

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KANALİZASYON ŞEBEKELERİNDE KULLANILAN BORULARIN
HİDROLİK VE MALİYET AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

HASAN TULPAR

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2010**

Yrd. Doç. Dr. Reşit GERGER danışmanlığında, Hasan TULPAR'ın hazırladığı “ Kanalizasyon Şebekelerinde Kullanılan Boruların Hidrolik ve Maliyet Açısından Değerlendirilmesi ” konulu bu çalışma/...../ 2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman:

Üye :

Üye :

Bu Tezin İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

**Prof. Dr.
Enstitü Müdürü (10 punto, koyu)**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1. Dünyadaki Çalışmalar	5
2.2. Ülkemizdeki Çalışmalar	7
3. MATERYAL ve YÖNTEM	10
3.1. Materyal	10
3.1.1. Çalışma alanı ve özellikleri	10
3.1.2. Kanalizasyon sistemlerinde kullanılan boru cinsleri	12
3.1.2.1. Beton –betonarme boru	14
3.1.2.2. HDPE esaslı koruge boru	16
3.1.2.3. CTP boru	18
3.2. Yöntem	20
3.2.1. Kanalizasyon tesislerine gelen suların menşei ve özellikleri	20
3.2.2. Kanalizasyon sistemleri	21
3.3. Kanalizasyon Şebekesi Proje Esasları	23
3.3.1. Şebeke ağı geçkisi	23
3.3.2. Birim debi ve ek debi	23
3.3.2.1. Birim kullanılmış su debisi	23
3.3.2.1.1. İletim debisi	23
3.3.2.1.2. Kentin ağırlıklı toplam sokak uzunluğu	24
3.3.2.1.3. Dönüş süresi	24
3.3.3.2. Ek debiler	25
3.3.3. Hesap Şebekesinin Özellikleri	25
3.3.3.1. Kullanılmış su şebeke planı	25
3.3.3.1.1. Bacalar	25
3.3.3.1.2. Kavşak kotları	26
3.3.3.1.3. Mecra uzunluktan ve kesafet katsayıları	27
3.3.3.2. Boy kesit	27
3.3.3.2.1. Mecra iç sırt derinlikleri	27
3.3.3.2.2. Mecra iç sırt kotları	28
3.3.4. Mecra Hidrolik Hesabı	29
3.3.4.1. Mecra cinsi ve özellikleri	29
3.3.4.2. Maksimum, minimum akış hızları ve eğimler	30
3.3.4.3. Minimum su derinliği	32
3.3.4.4. Maksimum doluluk oranı	32
3.4. Siirt Üniversitesi Kanalizasyon Şebekesi Uygulama Projesi	33
3.4.1. İçme ve kullanma suyuna esas nüfus projeksiyonu ve debi	33
3.4.2. Hesap esasları	34
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	37
4.1. Genel Karşılaştırma	37
4.2. Hidrolik Karşılaştırma	39
4.3. Ekonomik Karşılaştırma	44
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	50
5.1. Sonuçlar	50
5.2. Öneriler	52
KAYNAKLAR	54
ÖZGEÇMİŞ	56
EK 1. Beton boruya için hidrolik hesap sonuçları	57
EK 2. Koruge ve CTP borular için hidrolik hesap sonuçları	61
EK 3. Beton boru için şebeke inşaat planı	65

EK 4. Koruge ve CTP borular için Şebeke inşaat planı	68
EK 5. Beton boru için yaklaşık maliyet hesabı	71
EK 6. CTP boru için yaklaşık maliyet hesabı.....	76
EK 7. Koruge boru için yaklaşık maliyet hesabı.....	83
EK 8. Paçal kazı fiyat analizleri.....	90
EK 9. Nakliye birim fiyat analizleri.....	92
EK 10. Beton boru için kazı-dolgu metrajları	95
EK 11. CTP ve Koruge borular için kazı-dolgu metrajları	97
ÖZET	100
SUMMARY	101

ÖZ

Yüksek Lisans Tezi

KANALİZASYON ŞEBEKELERİNDE KULLANILAN BORULARIN HİDROLİK VE MALİYET AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Hasan TULPAR

**Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Reşit GERGER

Yıl:2010, Sayfa: 101

Altyapı yatırımlarının çok pahalı olduğu günümüzde, Türkiye gibi hem ekonomik sorunları olan, hem de altyapı eksikliği bulunan ülkelerde; altyapı tesisleri planlanırken, en etkin çözümleri getirecek ve aynı zamanda optimum maliyetli olanın tercihi büyük önem arz eder. Kanalizasyon tesislerinde, maliyetin en önemli etkenlerinin başında, boru imalatları ile kazı ve dolgu işleri gelmektedir. Bu çalışmada, Siirt Üniversitesi yeni yerleşke alanının kanalizasyon şebekesi boruların hidrolik hesapları AutoCAD R14 altında çalışan paket bilgisayar programı kullanılarak yapılmıştır. Kanalizasyon inşaatlarında en çok kullanılan beton, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı koruge ile cam takviyeli plastik (CTP) borular için ayrı ayrı hidrolik hesaplamalar yapılmış, boru pürüzlülük katsayılarının farklı olması münasebetiyle atıksu hızında, koruge ve CTP boruların beton boruya oranla kollektör hatlarında % 20–30 arasında, şebeke hatlarında ise %50–80 arasında bir artışın olduğu görülmüştür. Hidrolik hesaplamalarda daha küçük çapta hesaplanan CTP ve Koruge borular kazı – dolgu metrajlarında beton boruya göre % 30 daha az maliyet çıkarmıştır. Ancak CTP boru bedelinin hem koruge hem de beton boruya göre daha pahalı olmasından dolayı, en ekonomik çözümün koruge boru olduğu görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER: Kanalizasyon şebekeleri, hidrolik hesap, atıksu borularının imalat maliyetleri

ABSTRACT

MSc Thesis

EVALUATION OF SEWAGE NETWORK PIPES IN TERMS OF HYDRAULIC AND COST ANALYSIS

Hasan TULPAR

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering**

**Supervisor: Asist. Prof. Dr. Reşit GERGER
Year:2010, Page: 101**

Since infrastructure investments too expensive in today's world, the countries having inadequate infrastructure network and economic problems such as Turkey, should consider the most effective solution and optimum cost while planning the infrastructure facilities. The most important issue of infrastructure networks in terms of cost is production of pipes and earthworks. In this study, hydraulic calculations of sewage network pipes used in Siirt University Campus have been made with AutoCAD R14 program. Hydraulic calculations have been made for Concrete Pipes, High Density Polyethylene Corrugated Pipes and Glass Reinforced Plastics, since the pipe roughness coefficients are different, wastewater speed in HDPE and GRP pipes are %20-30 higher in collector lines and %50-80 higher in network lines than the wastewater speed in concrete pipes. Also hydraulic calculations show that the smaller diameter GRP and HDPE pipes can be used instead of higher diameter concrete pipes. As a result of this the cost of earthworks can be reduced %30. Since the GRP pipes are expensive than corrugated pipes and concrete pipes, HDPE Corrugated pipes are the best solution in terms of hydraulic calculations and cost.

KEY WORDS: Sewage Network, Hydraulic Calculations, Production Costs Sewage Pipes

TEŐEKKÖR

Tez çalıőmalarım boyunca değerli bilgilerini ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Reşit GERGER'e ve Gündoğu İnşaat ailesine Őükranlarımı arz ederim. Ayrıca manevi desteklerinden dolayı aileme sonsuz teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Siirt'in bölgesel konumu.....	10
Şekil 3.2. Siirt üniversitesi yerleşkesi proje alanı.....	11
Şekil 3.3. Betonarme boru üretimi	14
Şekil 3.4. Kanalizasyonda betonarme boru kullanımına ait uygulamalar.....	15
Şekil 3.5. Koruge boru üretimi	17
Şekil 3.6. Kanalizasyonda koruge boru kullanımına ait uygulamalar.....	17
Şekil 3.7. CTP boru üretimi.....	18
Şekil 3.8. Kanalizasyonda CTP boru kullanımına ait uygulamalar.....	19
Şekil 3.9. a) Bir köyde, b) Bir büyük şehirde, kullanılmış su akışındaki saatlik salınımlar.....	24
Şekil 4.1. 626 ile 635 düğüm noktaları arasındaki koruge-CTP ile beton boru hız değerleri ...	40
Şekil 4.2. 626 ile 635 düğüm noktaları arasındaki koruge-CTP ile beton boru çapları.....	40
Şekil 4.3. 540 ile 561 düğüm noktaları arasındaki koruge-CTP ile beton boru hız değerleri.....	41
Şekil 4.4. 540 ile 561 düğüm noktaları arasındaki koruge-CTP ile beton boru çapları	41
Şekil 4.5. 599 ile 603 düğüm noktaları arasındaki koruge-CTP ile beton boru hız değerleri.....	42
Şekil 4.6. 599 ile 603 düğüm noktaları arasındaki koruge-CTP ile beton boru çapları	43
Şekil 4.7. 626 ile 635 düğüm noktaları arasındaki 1 metre boru imalat bedelleri	44
Şekil 4.8. 626 ile 635 düğüm noktaları arasındaki 1 metre hafriyat imalat bedelleri.....	45
Şekil 4.9. 540 ile 561 düğüm noktaları arasındaki 1 metre boru imalat bedelleri	46
Şekil 4.10.540 ile 561 düğüm noktaları arasındaki 1 metre hafriyat imalat bedelleri	46
Şekil 4.11.599 ile 603 düğüm noktaları arasındaki 1 metre boru imalat bedelleri	47
Şekil 4.12.599 ile 603 düğüm noktaları arasındaki 1 metre hafriyat imalat bedelleri	48
Şekil 4.13. Siirt Üniversitesi yeni kampus alanı kanalizasyon şebekesi boru imalat bedeli... ..	48
Şekil 4.14. Siirt Üniversitesi yeni kampus alanı kanalizasyon şebekesi hafriyat maliyetleri.....	49
Şekil 4.15. Siirt Üniversitesi yeni kampus alanı kanalizasyon şebekesi boru cinslerine toplam inşaat maliyetleri.....	49

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 2.1. Mevcut atık su şebekesinin yaşı ve yenilenme	8
Çizelge 3.1. Kanal şebekesinde kullanılan boru türleri ve çapları.....	13
Çizelge 3.2. Atıksu ve yağmursuyu sisteminin yapısı.....	22
Çizelge 3.3. Çapa bağlı olarak müsaade edilen maksimum baca ara mesafeleri	26
Çizelge 3.4. Beton borularda mecrâ çaplarına göre alınması gereken eğimler	31
Çizelge 3.5. Toplam proje nüfus projeksiyonu	33
Çizelge 3.6. Üniversite yerleşkesinin içme suyuna esas nüfus hesabı.....	34
Çizelge 3.7. Toplam insan içme suyu gereksinimi.....	34
Çizelge 3.8. Boruların genel olarak karşılaştırması.....	37
Çizelge 4.1. Boru metrajları.....	43

SİMGELER DİZİNİ

b_n	Pürüzlülük Katsayısı
D_{min}	Kanalizasyonda kullanılan minimum boru çapı
J	Eğim
n	Pürüzlülük Katsayısı
R	Hidrolik Yarıçap
V	Hız
V_{min}	Kanalizasyonda müsaade edilen minimum hız
V_{max}	Kanalizasyonda müsaade edilen maksimum hız
Q_{end}	Endüstri debisi
Q ile	iletim debisi
$\Sigma L_i \cdot k_i$	Ağırlıklı toplam sokak uzunluğu

1. GİRİŞ

Yerleşim bölgelerinde bulunan her türlü binalardan, sanayi kuruluşlarından, sokak ve caddelerden gelen sıvı ve atıksuları toplamaya, uzaklaştırmaya ve arıtma tesislerine iletmeye yarayan, yeraltına döşenen birbirleri ile bağlantısı olan kanal sistemine kanalizasyon denir. Kanalizasyonun günümüzde oluşmuş bir uygulama değildir. Geçmiş dönemlerde basit düzeyde de olsa farklı uygulamalara rastlanmaktadır.

Eski dönemlerde kullanılan kanalizasyon yapısı ile bugün kullanılan kanalizasyon yapıları arasında benzerlikler görülmektedir. M.Ö 5 000 yıllarında suların yerleşim merkezlerine uzaklaştırılması toprak, künk, ahşap ve taş borular ile yapılmaktaydı. Eski dönemlerde yapılmış olan kanalizasyon yapılarına bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

Çorum ilinin Alaca ilçesinin Höyük köyündeki en eski yerleşim yerlerinden Alacahöyük'te şehir sur kalıntıları, anıtsal kapılar, bloklardan yapılmış evler, su kanallarının kalıntılarını görülmüştür. Bu bilgilerin yanı sıra Hititlerin atık su sistemi kurmuş oldukları bilinmektedir. Bunlardan Büyükkalede'ki sistem günümüze kadar ulaşmıştır. Üzeri oval delikli bir künkler şebekesi ile hem yolda biriken yağmur suları toplanmış ve 70-72 cm uzunluğundaki pişmiş toprak boruların uç uca eklenip kil ile yapıştırılması yöntemiyle yapılmış kanalizasyon sistemine verilmiştir. Daha sonraki Anadolu uygarlıklarının hepsi de kanalizasyona önem vermiştir (Ateş, 2001).

Van'ın Gürpınar ilçesindeki Çavuştepe kalesinde, İstanbul Üniversitesince yapılan arkeolojik kazılarda, kanalizasyon ve ilk tuvalet sistemine rastlanmaktadır. Urartulular tarafından kurulan kaledeki kanalizasyon sistemi, günümüzde kullanılan kanalizasyon sistemine büyük benzerlikler göstermektedir. Mimarlar kaleyi inşa etmeden önce altyapı sistemini oluşturmuşlardır. Kalede kullanılan tuvalet taşının altında 2 metre derinliğinde bir fosseptik çukuru bulunmakta ve bu çukurun alt kısmında, kalenin kuzey batısına uzanan kayaların oyularak 28 metre uzunluğunda

bir kanalizasyon sisteminin oluşturulduğu bulunmuştur. Bu sayede atıksuların kale içinden, surların dışarısına gönderildiği tespit edilmiştir (BYEGM, 2004).

Efes'te evlere kadar giren su dağıtım ve kanalizasyon sistemi vardır. Denizli'de bulunan tarihi kent Hierapolis'te, kentin güney-kuzey yönünde uzanan 13 metre genişliğinde 1 km uzunluğundaki ana caddede caddenin ortasında kanalizasyon yapılmıştır. Helenistik ve Roma dönemlerine ait bütün antik kentlerde suların hijyenik koşullar içinde dağıtılması için, alt yapı sistemine önem verilmiş ve kentlerin gereksinimlerini karşılayacak sarnıç, su kemeri, su yolu, su deposu, kayaya kazılan su deposu, merdivenli sokakların altında yer alan pis ve temiz su kanalları, kanalizasyon sistemi gibi tesisler yapılmıştır (Anabolu, 2001).

Günümüzde kullanılan kanalizasyon sistemleri, iki farklı sistemde uygulanmaktadır. Bunlarda ilki binalardan, sanayiden gelen atıksular ile caddelerden gelen yağmur suyunun aynı boru kanalları ile toplandığı kanalizasyon sistemidir. Bu sisteme birleşik kanalizasyon sistemi adı verilir. İkincisi ise bina ve sanayilerden gelen atıksular için ayrı kanalın, sokak ve caddelerden gelen yüzeysel sular için ayrı kanalın kullanıldığı kanalizasyon sistemidir. Bu sisteme de ayırık kanalizasyon sistemi adı verilir. Bu iki sistemin birbirlerine karşı avantaj ve dezavantajları olmasına karşın, günümüzde özellikle gelişmiş yerleşim yerlerinde ayırık kanalizasyon sistemi tercih edilmektedir.

Birleşik sistemlerde kanal ölçüleri büyük olmakla birlikte, tek bir boru döşenmesi sebebiyle, inşaa tesis maliyeti ayırık sisteme göre daha düşüktür. Buna karşın ayırık sistemlerde atıksu ve yağmur suyu ayrı kanallarda iletileceğinden, kanal çapı küçük boyutlu olmakla birlikte iki tane kanal kullanılmakta ve bu uzun vadede bakıldığında daha ucuz olduğu görülmektedir.

Dar caddelerde, birleşik sisteme göre bir fazla kanala sahip olan ayırık sistem probleme yol açar. Birleşik sistemlerde, yağmur suyu ve atıksu birlikte toplandığından, yapılacak arıtma tesisi ayırık sisteme göre daha büyük boyutlandırılmalıdır. Yağmurlu zamanlarda ayırık sistemle arıtma tesisine sabit debi

ve özellikle atıksu gelmesine karşın; birleşik sistemlerde farklı debi ve özellikle (seyrelmiş) atıksu gelir ve bu da atık suyun arıtılmasını zorlaştırır. Aynı şekilde caddelere atılan tuz, benzin gibi farklı yapıdaki maddeler, birleşik sistem ile atıksu tesisine gelirken, ayrık sistemle bu maddelerin tesise gelmesi engellenir.

