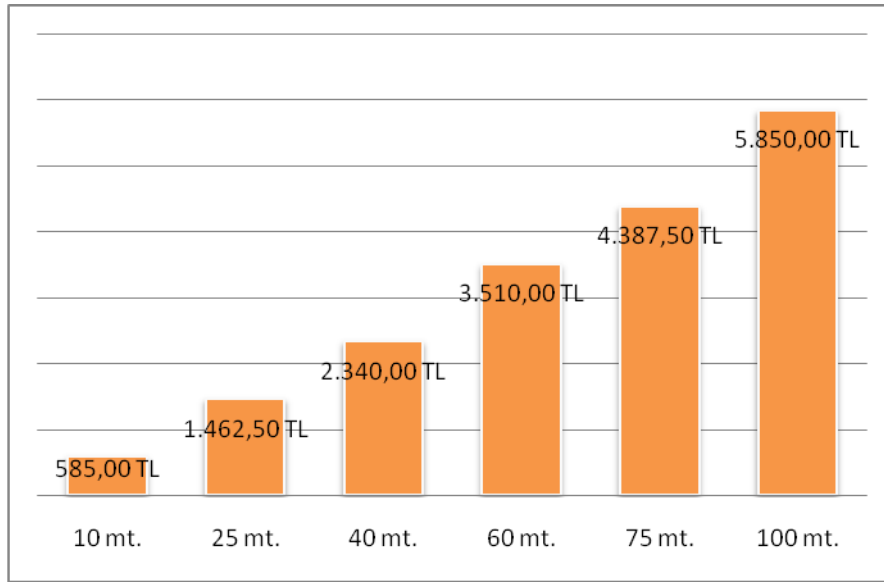
| Ada No | L(mt) | b(m) | h(m) | V(m <sup>3</sup> ) | G(Ton/m <sup>3</sup> ) | Tonaj | Birim Fiyat | Toplam Tutar |
|--------|-------|------|------|--------------------|------------------------|-------|-------------|--------------|
| 1      | 10    | 1    | 0,10 | 1                  | 2,40                   | 2,4   | 125 TL      | 300 TL       |
| 2      | 25    | 1    | 0,10 | 2,5                | 2,40                   | 6,0   | 125 TL      | 750 TL       |
| 3      | 40    | 1    | 0,10 | 4                  | 2,40                   | 9,6   | 125 TL      | 1200 TL      |
| 4      | 60    | 1    | 0,10 | 6                  | 2,40                   | 14,4  | 125 TL      | 1800 TL      |
| 5      | 75    | 1    | 0,10 | 7,5                | 2,40                   | 18    | 125 TL      | 2250 TL      |
| 6      | 100   | 1    | 0,10 | 10                 | 2,40                   | 24    | 125 TL      | 3000 TL      |



Şekil 5.3. Asfalt kaplama dolaylı maliyet grafiği

Tablo 5.4. Parke kaplama dolaylı maliyet tablosu

| Ada No | L(mt) | b(mt) | A(m <sup>2</sup> ) | Birim Fiyat | Toplam Fiyat |
|--------|-------|-------|--------------------|-------------|--------------|
| 1      | 10    | 1,30  | 13,00              | 45,00 TL    | 585,00 TL    |
| 2      | 25    | 1,30  | 32,50              | 45,00 TL    | 1462,50 TL   |
| 3      | 40    | 1,30  | 52,00              | 45,00 TL    | 2340,00 TL   |
| 4      | 60    | 1,30  | 78,00              | 45,00 TL    | 3510,00 TL   |
| 5      | 75    | 1,30  | 97,50              | 45,00 TL    | 4387,50 TL   |
| 6      | 100   | 1,30  | 130,00             | 45,00 TL    | 5850,00 TL   |



Şekil 5.4. Parke kaplama dolaylı maliyet grafiği

Telekom hatlarına verilen zararlar sonucunda oluşacak kesintilere bağlı olarak meydana gelecek işletme zararı verilen formülle bulunabilir.

