T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İÇME SUYU İLETİM HATLARINDA KULLANILAN BORU TİPLERİNİN EKONOMİK ANALİZİ

Mehmet Murat TOPLAMACI

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2017

T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İÇME SUYU İLETİM HATLARINDA KULLANILAN BORU TİPLERİNİN EKONOMİK ANALİZİ

Mehmet Murat TOPLAMACI

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2017

Yrd. Doç. Dr. Reşit GERGER danışmanlığında, Mehmet Murat TOPLAMACI'nın hazırladığı **"İçme Suyu İletim Hatlarında Kullanılan Boru Tiplerinin Ekonomik Analizi"** konulu bu çalışma 19/06/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Reşit GERGER .....

Üye : Doç. Dr. Kasım YENİGÜN .....

Üye : Doç. Dr. Z. Fuat TOPRAK .....

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

Prof. Dr. Halil Murat ALĞIN
Enstitü Müdürü

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

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ v
SİMGELER DİZİNİ vi
1.GİRİŞ 1
1.1. Genel Bilgiler 7
1.1.1. Su temini tesislerinin elemanları 7
1.1.2. İçme sularının özellikleri 8
1.1.3. İletim (isale) hatları 9
1.1.3.1. Serbest yüzeyli isale hatları 9
1.1.3.2. Basınçlı isale hatları 10
1.1.3.2.1. Cazibeli isale 10
1.1.3.2.2. Terfili isale 10
1.1.3.2.3. Kısmen cazibeli kısmen terfili isale 11
1.1.3.3. Serbest yüzeyli ve basınçlı isale hatlarının karşılaştırılması 12
1.1.3.4. İletim hatlarındaki sanat yapıları 12
1.1.3.4.1. Maslaklar (basınç düşürücüler) 12
1.1.3.4.2. Vantuzlar (hava vanaları) 12
1.1.3.4.3. Hava bacaları 13
1.1.3.4.4. Tahliyeler 13
1.1.3.4.5. Denge (hava) kazanları 13
1.1.3.4.6. Basınç kırıcı vanalar 14
1.1.3.4.7. Tespit kitleleri 14
1.1.3.5. İletim hatlarında boruların döşenmesi 14
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 18
3. MATERYAL ve YÖNTEM 22
3.1. Materyal 22
3.1.1. Çalışma alanının tanıtımı 22
3.1.2. İçme suyu iletim hatlarında kullanılan borular 23
3.1.2.1. Çelik boru 24
3.1.2.2. Yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) boru 25
3.1.3.3. Cam elyaf takviyeli polyester (CTP) boru 27
3.2. Yöntem 29
3.2.1. İçme suyu ihtiyacının belirlenmesi 29
3.2.1.1. Evsel su ihtiyacı 29
3.2.1.2. Ticaret, sanayi, hizmet sektörü su ihtiyacı 30
3.2.1.3. Hayvan su ihtiyacı 30
3.2.1.4. Özel su ihtiyacı 31
3.2.1.5. Kayıp kaçak su miktarı 32
3.2.2. İletim hatlarında boru çaplarının hesaplanması 32
3.2.3. İletim hatlarında ekonomik boru çapı hesabı 34
3.2.4. Nüfus tahmini yöntemleri 36
3.2.4.1. Aritmetik artış yöntemi 37
3.2.4.2. Geometrik artış yöntemi 37
3.2.4.3. İller bankası yöntemi 38
3.2.5. Hilvan içme suyu isale hattı uygulama projesi 39
3.2.5.1. Nüfus projeksiyonu 39
3.2.5.2. İçme suyu debisi 43
3.2.5.3. Hesap esasları 45
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 48

