



Kentsel Dönüşüm Alanı Olarak Seçilen Bölgeler İçin Kamu Tarafından Yapılan Altyapı Projeleri Ve Hizmetleri Özelinde Altyapı Tünellerinin Değerlendirilmesi

Kentsel Dönüşüm Ana Bilim Dalı
Dönem Projesi

Ali Görkem SAKIZCIOĞLU
Y210216023

Proje Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet ÇEVİK

Ocak 2023

Kentsel Dönüşüm Alanı Olarak Seçilen Bölgeler İçin Kamu Tarafından Yapılan Altyapı Projeleri Ve Hizmetleri Özelinde Altyapı Tünellerinin Değerlendirilmesi

ÖZ

Kentsel Dönüşüm sürecinin toplumsal, mekânsal ve ekonomik boyutlarını ele alan bir yaklaşımla yeniden başladığı günümüzde, kentsel planlama ve kentsel altyapı ilişki sisteminin yeniden kurulması gerekliliğinin önemi ortadadır. Kentsel Dönüşüm sürecinde ele alınması gereken diğer bir önemli konu ise Kentsel Altyapı Yönetimi'dir.

Son projeksiyonlara göre, dünyada, kent sayısı ve kentlerin ölçeği hızla artmaktadır. Nüfus yoğunluğu ve kentsel hizmet ölçeğinin büyümesi ile kıt kaynakların kullanımının ve yönetimi konuları önemini artıracaktır. Kent yönetiminin ve yöneticilerinin hazırlıklı olması gerekmektedir. Ayrıca, kentlerin birçoğunda gecekondular, kaçak yapı gibi mekânsal sorunlar ile kentsel yoksulluk gibi toplumsal sorunlar ile kamu kaynaklarının yetersiz olması sorunları da eklendiğinde, kentsel planlama ve kentsel altyapı yönetimi konuları daha da önem kazanacaktır.

Kentsel sürdürülebilirliğe giden yolda önemli kentsel gelişim projeleri ile bağlantılı olarak, kısıtlı olan imkanların en iyi şekilde değerlendirilmesinin bir parçası olabileceğini düşündüğümüz Altyapı Tünelleri (Hizmet Tünelleri) inceleyerek, sürdürülebilirlik başarıları hakkında ilk tartışmayı yapabiliriz.

Altyapı tünelleri, neredeyse iki yüzyıldır kentsel besleme sistemlerinin unsurları olmuştur. Bununla birlikte, kullanımları ve uygulamaları, şehir planlaması ve şehir ihtiyaçları tarafından daha az ve daha çok, söz konusu şehir yöneticilerinin nitelikleri, önyargıları ve kararlılıkları tarafından belirlenir.

Anahtar Sözcükler: Şehir Plancılığı, mühendislik, altyapı, tünel, teknoloji, kentsel dönüşüm, kamu yatırımları

Evaluation of Infrastructure Tunnels for Infrastructure Projects and Services by the Public for the Regions Selected as Urban Renewation Areas

Abstract

Today, when the Urban renewal process has started again with an approach that addresses the social, spatial and economic dimensions, the importance of the necessity of re-establishing the urban planning and urban infrastructure relationship system is obvious. Another important issue to be addressed in the Urban Renewal process is Urban Infrastructure Management.

According to recent projections, in the world, the number of cities and the scale of cities are increasing rapidly. With the growth of population density and urban service scale, the issues of use and management of scarce resources will increase in importance. City management and administrators need to be prepared. In addition, when spatial problems such as slums and illegal construction, social problems such as urban poverty and insufficient public resources are added in many cities, urban planning and urban infrastructure management issues will gain more importance.

In connection with important urban development projects on the road to urban sustainability, we can have the first discussion about sustainability achievements by examining the Infrastructure Tunnels (Service Tunnels), which we think can be part of the best utilization of the limited opportunities.

Infrastructure tunnels have been elements of urban feeding systems for almost two centuries. However, their use and application is determined more and less by urban planning and city needs, by the qualifications, prejudices and determination of the city managers in question.

Keywords: Urban Planning, engineering, infrastructure, tunnel, technology, urban rhujenewal, public investments

ÖZ.....	1
Abstract.....	2
Bölüm 1	5
Giriş	5
1.1) Kentsel Planlama ve Kentsel Altyapı İlişkisi:	5
1.2) Türkiye'de Altyapı.....	6
Materyal ve Metot.....	10
2.1. Altyapı Tüneli (Utility Tunnel) Sistemi	10
2.2. Kazısız Alt Yapı Sistemi	10
2.3. Ekonomik Yaklaşım	13
Bölüm 3	16
Araştırma Sonuçları.....	16
Bölüm 4	23
Sonuç	23
KAYNAKÇA	24

Şekiller Listesi

Şekil 1- Kaldırım ve yol kenarları hizasında döşenen altyapı için temsili resim, tüm altyapı sistemleri bir arada.....	8
Şekil 2- Örnek betonarme kanal en kesiti.....	9
Şekil 3 - United States Capitol Visitor Center Utility Tunnel iç görünüş (Capitol Visitor Center Project Office, 2005).....	10
Şekil 4 - Altyapı tünellerinin gereksinimi için örnek fotoğraflar.....	13
Şekil 5- Rafların dikey konumuna göre farklı raf genişlikleri.....	19
Şekil 6 - Acil durum dedektörleri, havalandırma, aydınlatma ve ekipmanları	19

Bölüm 1

Giriş

1.1) Kentsel Planlama ve Kentsel Altyapı İlişkisi:

Kentlerimizde, düzensiz yapılaşma ile eksik ve yetersiz altyapı sorunları sürekli yaşanmıştır. Kentsel büyümenin iki önemli bileşeninden biri olan kentsel planlama ile diğeri olan kentsel altyapı arasındaki ilişkinin doğru kurulamamasının en önemli olarak nedeni hızlı kentleşme ve altyapı maliyetlerinin yüksek oluşu gösterilmiştir.

Sürdürülebilir kentsel büyüme; kentsel form ve kentsel mekan ile kentsel ekonomi ve kentsel işletme arasındaki etkin iletişimin gücüne bağlı olarak sağlanacaktır. Planlamanın önemli gündem maddelerinden biri olan akıllı büyüme (smart growth), bu ilişkiler sisteminin doğru kurulmasının yansıra kentsel toprağın yeniden kullanımının stratejilerinin yeniden belirlenmesinin şartlarını ve önceliklerini belirlemesi açısından önemlidir.