$$Z = \frac{A \times 20 \times K \times T}{24}$$

Z : İşletme Zararı

A : Hattı Kesintiye Uğrayan Abone Hattı Sayısı

20 : Abone Başına Günlük Gelire Karşılık Kontör Sayısı

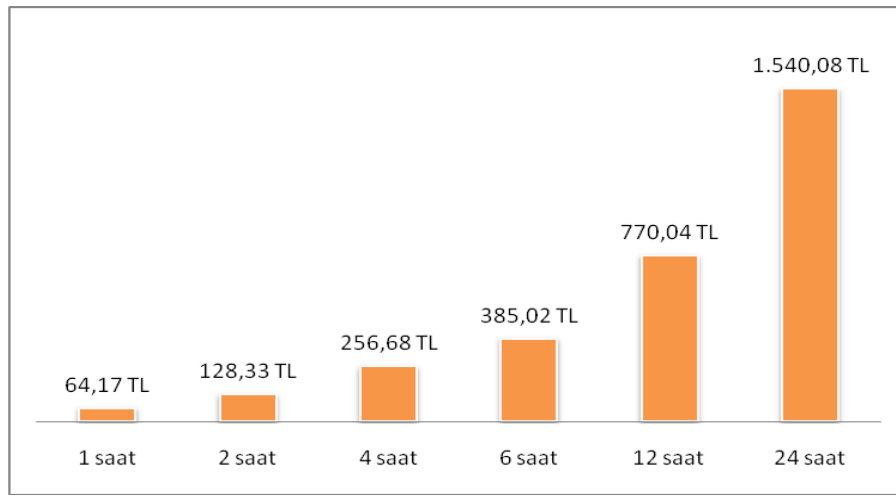
K : Bir Telefon Kontör Ücreti ( 0,0077 TL )

T : Arızanın Devam Ettiği Saat

1000 aboneli bir hatta oluşan hasarın 1, 2, 4, 6,12 ve 24 saat sürmesi durumunda oluşan işletme zararı Tablo 5.5 de verildiği gibidir. Maliyete en büyük etken süre ve abone sayısıdır [17].

Tablo 5.5. Telekom işletme zararlarının zamana göre değişim tablosu

| T | 1 saat   | 2 saat    | 4 saat    | 6 saat    | 12 saat   | 24 saat    |
|---|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Z | 64,17 TL | 128,33 TL | 256,68 TL | 385,02 TL | 770,04 TL | 1540,08 TL |



Şekil 5.6. Telekom işletme zararlarının zamana bağlı değişim grafiği

Telekom hatlarına verilen zararlar sadece zamana bağlı olarak değişmemekte, oluşan hasar sonucunda kullanılan malzeme ve işçilik giderleri de maliyetlere eklenerek oluşan toplam maliyetler daha da artmaktadır.

Elektrik hatlarına verilen zararlar sonucunda oluşacak kesintilere bağlı olarak meydana gelecek işletme zararı aşağıda belirtildiği şekilde hesaplanmaktadır.

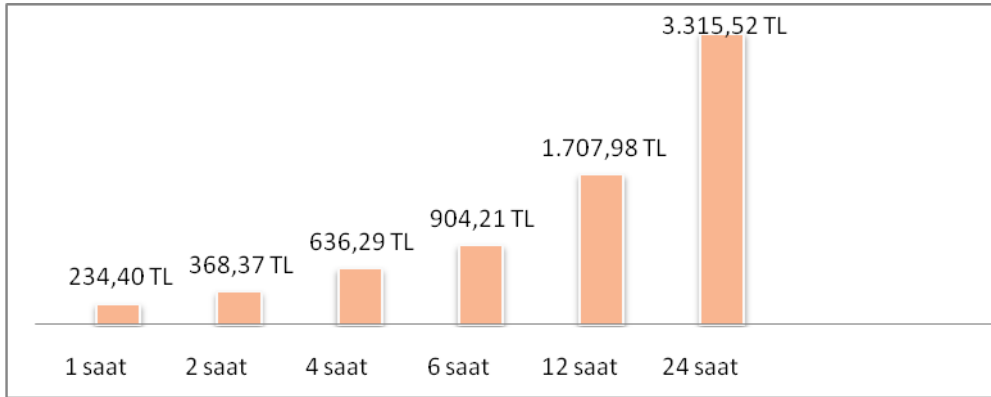
1 kV güce sahip 3x120mm<sup>2</sup> ve 3x70mm<sup>2</sup> lik kabloda oluşan hasar bedeli Tablo 5.6 v ve Tablo 5.7 de belirtildiği gibidir. Maliyete en büyük etken süredir [18].