4.1. Çelik Boru Maliyet Sonuçları 48
4.2. Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE) Boru Maliyet Sonuçları 51
4.3. Cam Elyaf Takviyeli Polyester (CTP) Boru Maliyet Sonuçları 54
4.4. Ekonomik Karşılaştırma 56
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 61
KAYNAKLAR 64
ÖZGEÇMİŞ 67
EKLER 68
EK 1 1 KW ENERJİ BEDELİNİN BUGÜNKÜ DEĞERİ 68
EK 2 TÜİK AYLIK YURT İÇİ ÜRETİCİ FİYAT ENDEKSİ TABLOSU 69
EK 3 ÇELİK BORU ENERJİ MALİYETLERİ 70
EK 4 YYPE BORU ENERJİ MALİYETLERİ 71
EK 5 CTP BORU ENERJİ MALİYETLERİ 72
EK 6 ÇELİK BORU KAZI-DOLGU HESABI 73
EK 7 YYPE BORU KAZI-DOLGU HESABI 74
EK 8 CTP BORU KAZI-DOLGU HESABI 75
EK 9 ÇELİK BORU İNŞA MALİYETLERİ 76
EK 10 YYPE BORU İNŞA MALİYETLERİ 82
EK 11 CTP BORU İNŞA MALİYETLERİ 88

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İÇME SUYU İLETİM HATLARINDA KULLANILAN BORU TİPLERİNİN EKONOMİK ANALİZİ

Mehmet Murat TOPLAMACI

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Reşit GERGER
Yıl:2017, Sayfa:92

İçme suyu iletim hatlarında basınçlı boruların kullanılmasıyla, iletim hatlarının boyu kısalmış olmakla birlikte, su kayıpları azaldığından su tasarrufu da sağlanmaktadır. İletim hatları, büyük maliyetli yatırımlar olduğu için, bu tesisler projelendirilirken, kullanılacak malzemenin ekonomik, işletme masraflarının düşük, bakım, onarım ve montajının kolay ve ekonomik olmasına dikkat edilmelidir. Basınçlı iletim hatlarında maliyet, inşa maliyeti ve işletme maliyetinden oluşmaktadır. Bu çalışmada, içme suyu iletim hatlarında kullanılan boruların maliyete etkisi incelenmiştir. İletim hatlarında çoğunlukla çelik, yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ve cam elyaf takviyeli polyester (CTP) borular kullanılmaktadır. Bu boruların farklı çapları için maliyet hesapları yapılmıştır. Yapılan hesaplamalarda maliyeti en düşük boru türü CTP boru olarak belirlenmiştir. CTP boruyu sırasıyla çelik ve YYPE boru takip etmektedir. Ancak boru tercihi yapılırken borunun ekonomik olmasının yanında uzun ömürlü kullanım, dayanıklılık, bakım, onarım ve montaj kolaylığı gibi özelliklerin de dikkate alınması gerekmektedir. Bu özellikler de dikkate alındığında en ekonomik çözümün çelik boru olduğu görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER: İçme suyu iletim hatları, basınçlı borular, inşa maliyeti, çelik boru

ABSTRACT

MSc Thesis

ECONOMIC ANALYSIS OF PIPE TYPES USED IN DRINKING WATER TRANSMISSION LINES

Mehmet Murat TOPLAMACI

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

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Reşit GERGER
Year: 2017, Page:92

The use of pressurized pipes in drinking water transmission lines is utilized to save water while the transmission lines are shortened in size so water losses are reduced. Because of the transmission lines are high cost investments, care should be taken while these facilities are being projected. That the materials to be used are economic, low in operating costs, easy to maintenance and repair and install. In the case of pressure transmission lines, costs consist of construction costs and operating costs. The financial impact of the pipes used in drinking water transmission lines was analyzed in this study. Steel, high density polyethylene (HDPE) and glass fiber reinforced polyester (GRP) pipes are mostly used in transmission lines. Cost calculations were made for different diameters of these pipes. The lowest cost pipe type was determined as GRP pipes according to the calculations made in this study. GRP pipes are followed by steel and HDPE pipes respectively. However, when the pipe type is selected, it is necessary to take into consideration the long life usage, durability, easiness of maintenance, repair and installation as well as the economic cost of the pipe. Considering of these characteristics, it is seen that steel pipe is the most economical solution.