Ülkemiz kentleri son 30 yıldır yaşadığı kentsel dönüşüm sürecinde yalnızca mekânsal gelişmeyi dikkate almış ve özellikle kentsel dönüşümün en önemli boyutu olan toplumsal ve ekonomik gelişmeyi pek dikkate almamıştır. Bu süreç içinde pek dikkate alınmayan ve sürekli olarak yapılaşmadan sonra gündeme gelen ve yeterli standartları sağlamayan kentsel altyapı konusu da sürekli olarak ikinci plana atılmıştır.

Kent sürdürülebilirliğine giden yolda dönüm noktası niteliğindeki kentsel gelişim projeleriyle birlikte, fayda tünelleri sürdürülebilir gelişmelere ulaşmak için birçok araç ve yaklaşımdan biri olarak kullanılmıştır.

Şehir sakinlerinin rahat ve müreffeh bir yaşam sürdürebilmeleri için elektrik, haberleşme, su, gaz, kanalizasyon, klima ve ısınma olmazsa olmazdır. İstikrarlı yaşam hattı temini esastır. Bu nedenle, şehir içi yolların ve havai hatların yer altı alanını kullanmak yaşam hattı, tedarik tesislerinden bireysel tüketicilere kadar detaylı bir ağ kurulur. Bu detaylı ağ zincirleri, şehir merkezlerinde vatandaşların rahatsızlığını en aza indirmek zaruridir.

1.2) Türkiye'de Altyapı

Türkiye'de özellikle metropollerde hızlı nüfus artışı ve yeterli denetimlerin olmaması nedeniyle 90'lı yıllara kadar çarpık yapılaşmanın hızla arttığı görülmüştür. 1995'den günümüze kadar çarpık yapılaşmanın önlenmesi amacıyla teknolojiden yararlanılarak denetimler artırılmış ve toplu konut yapımlarına hız verilmiştir. Şehirlerin imara açık bölgelerinde her tür altyapısı planlı olan uydu kentler oluşturulmaktadır.

Sürdürülebilir kalkınma; yüksek altyapı maliyetlerinin minimuma indirilmesi, kentsel planlama ve altyapı hizmeti veren kurumların birlikte planlarını oluşturması ile mümkündür. Ancak genel olarak şehirleşme süreci tamamlandığından bunun için geç kalındığı da anlaşılmaktadır. Bu noktada öncelikle yapılması gereken mevcut altyapı sorunlarının çözümünün bir merkezden gerçekleştirilmesidir. Yani su ve kanalizasyon, elektrik, telefon ve doğalgaz altyapı hizmetlerini sunan kurumlar ile belediyelerin ulaşım hizmetleri arasında koordinasyonun bir merkezden sağlanmasıdır.

Kırsal tarım topluluklarıyla taban tabana zıtlık içinde olan kentleşme eğiliminin 2050 yılına dek %70'lik bir oranda artacağı öngörülmektedir (Hall & Pfeiffer, 2013). Dünya çapında kentsel arazi kullanımındaki bu mevcut eğilimler, büyük ölçüde yer üstü genişlemeye odaklanmaktadır ve birçok kentsel merkezde, yeraltı alanı şu anda yeterince kullanılmamaktadır (Sterling vd., 2012). Sürdürülebilir kalkınmayı sağlamanın bir yolu olarak yüzeydeki artan arazi baskılarının neden olduğu kentsel ortamlarda yeraltı alanını kullanma ihtiyacının karşılanması Brundtland (1987) raporunda dile getirildikten sonra daha da yaygın bir şekilde kabul görmektedir (Parriaux vd., 2007). Gaz, su, kanalizasyon boruları, elektrik ve telekomünikasyon kabloları gibi kamu hizmetleri ağları yerin üstünde ve altında geliştirilmektedir. Kentsel alanlardaki yer üstü hizmetleri, estetik sorunlar, sınırlı kentsel alanın işgali, sınırlı erişilebilirlik alanı ve kasırga, aşırı yüksek veya düşük sıcaklık gibi hava değişikliklerine maruz kalan kamu hizmetleriyle ilgili güvenlik sorunlarına neden olmaktadır. Bu nedenle, altyapı tünelleri özellikle kentsel alanlarda, hizmet ağlarının geliştirilmesi açısından oldukça fayda sağlamaktadır (Gagnon vd., 2008).

Sosyal ve çevresel faktörler dikkate alındığında, açık kesim altyapı yenileme teknikleri, istenmeyen kirlilik ve trafik kesintileri nedeniyle toplum, iş dünyası ve taşıtlar üzerinde olumsuz etkilere sahiptir (Shahrour vd., 2020). Yeraltı altyapı sistemlerini minimum yüzey bozulmasıyla onarmak, yenilemek veya eklemeler

yapmak için kullanılan kazısız teknolojiler, mevcut açık kesme yöntemlerine uygun bir alternatif sunar. Bu çalışmada karar vericilere bazı durumlarda kazısız teknolojiyi en ekonomik alternatif haline getirebilmek için bu maliyetleri doğrudan sermaye maliyetleriyle birleştirmeyi düşünmeleri önerilir. Ayrıca verimlilik, işçi güvenliği ve yapısal sorunlar, kazısız teknolojinin yeraltı altyapı sistemleri için daha verimli bir yöntem olduğunu göstermiştir.

Sonuç olarak, Kazısız Alt Yapı Sistemi, şehirlerin altyapılarını kurmaları için geleneksel açık-kesim kamu hizmetleri kurulumuna kıyasla daha sürdürülebilir bir yöntemdir (Yin vd., 2020).