Tablo 5.6. Elektrik hasarlarının maliyet hesap tablosu

|                             |   |           |
|-----------------------------|---|-----------|
| FİDER DEPAR KURULU GÜCÜ     | (1)   | 2000      |
| Cos $\mu$                   | (2)   | 0,95      |
| SÜRE (SAAT)                 | (3)   | 4         |
| ENERJİ ALIŞ FİYATI          | (4)   | 0,126415  |
| ENERJİ SATIŞ FİYATI         | (5)   | 0,226     |
| TALEP FAKTÖRÜ               | (6)   | 0,60      |
| SATILAMAYAN ENERJİ BEDELİ   | $[(1 \times 2 \times 3 \times 6 \times (5-4))]=A$ | 454,11 TL |
| MADDİ HASAR MALZEME BEDELİ  | (7)   | 19,97 TL  |
| HASAR AG/OG TEST BEDELİ     | (8)   |           |
| HASAR İŞÇİLİK BEDELİ        | (9)   | 65,15 TL  |
| HASARDA ÇALIŞAN İŞÇİ SAYISI | (10)  |           |
| MADDİ HASAR BEDELİ          | $[7+8+(9 \times 10)]=B$                           | 85,12 TL  |
| TOPLAM BEDEL                | (A+B)   | 539,23 TL |
|                             | KDV %18   | 97,06 TL  |
|                             | TOPLAM BEDEL                                      | 636,29 TL |

Tablo 5.7. Elektrik hatlarında oluşan hasarların zamana göre değişim tablosu

| Kesinti Süresi | 1 saat    | 2 saat    | 4 saat    | 6 saat    | 12 saat    | 24 saat    |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| Maliyet        | 234,40 TL | 368,37 TL | 636,29 TL | 904,21 TL | 1707,98 TL | 3315,52 TL |



Şekil 5.7. Elektrik hasarlarının zamana bağlı değişim grafiği

Doğalgaz hatlarına verilen hasarlar sonucunda oluşacak kesintilere bağlı olarak meydana gelecek işletme zararı Tablo 5.8 de belirtildiği şekilde hesaplanmaktadır. Maliyete en büyük etken gaz çıkış süresidir [19].

Tablo 5.8. Doğalgaz hasarlarının zamana göre değişim tablosu

| Malzemenin Cinsi | Birim | Miktar | Birim Fiyat | Tutar   |
|------------------|-------|--------|-------------|---------|
| Ø63 mm PE Boru   | Metre | 1,0    | 4,92 TL     | 4,92 TL |
| Ø63 mm PE Manşon | Adet  | 2      | 4,015 TL    | 8,03 TL |

| Personel Gidere | Kişi Adedi | Görev Süresi (Saat) | Saat Ücreti | Tutar     |
|-----------------|------------|---------------------|-------------|-----------|
| Teknisyen       | 4          | 2,0                 | 16,99       | 135,92 TL |

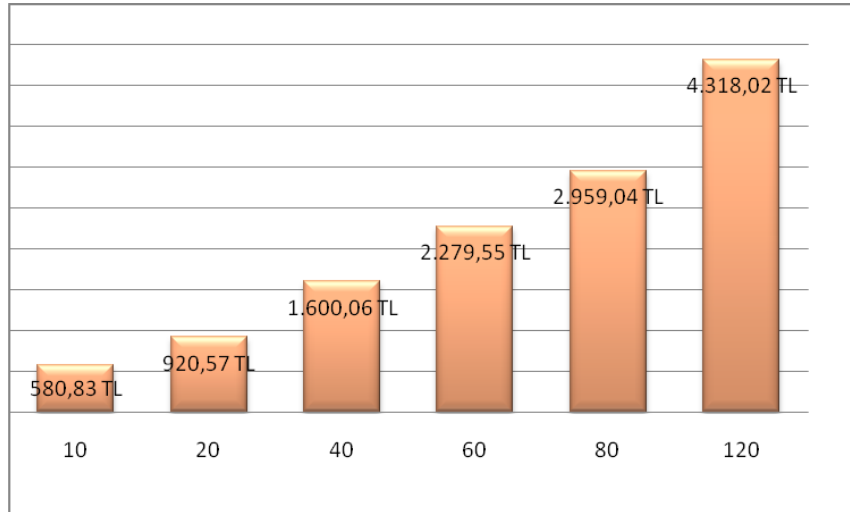
| Araç Gideri | Adet | Süre | km | Birim Fiyat | Saat Ücreti | Tutar    |
|-------------|------|------|----|-------------|-------------|----------|
| Binek       | 2    | 2,0  | 24 | 0,77        | 4,33        | 36,96 TL |
| Minibüs     | 1    | 2,0  | 24 | 0,77        | 7,00        | 18,48 TL |
| Kamyonet    | 0    | 0,0  | 0  | 0,82        | 7,00        | 0,00 TL  |