KEY WORDS: Drinking water transmission lines, pressurized pipes, construction cost, steel pipe

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının meydana gelmesinde, yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile bana daima yol gösteren danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Reşit GERGER'e ve çalışmam süresince yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Kasım YENİGÜN ve Yrd. Doç. Dr. Veysel GÜMÜŞ'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca aileme de, tüm desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Türkiye'nin su potansiyeli 3
Şekil 1.2. Dünyadaki su tüketiminin sektörel dağılımı 4
Şekil 1.3. Su temini tesisinin elemanları 8
Şekil 1.4. Cazibeli isale 10
Şekil 1.5. Terfili isale 11
Şekil 1.6. Kısmen cazibeli kısmen terfili isale 11
Şekil 1.7. Çelik boru hendek kesiti 17
Şekil 1.8. CTP boru hendek kesiti 17
Şekil 1.9. YYPE boru hendek kesiti 17
Şekil 3.1. Çalışma alanı 22
Şekil 3.2. Spiral kaynaklı çelik boru üretimi 24
Şekil 3.3. YYPE borunun döşenmesi 26
Şekil 3.4. CTP boru üretimi 27
Şekil 3.5. CTP boru 28
Şekil 3.6. Proje bölgesinin nüfus tahminleri 43
Şekil 4.1. Çelik boruların enerji maliyetleri 48
Şekil 4.2. Çelik boru inşa maliyetleri 49
Şekil 4.3. Çelik boru işletme ve inşa maliyetleri 51
Şekil 4.4. YYPE boruların enerji maliyetleri 51
Şekil 4.5. YYPE boru inşa maliyetleri 52
Şekil 4.6. YYPE boru işletme ve inşa maliyetleri 53
Şekil 4.7. CTP boruların enerji maliyetleri 54
Şekil 4.8. CTP boru inşa maliyetleri 55
Şekil 4.9. CTP boru işletme ve inşa maliyetleri 56
Şekil 4.10. Boruların kazı-dolgu maliyeti 57
Şekil 4.11. Boruların imalat maliyeti 58
Şekil 4.12. Boruların nakliye maliyetleri 58
Şekil 4.13. Hilvan içme suyu iletim hattı boru cinslerine göre inşa maliyetleri 59
Şekil 4.14. Hilvan içme suyu iletim hattı boru cinslerine göre işletme maliyetleri 59
Şekil 4.15. Hilvan İçme suyu iletim hattı boru cinslerine göre toplam maliyet 60

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Yeryüzünde suyun dağılımı …… 2
Çizelge 1.2. Kişi başına düşen yıllık su miktarına göre ülkenin durumu ……..... 3
Çizelge 1.3. Temiz ve tatlı su kaynaklarının sektörel kullanımı ……..... 4
Çizelge 1.4. Türkiye 2015 yılı su tüketiminin sektörel dağılımı ……..... 5
Çizelge 1.5. Ülkemiz su kaynaklarının sektörel bazda kullanılması ……... 5
Çizelge 1.6. YYPE boru minimum hendek genişliği ……... 15
Çizelge 1.7. Çelik boru minimum hendek genişliği ……..... 15
Çizelge 1.8. CTP boru minimum hendek genişliği ……..... 15
Çizelge 3.1. İçme suyu ihtiyacının karşılanmasında kullanılan kuyuların karakteristikleri 23
Çizelge 3.2. Nüfusa bağlı birim su tüketimi ……..... 30
Çizelge 3.3. Hayvan su ihtiyacı ……..... 31
Çizelge 3.4. Özel su ihtiyaçları …… 31
Çizelge 3.5. Çalışma bölgesinin geçmiş nüfus verileri …… 39
Çizelge 3.6. Çeşitli tahmin yöntemlerine göre proje bölgesinin gelecek yıllardaki nüfusu ……. 43
Çizelge 3.7. Proje bölgesi hayvan sayıları 44
Çizelge 3.8. Proje bölgesindeki okulların öğrenci sayıları ……... 45
Çizelge 3.9. Proje bölgesi özel su ihtiyaçları …… 45
Çizelge 3.10. 2050 yılı toplam su ihtiyacı ……..... 45
Çizelge 4.1. Çelik boru inşa maliyetleri 49
Çizelge 4.2. Çelik boru işletme ve inşa maliyetleri 50
Çizelge 4.3. YYPE boru inşa maliyetleri …….. 52
Çizelge 4.4. YYPE boru işletme ve inşa maliyetleri 53
Çizelge 4.5. CTP boru inşa maliyetleri …….. 55
Çizelge 4.6. CTP boru işletme ve inşa maliyetleri ……. 56
Çizelge 4.7. Boruların yenilenme süreleri 60