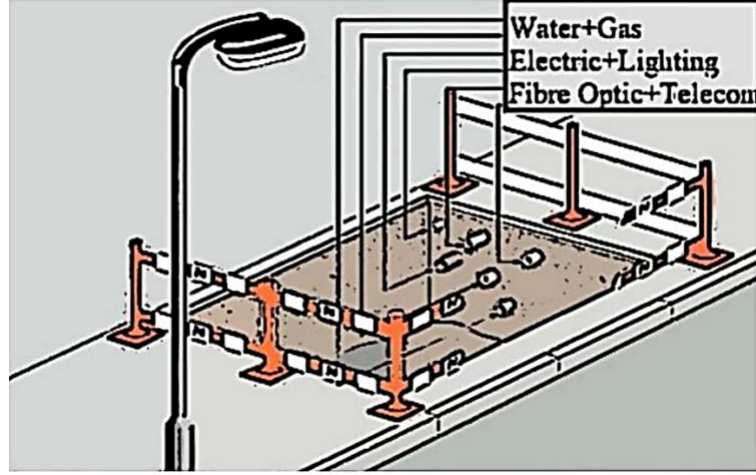
Su, elektrik, doğalgaz ve telefon gibi altyapı sistemlerinin bir arada döşenebilmesini sağlayan kapaklı betonarme altyapı tünellerinin tesis edilmesi durumunda tamir ve yenileme çok daha kolay yapılabilmektedir. Bu tip sistemler esasen yurtdışında gelişmiş ülkelerce kullanılmaya başlanmıştır (Riera & Pasqual, 1992). 1800'lü yılların başında kömürden üretilen şehir gazını binalara iletmek amacıyla kurulan yer altı gaz şebekesi sığ derinlikte yaya yolunun altına gömülmüştür ve 19. yüzyıldan itibaren yaygın olarak kabul edilen bir çözüm olmuştur (Rogers & Hunt, 2006). Altyapı tünelleri, su iletimi, telekomünikasyon, gaz tedarik sistemi vb. gibi birçok altyapı hattını içeren bir entegrasyon sistemidir, bu nedenle toplumun ve ekonominin sağlıklı gelişimini sürdürmek için kilit bir faktör olarak görülmektedir (Yang & Wang, 2013). Günümüz iletişim teknolojileri kapsamında akıllı altyapı sistemleri de oluşturulabilmektedir. Bu sayede akıllı altyapı sistemlerinde kullanılan sensörlerle toplanan veriyi ileten, analiz eden, ölçen, izleyen ve daha gelişmiş performans ve kullanıcı deneyimi için kullanıcı talepleri ve çevredeki değişikliklere akıllı şekilde yanıt verebilen ve kamusal değer oluşturan bir yapı oluşturulmaktadır. Kullanım ömrü boyunca, doğru yerde kullanıldığı ve doğru sayıda kamu hizmetini barındırdığı sürece, altyapı tünellerinin ekonomik olarak daha sürdürülebilir bir kamu hizmeti sağlayabileceği anlaşılmaktadır (Hunt vd., 2014).

Altyapı tünellerinin alternatif altyapı sistemleri ile desteklenmesi gerekmektedir. Bunu yaparken alternatif altyapı sistemlerinin izlenmesi de dikkate alınmalıdır. Fiber optik sensörler, başta boru hatları olmak üzere altyapı sistemlerinin sağlığının izlenmesine yardımcı olur. Alternatif altyapı sistemlerinin neler olabileceğine karar vermeden önce İstanbul ile aynı özellikleri gösteren bazı şehirlerin incelenmesi gerekmektedir. Bu

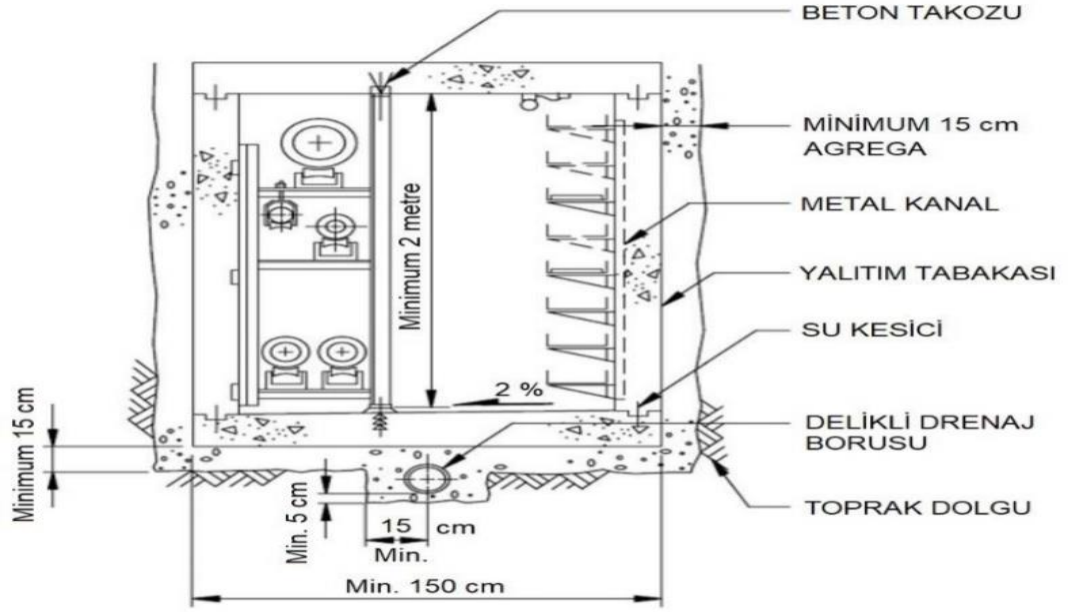
amaçla sokakları dar ve nüfusu yoğun dünya şehirlerinde kullanılan kazısız boru ve kablo döşeme teknolojileri araştırılmıştır. Araç yükünün maksimum olduğu yolun ortasından değil, kaldırım ve yol kenarları hizasında simetrik olarak tesis edilmesi düşünülmektedir (Bkz. Şekil 1).

University of Washington – Engineering Services (2017) tarafından uygulanan örnek en kesitte boyutlandırılmış tip kanal sistemi Şekil 2’de görülmektedir. Altyapı sorunlarına yenilikçi bir çözüm oluşturan bu sistemin, kent açısından önemli faydalar sağladığı anlaşılmaktadır (Yang & Wang, 2013; Gagnon vd., 2008; Rogers & Hunt, 2006). Bu sistemin faydaları:

- * Düşük kurulum maliyeti.
- * Altyapı iletişiminin tüm hizmetler için tek noktadan yapılması.
- * Farklı zamanlarda çok sayıda bağlantı gerektiren teçhizatlarda daha fazla esneklik.
- * Daha verimli, zaman tasarruflu uygulama.
- * Daha az kazı.
- * Sağlıklı, güvenli ve kaliteli sistem.



Şekil 1- Kaldırım ve yol kenarları hizasında döşenen altyapı için temsili resim, tüm altyapı sistemleri bir arada.



Şekil 2- Örnek betonarme kanal en kesiti.