Yağmursuz kurak zamanlarda, birleşik sistemlere çeşitli sebeplerle kum, çakıl, toprak gibi katı maddeler girebilir ve bu maddeler kanallarda birikerek, kanal içindeki atık suyun hızının azalmasına, kanaldaki oksijen miktarının azalmasına ve buna bağlı olarak septik durum oluşmasına sebep olabilir. Septik durumlarda kötü kokular oluşur ve hem kanal yapısı zarar görebilir, hem de arıtma tesisi zarar görebilir. Bu durumun engellenmesi için; kanallar sık sık yıkanarak, kanalların temizliği yapılmalıdır. Ayrık kanalizasyon sistemlerinde ise arıtma tesisine gelen kanallara dışarıdan yabancı maddeler girmez ve kanaldaki akış hızı sabit ve hızlı olduğundan, septik duruma pek rastlanamaz. Bu yüzden sık sık temizlenmesine ihtiyaç yoktur.

Birleşik sistemlerde, şiddetli yağışlarda kanal kapasitesinin yetersiz kalması durumunda, bodrum katları su basabilir. Ayrık sistemlerde, bodrum katlarının yağmur suyu ile bağlantısı olmadığı için su basması olamaz. Ayrık sistemlerde, başlangıç kanalları minimum çapta olduğu için kanal ağını büyütme zordur.

Ülkemiz şehirlerinin büyük çoğunluğu, ayrık sistem olarak planlanmasına rağmen birleşik kanalizasyon sistemi olarak işlev görmektedir. Bunun nedeni, ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı belediyelerin kanalizasyon sistemlerine öncelik tanınması ve oluşan yağmur sularını da bu kanalizasyon sistemine bağlamasıdır.

Gelişmekte olan ülkemizde, yeni kurulan yerleşim ve sanayi bölgelerinin altyapı sistemlerinin tasarımı ve inşasıyla birlikte, mevcut altyapı sistemlerinin gelişen nüfus ve yoğunlukla birlikte yeniden ele alınıp, projelendirilmesi ve uygulanması gerekliliği inkâr edilemez bir gerçektir.

Ülkemizde atıksu tesislerinde genellikle beton ve plastik borular kullanılmaktadır. Boru seçimi yapılırken; ekonomik ömrü, mukavemeti, yapım, bakım ve işletme özellikleri ve boru maliyeti gibi özellikler göz önüne alınmalıdır.

Kanalizasyon sistemlerinde kullanılması tasarlanan boruların avantaj ve dezavantajlarının iyi bilinmesi gerekir. Bu çalışmada, Siirt Üniversitesi yeni yerleşke alanı kanalizasyon şebekesinin uygulama projesi irdelenmiştir. Çevre Mühendisi Cüneyt SARGUT tarafından hazırlanmış olan AutoCAD R14 altında çalışan paket bilgisayar programı yardımı ile, kanalizasyon inşaatlarında en çok kullanılan beton boru, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı koruge boru ile, cam takviyeli plastik (CTP) borular için ayrı ayrı hidrolik hesaplamalar yapılacaktır. Uygulamada kullanılan beton, koruge ve CTP borular için çözüm yapılarak, hidrolik açıdan boru hız ve çaplarının değişip değişmediği kontrol edilecek ve her cins boru için maliyet analizi yapılarak karşılaştırılacaktır. Bu karşılaştırma sonucunda, kanalizasyon tesislerinde hangi cins borunun kullanılması gerektiği genel, hidrolik ve maliyet açısından irdelenecektir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Dünyadaki Çalışmalar

Kentleşme ile birlikte, insanoğlunun temel ihtiyaçlarından olan temiz su sorunu önemli bir problem olarak gündeme gelmiştir. İnsanların, su ve atıksuları bir boru ile iletmeye başlamasını öğrenmeleri için binlerce yılın geçmesi gerekmiştir. Bununla beraber, su getirme ve atıksu uzaklaştırma sisteminin inşası ile ilgili arkeolojik kayıtlar günümüzden 5 000 yıl öncesine kadar uzanmaktadır. Sümerler tarafından inşaa edilmiş Nippur şehrine ait harabelerde, kemerli bir atıksu kanalının mevcudiyetine rastlanmıştır (Muslu, 1994).

Su getirme ve suların tasfiyesi ile ilgili mühendislik çalışmaları hakkında bilgi veren ilk rapor, M.S. 97 yılında, Eski Roma'nın su işlerinde sorumlu yüksek bir memuru olan Sextus Julius Frantinus tarafından yazılmıştır. Bu raporda; Roma'ya su ileten 15 ile 80 Km. uzunluk 1 ile 5 m² en kesit alanlarına sahip dokuz adet akedük'ün mevcut olduğu bildirilmektedir (Herschel, 1913).

Nippur ve Roma'nın drenaj kanalları antik devrin büyük yapıları arasındadır. Bu kanallar önceleri caddelerden gelen yağmur sularını uzaklaştırmak ve sokakları yıkamak için yapılmışsa da bazı ev ve saraylardan bu kanallara bağlantı yapıldığına dair örneklerle rastlanmıştır (Muslu, 1994).

Frantinus'tan ondokuzuncu asrın ortalarına kadar, atık suların uzaklaştırılması konusunda hissedilir bir ilerleme olmamıştır. 1842 yılında, Hamburg şehrinin eski bölgelerinin bir yangında harap olmasından sonra, şehrin bu kısmının modern fikirlere göre yeniden inşası kararlaştırılmış ve bu iş, zamanın tanınmış bir İngiliz mühendisi olan W.Lindley'e verilmiştir. W.Lindley, bugün dahi geçerli modern fikirleri de içine alan mükemmel bir atıksu toplama sistemi projelendirmiştir (Muslu, 1994).

Evlerden ve endüstriden gelen atıksu ve benzeri artıklar ile meskûn bölge içerisine düşen yağmur suları, aynı kanal içerisinde uzaklaştırılırsa buna birleşik sistem kanalizasyon, ayrı kanallarla uzaklaştırılırsa ayırık sistem kanalizasyon denir. Birleşik kanalizasyon sistemi genellikle dünyanın eski şehirlerinde görülür (Van Der Zwen, 1990).

Açık kanal akımlarında, kanal iletim kapasitesine etkileyen pürüzlülük özelliklerinin hassas olarak belirlenmesi, taşkın koruma çalışmaları, su kaynaklarının planlanması ve kullanımı gibi çalışmalar da oldukça önemlidir. Açık kanallarda pürüzlülük değeri sabit olmayıp, birçok faktöre bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu faktörler; akım derinliği, kesitsel ortalama akım hızı, Reynolds sayısı, kanal tabanı ve şevlerin pürüzlülüğü, kanal en kesit şekli, bitki örtüsü, kanal kıvrımları, hareketli taban ve yatak özellikleri, yatak yükünün hareketinden kaynaklanan gerilmeler, yatak geçirgenliği, ikincil akımlara bağlı üç boyutlu akımların varlığı, askı maddeleri ve kritik akım şartı olarak belirtilmektedir (Chow, 1959).

2.1. Ülkemizdeki Çalışmalar

Oğuz ve ark. (1987) çalışmalarında, deniz deşarjı yapılarında kullanılan boru cinsleri için hidrolik ve ekonomik yönleri dikkate alarak geliştirilen bir bilgisayar programı yardımıyla en uygun boru seçimi yapmışlardır.

Bayraktar (1998) yapmış olduğu çalışmada, Autocad altında çalışan lisp programı ile 4 ayrı zemin profiline göre, 300, 400, 500, 600, 800, 1 000 ve 1 200 mm çaplı 1 m. uzunluktaki atıksu borusu için, ayrı ayrı metraj ve keşif yaparak maliyet hesaplamıştır. Farklı eğimlere göre kazı derinliği ile boru kesiti arasında mukayese yaparak, ters eğimli arazilerde boru kesitini artırmaktansa, kazı derinliğinin fazla olmasının daha ekonomik olduğunu belirtmiştir.

Makeeva (1998) yapmış olduğu çalışmada, farklı ülkelerdeki farklı standartlar kullanıcı tarafından girilebildiği bir kanalizasyon sisteminin hidrolik hesabı için bir bilgisayar programı geliştirmiştir.

İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi ve 12 şehrin sular idarelerine ilişkin elde edilen verilerin değerlendirildiği Benchmarking Çalışması çerçevesinde, 13 dünya metropolünde yapılmış olan çalışmanın beşinci bölümünde, atık su ve yağmur suyu sistemleri incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Ağırlıklı olarak sistemin nasıl çalıştığı, şebeke uzunluğu, şebekenin yaşı, yağmur suyu ve atık suyun birleşik olup olmadığı sorgulanmış ve çizelge 2.1' de karşılaştırılmıştır (İSKİ, 2004).

Çizelge 2.1. Mevcut atık su şebekesinin yaşı ve yenilenme oranı (İSKİ, 2004)

Şehirler	Mevcut atık su şebekesinin yaşı	Atık su şebekesinin her yıl yenilenen yüzdesi
Berlin	129	1
Londra	80	Kurum bu bilgiyi verememiştir
Madrid	En eski kanalizasyon ağı XVII. yüzyıldan kalma. Fakat kanalizasyon ağının büyük bir kısmı son 25 yılda yapılmış ya da yenisiyle değiştirilmiştir	1
Moskova	105	0,91
New York	Kurum bu bilgiyi verememiştir.	Kurum bu bilgiyi verememiştir.
Paris	Kurum bu bilgiyi verememiştir.	Düzeltilme çalışması yapılmaktadır. Ancak yenileme çalışması yapılmamaktadır.
Şanghay	30-50	2,2
Tokyo	50	3
Mexico City	15-55	1
Johannesburg	75	0,5
Kahire	48	10
İstanbul	20	4
Tahran	13	0

Ceyhan (2005) yapmış olduğu çalışmada, optimizasyon tekniğiyle maliyeti sonlandıran, nüfusa göre pis su miktarını hesaplayan, boru çapını, eğimi ve uygulama yükseltilerini bulan Visual Basic 6.0 diliyle yazılmış bir bilgisayar programı geliştirmiştir. Geliştirdiği bu programın temel amacının mümkün olan boru çapı ve eğim kombinasyonlarını sunmak ve ekonomik değerlendirme yaparak bunların arasından en iyi alternatifi seçmek olduğunu belirtmektedir.

Efe (2006) yapmış olduğu çalışmada, InfoWorks CS modelleme programını kullanarak, Bursa ili atıksu ve yağmursuyu sistemlerinin modelleme çalışmasını yapmıştır. Yapılan çalışmada, mevcut atıksu hatlarının 2030 yılı hizmet nüfusu için yeterliliği incelemiştir. Yetersiz olmaları durumunda günümüzde ve gelecekte taşkına sebep olma ihtimallerini irdelemiştir. Atıksu hatlarına gelen yağmursuyu debisinin miktarını belirlemeye çalışmıştır. Atıksu hattı (birleşik sistem çalışan) üzerinde bulunan dolu savakların faydaları/zararları ile optimum işletme şartlarını incelemiştir. Yapılan çalışmalar ile atıksu, yağmur suyu ve birleşik sistem toplayıcı

hatlarının her birine ait model ve simülasyon örnekleri ile simülasyonlar sonucu karşılaşılan sorunlara yönelik çözüm önerileri sunulmuştur.

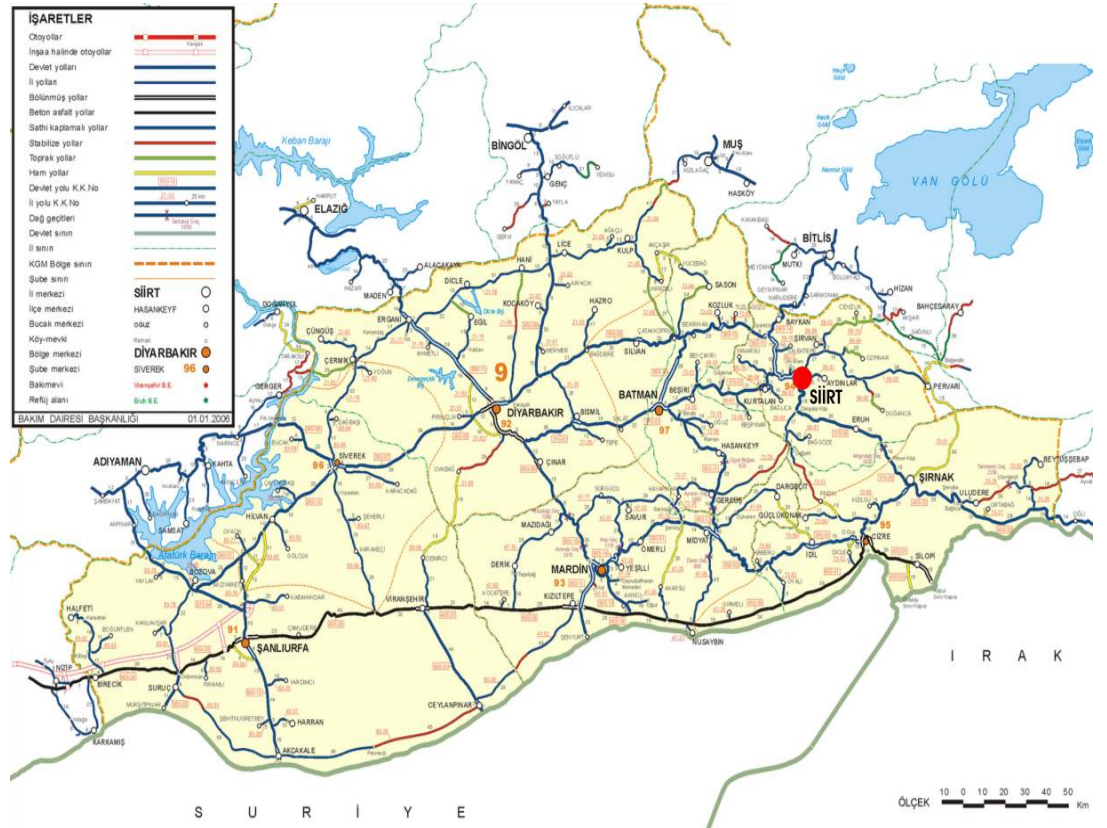
Kalkan (2007) yaptığı çalışmada, pis su kanallarının projelendirmesi ve hidrolik hesapların yapılması için, İSKİ'nin de kullandığı Excel tablosunu, atıksu ve yağmur suyunu projelendirmek için yapılmış msKanal programını ve sewerCAD programlarını kullanarak uzaklaştırılacak olan su miktarını hesaplamakta ve bu miktar göz önüne alınarak boru çapı ve eğimi seçilmekte, ayrıca döşeme derinliği hesaplanmaktadır. Daha sonra bu hesaplar arası karşılaştırma yaparak en uygun olanını göstermektedir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma alanı ve özellikleri

Siirt, Güneydoğu Anadolu Bölgesinin doğusunda bulunan Van, Bitlis, Muş, Mardin, Şırnak, Hakkâri ve Batman illeri ile çevrilidir. İlin Yüzölçümü 6.186 kilometre kare, rakımı 902 metre olup Dicle Nehri'nin kollarından olan Botan ve Reşan çaylarının arasında yer almaktadır (Şekil 3.1).