SİMGELER DİZİNİ

C	Boru pürüzlülük katsayısı
CTP	Cam elyaf Takviyeli Polyester
D	Boru çapı
D_e	Ekonomik boru çapı
DN	Boru anma çapı
DSİ	Devlet Su İşleri
H	Pompa basma yüksekliği
h_k	Yük kaybı
J	Hidrolik eğim
K_a	Aritmetik artış hızı
K_g	Geometrik artış hızı
kW	Kilovat
L	Boru boyu
mm	Milimetre
m^3	Metreküp
N_G	Gelecekteki nüfus değeri
$N_İ$	İlk nüfus sayım değeri
N_S	Son nüfus sayım değeri
P	Nüfus artış hızı
PE	Polietilen
PVC	Polivinil klorür
Q	Debi
Q_E	Evsel su ihtiyacı
Q_H	Hayvan su ihtiyacı
q_{max}	Maksimum günlük su tüketimi
q_{ort}	Ortalama günlük su tüketimi
Q_{TSH}	Ticaret, sanayi, hizmet sektörü su ihtiyacı
TEİAŞ	Türkiye Elektrik Üretim A.Ş.
TSE	Türk Standardları Enstitüsü
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
YAS	Yeraltı suyu
YYPE	Yüksek Yoğunluklu Polietilen
%	Yüzde
η_p	Pompa verimi
η_m	Motor verimi
υ	Kinematik viskozite

1. GİRİŞ

Hayatın başladığı ilk andan itibaren tüm canlılar için su, yaşamın vazgeçilmez, en değerli doğal kaynağı olmuştur. Yerine alternatif başka bir maddenin kullanılamadığı su, insan hayatında oksijenden sonra en önemli öğedir. İnsan vücudunda, kemiklerde %25, kaslarda %75, kanda %85 oranında bulunan su, besin maddelerinin doku ve hücrelere taşınmasında, metabolizma artıklarının dışarı atılmasında, vücut ısı dengesinin düzenlenmesinde ve birçok vücut fonksiyonunun çalışmasında önemli görevler almaktadır.

İnsan hayatının suya olan bağımlılığından dolayı insanlar tarihin başlangıcından beri su ile ilgilenip, ondan hem yararlanmaya hem de korunmaya çalışmışlardır. Tarihteki ilk medeniyetler göl, nehir, deniz gibi su kaynaklarının etrafında yerleşim yerleri kurmuşlardır. Bu medeniyetlerden Mısır'ın Nil, Mezopotamya'nın Dicle ve Fırat, Hindistan'ın İndüs, Çin'in Sarı ve Maya topluluklarının Amazon Nehri etrafını yerleşim yeri olarak tercih etmeleri bunun örneklerindendir (Şen, 2003). Bu bölgelere yerleşen insanlar su kaynaklarından daha iyi yararlanabilme ve suların olası zararlı etkilerinden korunabilmek için, çeşitli su yapıları inşa etmişlerdir. Medeniyetlerin kurulmasına ortam hazırlayan su yine kurulu medeniyetlerin çökmesinde de etkili olmuştur. Ortadoğu'nun ilk uygarlığı olarak bilinen Akad Uygarlığı'nın, 300 yıl boyunca etkisini gösteren bir kuraklık sebebiyle çöktüğü belirtilmektedir (Anonim, 2001).