Kazısız teknoloji, altyapı tünellerinin uygulama kolaylığı için yenilikçi bir yaklaşımdır. Zamandan ve işçilikten tasarruf gibi birçok avantaj sağlar. Ayrıca, geleneksel altyapı sistemlerinin uygulanamadığı bazı alanlarda kazısız teknoloji yardımcı olabilir. Altyapı sistemi yolun her iki tarafına yerleştirilmek isteniyorsa ve tek hat üzerinde devam etmesi için belirli noktalarda birleştirilmesi gerekiyorsa, yan bağlantı amaçlı fazladan kazılara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tür bir işlem çok pahalı olduğu için uygun değildir ve ayrıca bir hafriyat nedeniyle belirli bir süre nakliye engeller.

Bölüm 2

Materyal ve Metot

2.1. Altyapı Tüneli (Utility Tunnel) Sistemi

Utility Tunnel olarak da bilinen bu tüneller bir yada birkaç kişinin rahatlıkla çalışabileceği ölçülerde boyutlandırılmalıdır (AbouRizk vd., 1999; Canto-Perello & Curiel-Esparza, 2001; Canto-Perello vd., 2009). Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri Capitol Ziyaretçi Merkezi (United States Capitol Visitor Center) için inşa edilen Utility Tunnel Şekil 3'de görülmektedir. İstanbul için önerilen sistemde oluşturulacak betonarme trapez ya da dikdörtgen en kesitli tünel üzerinde bundan farklı olarak toprak bulunmayacaktır. Utility tunnel belli aralıklarla betonarme bir kapakla örtülür, bu aynı zamanda tünele giriş noktasıdır. Su, kanalizasyon, elektrik, gaz, telefon ve merkezi ısıtma içeren altyapı tüneli örneği ve örnek bir giriş ise Şekil 4 ve 5'te gösterilmektedir.



Şekil 3 - United States Capitol Visitor Center Utility Tunnel iç görünüş (Capitol Visitor Center Project Office, 2005).

2.2. Kazısız Alt Yapı Sistemi

Özellikle iki lokasyonun konvansiyonel bir kazı ile yatay bağlanmasına engel olan yerlerde kazısız boru ve kablo döşeme teknolojileri kullanılmaktadır. Örneğin iki yer arasında nehir varsa bağlantı nehrin altından yapılmalıdır. Ancak bir tünelin kazılması uzun zaman alır ve toprağın su altındaki stabilitesi aşılması zor bir konu olduğundan kalifiye işçilik gerektirir. Bu çalışma, bu yenilikçi teknolojinin dar, dik sokaklarda ve yoğun nüfuslu alanlarda da başarıyla kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Bu amaçla Birleşik Arap Emirlikleri, Kanada ve ayrıca Çin'in dar sokakları ve yoğun nüfuslu Şanghai ve Chongqing şehirleri de dahil olmak üzere birçok örnek araştırılmıştır (Ariaratnam vd., 2006; Ariaratnam vd., 1999; Ma & Najafi, 2008; Zanelidin, 2007). Araştırmalar, bu teknolojinin dar ve dik sokaklarda altyapının uygulanmasıyla ilgili birçok sorunu kazıya ihtiyaç duymadan aşmak için oldukça uygun olduğunu göstermektedir.

Altyapıda Karşılaşılan Problemler	Beklenen Etkileri
Trafiği Ortadan Kaldırmak Tıkanıklık Faktörleri	→ Eski yeraltı hatlarını toplar ve tekrarlanan yol kazılarını önler. → Kaldırımların kaplama, baca dayanıklılıklarını korur
Kentsel yaşama, altyapıların onarım ve bakımlarına yardımcı olmak	→ Havai elektrik ve Telekom hatlarının yer altına alınması ile şehir genel görünümüne katkı sunmak → Kaldırımlardaki direk ve kutuları yer altına alarak yaya güvenliğini ve yürüyüş konforunu sağlamak
Tabiat olaylarına karşı önlem almak	→ Deprem ve fırtına gibi doğa olaylarına karşı önlem almak
Yerin altını kullanımının etkilerini ve faydalarını arttırmak	→ Yer altı kullanımını ve düzenini arttırarak yol işgalini ve yer altı tesislerin verimini arttırmak
Onarım maliyetlerini azaltmak Reducing maintenance costs	→ Bakım ve onarım, denetim ve kontrolün kolaylaştırarak maliyetlerinin düşürülmesi
Gelecekte oluşabilecek yeni taleplere hızlı yanıt verebilme	→ Vatandaşların yeni yaşam standartlarındaki değişiklikler nedeniyle genişleme ve taleplerdeki değişiklikler nedeniyle hareket kolaylığı → Hizmet tüneli içindeki boş alanları kullanarak altyapı hizmeti sunan kurumların kentsel rekabet edebilirliği güvence altına almak

Tablo 1. Altyapı tünellerinden beklenen faydalar ve etkileri



Şekil 4 - Altyapı tünellerinin gereksinimi için örnek fotoğraflar

2.3. Ekonomik Yaklaşım

Kesintisiz yerleşim hizmeti ve Fayda Tünelleri dikkate alındığında, sürdürülebilirliğin doğrudan karşılaştırılmasına izin verecek bir metodolojinin gerekli olduğu açıktır. Ancak bu, gerçek dünyada kararların hâlâ finansal veya parasal modellere dayalı olarak alındığının takdir edilmesiyle birlikte gelmelidir, yani ekonominin hem açık hem de Fayda Tünelleri hizmet yerleşimi için bir karşılaştırmalıdır. Sosyal ve çevresel indirgeme ile bile, belirli durumlarda belirli Altyapı tünelleri türlerinin konuşlandırılması için geçerli bir durum oluşturulabileceği gösterilmiştir. Bu nedenle, sürdürülebilirliğin tam olarak geliştirildiğinde rolünün açıkça Altyapı Tünelleri desteklemesi beklenmektedir.

Altyapı (Fayda) Tünellerinin benimsenmesine yönelik karar verilmesi, kısa vadeli maliyetlere ve uzun vadeli tasarruflara dayanacaktır: Bir finansal değerlendirme, açık kaynak tahsisi için gelirleri giderlerle (yani ilk yatırıma karşı bakım ve işletme maliyetleri) karşılaştıracaktır. Ayrıca Fayda Tünelleri ve her biri için finansal getiri oranlarını hesaplanır; Buna karşılık, bir ekonomik değerlendirme, bir bütün olarak ekonomiye tahakkuk eden ekonomik ve sosyal faydaları belirlenecek ve karşılaştırılacaktır.