| Gaz Gideri             |         |          |                |                            | Gaz Birim Fiyatı (TL) | Tutar (TL) |
|------------------------|---------|----------|----------------|----------------------------|-----------------------|------------|
| Vana Kapatılmadan Önce |         |          |                |                            |                       |            |
| Delik Çap(mm)          | Katsayı | M.Basınç | Gaz Çık.Süresi | G.Miktar (m <sup>3</sup> ) |                       |            |
| 30,0                   | 0,67    | 5        | 20             | 1,005                      | 572,973               | 575,83     |

| Ara Toplam   |  |  | 780,14 TL |
|--------------|--|--|-----------|
| KDV (%18)    |  |  | 140,43 TL |
| Genel Toplam |  |  | 920,57 TL |

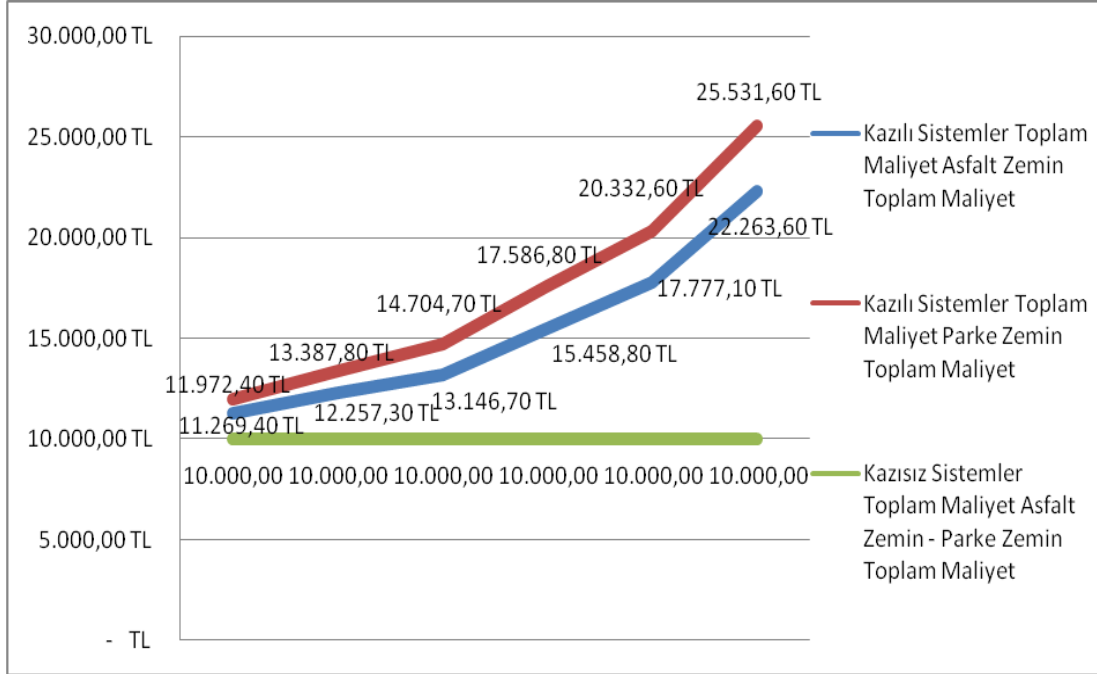


Şekil 5.8. Doğalgaz hatlarında oluşan hasarın maliyet hesap grafiği

Kazılı sistemlerde sosyal maliyetlerden dolayı ve diğer yer altı hatlarına verilen zararlardan dolayı oluşan zararlar ve maliyetler toplam maliyeti sürekli olarak arttırmaktadır. Bunun yanında kazısız sistemlerde yukarıda bahsedilen hiçbir zarar ve maliyetin oluşması söz konusu olmadığından maliyet sadece direk maliyetlerde oluşan maliyetle sınırlı kalmaktadır. Kazılı ve kazısız sistemlerde oluşan toplam



maliyetleri ise aşağıdaki grafikte daha detaylı bir şekilde görmek mümkündür (Şekil 5.9).



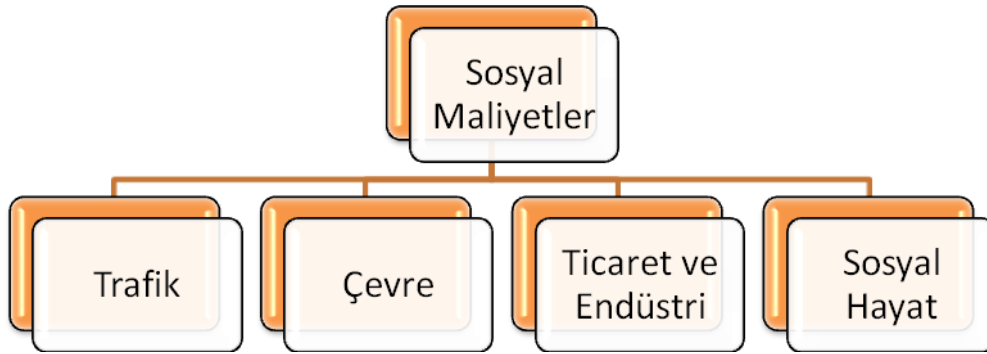
Şekil 5.9. Kazılı ve kazısız sistemler 100 mt. nin zamana göre toplam maliyet grafiği