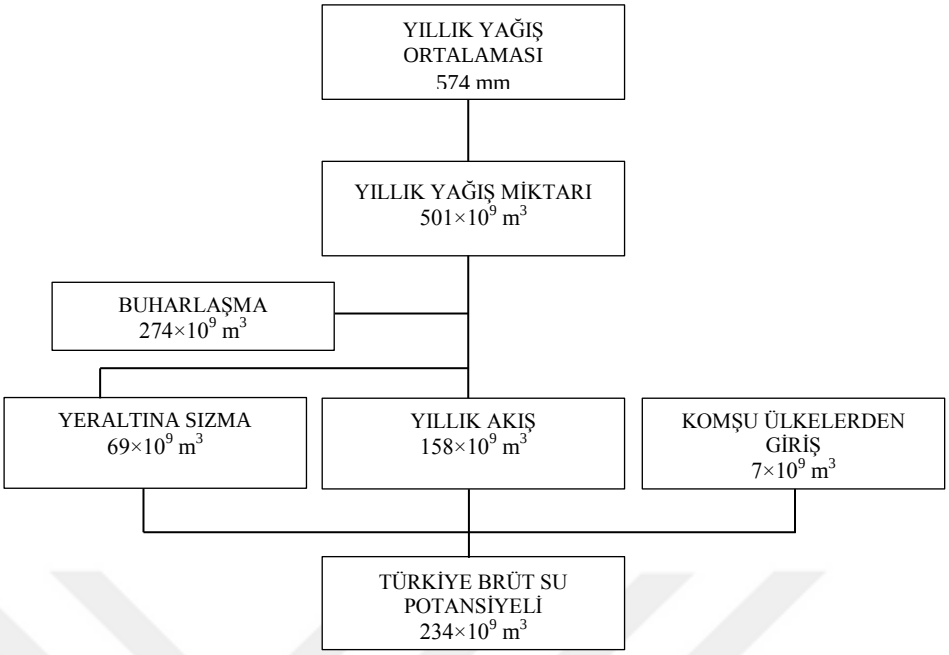
Çağdaş ve sağlıklı yaşamın sürdürülmesinde suyun önemi gayet açıktır. Tüm canlıların varlığına gereksinim duyduğu su, sınırlı bir doğal kaynaktır. Dünyadaki su miktarının toplamı yaklaşık 1.4 milyar km^3'tür. Bu miktar su yerkürenin %70'ini oluşturmaktadır. Ancak bu suyun %97.5'i okyanus ve denizlerde tuzlu su olduğundan içme ve sulama suyu olarak doğrudan kullanılamaz. Yerküredeki suyun sadece %2.5'i tatlı su olup, bunun ise büyük bir kısmı buzul ve derin jeolojik tabakalar şeklindedir. Çizelge 1.1.'de suyun dünya üzerinde dağılımı verilmiştir.

Mevcut verilerden görüldüğü üzere, insanların doğrudan kullanabileceği tatlı su miktarı sınırlıdır ve bu sular, toplam su kaynaklarının % 0.3'ü kadardır.

Çizelge 1.1. Yeryüzünde suyun dağılımı (Chin, 2000)

Yer	**Su hacmi (km^3)**	**Toplam su (%)**	**Tatlı su (%)**
Okyanuslar	1 338 000 000	96.50	
Buzullar	24 023 500	1.70	68.6
Yeraltı suyu (tuzlu)	12 870 000	0.93	
Yeraltı suyu (tatlı)	10 530 000	0.76	30.1
Diğer kar ve buz	340 600	0.025	1.0
Tatlı su gölü	91 000	0.007	0.26
Tuzlu su gölü	85 400	0.006	
Toprak nemi	16 500	0.0012	0.05
Atmosferdeki su	12 900	0.001	0.04
Bataklıklar	11 470	0.0008	0.03
Akarsular	2 120	0.0002	0.006
Biyolojik su	1 120	0.0001	0.003
Toplam su	1 385 984 610	100.00	
Tatlı su	35 029 210	2.5	100.00