Kısa vadeli doğrudan maliyetler (Tek fayda) Çoğu durumda, doğrudan kısa vadeli ekonomik maliyetler (yani ekipman, işçilik ve malzemeler) hafriyat sırasında kullanılan boru, yerleştirme ve eski durumuna getirme genel olarak benzerdir ve aşağıdakileri hesaba katar.

- 1.Kurulum derinliği.
- 2.Zemin koşulları.
3. Kazılan malzeme.
4. Kanal/boru/kablo boyutu.
5. Yüzey tipi.

Bununla birlikte, diğer kısa vadeli doğrudan maliyetlerin çoğu, projeler arasında önemli ölçüde farklı olabilir ve büyük ölçüde şunlardan etkilenir:

inşaatın kendisinin dışındaki faktörler

6. Sözleşme boyutu (daha büyük sözleşmeler için indirimler).
7. Yüklenici kullanıldı.
8. Yol izni masrafları.
9. İnşaat izinleri (şerit kapatma, park yeri askıya alma, vb.).
10. Çalışma sürelerine ilişkin kısıtlamalar (dolayısıyla daha yüksek işçilik oranları gece çalışması için).
11. Trafik yönetimi.

Bu nedenle, bu araştırmanın bulgularının geniş kapsamlı olabilmesi için jenerik, yalnızca kazı, boru yerleştirme ve yüzey için doğrudan kısa vadeli maliyetlerin dökümü dikkate alınır.

İnşaat Aşaması	Malzeme	D – Çap(m), Derinlik(m)	Z –	İş Gücü Maliyeti (£/m ³)	İşletme (£/m ³)	Toplam (£/m ³)
Kazı ^a	Asfalt	Z = 0.0–0.25		9.2	13.6	22.8
		Z = 0.25–0.5		10.4	15.4	25.8
	Yumuşak Malzeme ^b	Z = 0.0–0.25		1.01	1.38	2.38
		Z = 0.25–0.5		1.01	1.40	2.40
		Z = 0.5–1.0		1.34	1.79	3.13
		Z = 1.0–2.0		2.01	2.72	4.73
		Z = 2.0–5.0		3.36	4.51	7.86
Tünel kuyusu kazısı	Yumuşak malzeme	D = 3.0		–	–	107.5
	Kaya	D = 3.0		–	–	185.0
Tünel kazısı	Yumuşak malzeme	D = 3.0		–	–	125.0
	Kaya	D = 3.0		–	–	300.0
Hafriyat işlemi ^c	Kazılmış toprak	–		–	–	19.72
	Taş/Asfalt	–		–	–	20.44

a Taşıt yolunun kaldırılması/kırılması ve diğer işler dahil.

b Yüzey toprağı, kaya veya suni sert malzeme dışındaki malzemeler.

c Sahadan 15 km uzakta bertaraf edilen 3,75/m³ oranında düzenli depolama içerir

Tablo 2 - Kamu hizmeti inşaatı için kazı maliyetleri (SPONS 2010'dan, bkz. Langdon, 2009).

Tablo 3 - Tünel inşaatının kurulum maliyeti (SPONS 2010, see Langdon, 2009).

İnşaat aşaması	Malzeme	D – çap, d = boyut (m)	İşçilik (£/m)	İşletme (£/ m)	Malze me (£/m)	Toplam (£/ m)		
Boru Yerleşim Maliyeti	Karbon Çelik Borular BS EN 10126; Kaynak bileşimli; (Su yolu için) ^a	D = 0.1	10.5	8.2	25.6	44.2		
		D = 0.15	11.9	9.3	39.4	60.6		
		D = 0.2	12.6	9.9	41.7	64.1		
		D = 0.3	14.0	11.0	60.1	85.0		
		D = 0.1	3.18	0.49	25.58	29.24		
	Karbon Çelik Borular BS EN 10126; Kaynak bileşimli; (Tünel içine yerleşim)	D = 0.15	3.18	0.49	39.40	43.06		
		D = 0.2	4.08	2.27	41.67	48.03		
		D = 0.3	4.99	0.77	60.09	65.85		
		Ekstra Maliyetler	Tünel menfezi (kapaklı) ^b	d = 1.0 1.0	–	–	–	500.0
			Tünel	d = 2.0 2.0	–	–	–	850.0
	d = 3.0 2.0		–	–	–	1050.0		
	Pre-cast kuyu kaplaması	D = 3.0	–	–	–	439.82		
	Pre-cast tünel kaplaması	D = 3.0	–	–	–	501.40		

a Sadece hafriyatta döşenen (desteklenen) ve 1,5 m derinliğe kadar geri doldurulmuş borulara uygulanabilir.

b Prefabrik beton bölümlerin maliyeti

Bölüm 3

Araştırma Sonuçları

İlk yatırım maliyeti geleneksel uygulamalar düşünülduğünde daha büyük olacaktır. Bu noktada maliyeti düşürmek için ne yapabileceğimizi düşünmemiz gerekir. Örneğin makina kirası, işçi mesaisini düşürmek amacıyla hızlı kazı yapabilen özel makineler kullanılabilir, zaten kesit belli büyüklükte olacağından tip kazı yapılarak kazı maliyeti azaltılabilir. Nüfus yoğunluğunun fazla olduğu yerlerde altyapı sisteminin rehabilitesi ilk etapta mevcut sistemin yeni sisteme entegre edilmesi yoluyla sağlanabilir. Kalabalık yerlerde yeni sistem için yapılan kazılarda, eski sistemin hasar görmesi, halkın su, elektrik, gaz gibi ihtiyaçlarında aksamaya gidilmesine neden olacaktır. Hizmet sürekliliğini sağlamak ve kazı sırasında altyapının zarar görmesini önlemek amacı ile mevcut altyapı haritasının tamamının son derece detaylı şekilde bir araya toplanması ve incelenmesi zorunludur.