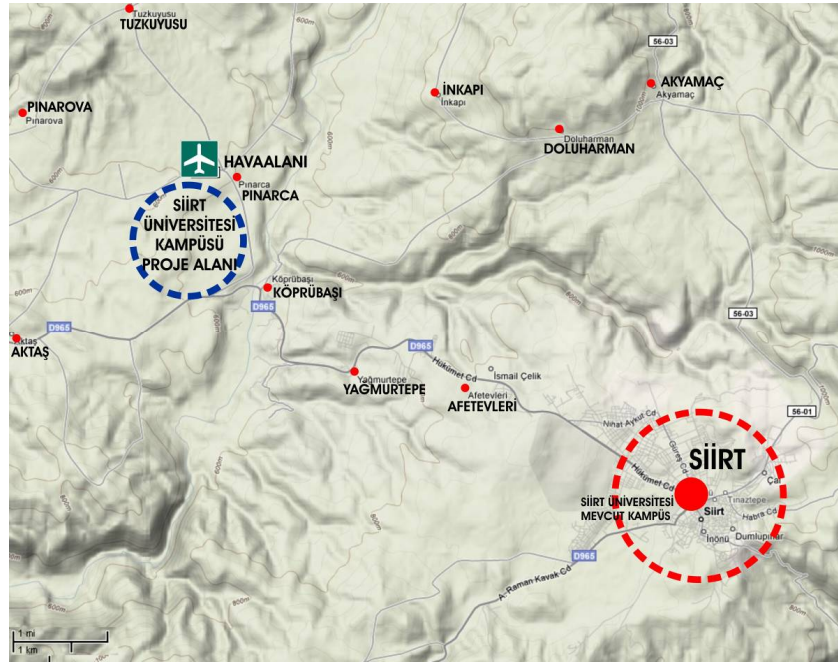


Şekil 3.1. Siirt'in bölgesel konumu

Siirt'te ilk yüksekokul, 1976 yılında Dicle Üniversitesine bağlı iki yıllık Eğitim Enstitüsü olarak kurulmuş, 1982 yılında Siirt Eğitim Yüksekokulu adı altında önlisans düzeyinde eğitime devam etmiştir. 1989–1990 öğretim yılında bünyesinde

lisans programları açılan yüksekokul, 1992 yılında Dicle Üniversitesi Eğitim Fakültesi adını almıştır. Sınıf Öğretmenliği, Fen Bilgisi Öğretmenliği, Sosyal Bilgiler Öğretmenliği, İlköğretim Matematik Öğretmenliği programlarından çok sayıda mezun vermiş olan Eğitim Fakültesi, 29 Mayıs 2007 tarih ve 26536 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren 5662 sayılı yasayla, Dicle Üniversitesinden ayrılarak Siirt Üniversitesi adını almıştır.

Bu çalışmada, uygulama alanı olarak Siirt Üniversitesi yeni kampus alanı seçilmiştir. Siirt Üniversitesi yeni bir yerleşke kurarak uluslararası değerde, kaliteli yüksek eğitim veren ve bilim üreten bir üniversite oluşturmayı ve öğrenci sayısını arttırmayı planlamaktadır. Yerleşke alanı Siirt Kenti’nin batısında, havaalanının güneyinde, Pınarca Köyü sınırları içerisinde, şehir merkezine yaklaşık 9,5 km uzaklıkta olup, yaklaşık 165 hektarlık bir alanı kapsamaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Siirt üniversitesi yerleşkesi proje alanı

Siirt Üniversitesi Yerleşkesi akademik, idari ve sosyal birimleri ile yaklaşık 17 000 öğrenci kapasiteli bir yerleşke olarak tasarlanmıştır (2045 yılı projeksiyonu). Proje, Siirt ve çevresinin sosyal, kültürel, çevresel koşullarını geliştirmeyi ve kent/bölge ekonomisinin gelişmesine katkı sağlamayı hedeflemektedir.

3.1.2. Kanalizasyon sistemlerinde kullanılan boru cinsleri

Meskûn bölgelerde kullanılmış suların kanallarda toplanabilmesi için her binada basınçlı suyun mevcut olması gerekir. Aksi halde kullanılmış sular, münferit tesislerde yani septik çukurlarında toplanır. Eski zamanlarda şehirlerde basınçlı su olmadığından, kullanılmış su kanallarından önce yağmursuyu kanalları inşa edilmiştir. Kayıtlara göre, bugünkü manada olmasa bile ilk kanallar, Hindistan ve daha sonra da Mısır'da inşa edilmiştir. Orta çağda, Avrupa'daki din ve mezhep kavgaları su ve kanalizasyon işlerinin ihmaline sebep olmuştur. Bu ihmal o derece büyük olmuştur ki, Viyana ve Londra gibi büyük şehirlerde kullanılmış sular pencereden atılmaya başlanmıştır (Karpuzcu, 1985).

Bu gibi pis durumlara çare bulunması için yapılan araştırmalar, pis suların da mevcut yağmursuyu kanallarına verilmesi fikrine insanları götürdü. Birleşik kanalizasyon fikri böylece ortaya çıktı. Yağmursuyu kanallarının, en yakındaki su yatağında son bulacak şekilde inşası esas kabul edildi. Böylece artık maddelerin sularla taşınarak meskenlerden kolayca uzaklaştırılması sayesinde bertaraf edilen taciz edici durumlar, bu sefer meskûn bölgenin içinden geçen akarsular için söz konusu oldu. Bilhassa sıcak havalarda önceleri küçük, sonraları daha büyük akar ve durgun sular üstü açık büyük bir lağım halinde, yakıcı güneş altında kaynamaya ve çürümeye başladı. İngiliz hukukçu Sir Edwin Chadwick 1840 yılında ayrık kanalizasyon fikrini ortaya attı ve künk mecraların kullanılmasını teklif etti (Fair ve Geyer, 1958).

İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi tarafından 13 büyük metropolde kanal şebekesinde kullanılan boru türleri ve çapları ile ilgili araştırma çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kanal şebekesinde kullanılan boru türleri ve çapları (İSKİ, 2004)

Şehirler	Boru türleri ve çapları
Berlin	Seramik, Beton, Fiber-Güçlendirilmiş Çimento, Brick, PE/Plastic, Metalik Materyal - 200 ile 4 400 mm.
Londra	Şebeke: Keramik, Pik - Kolektörler: Pik 150 ile 2 650 mm.
Madrid	Boru cinsleri hakkında bilgi vermemiştir. 400 ile 4 500 mm.
Moskova	Betonarme, Çelik, Pik, Plastik vs. Şebeke: 125 ile 600 mm. Kolektör: 700 ile 5 600 mm.
New York	Boru cinsleri ve çapları hakkında bilgi vermemiştir.
Paris	Boru cinsleri hakkında bilgi vermemiştir. 200 ile 6 800 mm.
Şanghay	Beton, PVC - Maksimum 4 000 DN
Tokyo	Beton, Pik, Plastik - 250 ile 8 500 mm.
Mexico City	Boru cinsleri hakkında bilgi vermemiştir. 450 ile 6 000 mm.
Johannesburg	Seramik Boru çapları hakkında bilgi vermemiştir
Kahire	Seramik boru, PCV tabakalarla güçlendirilmiş beton boru 178 ile 5 000 mm.
İstanbul	300 ile 700 mm.ye kadar Muflu Beton Boru (MBB) 700 ile 3 000 mm. çapları arası ise Betonarme (BA) boru, ayrıca HDPE ve CTP borular
Tahran	ID, PVC, PE, PP, LAEGER 250 ile 2 400 mm.

Kanalizasyon inşaatlarında çizelge 3.1'den de görülebileceği üzere genel olarak beton, kargir, seramik, asbestli çimento, plastik, çelik ve font borular kullanılır.

Ülkemizde atıksu tesislerinde genellikle beton ve plastik borular kullanılmaktadır. Boru seçimi yapılırken; ekonomik ömrü, mukavemeti, yapım, bakım ve işletme özellikleri ve boru maliyeti gibi özellikler göz önüne alınmalıdır.

Kanalizasyon sistemlerinde kullanılması tasarlanan boruların avantaj ve dezavantajlarının iyi bilinmesi gerekir. Bu çalışmada ülkemizde, kanalizasyon inşaatlarında en çok kullanılan beton, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı koruge ile cam takviyeli plastik (CTP) borular karşılaştırılacaktır.

3.1.2.1. Beton - betonarme boru

Beton boruların kullanılmasına, büyük ölçüde 19. asırda İngiltere, Fransa ve Amerika'da başlanılmıştır. Ülkemizde de Devlet Su İşleri (DSİ) kurumu tarafından yabancı menşeli şirketle yapılan anlaşma ile Ankara, İstanbul, Adana ve İzmir gibi yerlerde düşey sistemli ilkel gerilmeli beton-betonarme boru fabrikası kurulmuştur. Bu fabrikalarda 300 ile 2 200 mm. çaplı borular imal edilmiştir (Gizbilli, 1992).

Ülkemizde 1980 lere gelene dek el ile tokmaklanarak sıkıştırılan beton harcı, künk adıyla üretilerek kanalizasyonda kullanılan borular, ilk makineleşmeyle beraber büz adıyla üretilen beton borular, nispeten daha kaliteli ve ek parçalarıyla uygulama kolaylığı getirirse de; mukavemet ve sızdırmazlık gibi önemli hususlar için yeterli gelmemiş, sanayileşen sektörün 1990 larda beton boru üretimine başlamasıyla, çevrenin korunmasında çevreci altyapı elemanları kullanılmış ve kalıcı, ekonomik, uzun ömürlü, uygulama kolaylığı gibi temel konular için performans artırıcı çözümler üretilmiştir.

Ülkemizde DN150-DN600 arası beton DN700-DN2400 arası da betonarme olarak borular TS821 standardı kullanılarak üretilmektedir.



Şekil 3.3. Betonarme boru üretimi



Şekil 3.4. Kanalizasyonda betonarme boru kullanımına ait uygulamalar

3.1.2.2. HDPE esash koruge boru

Kanalizasyon boruları Poliolefin grubu içerisindeki Polipropilen ve Polietilen hammaddelerinden üretilen bir üründür. Ø450 mm çapa kadar üretilen ekstrüde koruge boru, polietilen ve polipropilen hammaddeden üretilebilirken, sarmal koruge borular, polietilenden üretilmektedir. Aynı et kalınlığında halka mukavemet değeri, polipropilen de daha yüksek çıktığından daha fazla tercih edilmektedir. Sarmal yöntemle ise Ø500 mm çap ve üzerindeki borular üretilmektedir.

Ekstrüde koruge borular manşonlar ile birleştirilir iken, sarmal koruge borular muflu ve spigot (erkek) uçludur, düz boru birleştirmesinde manşona ihtiyaç duyulmaz.

Ekstrüde koruge boruların birleştirilmesi için enjeksiyon manşonları üretilmektedir. Contalar boru dış yüzeyindeki kanala oturtulur ve manşona geçirilir. Sarmal koruge borular ise ekstrüde kaynağı, contalı yönteminin yanı sıra elektro füzyon yöntemi ile de birleştirilebilir. Bu birleştirme yöntemi, normalde 0,5 bar basınç altında kullanılan boruları 4 bar'da dahi kullanılabilir hale getirir.

Ülkemizde koruge borular; TS EN 13476-1 ve DIN 16961-16566 standartlarında, EN ISO 9960 standardına göre yapılan çember rijitliği değeri olan SN 4 (4 KN / m²) ve SN 8 (8 KN / m²) sınıflarında, kendiliğinden muflu ve manşonlu olarak üretilmektedir.



Şekil 3.5 Koruge boru üretimi



Şekil 3.6. Kanalizasyonda koruge boru kullanımına ait uygulamalar

3.1.2.3. CTP boru

Cam takviyeli plastik (CTP), cam elyafı ile taşıyıcı bir matriks reçinenin birleştirilmesi ile elde edilen kompozit bir malzemedir. Cam elyafı takviyeli plastik, ortam koşullarına dayanıklı, esnek ama yeterli mekanik dayanıma sahip olmayan plastik (ör: polyester reçine) ile yüksek mekanik dayanımlı cam elyafının bir araya getirilmesi ile elde edilen nitelikli bir kompozit mühendislik malzemesidir.

CTP malzemenin iki ana hammaddesi bulunmaktadır: Doymamış polyester reçine ve cam elyafı. CTP üretiminde en yaygın olarak kullanılan doymamış polyester reçineler, takviyeli plastikler içinde termoset gurubunda yer alan reçinelerdir.

CTP üretiminde kullanılan cam elyafı, kum, alumina, kireç taşı, kolemanit, kaolen v.s. gibi geleneksel hammaddeler kullanılarak üretilmektedir. CTP malzemenin kalitesi, cam elyafı ile reçine arasındaki bağın kuvveti ile doğru orantılıdır.

Atıksu sistemlerinde kullanılan CTP borular, TS 4355 ile ISO 10467 standartlara uygun olarak 5 farklı rijitlik sınıfında 32 bara kadar üretilmektedir.



Şekil 3.7 CTP boru üretimi



Şekil 3.8 Kanalizasyonda CTP boru kullanımına ait uygulamalar

3.2. Yöntem

3.2.1. Kanalizasyon tesislerine gelen suların menşei ve özellikleri

Su temini tesisleri ile yerleşim merkezine dağıtılan sular çeşitli şekillerde kullanıldıktan sonra başka bir sistemle uzaklaştırılır. Meskûn bölgelere düşen yağış suları da çevreye zarar vermeyecek tarzda drene edilir. Kullanılmış sular ve yağmur suları kanallarda toplandıktan sonra çevrede zarar vermeyecek şekilde bertaraf edilmelidir (Karpuzcu, 1985).

Kanallara giren sular menşe itibariyle

1. Evlerden gelen kullanılmış sular
2. Sanayi tesislerinden gelen kullanılmış sular
3. Meskun bölgeden gelen yağış suları
4. Sızıntı suları olmak üzere dört grupta incelenir.

Evlerden gelen pis sularda insan dışkıları, sabun, kir ve yiyecek artıkları gibi sayısız maddeler içerir. Bunlardan bir kısmı suda asılı halde diğerleri ise eriyik ve koloidal durumlarda bulunur (Erdemgil ve ark, 1978). Evlerden gelen sular patojen bakteriler ihtiva ettiklerinden hiç bekletilmeden ve tekniğine uygun bir şekilde bertaraf edilmelidir (Karpuzcu, 1985) .

Sanayi tesislerinden gelen sular, meydana geldiği sanayi tipine bağlı olarak alıcı ortamlara doğrudan verilebileceği gibi şehir kanallarına verilmeyecek derecede kirli olanlarını da ihtiva eder (Erdemgil ve ark, 1978).

Binaların çatılarından, caddelerden, bahçe ve parklardan gelen yağış suları toz, toprak, kum ve çakıl gibi inorganik maddeler ile yaprak, süprüntü ve çöp artıkları gibi organik maddeler içerir (Karpuzcu, 1985) .

Yeraltında kanalların bağlantı yerlerinden kanallara sızan sular özellik itibariyle temiz olup zemin ve yeraltı suyu durumuna göre kanal debisinin hesabında göz önünde tutulur (Karpuzcu, 1985) .

3.2.2. Kanalizasyon sistemleri

Kullanılmış suları toplayan tesisler evlerden ve endüstriden gelen atık maddeleri ve yağmur suyundan meydana gelen akımı aynı kanal içinde beraberce iletirse bu kanallara birleşik sistem mecraları denir ve bunlar birleşik kanalizasyon sisteminin bir kısmını meydana getirirler. Eğer bu iki cins pis sular ayrı ayrı toplanırsa, böylece otaya çıkan pis su kanalları ve yağmur suyu kanalları (veya yağmur suyu drenleri) ayrık kanalizasyon sistemini teşkil ederler (Fair ve Geyer, 1958).

Birleşik sistemde, kullanılmış suları ve yağış sularını toplayan bir kanal yapılıdır. Bilhassa eski şehirlerde bu sistem yaygındır. İlk yağış suları için inşa edilmiş kanallara, kullanılmış suların bağlanması sonucu ortaya çıkmıştır. Bununla beraber bazı şartlar altında bugün dahi birleşik sistem tercih edilebilir (Karpuzcu, 1985) .

Ayrık sistemde, evlerde ve bazı sanayi tesislerinde kullanılan suları toplamak üzere bir, yağış sularını toplamak üzere de bir tane olmak üzere iki ayrı kanal şebekesi yapılıdır. Son 50 yıldan beri bu sistem tavsiye edilir (Karpuzcu, 1985) .

Bu iki ana sistemin dışında, başlangıç mecraları birleşik sistemde, daha sonraki kısımları ayrık sistemde tertiplenen karma sistemlerin uygulanması da mümkün olmaktadır (Öziş, 1983).

İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi tarafından 13 büyük metropolde atıksu ve yağmursuyu sisteminin yapısı ile ilgili araştırma çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Atıksu ve yağmursuyu sisteminin yapısı (İSKİ, 2004)

Şehirler	Atık su ve Yağmursuyu Sisteminin yapısı	Ayrık (%)	Birleşik (%)
Johannesburg	Ayrık	100	0
Moskova	Ayrık	100	0
Tahran	Ayrık	100	0
Londra	Birleşik	0	100
Madrid	Birleşik	0	100
Mexico City	Birleşik	0	100
İstanbul	Bir kısmı birleşik	95	5
Tokyo	Bir kısmı birleşik	82	18
Berlin	Bir kısmı birleşik	75	25
Şanghay	Bir kısmı birleşik	64	36
New York	Bir kısmı birleşik	20	80
Paris	Bir kısmı birleşik	Kurum bu bilgiyi verememiştir.	
Kahire	Bir kısmı birleşik	Kurum bu bilgiyi verememiştir.	

Bir bölgede kanal şebekesi planlanırken en uygun sistemin seçilmesi gerekir. Bir yerleşim merkezi için en uygun sistemin seçimine tesir eden faktörler aşağıda belirtilmiştir.