### 5.2.3. Sosyal Maliyetler

Sosyal maliyet çalışma sırasında parasal yönden bir ek yük getirmiyor gibi gözükse de çalışma sırasında oluşan ve diğer altyapı kuruluşlarına verilen zararların olumsuz sonuçlarının toplum tarafından ödenmesi ile ortaya çıkan maliyetlerdir (Şekil 5.5).

Bunlar;

- Trafik
- Çevre
- Ticaret ve Endüstri
- Sosyal hayat olarak sıralanabilirler.



Şekil 5.5. Sosyal Maliyet Grafiği

### 5.2.3.1 Trafik

Kazı inşaatları sırasında çok şeritli yollarda en az 1 veya 2 şeridin, tali yollarda ise yolun tamamının trafiğe kapatılması gerekmektedir. Özellikle yoğun trafik olan bölgeleri göz önünde bulundurduğumuzda, kazı çalışması sırasında oluşan sıkışıklıklar ve trafik yoğunluğu içinden çıkılmaz bir hal almaktadır. Kazılı imalat çalışmaları sırasında alınacak önlemler sırasında en ufak bir gözden kaçan konu, trafikte ağır hasarlara ve can güvenliğini tehdit edici boyutlara ulaşabilir. Ayrıca güzergâh değişimlerinde özellikle toplu taşıma araçlarının geçiş alanlarındaki değişimler sıkıntının biraz daha artmasına sebep olmaktadır.

### 5.2.3.2. Çevre

Kazılı sistemlerde çevreye verilen zarar ise çok önem arz etmektedir. İş makinelerinin çalışmaları sonucunda ortaya çıkan gürültü kirliliğinden insanların zarar görmesi söz konusu olmaktadır. Yine çalışma sırasında havaya salınan egzoz gazları da hava kirliliğine sebep olmakta bu da o bölgedeki hava kalitesini düşürmektedir. Kazı çalışması sırasında oluşan tozlar, hafriyat yükleme sırasında çalışılan sokak veya caddenin kirlenmesi o civarda yaşayan insanlar için sıkıntılara neden olmaktadır. Çalışmalar kışın yapıldığı zaman bu unsurlar daha da fazla sorunların ortaya çıkmasına sebebiyet vermektedir.