Önerilen altyapı tünellerinin kaldırım hizasında olması düşünülmektedir. Maliyeti azaltıcı bir öneri de üst prefabrike betonarme kapağın desenli olarak dökülmesidir. Desenli betonarme kaldırım yolu uygulamalarının örneklerine dünyada sıkça rastlanmaktadır, kaldırım taşı görünümü verilmiş beton yüzey hem maliyeti azaltacaktır hem de estetik anlamda herhangi bir kayba uğranmasının da önüne geçilmiş olacaktır (Rivard Concrete, 2014; Bennett, 2005). Geçmişte, doğal gaz boru hatları doğrudan yolların altına gömülürdü, toprağın havayı izole etmeye yardımcı olmasına rağmen, boru korozyonu riski önemli ölçüde artmaktaydı (Li vd., 2019). Kapaklı betonarme altyapı tünelinin koruyucu etkisi ile boru hatlarının toprak ve yeraltı suyu erozyonu ile korozyona uğraması veya fırtına, tayfun, deprem gibi doğal afetlerden zarar görmesi engellenebilmektedir (Wang vd., 2020). Havalandırma sistemi ve gelişmiş sensörler ile donatılan altyapı tüneli izole yapısı ile borularda korozyon riskini azaltmaktadır (Zhou vd., 2021). Elektrik çarpması, geleneksel elektrik kabloları için yaygın bir kazadır, ancak altyapı tünellerindeki kablolar nispeten kontrollü bir alanda düzenlenmiştir ve bu riski azaltmaktadır (Wu vd., 2021). Bazı borularda, boru içinden geçen malzemenin donması, muhtemel gaz sızıntısı, elektrik kablolarıyla etkileşim vb. nedenlerle yalıtım gerekebilir (Canto-Perello & Curiel-Esparza, 2006). Deformasyon durumunda potansiyel tehlike oluşturabilecek yalıtım malzemelerinin bakım onarım çalışmaları da ihmal edilmemelidir. Kablo rafları erişilebilirliği kolaylaştırmak amacı ile duvarlara monte edilmektedir (Bkz. Şekil 7). Kalabalık kablo yığınları hava almayan ortamlarda ısı dağılımı sağlanamadığından

yangın üretebilmektedir (Curiel-Esparza & Canto-Perello, 2005). Kablo raf sistemi ile bu tehlikenin önüne geçilmiş olmaktadır.

Altyapı tünelleri belli standartlara göre ve birçok etkene göre boyutlandırılmaktadır. İşçilerin rahat ve sağlıklı çalışmasını sağlayacak ortamın oluşturulması, kablo ve boruların etkileşimini engelleyecek şekilde sıralanması, montaj ve demonte işlerinin kolaylıkla yapılacağı geniş ortamın sağlanabilmesi gibi birçok faktör göz önüne alınarak örnek boyutlandırmalar yapılmış ve literatürde yer bulmuştur (CantoPerello & Curiel-Esparza, 2001). Bir işçinin rahatlıkla çalışabileceği ölçüde boyutlandırılan örnek altyapı tüneli ve boyutları Canto-Perello & Curiel-Esparza (2001) tarafından belirlenmiştir. Raflar arasında bir işçinin çalışmasına engel olmayacak ölçüde yeterli genişliğin mutlaka sağlanması gerekmektedir.

Bir işçi kolaylıkla en üst rafa dahi ulaşabilmeli ve arızayı giderebilmelidir. Boyutlandırılma yapılırken buna dikkat edilmesi gerekmektedir.

Maksimum raf yüksekliği 190 cm'yi aşmamalıdır (CantoPerello & Curiel-Esparza, 2001). Rafların derinliği fazla olamamalıdır, aksi halde kablolarla ulaşım ve tamirat noktasında zorluklarla karşılaşılabilir. Omuz hizası raf derinliğinin 30 cm'yi, omuz – göbek hizası arasındaki rafların derinliğinin 60 cm'yi, göbek hizası altındaki raflarda derinliğin 45 cm'yi geçmemesi önerilmektedir (Canto-Perello & Curiel-Esparza, 2001).

Bir işçinin ergonomik olarak eğilmesini gerektirmeyecek şekilde onarım yapmasının sağlanması önemlidir. Raflar göbek hizasının altına düşürülmemelidir. Böylece işçinin yatay olarak kapladığı alan fazla olmayacak ve dar alanda rahatlıkla çalışabilecektir.

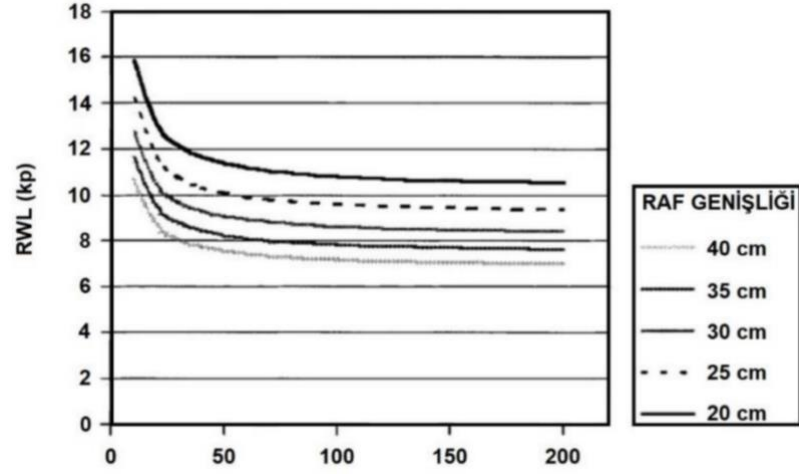
NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) kaldırma denklemi (Bkz. Denklem 1) kullanarak rafların dikey konumuna göre farklı raf genişlikleri için önerilen ağırlık limitleri (Waters vd., 2007), Şekil 8'de görülmektedir.)

Denklem 1'de:

RWL; önerilen ağırlık limitleri (kp cinsinden (~100 kg/m²),

S; rafların genişliğini,

V; raf dikey konumunu belirtmektedir.



Şekil 5- Rafların dikey konumuna göre farklı raf genişlikleri

Her şeyden önce işçi ve teknik personelin sağlığı gelmektedir. Bu anlamda tünellerin içi aydınlatılmalı, havalandırılmalı ve tehlike anında kaçıışı kolaylaştıracak, karanlıkta dahi görülebilen işaretlerin, telefon, yangın, acil müdahale ekipmanlarının standart olarak belli aralıklarla tünellere yerleştirilmesi gerekmektedir (Curiel-Esparza & CantoPerello, 2005) (Bkz. Şekil 6)



Şekil 6 - Acil durum dedektörleri, havalandırma, aydınlatma ve ekipmanları

Bir diğer önemli konu da güvenlidir. Bu tip altyapı tünelleri açılabilir betonarme kapaklı sistemler olup, kötü niyetli kişilerin tehlikesi altındadır (Canto-Perello & Curiel-Esparza, 2006). Herhangi bir sabotaj durumunda üst kapağı tahrip edilmiş ve içi su dolmuş olabilir, kanal boyunca çalışan işçilerin bulunması durumunda sonuçlar çok vahim olabilir. Bu nedenle bu kanalların güvenliği ciddi anlamda tesis edilmelidir.