- Topoğrafik durum
- Yerleşim merkezindeki bina ve evlerin durumu
- Şehirdeki yolların durumu ve kaplamaları
- Bölgenin jeolojik yapısı, yeraltı su seviyesi ve değişimi
- Şehrin içme suyu şebekesinin durumu
- Sanayi tesisleri ve bu tesislerde kullanılan suyun özellik ve miktarları
- Alıcı ortam veya alıcı ortam olarak kullanılabilir yüzey sularının özellikleri

3.3. Kanalizasyon Şebekesi Proje Esasları

Mevcut tesisleri bulunmayan veya yaralanmayacak kadar eski olan yerleşme bölgelerine tamamen yeni bir kanalizasyon sistemi planlanır. İller Bankası yönetmeliğine göre ayrık sistem kanalizasyon projesi aşağıda belirtilen esaslar dâhilinde hazırlanır.

3.3.1. Şebeke ağı geçkisi

Genel plan üzerinde (1 / 1 000 ile 1 / 100 000 ölçekli) ana, esas ve tali toplayıcı kanallar su akış yönleri gösterilerek çizilir. Büyük kanallar mümkün olduğu kadar ana caddelerden geçirilir.

3.3.2. Birim debi ve ek debi

İçme suyu sistemiyle dağıtılan sular pek fazla kayıp vermeden kanalizasyon sistemine gelir. Bazen kuyulardan alınan sular ve kanalizasyon döşenen bölgedeki yüksek yeraltı suları da kanalizasyona girebilir. Ayrıca yağmur suyu toplama sistemi olmayan yerlerde, yağmur suları da pis su kanallarına karışabilir. Bütün bu suların kanallardan akacağı düşünülerek kanalları boyutlandırmak gereklidir.

3.3.2.1. Birim kullanılmış su debisi

3.3.2.1.1. İletim debisi

Şehrin içme suyu temini projesinde hesaplanan (kentın ihtiyacı olan su miktarı iletim debisi (Q_{ile})) kanalizasyon sisteminin boyutlandırılmasına esas olan en önemli debidir.

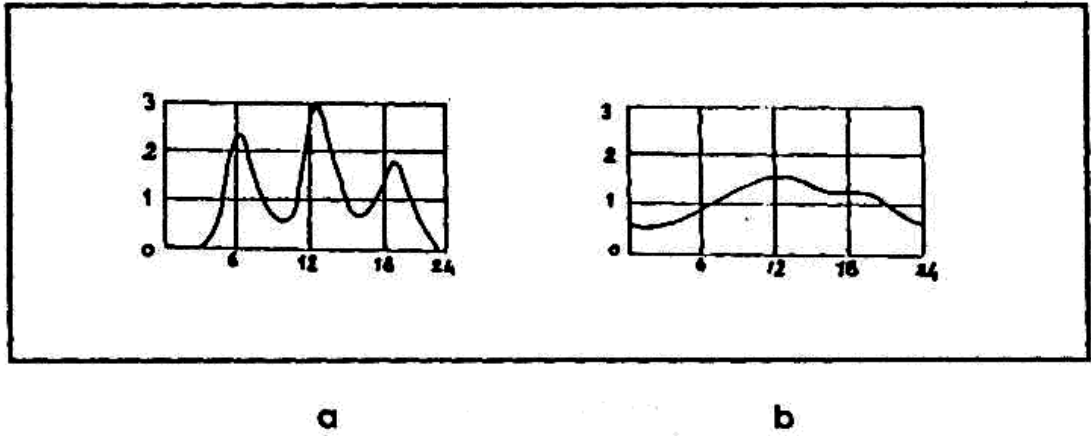
3.3.2.1.2. Kentin ağırlıklı toplam sokak uzunluğu

Su getirme projesinde belirlenen nüfus yoğunluk katsayıları kullanılarak, kentin fiktif (hayali) sokak uzunluğu (Ağırlıklı toplam sokak uzunluğu) ($\sum L_i \cdot k_i$) bulunur.

3.3.2.1.3. Dönüş süresi

Dağıtılan suyun az bir kısmı (buharlaştır, bahçe sulanır v.s.) su toplama ağına dönmez. Kanala dönen su miktarının, dağıtılan suya oranı P_1 katsayısı ile gösterilir. Özel durumlar olmazsa, emniyetli tarafta kalmak için dağıtılan suyun tamamının kanallara ulaştığı kabul edilir. Yani $P_1 = 1$ değeri kullanılır.

Bir günde dağıtılan suyun daha kısa bir zaman aralığında kanalizasyon sistemine dönebileceği P_2 katsayısı ile tanımlanır. Bu katsayı kente 24 saatte verilecek suyun T_d saat kadar sürede geriye dönmesi esasına göre bulunur.



Şekil 3.9 a) Bir köyde, b) Bir büyük şehirde, kullanılmış su akışındaki saatlik salınışlar. (Samsunlu, 1997)

Şekil 3.1’de bir köy ve bir büyük şehirde kullanılmış su debisindeki saatlik salınışlar görülmektedir. Çoğunlukla 24 saatte dağıtılan suyun $T_d = 12$ saatte geriye döneceği kabul edilir. (İller Bankası Şartnamesi) Böylece $P_2 = \frac{24}{T_d} = \frac{24}{12} = 2$ değeri

hesaplarda kullanılır. Bu değer, köylerde $T_d = 8$, büyük şehirlerde $T_d = 16$ olarak alınır. ($P_1, P_2, \Sigma L_i, k_i$ değerleri saptandıktan sonra (A_k) birim kullanılmış su debisi (fiktif dağıtım debisi) şu formül ile hesaplanır:

$$q_k = \frac{P_1 \cdot P_2 \cdot Q_{ile}}{\sum L_i \cdot K_i} = q_k = \frac{Q_{kul}}{\sum L_i \cdot K_i} \quad (\text{lt/sn/m}) \quad (3.1)$$

3.3.2.2. Ek debiler

Fiktif dağıtım debisinden başka kullanılmış su toplama ağına gelecek debiler ek debi olarak adlandırılır. Örneğin; su dağıtım şebekesinden verilen uç debilerin kullanılmış su olarak dönen miktarları veya kendi su alma tesisinden (örneğin kuyusundan) su alan bir fabrikanın kullanılmış suları hesaplarda ek debi olarak kullanılır. Ek debiler hesap tablosunda Q_{end} sembolü ile gösterilmiştir. “end” kelimesi “endüstri” kelimesinin kısaltılmış şeklidir. Ek yerine endüstri denmesinin nedeni ek debilerin çoğunlukla endüstriden gelmesidir.

3.3.3. Hesap şebekesinin özellikleri

3.3.3.1. Kullanılmış su şebeke planı

Kullanılmış su şebeke genel paftasında done olarak verilen ve hesaplanması istenen bölgenin 1/2000 ölçekli haritası üzerinde kanal ağı geçkisi çizilir.

3.3.3.1.1. Bacalar

Muayene bacaları, sokakların kavşak yerlerinde, akım yönü değiştiğinde, kot değişikliklerinde (düşüler), büyük meyil değişikliklerinde ve iki baca arasındaki uzunluk çapa göre belli değerleri aştığında inşa edilir. Muayene bacaları akımın kontrol edilmesini, kanal içinde akan kirli suyun aerobik şartlarda kalması için gereken havayı (oksijen) sağlar ve kanallar tıkanırsa açılması olanağını verir. Çapa bağlı olarak müsaade edilen maksimum baca ara mesafeleri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.3 Çapa bağlı olarak müsaade edilen maksimum baca ara mesafeleri

Çap	Maksimum Baca Aralığı
20 – 55 cm arası	50 m
60 – 80 cm arası	70 m
90 – 140 cm arası	90 m
140 cm den büyük ise	125 150 m

Şütlü bacalar

Sokak eğimlerinin, mecralar için kabul edilen eğimlerden fazla olması halinde mecralar üzerinde Şüt ve kaskatlar yapmak suretiyle istenilen eğimler elde edilir. Şütler muayene bacalarında düzenlenir ve şütün yapılması gerekli olan her yere bir muayene bacası konur. Genellikle şüt yüksekliği 2.00 m. den fazla alınmaz. İstisnai durumlarda yerel şartlar uygun ise 4,00 m. ye kadar şüt yüksekliği kabul edilebilir.

Yıkama bacaları

Mecraların temizlenmesi maksadı ile uç noktalarda ve diğer lüzumlu görülen noktalarda tesis edilir. Yıkama bacalarında geri tepmeyi önlemek için dolu savaklar düzenlenir. Yıkama bacalarında boru ağızlarına siber ve klape gibi manevra cihazları konur. Mecra başlarında ve akış süratinin 0,50 m. den az olduğu yerlerde yıkama bacaları inşa edilir.

3.3.3.1.2. Kavşak kotları

Kavşak kotları, mecra eğimleri (meyilleri) ve mecra iç sırt derinliklerinin saptanabilmesi için gereklidir.

3.3.3.1.3. Mecra uzunlukları ve yoğunluk katsayıları

Sokağın kullanılmış suyunun hesaplanabilmesi için o sokağın uzunluğuna ve yoğunluk katsayısına gerek vardır.

3.3.3.2. Boy kesit

Sokaklara döşenen mecraların profilden görünümünü belirlemek ve inşaat esnasında kolaylık sağlamak, için mecraların boy kesitleri çıkartılır. Boy kesitler genellikle 1/100 düşey 1/2000 yatay ölçekle çizilirler. Boy kesitlerde mecra iç sırt derinlikleri ve bacalar açık olarak gözüktür.

3.3.3.2.1. Mecra iç sırt derinlikleri

Mecra iç sırt derinliği, zeminle boru üstü arasındaki toprak dolgusunun kalınlığıdır. Mecraların zemin içindeki derinlikleri, yerel iklim şartlarına (özellikle don etki derinliğine), binaların bodrum derinliklerine ve daha önce yapılmış olan içme suyu, yağmur suyu, havagazı, elektrik, P.T.T. tesislerinin derinliklerine bağlı olarak belirlenir, (içme suyu borusu ile kanalizasyon borusu arasında en az 30 cm. kot farkı bulunmalıdır). Eğer bu tesisler yoksa ve yapılmayacaksa en az derinlik 1 m, yapılacaksa en az derinlik 1.50 m olmalıdır. Çoğu kez bodrum derinliğine ilaveten, 1/100 veya 1 /50 eğimle bodrumdan, caddeden geçen toplama kanalına kadar olan fark ($H = J.L$) ve kanala bağlantı yerinde çapa bağlı olarak 10 ila 30 cm lik bir fark ilave edilerek minimum iç sırt derinliği bulunur. Burada amaç en derin bodrumdaki suyun bile kanallar vasıtasıyla toplanabilmesi ve aynı hendekte birçok şebeke elemanının birbirine zarar vermeyecek biçimde bulunabilmesidir. İç sırt derinliği genellikle 1,5 – 2,0 m civarındadır. Mecra iç sırt derinliğinin saptanmasında don etkisi ve trafikten oluşacak basınç darbeleri de etkindir.

3.3.3.2.2. Mecra iç sırt kotları

Mecra iç sırt derinlikleri belirlendikten sonra mecra iç sırt kotları bulunur. Bunun için kavşak (zemin) kotundan iç sırt derinliği çıkartılır. Elde edilen değer mecra iç sırt kotudur.

3.3.4. Mecra hidrolik hesabı

3.3.4.1. Mecra cinsi ve özellikleri

Kanalizasyon sistemlerinde genellikle beton borular (santrifüj veya vibre beton borular, yerinde dökme beton borular), beton büzler veya sırlı künk borular kullanılır. Ayrıca plastik, cam takviyeli, yüksek yoğunluklu polietilen borular da kullanılmaktadır. Boru en kesitleri çoğunlukla daire şeklinde, bazen yumurta, elips veya daha değişik özel tipte olabilir.

Açık kanallardaki akımla ilgili teorik formüllerdeki sürtünme faktörleri hakkında kesin bilgilerin elde mevcut olmaması sebebiyle mühendisler atık su kanallarında uygun ampirik formül kullanmaya devam etmektedirler. Genellikle “Gauckler-Manning-Strickler” ve “Kutter” formülleri bu amaçla kullanılmaktadır.

Gauckler-Manning-Strickler formülü:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} J^{1/2} \quad (3.2)$$

n : Beton borular için, (n = 0.012) - Koruge ve CTP boru için (n = 0.009)

R : Hidrolik yarıçap, (m)

J : Eğim, (m/m)

Bu denklem Gauckler (1838), Manning (1890), Strickler (1923) tarafından, muhtelif tarihlerde ayrı ayrı çıkarılmış olduğundan bu isimlerle anılmaktadır. Burada n, cidar pürüzlülüğü ile ilgili bir katsayı olup uygun bir değer kabul edilmesi son derece önemlidir. Kısmen dolu kanallarda n, su derinliği ile bir miktar değişmektedir.

Kutter formülü:

$$V = \frac{100\sqrt{R}}{bn + \sqrt{R}} x \sqrt{(JxR)} \quad (3.3)$$

bn : Beton borular için, (b = 0.35) - Koruge ve CTP boru için (b = 0.11)

R : Hidrolik yarıçap, (m)

J : Eğim, (m/m)

3.3.4.2. Maksimum, minimum akış hızları ve eğimler

Mecralarda kullanılmış su kanalları için $D_{\min}=20$ cm için $V_{\min}=0.4- 0.5$ m/sn, yağmur suyu için $D_{\min} =25-30$ cm için $V_{\min,}=0.5$ m/sn, birleşik sistem kanallarında $D_{\min}=30$ cm için $V_{\min,}=0.3-0.5$ m/sn olarak minimum hız şartları vardır.

Hız yukarıda verilen minimum değerlerin altında kaldığı zaman boru içinde katı maddelerin çökmesi ve tıkanmalar olur; bu birikimler kokuşur, etrafı rahatsız eder, H_2S açığa çıkarak korozyonu hızlandırır. Hızlar minimum değer üzerine çıkarılmadığı zaman kanalın başına yıkama bacası konur.

Kullanılmış su kanalları için $V_{\max}=2.5-3.0$ m/sn, yağmur suyu ve bileşik sistem kanalizasyon şebekelerinde ise $V_{\max}=5-6$ m/sn olarak kabul edilmiştir.

Maksimum hızlar borunun yapılmış olduğu malzemeye de bağlıdır. Boru yapımında kullanılan malzeme kalitesinin artmasına bağlı olarak kanal içerisinde akımın yüksek hızlarda gerçekleşmesinin çok fazla zararı olmamaktadır. Özel durumlarda yağmur suyunda ve kullanılmış su şebekelerinde, $V_{\max} =10$ m/sn alınabilir. Hızın fazla olması, sürüklenen katı maddeler tarafından borunun aşınmasına sebep olur. Bu nedenle hızların V_{\min} ve V_{\max} arasında kalması sağlanır (Yücel ve Aksoğan, 1998).

Kanalların içinde çökme olmaması ve kanalın aşınmasına sebep olmayacak minimum ve maksimum hızları elde edecek eğimler projelendirme için önemlidir. Mecralara verilecek eğimler konusunda, asgari, azami hız ve pis suyun asgari

derinlik şartı göz önünde tutularak çizelge 3.4'de çapa göre öngörülen eğimler alınabilir (Makeeva, 1998).

Kanal eğimleri öngörülen bütün bağlantıların suyunu alacak ve en az masraf gerektirecek şekilde boyutlandırılmalıdır. Kanal eğimleri minimum ve maksimum eğim şartlarını her zaman sağlamalıdır (Topacık ve Eroğlu, 1998).

Çizelge 3.4. Beton borularda mecrâ çaplarına göre alınması gereken eğimler

ϕ Çap mm.	Min. Eğim	Min. İstisnai Eğim	Maks. Eğim	Maks. İstisnai Eğim	En müsait eğim
200	300	300	7	5	50-150
300	500	500	7	7	50-150
400	600	900	25	15	100-200
500	800	1000	25	15	100-200
600	1000	1500	25	15	100-200
700	1000	1500	50	-	200-500
800	1200	1800	50	-	200-500
900	1500	1800	50	-	200-500
1000	2000	2500	75	-	300-750
1200	2050	2500	75	-	300-750
1400	-	2500	75	-	300-750
1600	-	2500	75	-	300-750
2000	2250	2500	75	-	300-750
3000	2500	2500	75	-	300-750

3.3.4.3 Minimum su derinliği

Minimum su derinliği, birleşik sistem ve kullanılmış su şebekelerinde, kaba pisliklerin dibe çöküp kalmaması, yüzerek sürüklenebilmesi için 20 mm den az olmamalıdır. Bazı kaynaklarda bu derinlik $h > D/10$ olarak verilmektedir.