Ülkemizin su potansiyeli incelenecek olursa bu bakımdan çok zengin olduğu söylenemez. Türkiye'nin 2015 yılı itibariyle yıllık yağış ortalaması 574 mm olup, bu yağış yılda ortalama 501 milyar m^3 suya karşılık gelmektedir. Bu suyun 274 milyar m^3'ü buharlaşma yoluyla atmosfere geri dönmektedir. 69 milyar m^3'ü yeraltı suyunu beslemekte ise de, bunun 28 milyar m^3'ü pınarlar vasıtasıyla yerüstü sularına tekrar katılmakta, 158 milyar m^3'ü de akışa geçerek akarsular vasıtasıyla deniz ve göllere boşalmaktadır (Gürer, 2007). Ayrıca komşu ülkelerden Meriç ve Asi nehirleriyle ülkemize yılda ortalama 7 milyar m^3 su gelmektedir. Böylece ülkenin brüt yerüstü su potansiyeli 193 km^3'tür. Yeraltı suyunu besleyen 41 milyar m^3'lük su da ilave edildiğinde ülkemizin yenilenebilir su potansiyeli brüt 234 milyar m^3'e ulaşır. Şekil 1.1.'de Türkiye'nin su potansiyeli verilmiştir.



Şekil 1.1. Türkiye'nin su potansiyeli (Güler, 1996)

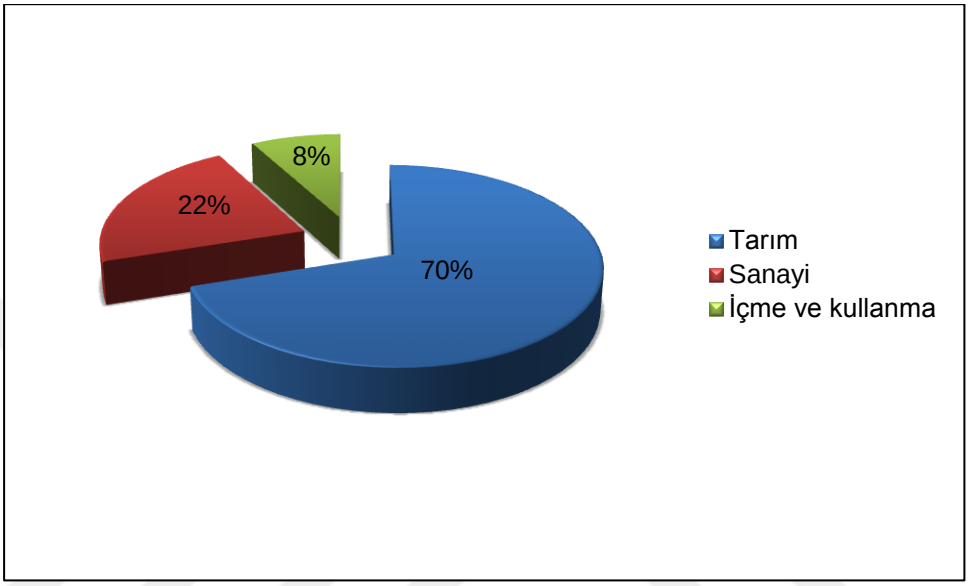
Ülkemizin yenilenebilir su potansiyeli brüt 234 milyar m^3'tür. Ancak günümüz şartlarında, tüketilebilecek yerüstü su potansiyeli, ülkemizdeki akarsulardan 95 milyar m^3, komşu ülkelerden ülkemize gelen akarsulardan 3 milyar m^3 suyla toplam 98 milyar m^3'tür (Anonim, 2016). Buna 14 milyar m^3 olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeli de ilave edilince yıllık tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli toplamı, ortalama 112 milyar m^3'ü bulmaktadır.

Ülkemiz su zengini bir ülke değildir. Bir ülkenin su zengini sayılabilmesi için yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 10 000 m^3'ten fazla olması gerekir. Ülkemizde 2016 yılı sonu itibariyle toplam nüfusu 79 814 871 kişi olup, kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1 403 m^3'tür. Çizelge 1.2.'den görüldüğü üzere ülkemiz **su azlığı** yaşayan ülkeler arasındadır.