Düzenli olarak kanallar kontrol edilmeli, güvenlik durumunu belirten raporlar düzenli olarak hazırlanmalıdır. Gaz ve duman detektörleri, kapak açılması durumunda devreye giren ve kontrol merkezini ve en yakın müdahale ekibini uyaracak alarm sistemi, güvenliği tesis etme anlamında standart uygulamalar olmalıdır (Canto-Perello vd., 2013). Ayrıca, betonarme tünelin statığı deprem dahil doğal afetlere karşı test edilmelidir (Chen vd., 2010; Yang & Wang, 2013).

Bu amaçla dünyada uzun süredir sıkça uygulanan ısıya duyarlı fiber optik kabloların kullanılması önerilmektedir. 1997 yılında Ishii vd. (1997) yaptıkları çalışmada bu sistemi test etmiş ve 2 km uzunluğundaki tünelde 5 metre ve 5 santigrat derece ısı hassasiyeti ile başarılı sonuçlar almışlardır. Günümüz teknolojisinde geliştirilmiş benzer sistemlerde daha kesin sonuçlar alınması beklenmektedir.

Fiber optik sıcaklık algılama ve izleme teknikleri inşaat mühendisliği, petrol ve gaz, enerji santralleri, yangın algılama gibi çeşitli alanlarındaki uygulamalar ile yeni olanaklar sağlamıştır (Bartholmai vd., 2013; Rajeev vd., 2013). Mevcut altyapı için uygulamada zorluklar olabileceği düşünülmeyle beraber, oluşturulacak alternatif altyapı sisteminin yenilenmesi ve onarım maliyetlerinin ve kazının minimuma indirilmesi için fiber optik teknolojiden faydalanılmaktadır.

Boru hattı kanala yerleştirilmeden önce bu kabloların döşenmesi gerekmektedir, fiber optik kablolar boru hattının 10 cm altına döşenmelidir (Inaudi & Glisic, 2008). Bazı sistemlerde ise fiber optik kablolar borunun üzerine bağlanmaktadır (Glisic & Inaudi, 2007; Nikles vd., 2007). Herhangi bir sızıntı ve ısı değişimi gibi durumlarda, arızanın yeri sistem tarafından otomatik olarak belirlenmektedir (Inaudi & Glisic, 2005; Li vd., 2004). Boru altına ve üstüne döşenen kablolarla sızıntı olduktan sonra sistem arızayı ve yerini bilgisayar teknolojisi aracılığı ile belirlemektedir (Inaudi vd., 2007; Inaudi & Glisic, 2006). Yatay Yönlü Sondaj sırasında fiber optik sensörler altyapıya entegre edilmelidir.

Yolun her iki tarafında yerleştirilmesi düşünülen altyapı sisteminin belli noktalarda birleştirilmesi ve tek hat üzerinde devam etmesi durumunda ayrıca yan bağlantılarda kazı yapmak durumunda kalılabilmektedir. Kazı yapılmaması için (Horizontal Directional Drilling - HDD) Yatay Yönlü Sondaj (YYS) Sistemi kullanılmaktadır. Bu sistemde açık kazı yapmadan boru ve kablolar toprak altına döşenebilmektedir (Allouche vd., 2000; Tighe vd., 2002). Her aşamada üstten takip edilebilme özelliği

sayesinde yeraltında bulunan mevcut yapılara ve şebekelere zarar verilmez ve istenilen noktadan girip yine istenilen noktadan çıkılabilmektedir (Willoughby, 2005)

Sürdürülebilir kentsel gelişmenin sağlanabilmesi amacı ile kent formu ile altyapı maliyeti ilişkisi ele alınmalıdır. Yerleşim yerlerinin kentleşme noktasında geleceğine dair geliştirilen alternatif senaryolar kentsel teknik altyapı maliyetleri açısından CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) teknolojileri kullanımı ile oluşturulabilir. Minimum maliyetli altyapı haritası CBS yardımı ile oluşturulurken, şehirleşmenin yeni başladığı bölgeler için bu çalışmalar emsal teşkil edebilir. Bununla birlikte şehirleşmenin henüz başlamadığı yerler için imara açılma aşamasında öngörülen altyapı şehir planı ile uyumlu ve maliyeti minimuma indirecek, şehir planlarında sıklıkla kullanılan ızgara desen ile altıgen desen gibi geometrik formlardan faydalanılmalıdır (Gökçen, 2006).

Önerilen kazısız altyapı ve Yatay Yönlü Sondaj (YYSS) sistemlerinin ayrıntılı bir tasarımı geliştirilmeden önce, gerçek bir projeye dayalı olarak sistemin işlevselliğini test etmek için pilot araştırma yapılmalıdır. Çünkü yerel politika ve kültür, çeşitli bölgelerde sistem uygulamasını etkileyebilir. Bu noktada CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) teknolojisi, altyapı tünellerinin konumu ve çevre ortamı hakkında bilgi elde etmek için potansiyel olarak sisteme entegre edilebilir. CBS entegrasyonu, yeni altyapı sistemleri hakkında yeterli uygulama pratiğine sahip olmayan saha çalışanlarına uygulamayı daha iyi anlamaları için yardımcı olacak üç boyutlu (3B) bir görünüm sağlayabilmektedir (Lee vd., 2018). Tüm yeraltı boru hatlarının derinlik, konum, boyut ve hatta boruların malzemeleri dâhil olmak üzere bir 3B görselleştirme ile gösterilebileceği açıktır. Ayrıca, eksiksiz 3B görselleştirme veri tabanı ile mühendisler, boru hattı güzergâhlarını ve kazı faaliyetlerini optimize edebilmektedirler.