3.3.4.4. Maksimum doluluk oranı

Atık su kanallarının su derinlikleri genel olarak başlangıç mecralarında küçüktür. Çünkü kullanılan boru çapı, o mecralara atık su veren nüfus sayısına göre büyüktür. Sistemin diğer kısımlarında ise proje süresinin sonunda hesapta öngörülen debi gerçekleşir (Makeeva, 1998). Pissu mecralarının kısmen dolu aktığı kabul edilmektedir. Yeraltı suyunun yüksek, yeraltı suyunun borulara girme ihtimalinin yüksek olduğu yerlerde, bina çatı atıksularının pissu kanallarına yanlışlıkla bağlanma durumlarında, borunun debiye göre %50, %60 dolu aktığı, diğer durumlarda da %80 dolu aktığı kabul edilerek projelendirme yapılmaktadır. Kanalların yarı dolu olarak boyutlandırılmasının sebebi; kullanılmış suların kimyasal özelliklerinden dolayı, kanal kapasitesinin zamanla azalması, kullanılmış suların zamanla ayrışarak metan, sülfür gibi tehlikeli gazların oluşması, yeraltından kanala sızabilen suyun varlığı, ileride artabilecek ihtiyaca cevap verebilmesidir (Samsunlu,1997) .

3.4. Siirt Üniversitesi Kanalizasyon Şebekesi Uygulama Projesi

Siirt Üniversitesi Yerleşkesi Atıksu uygulama projesi ayrık sistem tasarlanmıştır. Atıksu deşarjı yerleşke alanın doğusunda yapılacak arıtma sahasına iletilecektir.

Teşkil edilen kanalizasyon şebekesi, yerleşkenin tüm kullanılmış suyunu toplayacak biçimde 1/1000 ölçekli imar planı, hali hazır yerleşim planı ve ileriki yıllarda oluşabilecek yerleşim alanları da dikkate alınarak, pissu şebeke planlarında gösterilmiştir. Yerleşkenin kanalizasyon şebekesi için hazırlanan pissu şebeke planları 1/1000 ölçekli 3 adet paftadan oluşmaktadır (Ek 3).

3.4.1. İçme ve kullanma suyuna esas nüfus projeksiyonu ve debi

Siirt Üniversitesi yerleşkesi için hazırlanan imar planı raporunda Üniversite için 2009–2023 yılları arası düşünülerek bir gelişme projeksiyonu oluşturulmuştur. Söz konusu raporun 1.Bölümünde, “Siirt Üniversitesi yerleşkesi akademik, idari ve sosyal birimleriyle yaklaşık 17000 öğrenci kapasiteli bir yerleşke olarak tasarlanmıştır” denilmektedir. Bu kabul düşünülerek Siirt Üniversitesi yeni kampus alanı nüfus projeksiyonu aşağıdaki şekilde belirlenmiştir (Kara, 2010).

Çizelge 3.5. Toplam proje nüfus projeksiyonu

Ünite/Bölüm	2023 yılı (kişi)	2045 yılı (kişi)
Öğrenci Sayısı	10300	17000
Öğretim Üyesi/Öğretim Elemanı	830	1700
İdari Personel	830	1700
Kredi Yurtlar Kurumu Personeli	1030	1700
Günübirlik Kullanıcılar	1000	5000
Tıp Fakültesi	-	400

Çizelge 3.6. Üniversite yerleşkesinin içme suyuna esas nüfus hesabı

Ünite/Bölüm	2023 yılı (kişi)	2045 yılı (kişi)
Öğrenci Sayısı	10300	17000
Akademik Personel (Aile Fertleri dâhil)	4150	8500
İdari Personel (Mesai saatleri içerisinde kampüste kalan %90)	900	1530
İdari Personel (Lojmanda kalan 100*5, 170*5)	500	850
Günübirlik Kullanıcılar	1000	5000
Yurt Personeli	1000	1700
Hastane Yatak Sayısı	200	400

Belirlenen bu nüfus projeksiyonuna göre, üniversite yerleşkesinin içme suyu gereksinimi hesabı, İller Bankası şartnamesine göre önerilen kişi başı günlük tüketimler de göz önüne alınarak hesaplanmış ve değerler çizelge 3.7’de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Toplam insan içme suyu gereksinimi

Ünite/Bölüm	2023 yılı (lt/sn)	2045 yılı (lt/sn)
Öğrenci İçme suyu Gereksinimi	7.00	12.00
Lojman Tüketimi	8.00	16.00
Günübirlik Tüketiciler	0.50	1.50
Hastanelerde Tüketim	1.50	2.50
TOPLAM	17.00	32.00

3.4.2. Hesap esasları

Siirt Üniversitesi yerleşkesi için İçme ve kullanma suyu şebekesi ile 24 saatte dağıtılacak debinin 12 saatte pissu şebekesine döneceği kabulü ile dönüş katsayısı $p=2$ alınacaktır. Bu bölgede birim pissu şebekesi boyuna gelen debi:

$$Q_{\text{pissu}} = 2 * Q_{\text{iletim}} = 2 * 32 = 64 \text{ lt/sn} \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

İller Bankası şartnamesi gereği hidrolik hesaplarda Kutter bağıntısı kullanılmıştır. Formülde bulunan “bn” pürüzlülük katsayısı olarak DIN 4032

normuna göre imal edilecek borulara ait katsayılar kullanılmıştır. Bu katsayılar; beton borular için $b = 0.35$, koruge ve CTP boru için $b = 0.11$ olarak alınmıştır.

Bütün mecraların başlangıç ve bitim noktalarında muayene bacası tesis edilmiştir. Maksimum baca aralık mesafeleri İller Bankası şartnamesi gereğince belirlenmiştir. (Çizelge 3.4)

Kanalizasyon şebekesinde en küçük çap 200 mm. alınmıştır. Kanalizasyon mecralarında boru üst hendek derinliği, içme suyu borusu taban ($1.00 + \text{boru çapı}$) derinliğinin 1.20 m. ve üzerinde olması nedeniyle 0.30 m. mesafe şartını temin etmek için 1.70 m. alınmıştır. Başlangıç mecralarında ise boru üst derinliği 1.60 m. alınmıştır.

Aynı doğrultudaki mecralarda ve aynı mecrada birleşen hatlarda, üst sırt derinliği en fazla aynı mecrada birleşen toplayıcı ana mecra sırt derinliği kadar alınmıştır. Aynı mecrada birleşen hatlarda, zorunlu durumlarda mevcut mecraya bağlantıda mevcut mecra taban (ana mecra) derinliğine bağlantılar yapılacaktır.

Mecra hesaplarında beton borular için eğimler, İller Bankası proje şartnamesi gereği çizelge 3.4'teki değerlere göre alınmıştır. Koruge ve CTP borular için ise minimum ve maksimum eğimlerle ilgili şartnamenin hazırlık aşamasında olduğu ancak uygulamalarda beton borular için belirtilen eğimlerin % 20 artırılarak kullanılabileceği belirtilmiştir. Zorunlu durumlarda bu değerlerin aşılmasına müsaade edilmiştir. Hız ve şüt yüksekliği yönünden ise şartnameye uyulmuştur.

Mecra çapları; pis su debisi, su yüksekliği, eğimler ve derinliklere bağlı olarak Kutter bağıntısıyla hesaplanmıştır. Genel olarak mecraların yarı dolu aktığı kabul edilerek çözümler düzenlenmiştir. Ancak özel durumlarda mecraların dolu akışa göre boyutlandırılmasına gidilmiştir.

Mecraların yarı dolu haline karşılık gelen hızın 0.50 mt/sn olmasına çalışılmıştır. Şebekede minimum şüt yüksekliği 0.75 m. maksimum şüt yüksekliği ise 4 m. olarak alınmıştır.

Bütün sokaklara hat döşenmeyip, parsellerin pissuyunu en kısa mesafeden toplayacak biçimde şebeke teşkil edilmiştir.

Bu tez kapsamında, Siirt Üniversitesi yeni yerleşke alanı kanalizasyon şebekesi uygulama projesi, Çevre Mühendisi Cüneyt SARGUT tarafından hazırlanmış olan AutoCAD R14 altında çalışan paket bilgisayar program yardımı ile yapılmıştır. Hesaplar ilk önce beton boru, ardından koruge boru için uygulanmıştır. Koruge ile CTP borunun pürüzlük katsayısı aynı olduğundan, koruge boru için hesaplanan sonuçlar, CTP boru için de aynen geçerli olacağından programın uygulanmasından sonra bulunan sonuçlar, beton boru için Ek 1’de, koruge ile CTP boru için de Ek 2’ de gösterilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Genel karşılaştırma

Hidrolik biliminde alınan yol, bilgi birikimi, boru ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler, boru hidroliği mühendisliği problemlerinin kolay ve net çözümünü sağlamaktadır. Boru malzemesi seçilirken, taşınacak akışkanın özellikleri, boru hattı güzergâhı, ekonomiklik, servis ömrü, işletme vb. pek çok parametre gözden geçirilip öyle karar verilmelidir.

Beton, koruge ve CTP boruların genel olarak karşılaştırılması çizelge 3.8’de verilmiştir. Çizelge 3.8; boru firma katalogları, üretici firma temsilcileri ile yapılan görüşmeler ve yapılan gözlemler sonucu hazırlanmıştır.

Çizelge 3.8. Boruların genel olarak karşılaştırması

Özellikleri	Boru Tipi		
	Beton	Koruge	CTP
Üretim aralığı (mm)	150–3 200	20–3 600	20–2 400
Servis ömrü	30	50	50
Kırılganlığı	Kötü	Mükemmel	Mükemmel
Standart Uzunluğu	1.5–4	6–12	6–12
Korozyon direnci	Mükemmel	Mükemmel	Mükemmel
Aşınma direnci	İyi	Mükemmel	Kötü
Ek parça üretilebilirlik	Kötü	Mükemmel	Mükemmel
Kimyasallara dayanım	Kötü	Mükemmel	İyi
Ek Yerlerinin Sızdırmazlığı	Kötü	Mükemmel	Mükemmel
Nakliye	Kötü	Mükemmel	İyi
Tamir ve bakım	Kötü	Mükemmel	Kötü
Yer hareketlerine uyum	Kötü	Mükemmel	Kötü

Atıksu uygulamalarında kullanılan boru cinsleri ile ilgili uygulayıcıların gözleme ve tecrübeye dayalı teklif ve önerileri aşağıdaki gibidir (ÇETİN, M.,R.,2010).

Diyarbakır il merkezinde yaptıkları kanalizasyon inşaatlarındaki şebeke hatlarında 150–300 mm. arasındaki çaplarda koruge boru, daha büyük çaplardaki toplayıcı ve kollektör hatlarında ise beton-betonarme boru kullanılmaktadır. Kanalizasyon inşaatlarında farklı tip boru kullanmalarının nedenleri şunlardır;

1. Şebeke inşaatlarında, trafik akışı ile çevreye verilecek rahatsızlığı minimum düzeyde tutmak için, döşeme işçiliği daha rahat ve hızlı olan koruge boru kullanılmaktadır.
2. Uygulamada kalifiye elaman yetersizliğinden dolayı, uygun yataklama ve gömlekleme yapılamaması durumunda; büyük çaplardaki koruge boru kullanımında sehim ve çökmelerin oluşabileceği ve bunun sonucunda kesit alanında daralma olması münasebetiyle, büyük çaplarda beton boru kullanılmaktadır.
3. Beton-betonarme borular 1.5 – 2 m., koruge borular ise 6-12 m uzunluklarda üretilmektedir. Uygulamada boru boyu uzunluklarından dolayı beton borunun koruge boruya göre işçilik hata payının daha az olması nedeniyle beton boru kullanılmaktadır.
4. Beton borularda atıksuların ve yeraltı sularının kimyasal etkisi sonucu oluşan çürüme ve aşınma problemi sülfata dayanıklı çimento ile önlene bilmektedir. Boru birleşim yerlerindeki sızma problemleri ise entegre conta kullanımı ile aşılabildiğinden beton boru tercih edilmektedir.
5. Hidrolik hesaplamalarda kullanılan beton boru pürüzlülük katsayısı; 1980 yıllarında üretilen beton borular için öngörülmüştür. Günümüzde iller Bankası standartla uygun üretilen borularda bu katsayının çok daha düşük olduğunu aşikârdır. Ayrıca beton boru içerisine yapılacak yapı kimyasal uygulamaları ile pürüzlülüğün koruge ve CTP boru pürüzlülük katsayılarına yakın bir değere ulaşabilecektir.

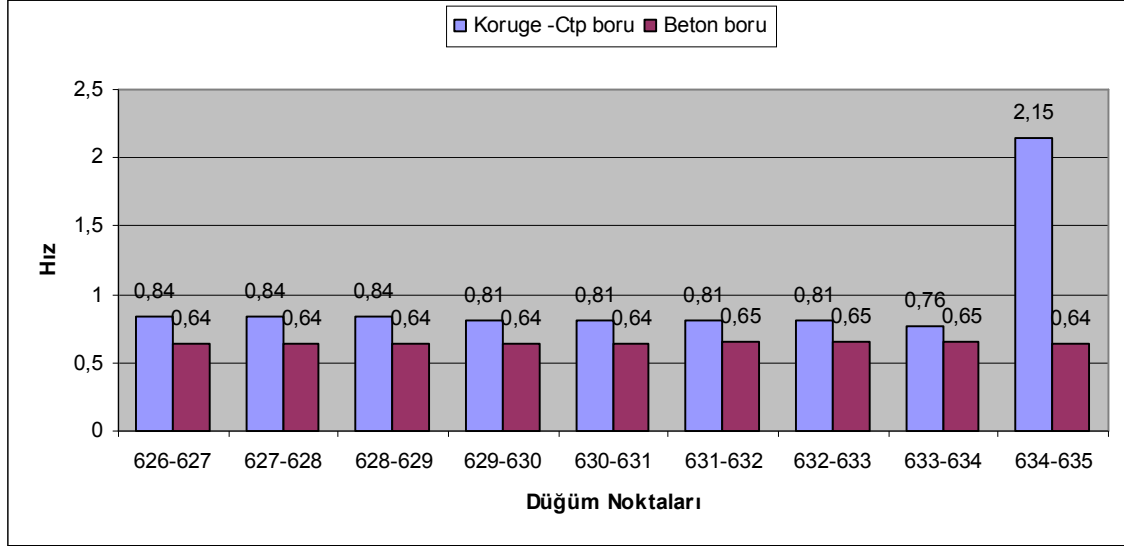
4.1. Hidrolik karşılaştırma

Yapılan hidrolik hesapların sonucu, beton borular için Ek 1’de, koruge ve CTP borular için de Ek 2’de verilmiştir. Ek 1 ve Ek 2’deki sonuçlarda; 1 ve 2. kolon baca numaralarını, 3.kolon düğüm (baca) noktaları arası mesafesini, 4. kolon yukarıdan gelen düğüm noktası numarasını, 5. kolon birim debiyi, 6. kolon kendi debisini, 7. kolon uç debiyi, 8. kolon toplam debiyi, 9.ve 10. kolonlar bacalara ait zemin kotlarını, 11 ve 12. kolonlar mecra sırt kotlarını, 13 ve 14. kolonlar taban kotlarını, 15 ve 16. kolonlar mecra sırt derinliklerini, 17. kolon eğimi, 18. kolon boru çapını, 19. kolon doluluk oranını, 20. kolon %50 dolu iken isale kabiliyetini, 21. kolon hızı, 22.kolon su derinliğini göstermektedir.

Bu çalışmada, boru cinsine bağılı olarak en etkin olduğu gözlenen hız ve çap değerine göre karşılaştırma yapılmıştır. Hidrolik hesaplamada kullanılan Kutter bağıntısında boru cinsine bağılı olarak pürüzlülük katsayıları; beton borular için $b=0,35$, koruge ve CTP borular için $b=0,10$ olması nedeniyle, koruge ve CTP borularda hız beton borulara göre daha fazla çıkmıştır.

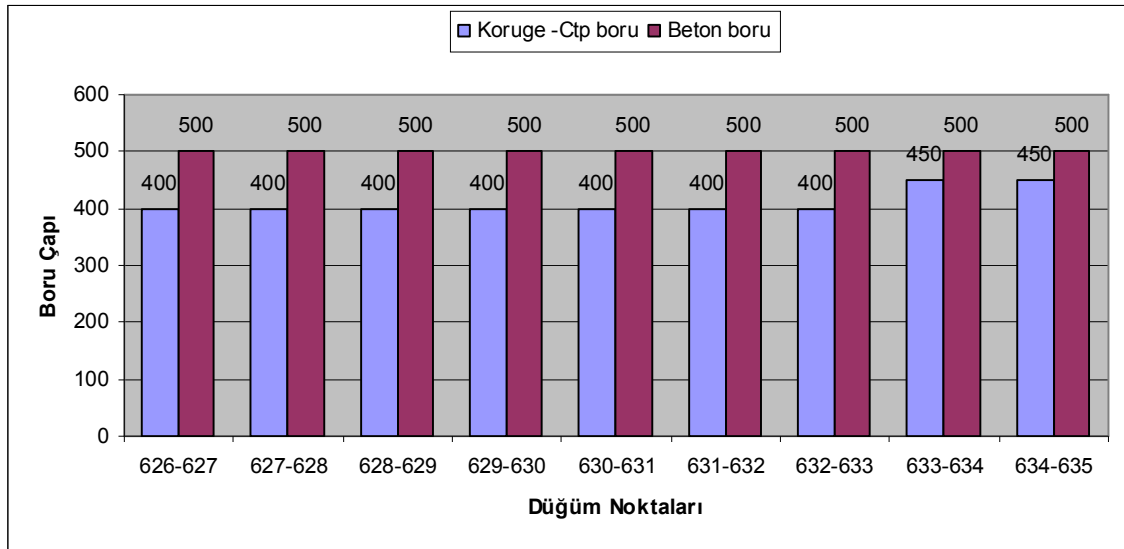
Proje kapsamındaki bazı düğüm noktalarının hız ve çap ile ilişkisi aşağıdaki grafiklerde verilmiştir.