Çizelge 1.2. Kişi başına düşen yıllık su miktarına göre ülkenin durumu

Kişi Başına Yıllık Su Miktarı (m^3)	**Ülkenin Durumu**
> 8 000-10 000	Su Zengini
< 2 000	Su Azlığı
< 1 000	Su Fakiri

İnsanın çevre ile olan etkileşimi arttıkça suyu, temel ihtiyaçlarını karşılaması yanında, tarım, enerji üretimi, endüstri, ulaşım ve turizm gibi birçok alanda kullanmaya başlamıştır. Genel olarak su içme-kullanma, tarımsal ve sanayi amaçlı olarak talep edilir. Dünyada su tüketiminin yaklaşık %70'i tarımsal sulama, %22'si sanayi ve %8'i içme ve kullanma suyu olarak kullanılmaktadır (Şekil 1.2.).



Şekil 1.2. Dünyadaki su tüketiminin sektörel dağılımı

Ülkelerin gelişmişlik seviyesine göre suyun sektörel dağılımındaki oranları değişmektedir (Çizelge 1.3.). Gelişmiş ülkelerde sektörler itibariyle su kullanımı %39 sulama, %46 sanayi, %15 içme ve kullanma amaçlıdır. Az gelişmiş ülkelerde su kullanımı %86 sulama, %7 sanayi, %7 içme ve kullanma amaçlıdır. Gelişmiş ülkelerde sanayi sektöründe, az gelişmiş ülkelerde ise tarımsal sulamada en fazla su kullanılmaktadır.

Çizelge 1.3. Temiz ve tatlı su kaynaklarının sektörel kullanımı (Demir, 2012)

SEKTÖR	Dünya (%)	Az Gelişmiş Ülkeler (%)	Gelişmekte Olan Ülkeler (%)	Gelişmiş Ülkeler (%)
Tarım	70	86	52	39
Sanayi	22	7	38	46
İçme ve Kullanma	8	7	10	15

Türkiye'de ise 2015 yılı itibariyle kullanılabilir su potansiyelinin %74'ü sulamada, %13'ü içme ve kullanmada ve yine %13'ü ise sanayide kullanılmaktadır (Anonim, 2016).

Çizelge 1.4. Türkiye 2015 yılı su tüketiminin sektörel dağılımı (Anonim, 2016)

	Yerüstü Suyu ($\times 10^9$)	Yeraltı Suyu ($\times 10^9$)	Toplam ($\times 10^9$)	Oran (%)
Tarımsal Sulama Suyu	32	8	40	74
İçme ve Kullanma	4	3	7	13
Sanayi	4	3	7	13
Toplam Kullanılan Su Miktarı	40	14	54	100

Türkiye' de 2015 yılında kullanılan 54 milyar m^3 suyun 40 milyar m^3'ü sulama sektöründe, 7 milyar m^3'ü içme suyunda ve yine 7 milyar m^3'ü sanayi sektöründe kullanılmıştır (Çizelge 1.4.). Bu 54 milyar m^3 suyun 40 milyar m^3'ü yerüstü kaynaklarından, 14 milyar m^3'ü de yeraltı kaynaklarından sağlanmıştır. Ülkemizin geçmiş yıllara göre ve 2023 de hedeflenen toplam su kullanımı ve bunun sektörel bazda dağılımı Çizelge 1.5.'de verilmiştir. 2015 yılında ülkemizin su potansiyelinin %48'inden faydalanılırken, 2023 yılında su potansiyelinin tamamından faydalanılması hedeflenmektedir.