Kazısız sistemlerde ise bu çalışmalarda oluşan olumsuz durumların oluşması söz konusu değildir. Kazısız sistemlerde de makineler çalışmasına rağmen oluşan çevre tahribatı minimum seviyededir.

#### **5.2.3.3. Ticaret ve endüstri**

Kazı çalışması yapılan bölgede bulunan ticaret alanları oluşan kirlilik, trafik vb. sorunlardan dolayı büyük iş kayıpları yaşamaktadır. Bu oluşan kayıp maliyetler kazı maliyetlerine direk olarak etki etmemekle beraber oluşan zarar ve iş gücü kaybı bölge halkı tarafından karşılanmaktadır. Böylece ekonomik olarak da bir zararın ortaya çıkmasına sebep olunmaktadır.

#### **5.2.3.4. Sosyal hayat**

Kazılar nedeni ile yolların kapanması, çevre kirliliği, ekonomik sorunların ortaya çıkması ve can güvenliğinden dolayı insanların rahat ve huzuru kaybolmaktadır. İnsan psikolojisi açısından bakıldığında kazılı çalışmalar hiç istenmemektedir. Kazısız teknolojiler ile bu sıkıntılar giderilmekte ve halkın takdiri ile karşılaşılmaktadır.

Yukarıda açıkladığımız kısımlarda trafik, çevre, ticaret ve endüstri ve de sosyal hayata olan olumsuz etkilerin yanında diğer altyapı kuruluşlarına verilen zararlar da toplum tarafından ödenen sonuçlara sebebiyet verdiği gibi çalışmayı yapan kurum veya kuruluşların kazılı sistemlerle yapılan çalışmalarına da ek maliyetler getirmektedir. Bu maliyetler arasında Telekom, elektrik ve de olan doğalgaz iletim hatlarına zarar verilmesi gelmektedir. Aşağıda belirtilen tablolarda ve grafiklerde bu iletim hatlarına verilen zararlar sonucunda oluşan maliyetler gösterilmektedir.

## **BÖLÜM 6. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Gelişen dünyamızda teknolojik çalışmalar her alanda ileri bir seviyeye ulaştığı gibi inşaat alanında da çok üst düzey noktalarladır. Esas olan prensibin insan yaşamını kolaylaştırmak olduğu göz önünde bulundurulduğunda, teknolojik olarak uygulanmakta olan kazısız sistemlerin önemi de ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde de bu teknolojinin uygulanmaya başlanması ve uygulamanın daha ileri aşamalara gitmesi arzu edilen bir husustur. Bu teknolojik çalışmaların ülkemizde daha ileri seviyelere ulaşması için gerekli olan iş kapasitesinin arttırılması ve yeterli bilgi birikim ve tecrübeye sahip kişilerin yetiştirilmesi gerekmektedir. Bunun için yetkili kurum, kuruluşlar ve meslek odalarına görev düşmektedir. Gerekli çalışmalar yapılarak gerekli iş gücünün sağlanması kazısız sistemlerin daha ileri seviyeye taşınmasına sebep olacağı gibi bunun yanında bu işle uğraşan firma sayısı da artacaktır. Bu da yeni iş sahasının gelişerek istihdamın artmasına, işsizlik oranlarının azalmasına ve milli ekonomimize de katkı sağlaması gerçekleşecektir. Bu çalışmaların daha da ileriye götürülmesi, dışa bağımlı olunan malzeme sıkıntısı da ortadan kaldıracak, imalatın ülkemizde gerçekleştirilmesi yeni iş sahalarının ortaya çıkmasını sağlayacaktır. Bu da maliyet üzerinde önemli bir yer tutan kargo ve nakliye masraflarını minimum düzeye indireceğinden hem maliyetler düşecek hem de kar payı artacaktır.

Bu çalışmada sosyal maliyetler parasal yönden hesaba katılmamıştır. İleriki çalışmalarda bu maliyetler indisleme ile hesaba katılabilir. Dolaylı maliyetlerdeki asfalt yenilenmesi, parke yenilenmesi gibi masraflar bugünkü fiyatlara çevrilmemiştir.