626 ile 635 düğüm noktaları arasında ki kollektör hattında boru cinslerine göre oluşan hız değerleri şekil 4.1’de verilmiştir.



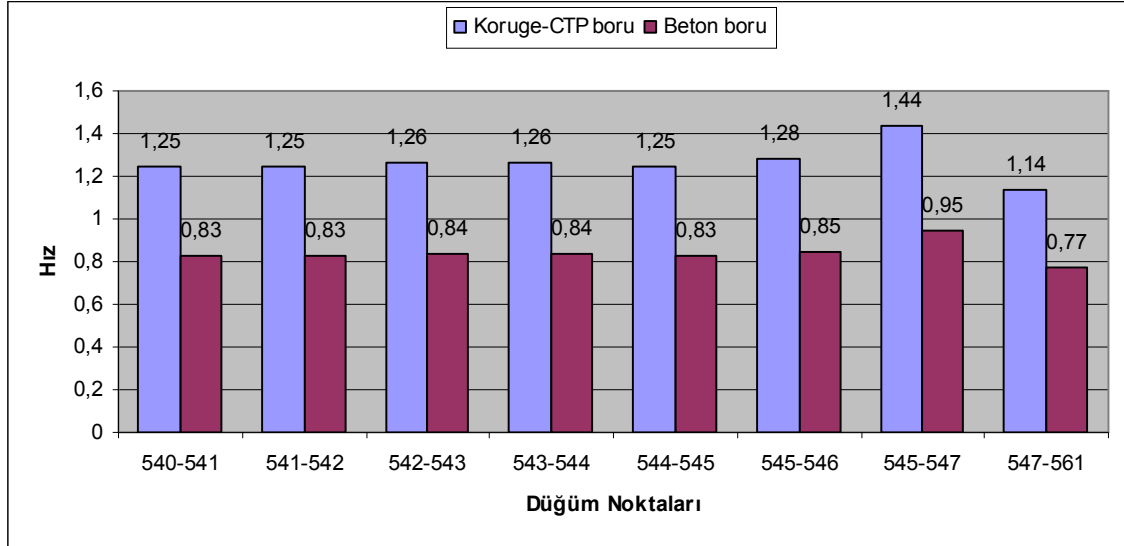
Şekil 4.1. 626 ile 635 düğüm noktaları arasındaki koruge-CTP ile beton boru hız değerleri

Farklı boru cinsleri için yapılan hidrolik hesaplamalar sonucunda hızlardan dolayı oluşan boru kesitleri şekil 4.2’de verilmiştir.

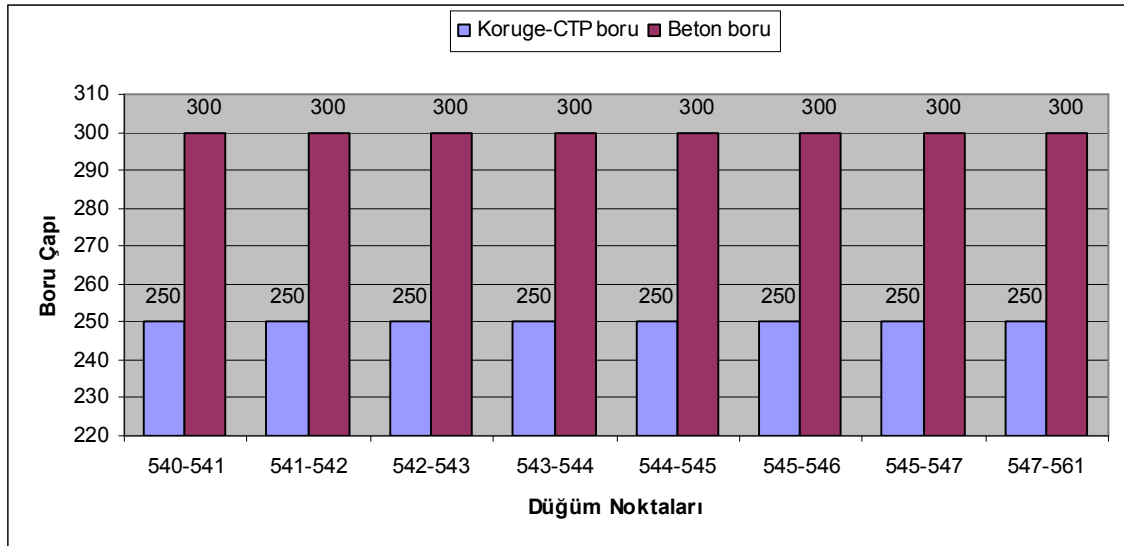


Şekil 4.2. 626 ile 635 düğüm noktaları arasındaki koruge-CTP ile beton boru çapları

540 ile 561 düğüm noktaları arasında ki şebeke hattında boru cinslerine göre oluşan hız değerleri şekil 4.3' de, boru çapları şekil 4.4'de verilmiştir.



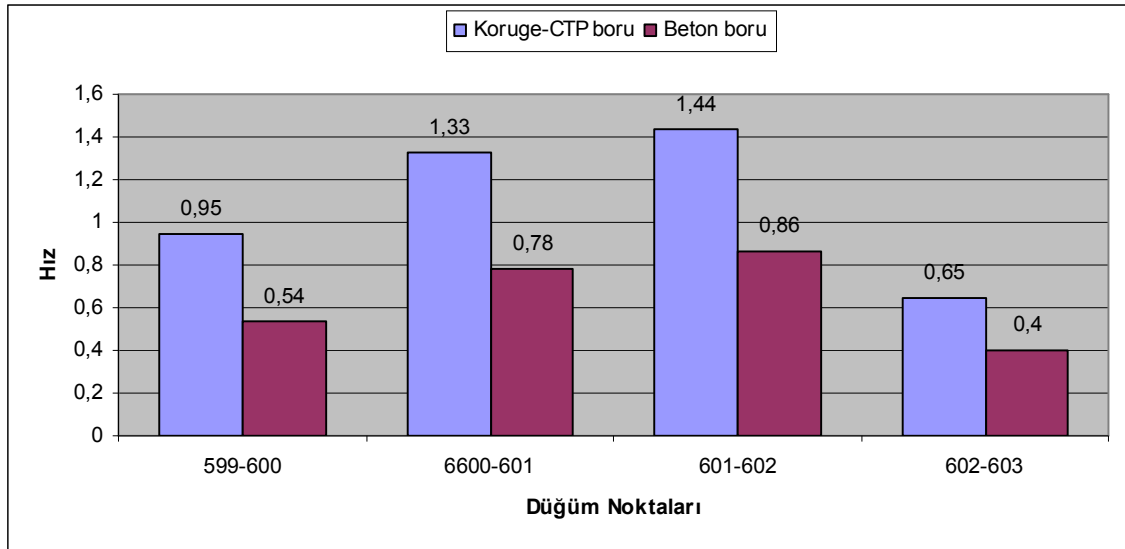
Şekil 4.3. 540 ile 561 düğüm noktaları arasındaki koruge-CTP ile beton boru hız değerleri



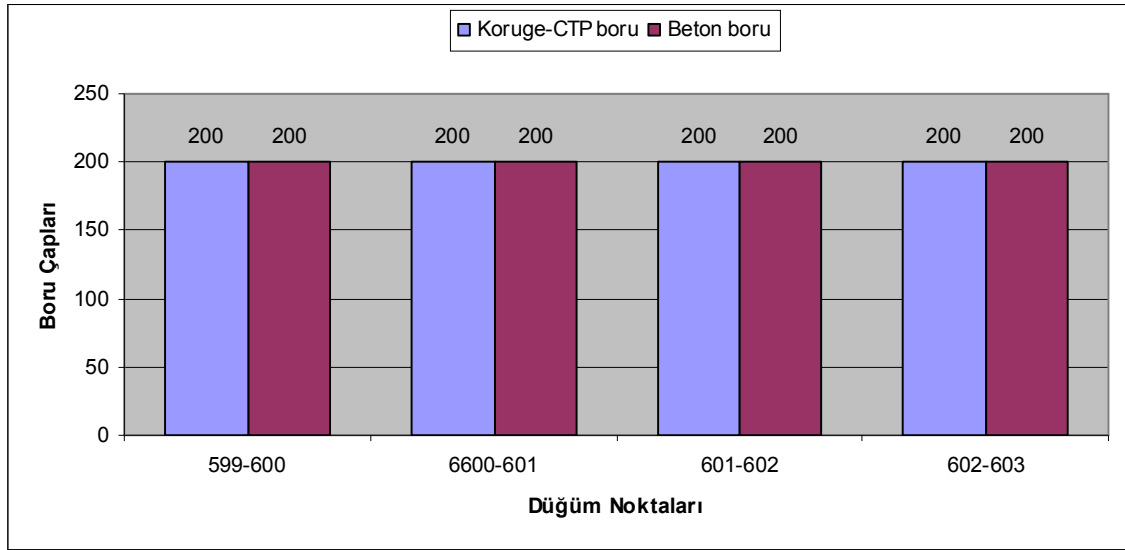
Şekil 4.4. 540 ile 561 düğüm noktaları arasındaki koruge-CTP ile beton boru çapları

Yapılan hidrolik hesaplamalar Ek 1 ile Ek 2 incelendiğinde; farklı boru tipleri için farklı boru pürüzlülük katsayıları nedeniyle kollektör hatlarındaki atıksu hızında, koruge ve CTP boruların beton boruya oranla % 20–30 arasında (şekil 4.1) , şebeke hatlarında ise %50–80 (şekil 4.3) arasında bir artışın olduğu görülecektir. Hızdaki bu artıştan dolayı boru çaplarındaki değişimler şekil 4.2. ile şekil 4.4’ de verilmiştir.

Ancak 599–603 düğüm noktaları arasındaki atıksu hattında olduğu gibi, İller Bankası Proje Yönetmeliği Çerçevesinde kullanılacak en küçük boru çapı 200 mm olarak sınırlandırıldığından, hızdan kaynaklanan artış boru çapını değiştirmemiştir. 599 ile 603 düğüm noktaları arasında ki şebeke hattında boru cinslerine göre oluşan hız değerlerle şekil 4.5’te, boru çapları şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.5. 599 ile 603 düğüm noktaları arasındaki koruge-CTP ile beton boru hız değerleri



Şekil 4.6. 599 ile 603 düğüm noktaları arasındaki koruge-CTP ile beton boru çapları

Yapılan hidrolik hesapların sonucunda küçük çaptaki koruge-CTP boru metrajının beton boruya göre daha fazla olduğu görülmüştür. Yapılan hesaplamalarda boru cinslerinin aynı debiyi farklı kesitlerle taşıdıkları görülmüştür. Hesaplamalar sonucu boru metrajları çizelge 4.1 gösterilmiştir.

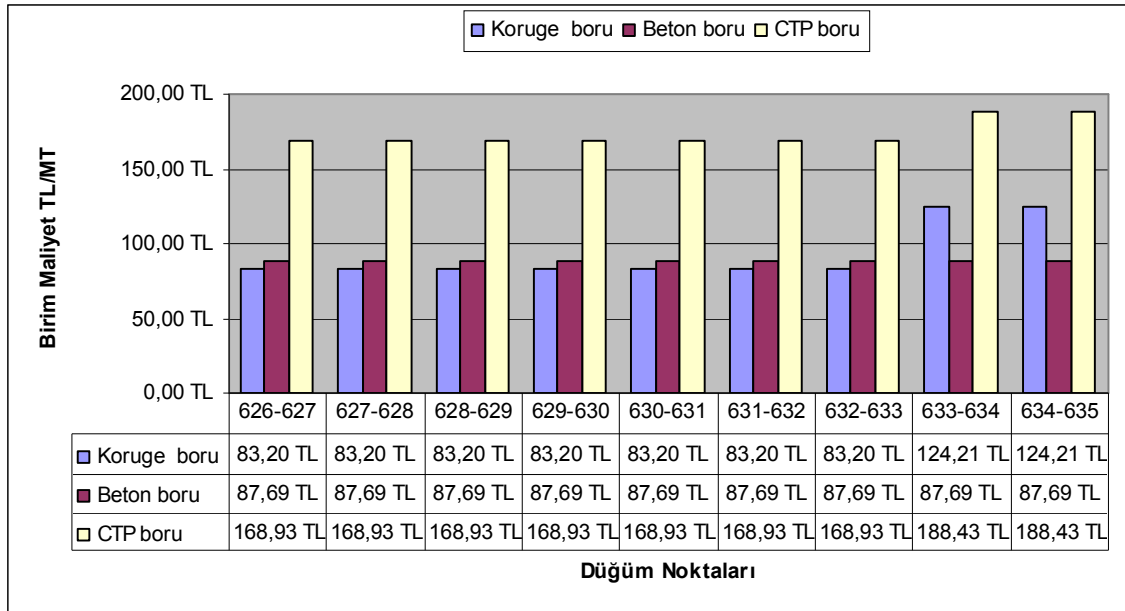
Çizelge 4.1 Boru Metrajları

BORU ÇAPI	BORU METRAJLARI (m)	
	KORUGE - CTP BORU	BETON BORU
Ø 500 mm		576
Ø 450 mm	91	
Ø 400 mm	533	1121
Ø 350 mm	504	
Ø 300 mm	569	972
Ø 250 mm	865	
Ø 200 mm	3 603	3 496
TOPLAM	6.165,00	6.165,00

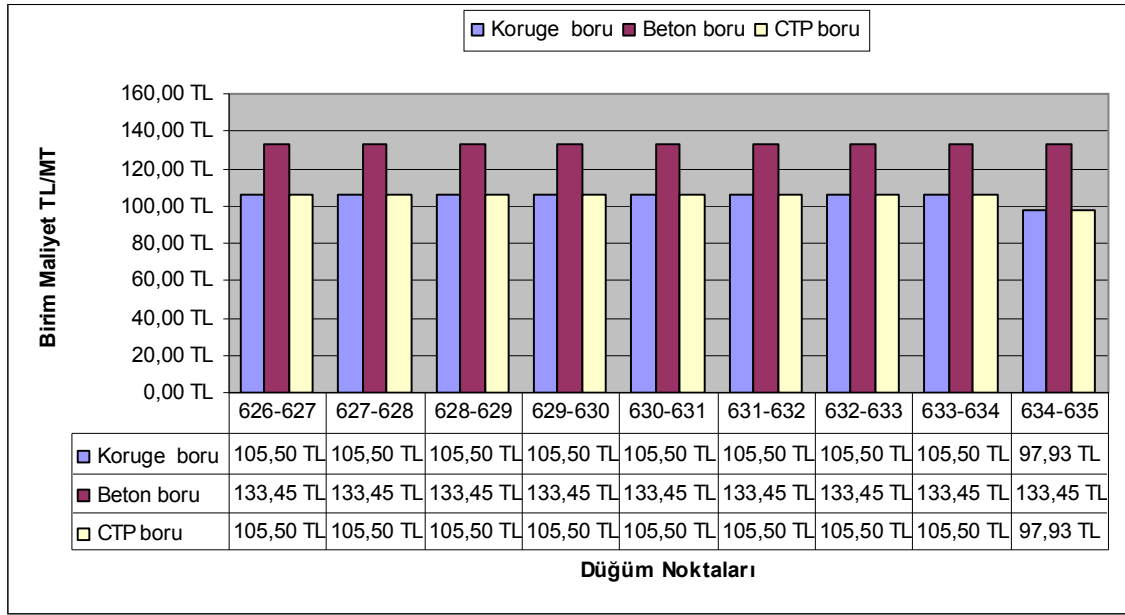
4.2. Ekonomik Karşılaştırma

Hidrolik hesaplamalar sonucunda belirlenen çap ve kotlar dikkate alınarak her bir boru cinsi için İller Bankası Kanalizasyon Şebeke İnşaatı Yapım Şartnamelerinde verilen hendek çalışma genişliği ve yataklama gömlekleme yükseklikleri de göz önüne alınarak hazırlanan metraj listeleri Ek 10 ve Ek 11’de verilmiştir. Hazırlanan metrajlardan sonra her bir boru çapı için birim fiyat analizleri hazırlanmıştır. Oluşturulan bu analizlerle Bayındırlık ve İller Bankası 2009 yılı birim fiyatları doğrultusunda yaklaşık maliyetler, her boru cinsi için ayrı ayrı hazırlanmış olup Ek 5, Ek 6 ve Ek 7’de verilmiştir.