Simülasyon karar vermek için güçlü bir araçtır. Yapılması öngörülen bir çalışmanın uygulanabilirliğini test etme olanağı sağlamaktadır. Karar sürecinde modeli geliştiren akademik ve uygulama noktasındaki profesyonel mühendis ekibi tarafından, tasarım aşaması esnasında önerilen uygulamanın yapım, maliyet ve uygulama aşamaları simülasyon ile görülür ve uygulamada optimum kalite yakalanır. Akademik çerçevede tasarlanan yenilikçi altyapı sistemi çalışması proje ekibi ve belediye arasındaki etkileşimli ortak araştırma ve uygulama çalışmaları ile başarıya ulaşabilir (Keirstead & Shah, 2013; Rehan vd., 2013)

Önerilen altyapı sistemlerinin uygulanabilirliğini test etme olanağı sağlayacak ve karar vermede yardımcı olacak olan bir simülasyon çalışmasında işletme ve bakım konularına ek olarak, hidrolojik, toprak malzemeleri ve yataklama koşulları gibi diğer kritik konuların da dikkate alınması gerekmektedir.

Önerilen altyapı sistemlerinin koordinasyonunu sağlayacak olan bir merkezde CBS ile simülasyon çalışmalarını destekleyecek veritabanı, altyapı tünelinin kendisi, ekipman ve boru hatlarına ilişkin bilgiler de dahil olmak üzere önemli miktarda bilginin depolanmasını gerektirecektir. Veritabanı ile amaçlanan hedefler; gerçek zamanlı bilgi toplama, etkili bilgi entegrasyonu ve dağıtımını, görselleştirilmiş bilgi yönetimi ve otomatik güvenlik izleme ve alarm olarak sıralanabilmektedir. Oluşturulacak veritabanı, güvenlik bilgisi, ekipman bilgisi, bakım bilgisi, sözleşme bilgisi, maliyet bilgisi ve yönetim bilgisi gibi fonksiyonel modüller de içermelidir.

Önerilen çalışma, altyapı sistemindeki karışıklığın önüne geçmek maksadı ile tüm altyapının bir araya toplandığı bir betonarme yapının tasarımı olmasının yanı sıra, başta yeni yerleşim birimleri olmak üzere tüm şehir için su getirme ve kanalizasyonda yenilikçi bir yönetim sisteminin oluşturulmasını da içermektedir. Benzer bir çalışma Mendoza-Espinosa vd.'nin (2006) araştırmalarında gri su için yapılmıştır ve planlama ekibi bir sistem modeli geliştirmiştir, gri su ve geri dönüşümlü su uygulamaları farklı senaryolar ile simüle edilmiştir. Simülatör olarak ISEE Systems tarafından geliştirilen STELLA seçilmiştir. Bu çalışma bizlere gri suyun değerlendirilerek su kaynaklarının tasarruflu kullanılması konusunda ilham verebilir. Karahan (2009) gri suyun arıtılarak bahçe sulama, tuvalet rezervuarları, temizlik gibi kısımlarda kullanılması durumunda, tüketilen suyun yaklaşık %50'sinin gri su sisteminden sağlanabileceğini ortaya koymuştur.

Bu durumda tasarlanacak olan altyapı sisteminde ileri ya da yakın vadede uygulamaya geçilmesi durumunda geri dönüşüm suyunun taşınmasında kullanılacak borular için gerekli hacim de düşünülmelidir. Kesitin ileride genişleme gereksiniminin ortaya çıkması olasılığı hesaba katılarak yeterli alan tasarlanmalıdır. Projenin gerçekleşmesi durumunda temel maliyetler, operasyonel maliyetler, verimlilik, inşaat süresi, destek ve kaynakların kullanımı, yenilikçi altyapı sistemi projesi için öncelikli olarak belirlenmesi gereken konulardır.

Bölüm 4

Sonuç

Kentlerimizin içinde bulunduğu sorunların çözümü için klasik planlama ve yönetim anlayışı dışında birtakım anlayışlara gereksinim açıkça ortaya çıkmaktadır. Son dönemler de yapılan yasal düzenlemeler ve kurumsal yapılanmalar bunun en önemli işaretlerini vermektedir. Ancak, bütün bu gelişmeler Yeni Kentsel Düzen'in kurulması için yeterli ve kapsamlı çalışmaları kapsamamaktadır. Eğer kentlerimizi, içinde bulunduğu zor durumlardan çıkarmak istiyorsak, bütüncül bir planlama ve yönetim anlayışı çerçevesinde, aşağıdan yukarı ve yukarıdan aşağı örgütlenme sistematüğını devreye sokmak zorundayız. Bu sistematik, halkın planlamadaki karar süreçlerine

katılma yöntemlerinin belirlenmesini zorunlu kılarken, halkın yaşam alanlarının yeniden tasarlanmasında söz sahibi olmalarını da beraberinde getirecektir. Ayrıca, kentsel gelişmenin iki ayrılmaz parçası olan planlama ve altyapı ilişkisinin yeni bir yönetim anlayışı içinde ele alınması, kentsel ekonomi ve sürdürülebilir kalkınma için vazgeçilmez bir temel strateji olmalıdır. Özellikle çok yoğun ve düzensiz yapılaşan kentlerimizin dönüşümü için yeni bir gelişme strateji ortaya koyarken planlama ve altyapı ilişkisinin doğru kurulması gerekmektedir. Kentlerimizde yaşanan sorunların çözümünde, yeni geliştirme stratejileri sayesinde, yeni fırsatların ortaya çıkacağı ve bunların değerlendirilmesi için de bütüncül bir anlayış ve tüm paydaşların katılımının sağlanacağı bir yönetim ortamının yaratılması sürdürülebilir bir kentsel dönüşümün vazgeçilmez konuları olacaktır. Kent yönetimlerinin ve kentlerin bu gelişmelere açık olması yeni kentsel düzenin bir an önce kurulması için önemli fırsat olacaktır.

KAYNAKÇA

<https://www.gezerplastik.com.tr/galeriler/galeriler-1>

<https://www.building.co.uk/infrastructure-tunnelling/5079148.article>

<https://mainmark.com/tunnel-infrastructure-the-key-to-functional-cities-are-tunnels-built-to-last/>

<https://www.wsp.com/en-us/insights/2021-sustainable-tunnel-solutions-for-water-wastewater-infrastructure>

<https://www.unitracc.com/technical/books/rehabilitation-and-maintenance-of-drains-and-sewers/rehabilitation/replacement-en/utility-tunnel-en>

https://www.corp.at/archive/CORP2012_36.pdf

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ejosat/issue/66239/1006062>

https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC25818.pdf

<https://www.elsevier.com/locate/tust>

<https://www.mdpi.com/2071-1050/13/2/900>

https://www.imo.org.tr/Eklenti/5987,10022pdf.pdf?0&_tag1=C63C269B0FC4BD3A440FB993D7370F8B3CAC3E1C