Sonuç olarak baktığımızda, kazısız teknolojinin avantajları, imalat maliyetlerinin minimum seviyeye indirilmesi, imalat sürelerinin minimum süreye indirilmesi, çevre ve doğaya verilen zararın ortadan kaldırılması, insanların yaşam kalitelerine olan

katkısı, trafik problemlerinin oluşmaması ve sosyal hayat üzerinde olan katkısı olarak özetlenmesi mümkün olacaktır.

## KAYNAKLAR

- [6] KARALI, İ., Su ve Kanalizasyon Sistemlerinin Çevreye En Az Zarar Verecek Şekilde Bakım ve Yenileme Uygulamaları(İstanbul Örneği), Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006, 66
- [7] AMANN, J., Kanalsanierung Mittels Quick-Locs System, Aus Dem Fachgebiet , Siedlungswasserwirtschaft/Umwelttechnik, 2003, 222
- [8] YILMAZ, F., Kazısız Teknolojiler ve Malzemeler, Su Vakfı, 240, İstanbul, 2009
- [9] İSKİ Kazısız Yöntemle Rehabilitasyon ve Yenileme Teknik Şartnamesi, 2009
- [10] Aol İstanbul Ltd. Şti., Tanıtım Kataloğu, 2009
- [11] T-T İnşaat A.Ş., Tanıtım Kataloğu, 2008
- [12] Gyg Mühendislik, Uygulama Raporları, 2009
- [13] Gita İnşaat TV İnspction, Uygulama Raporları, 2009
- [9] Güneri Makine, Tanıtım Kataloğu, 2008
- [10] Nurmak, Tanıtım Kataloğu, 2009
- [11] [www.ikt.com](http://www.ikt.com)
- [12] <http://www.istt.com/index.cfm?menuID=66&cmid=63&rubrikID=2>  
(14.02.2009)
- [13] [http://www.istt.com/doks/pdf/TRC\\_Sec5-Guidelines\\_1206\\_ro.pdf](http://www.istt.com/doks/pdf/TRC_Sec5-Guidelines_1206_ro.pdf)  
(27.02.2009)
- [14] [http://www.nastt.org/training\\_curedInPlace.php](http://www.nastt.org/training_curedInPlace.php) (03.04.2009)
- [15] [http://www.ukstt.org.uk/cms\\_misc/media/49245\\_LEAFLET.pdf](http://www.ukstt.org.uk/cms_misc/media/49245_LEAFLET.pdf)  
(05.07.2009)

- [16] İSKİ Küçükçekmece Şube Müdürlüğü Birim Fiyatları, 2009
- [17] Türk Telekom Hasar Onarım Gider Hesap Tabloları, 2009
- [18] BEDAŞ Satılmayan Enerji ve Maddi Hasar Tespit Tabloları, 2009
- [19] İGDAŞ Hasar Onarım Hesap Tabloları, 2009
- [20] <http://www.oxfordplasticsinc.com/pipebursting.htm> (04.05.2009)
- [21] <http://www.cleanearthenvironmental.com/Closed-Circuit-TV-Video-Pipe-Inspection-Clean-Earth-Environmental-Contracting-Services.htm#SewerLine> (16.12.2008)

## ÖZGEÇMİŞ

Burak Yalçın YILMAZ, 05.05.1983 de Sinop'ta doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul Fatih'te tamamladı. 1997 yılında Özel Sultan Fatih Kolejinden mezun oldu. 2002 yılında başladığı SAÜ İnşaat Mühendisliği bölümünü 2006 yılında bitirdi. 2006-2007 yılları arasında Özka İnşaat A.Ş. de mühendis olarak çalıştı. Bu süre içerisinde şirketin altyapı sistemlerin yenilenmesi ve rehabilitasyonu işlerinde aktif rol aldı. Şu anda Gurbetoğlu İnşaat San ve Tic.Ltd.Şti.'de Altyapı sistemlerinin yenilenme ve rehabilitasyon sorumlusu olarak görev yapmaktadır. Burak Yalçın YILMAZ evli ve bir çocuk babasıdır.