626 ile 635 düğüm noktaları arasında ki kollektör hattında, boru cinslerine göre oluşan boru çaplarının, 1 metre boru döşenmesi için boru imalat bedeli (boru bedeli-nakliye ve döşeme işçiliği) şekil 4.7’de, hafriyat (kazı-dolgu-iksa-yataklama-gömlekleme ve nakliye) imalat bedelleri ise şekil 4.8’ de verilmiştir.



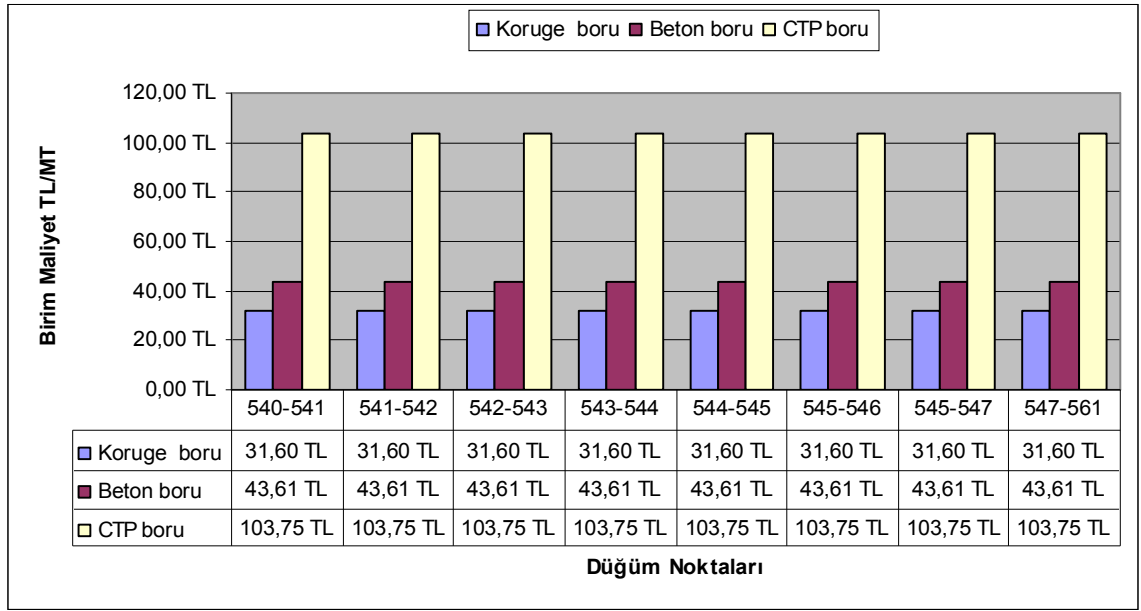
Şekil 4.7. 626 ile 635 düğüm noktaları arasındaki 1 metre boru imalat bedelleri



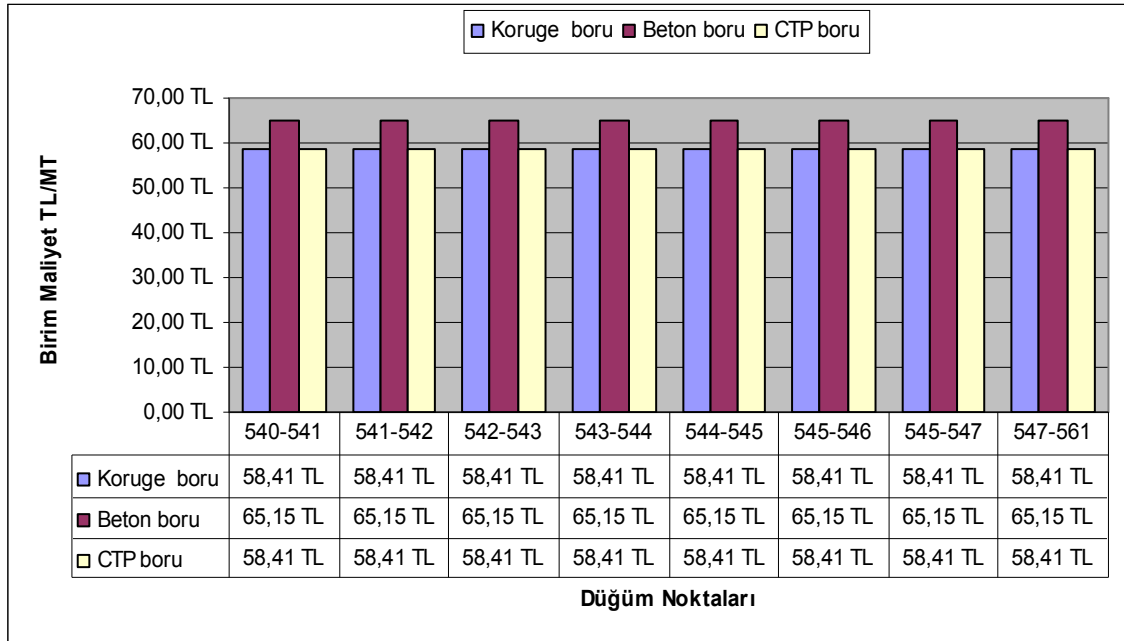
Şekil 4.8. 626 ile 635 düğüm noktaları arasındaki 1 metre hafriyat imalat bedelleri

Yukarıdaki tablolara göre incelenen projede kollektör hattında boru imalat bedellerinin beton ile koruge boruda bir birine çok yakın değerde olduğu, CTP boruda ise diğer boruların iki katı maliyette olduğu görülmektedir. Ancak hafriyat maliyetleri açısından ise beton borunun, koruge ve CTP'ye oranla % 30 kadar daha maliyetli olduğu tespit edilmiştir.

540 ile 561 düğüm noktaları arasındaki şebeke toplayıcı hattında, boru cinslerine göre oluşan boru çaplarının 1 metre boru döşenmesi için boru bedeli, nakliye ve döşeme işçiliği değerleri şekil 4.9' da, hafriyat imalat bedelleri ise şekil 4.10' da verilmiştir.



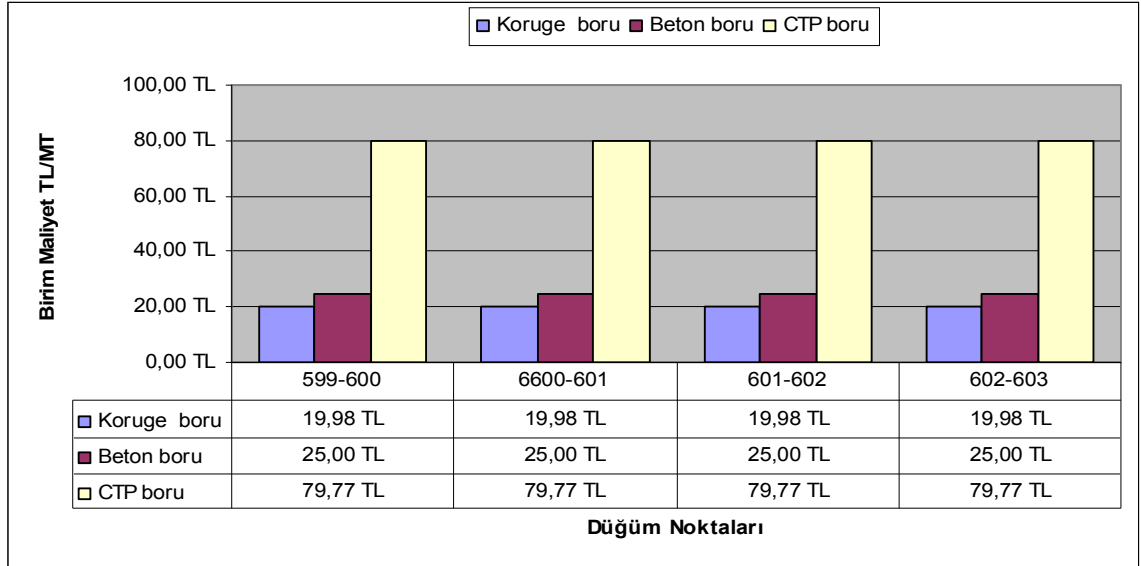
Şekil 4.9 540 ile 561 düğüm noktaları arasındaki 1 metre boru imalat bedelleri



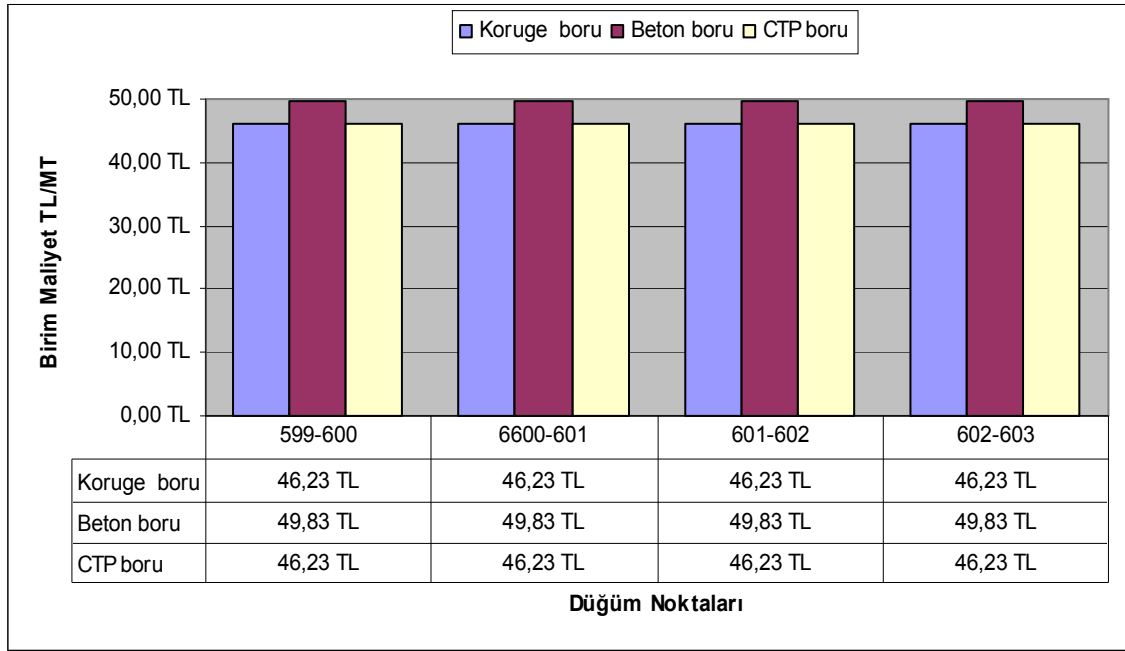
Şekil 4.10 540 ile 561 düğüm noktaları arasındaki 1 metre hafriyat imalat bedelleri

Çizelge 4.9’da koruge boru imalat bedelinin, beton boru imalat bedeline göre yaklaşık yüzde 28, CTP boru imalat bedeline göre de yaklaşık yüzde % 70’i oranında ucuz olduğu görülmektedir. Hafriyat maliyetleri açısından ise beton borunun, koruge ve CTP’ye oranla % 10 kadar daha maliyetli olduğu tespit edilmiştir.

509 ile 603 düğüm noktaları arasında aynı çaplardaki şebeke hattında ise; koruge boru imalat bedelinin, beton boru imalat bedeline göre yaklaşık yüzde 20, CTP boru imalat bedeline göre de yaklaşık yüzde % 75’i oranında ucuz olduğu çizelge 4.11’de görülmektedir. Hafriyat maliyetleri açısından ise tüm boruların birbirlerine yakın değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 4.12

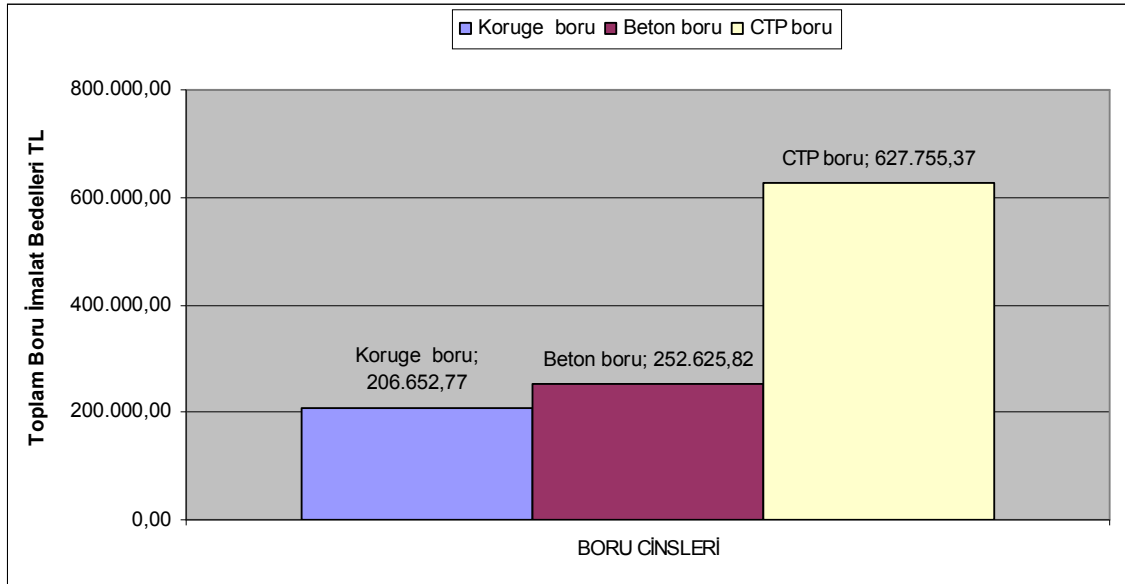


Şekil 4.11. 599 ile 603 düğüm noktaları arasındaki 1 metre boru imalat bedelleri

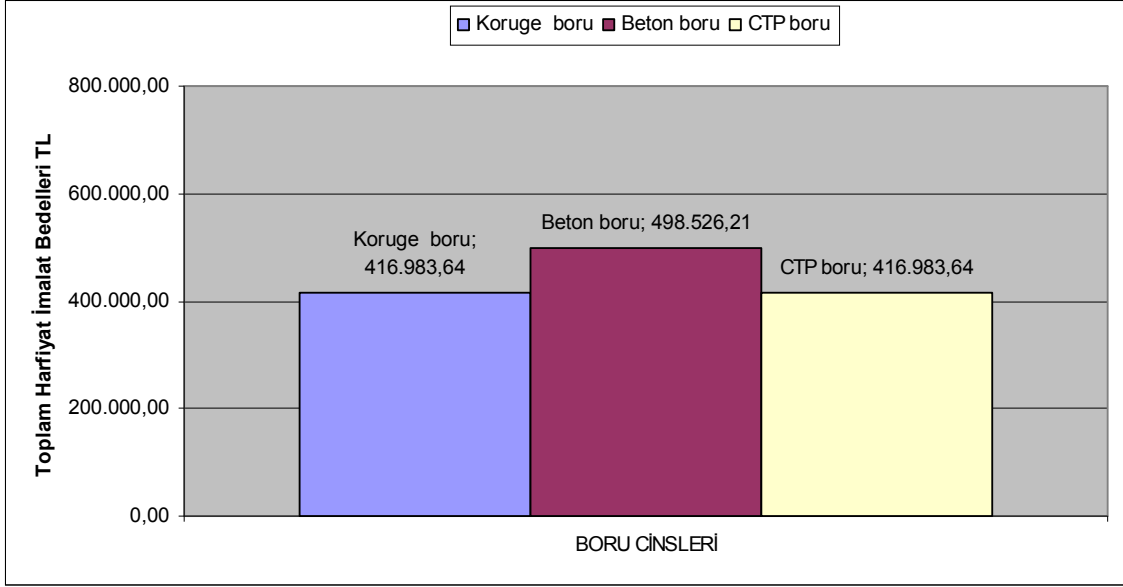


Şekil 4.12. 599 ile 603 düğüm noktaları arasındaki 1 metre hafriyat imalat bedelleri

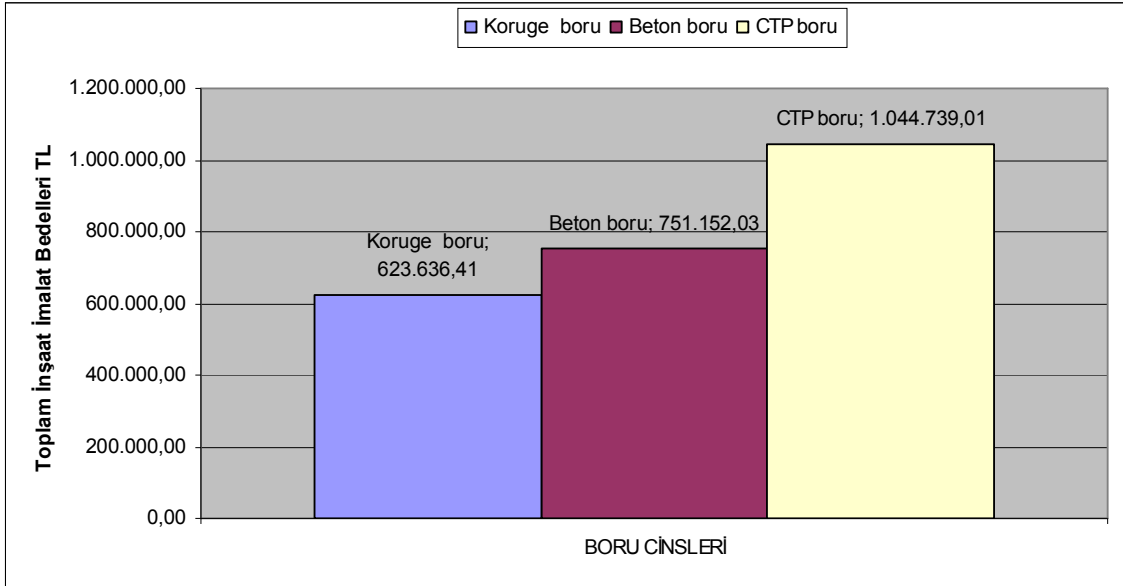
Siirt Üniversitesi yeni kampus alanı kanalizasyon şebekesi toplam fiyat bazında boru imalat bedeli (boru bedeli, nakliye ve döşeme işçiliği) maliyetleri şekil 4.13' de, hafriyat maliyetleri şekil 4.14'de ve toplam maliyetler şekil 4.15' de gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Siirt Üniversitesi yeni kampus alanı kanalizasyon şebekesi boru imalat bedeli



Şekil 4.14. Siirt Üniversitesi yeni kampus alanı kanalizasyon şebekesi hafriyat imalat maliyetleri



Şekil 4.15. Siirt Üniversitesi yeni kampus alanı kanalizasyon şebekesi boru cinslerine göre toplam inşaat maliyetleri

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında; kanal altyapı tesisleri planlanırken hidrolik ve ekonomik açıdan en uygun çözümün belirlenmesi amacıyla farklı boru cinslerine göre hesaplamalar yapılmış ve varılan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Kanal altyapı projelerinin bilgisayar ortamında yapılması; zaman, çalışma verimi ve ekonomik açıdan en uygun çözümdür.
- İletilecek atıksu debisi sabit olduğundan, farklı boru tipleri için boru pürüzlülük katsayılarının farklı olması nedeniyle atıksu hızında, koruge ve CTP boruların, beton boruya oranla kollektör hatlarında % 20–30 civarında, şebeke hatlarında ise %50–80 civarında bir artışın olduğu görülmüştür. Çıkan bu hız farkından dolayı koruge ve CTP boru kesitleri beton boruya göre daha küçüktür. Ancak hızın, borunun pürüzlülük katsayısı ile birlikte kanalın geçeceği zeminin eğimine de bağlı olduğu da unutulmamalıdır.
- Siirt Üniversitesi yeni kampüs alanı kanalizasyon şebekesi kollektör hattında beton ile koruge boru bedellerinin bir birine çok yakın değerinde, CTP borunun ise diğer borulara oranla iki katı maliyette olduğu görülmektedir. Ancak hafriyat maliyetleri açısından ise beton borunun, koruge ve CTP' ye oranla % 10 ~ % 30 civarında daha maliyetli olduğu tespit edilmiştir.
- Aynı çaplardaki şebeke hattında ise; koruge boru bedelinin, beton boru bedelinin yaklaşık yüzde 80'i, CTP boru bedelinin ise yaklaşık yüzde % 25'i oranında olduğu görülmüştür. Hafriyat maliyetleri açısından ise tüm boruların birbirlerine yakın değerlerde olduğu tespit edilmiştir.
- Genel olarak CTP boru bedellerinin, beton ve koruge boru bedellerine oranla yüksek oluşu, atıksu tesislerinde tercih edilmemesinin en büyük nedenlerindedir. Bundan dolayı ülkemizde CTP boruların atıksu

uygulamalarından daha çok, temiz su basınçlı hatlarda kullanılması yaygınlaşmıştır.

- Koruge boruların ise servis ömrü, tamir ve bakım, aşınma direnci, ek parça üretimi, sızdırmazlık ve yer hareketlerine uyum açısından beton boruya göre daha üstün olduğu açıktır. Ancak, ülkemizde koruge borular ile ilgili standartların tam oluşturulamayışından kaynaklanan sıkıntılar ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte beton boru üretimindeki gelişmeler, (sülfata dayanıklı çimento kullanımı, entegre conta, yapı kimyasalları yardımı ile boru pürüzlülüğün azaltılması vs.) beton boruya ait birçok eksikliği tamamlamıştır. Ayrıca tepe yükü dayanımı açısından koruge borular, beton borular ile mukayese bile edilmemektedir. Bundan dolayı uygulamalarda koruge boruların mecra sırt derinliği az olan şebeke inşaatlarında kullanılmasının daha uygun olduğu, kollektör hatlarında ise beton-betonarme boruların kullanılması gerektiği tespit edilmiştir.
- Kanalizasyon tesislerinde maliyetin en önemli etkenleri başında boru ile kazı-dolgu işleri gelmektedir. Hidrolik hesaplamalarda daha küçük çapta hesaplanan CTP ve Koruge borular kazı – dolgu metrajlarında beton boruya göre % 30 daha az maliyet çıkarmıştır. Ancak CTP boru bedelinin hem koruge hem de beton boruya göre daha pahalı olmasından dolayı, en ekonomik çözümün koruge boru olduğu tespit edilmiştir.

5.2. Öneriler

Altyapı yatırımlarının çok pahalı olduğu günümüzde, Türkiye gibi hem ekonomik sorunları olan hem de altyapı eksikliği bulunan ülkelerde; altyapı tesisleri planlanırken, en etkin çözümleri getirecek ve aynı zamanda optimum maliyetli olanın tercihi büyük önem arz eder. Atıksu kanallarının hidrolik hesabı projelendirmenin çok önemli aşamalarından birisidir. Bu hesabın hatasız ve kısa zamanda yapılması arzu edilir.

Uzaklaştırılacak atık su debisi, yerleşim yerlerinde farklılıklar gösterdiğinden, kanalizasyon tesislerinin projelendirmesinde, her cins boru için ayrı ayrı hidrolik hesaplamalar yapılmalıdır. Boru çapları için standartlara göre verilen minimum ve maksimum eğimler göz önüne alınarak, zemin profilleri çıkartılıp bulunan alternatiflerden en ekonomik olanı belirlenmelidir.

Yeni yapılacak olan kanalizasyon inşaatlarında; küçük çaplarda, trafik akışı ile çevreye verilecek rahatsızlığı minimum düzeyde tutmak için döşeme işçiliği daha rahat ve hızlı olan koruge boru kullanılması, büyük çaplarda ise uygulamalardaki kalifiye eleman yetersizliğinden dolayı, uygun yataklama ve gömlekleme yapılamaması durumunda, büyük çaplardaki koruge boru kullanımında sehim ve çökmelerin oluşabileceği ve bunun sonucunda kesit alanında daralma olabileceği endişesiyle beton boru kullanılması gerektiği düşünülmektedir.

Beton boru yapımlarında sülfata dayanıklı çimento kullanımı ile boru servis ömrünün uzatılabileceği, yer altı su seviyesinin yüksek olduğu yerlerde ve borulardan sızabilecek suların etrafa zarar vermesini önlemek amacıyla, entegre contalı beton boru kullanılmasının daha uygun olduğu düşünülmektedir.

Ayrıca gelişen teknoloji ile beton boruların içine uygulanacak yapı kimyasalları yardımı ile pürüzlülük katsayılarının, literatürde belirtilen değerden çok daha az bir değerde olabileceği bilgisinden hareketle yeni çalışmalara açık olduğu da

unutulmamalıdır. Bunun sonucunda; pürüzlülük katsayısının düşürülmesiyle, beton borulardan da ekonomik olarak yararlanılması araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- ANABOLU, M.,2001. İstanbul ve Anadolu'daki Roma İmparatorluk Dönemi Mimarlık Yapıtlar, Arkeoloji ve Sanat Yapıtları, İstanbul.
- ATEŞ, M., 2001. Mitolojiler ve Semboller-Anatanrıça ve Doğurganlık Sembolleri, Aksiseda Matbaası, İstanbul
- Basın Yayın Ve Enformasyon Genel Müdürlüğü (BYEGM) 2004. Anadolun Sesi Dergisi 219 Nolu Sayı, Ankara
- BAYRAKTAR, M., 1998. Kanal Altyapı Projelerinin Bilgisayar Ortamında Hazırlanması Ve Maliyet Hesabı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- Bayındırlık 2009 Yılı Birim Fiyat Kitabı, 2009
- CEYHAN, A.,2005.A Visual Basic Program For The Design Of Sewer Systems, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep
- CHOW, V.T., 1959. Open Channel Hydraulics, Ms Graw-Hill Book Co, New York
- ÇETİN, M.,R.,2010. Kişisel Görüşme, Diyarbakır Su ve Kanal İdaresi Genel Müdür Yardımcısı, Diyarbakır
- EFE, M.,2006. Atıksu ve yağmursuyu toplayıcı sistemlerinin tasarımı ve işletilmesinde kullanılan bilgisayar destekli modellerin değerlendirilmesi ve bir örnek uygulama , Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- ERDEMGİL, N., ÇAĞLIERGİN, A.M., TÜRKMENOĞLU, E., 1974. Su Getirme Ve Kanalizasyon, Bizim Büro Yayınevi, Ankara
- FAIR, G.M., GEYER J.CH., 1958. “Su Getirme ve Kullanılmış Suları Uzaklaştırma Esasları”, Wiley Uluslar arası Yayınları,
- GİZBİLLİ, M., 1992. Kanalizasyon, İnşaat Mühendisleri odası Ankara Şubesi Yayınları 1992/2 , Ankara
- HERSCHEL, C., 1913. Frontinus And The Water Supply Of The City Of Rome, Longmans, Gren And Co. Newyork
- İller Bankası Kanalizasyon Talimatnamesi, 1998
- İller Bankası Kanalizasyon Projesi Özel Şartnamesi,1998.
- İller Bankası Kanalizasyon İnşaatı Yapım Şartnamesi, 2007.
- İller Bankası Kanalizasyon İnşaatı Birim Fiyat Kitabı, 2009.
- KALKAN, H.,2007. Atıksu Kanalizasyon Şebekelerinin Bilgisayar Destekli Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya
- KARPUZCU, M., 1985. Su Temini Ve Çevre Sağlığı, Boğaziçi Yayın Evi, İstanbul
- MAKEEVA, Ç., 1998. Bilgisayar Yardımı ile Kanalizasyon Şebekelerinin Hidrolik Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana
- MUSLU Y.,1994. “Su ve Atık Su Teknolojisi”, Bilim Teknik Yayınevi, 2. Baskı, İstanbul
- OĞUZ, M., AKŞİT, A., 1987. Deniz Deşarjı Yapılarında En Uygun Boru Cinsinin Seçimi, TMH, Ankara
- ÖZİŞ, Ü., 1983. Su Yapıları, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayınları, No : 54 , İzmir
- SAMSUNLU A.,1997. Su Getirme ve Kanalizasyon Yapılarının Projelendirilmesi, Sam-Çevre Teknolojileri Merkezi Yayınları, İstanbul,

- TS 4355, 1985. Cam Elyafı İle Takviyeli Plastik Borular Ve Bağlantı Parçaları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- TE EN 13476-1, 2009. Plâstik Boru Sistemleri – Basınçsız, Yer Altı Drenaj Ve Pis Su İçin – Plâstikleştirici Katılmamış Polivinilklorür (PVC-U), Polipropilen (PP) Ve Polietilenden (PE) Cidarları Profilli Boru Sistemleri - Bölüm 1: Genel Özellikler Ve Performans Karakteristikleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- TS 821, 2005. Beton Borular Ve Bağlantı Parçaları - Donatısız, Çelik Lifli Ve Donatılı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- YÜCEL M., AKSOĞAN S., 1998. Su Getirme Kanalizasyon ve Suların Arıtılması, ADMMA, cilt II, Pimaş Yayınları, Ankara
- TOPACIK D., EROĞLU V., 1987. Su Temini ve Atıksu Uzaklaştırma Uygulamaları, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul
- VAN DER ZWAN, R., 1990. Urban Drainage And Waste Water Collection, Lecture Notes, IHE, The Netherlands
- Yapım İşleri Genel Şartnamesi, 2009

ÖZGEÇMİŞ

1978 Yılında Silvan'da doğdu. İlk ve Orta öğrenimini Silvan Lise öğrenimini Diyarbakır'da tamamladı. 1999 yılında Dicle Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2001 yılına kadar Proje ve Taahhüt işleriyle uğraştı. 2001 yılına İller Bankası 11. Bölge Müdürlüğü göreve başladı. 2001-2008 yılları arası İller Bankasında bir çok il ve ilçe merkezinin içme suyu ve kanalizasyon inşaatlarında Kontrol Mühendisi olarak çalıştı. 2008 yılından beri ortağı olduğu firmada taahhüt işleri ile uğraşmakta olup evli ve bir çocuk babasıdır.

ÖZET

Bu tez kapsamında altyapı yatırımlarının çok pahalı olduğu günümüzde, Türkiye gibi hem ekonomik sorunları olan hem de altyapı eksikliği bulunan ülkelerde; altyapı tesisleri planlanırken, en etkin çözümleri getirecek ve aynı zamanda optimum maliyetli olanın belirlenmeye çalışılmıştır.

Pis su kanallarının hidrolik hesabı projelendirilmesinin çok önemli aşamalarından birisidir. Bu hesabın hatasız ve kısa zamanda yapılması arzu edilir. Bu çalışmada Siirt Üniversitesi Yeni Kampus alanının pis su kanallarının projelendirilmesi ve hidrolik hesapları bilgisayar programı yardımıyla beton, koruge ve CTP boru için yapılmıştır.

Yapılan bu hidrolik hesaplamalar her cins boru için ayrı ayrı incelenmiş zemin profili ile pürüzlülük katsayısının etkisiyle hızın değiştiği görülerek boru çapının değiştiği gözlenmiştir. Hidrolik hesaplamalar sonucunda belirlenen çap ve kotlara her bir boru cinsi için İller Bankası Kanalizasyon Şebeke İnşaatı Yapım Şartnamelerine göre hendek çalışma genişliği ve yataklama gömlekleme yükseklikleri göz önüne alınarak metraj listeleri ve birim fiyat analizleri hazırlanmıştır.

Kanalizasyon tesislerinde maliyetin en önemli etkenleri başında boru ile kazı-dolgu işleri gelmektedir. Hidrolik hesaplamalarda daha küçük çapta hesaplanan CTP ve koruge borular kazı – dolgu metrajlarında beton boruya göre % 30 daha az maliyet çıkarmıştır. Ancak CTP boru bedeli hem koruge hem de beton boruya göre yüksek maliyetli oluşu en ekonomik çözümü koruge boruya bırakmıştır.

SUMMARY

In this thesis, the most effective solution of sewage network facilities has been defined in terms of hydraulic calculations and cost in countries having inadequate infrastructure network and economic problems such as Turkey.

Hydraulic calculation of wastewater network is the most important stage of the project study. This calculation should be done correctly and rapid. In this thesis the hydraulic calculations and sewage network project of Siirt University Campus have been made by the help of computer software programs for all Concrete, GRP and HDPE pipes.

It has been observed that the speed of the wastewater in the pipes have been changed depending on the roughness coefficient of the pipes and ground profile. The diameter of the pipes changes regarding the speed of wastewater in the pipes. Bill of Quantities and Unit Price Analysis have been prepared according the İller Bankası Sewage Network Construction Specifications after the determination of the diameters and elevations for each type of pipes.

In network facilities the cost earthworks is one of the most significative issue. Hydraulic calculations show that the smaller diameter GRP and HDPE pipes can be used instead of higher diameter concrete pipes. As a result of this the cost of earthworks can be reduced %30. Since the GRP pipes are most expensive, HDPE Corrugated pipes are the best solution in terms of hydraulic calculations and cost.