Çizelge 1.5. Ülkemiz su kaynaklarının sektörel bazda kullanılması (Şen, 2003; Anonim 2016)

Yıllar	Sulama		İçme ve Kullanma		Sanayi		Toplam Su Kullanımı ($\times 10^9$)
	Miktar ($\times 10^9$)	Oran (%)	Miktar ($\times 10^9$)	Oran (%)	Miktar ($\times 10^9$)	Oran (%)	
1980	9.0	76	1.60	14	1.20	10	11.80
1990	22.02	72	5.14	17	3.44	11	30.60
1996	25.31	74	5.30	16	3.59	10	34.20
2000	31.50	75	6.40	15	4.10	10	42.0
2015	40.0	74	7.0	13	7.0	13	54.0
2023	72.0	64	18.0	16	22.0	20	112.0

Dünya nüfusu bugüne göre az iken, insanlar su ihtiyaçlarını temin etmek için su kaynaklarına kolay ulaşılacak yerlere yerleşmişlerdir. "Zamanla nüfus artmış ve insanlar var olan su kaynaklarının bulunduğu bölgelere göçerek yerleşmeleri, bu kaynaklar ihtiyacı karşılamada yetersiz kalınca da yerleşim yerlerini terk ederek,

başka kaynakların bulunduğu bölgelere göç etmeleri imkânsız hale gelmiştir. Bu durum insanları başka çözümler bulmaya yöneltmiştir. Bu çerçevede, insanların su kaynaklarının bulunduğu bölgelere gitmektense, bu kaynakların insanların yaşadığı yerlere getirilmesi düşünülmüştür" (Öztürk, 1996). Tarihte Asurlar ilk su kemerini inşa ederek, başkentleri Ninova'ya suyun getirilmesini sağlamışlardır. Geçmişte Anadolu'da yaşayan birçok uygarlıkta ihtiyaç duydukları suyu temin etmek için çeşitli yapılar inşa etmişlerdir. Günümüze Hitit, Urartu, Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı Dönemlerinden kalma borular, kanallar, tüneller, su kemerleri, barajlar ulaşmıştır. Roma İmparatorluğu Dönemi'nde, İstanbul'un ilk isale hattı (117-138) yapılmıştır (Eroğlu, 2000). "Roma Döneminde yapılan içme ve kanalizasyon gibi kentsel su sistemleri, günümüzde dahi izlenebilecek boyutlara ulaşmıştır" (Öziş, 1983). Bu dönemde yapılan su iletim yollarıyla, dağlardaki su kaynaklarından, yerleşim yerlerine su götürülmüştür. Su önce depolanmış sonra da borularla yerleşim yerlerine taşınmıştır (Anonim, 2016). Osmanlı Dönemi'nde de Anadolu'nun birçok yerinde önemli su iletim sistemleri inşa edilmiştir. Özellikle Mimar Sinan'ın, Edirne'ye su ileten toplam 50 km uzunluğundaki Taşlı Müsellim suyolu, 1560'larda inşa edilen Belgrat ormanlarında toplanan suyu İstanbul'a ileten günümüzde de büyük bölümü çalışan 55 km uzunluğundaki Kırkçeşme suyolu ve İstanbul Süleymaniye'ye su ileten 50 km uzunluğundaki Süleymaniye suyolu bu dönemin bilinen önemli su iletim tesisleridir (Öziş, 2015).

İlk zamanlar su ihtiyacını karşılamak için su kaynakları etrafına göç eden insanlar, daha sonraları kanal, tünel, su kemeri gibi çeşitli su iletim tesisleri inşa ederek suyu, bulundukları yerlere iletimini sağlamışlardır. Günümüzde ise teknolojinin ilerlemesiyle, bu su iletim tesislerine ilave olarak basınçlı borular su temini sistemlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Böylelikle yapımı uzun süren yöntemler terkedilmiş, bunun yerini modern su temini sistemleri almıştır (Çelik, 2004). Kaynaktan alınan suların kullanılacak bölgeye iletilmesini sağlayan iletim (isale) hatlarında suyun taşınmasında akedük, açık kanal, tünel, galeri yerine uygun olması durumunda boruların kullanılmasıyla, iletim hattının boyu kısalmakta, su tasarrufu sağlanmakta ve kirlenme tehlikesi büyük ölçüde azalmaktadır. İçme suyu iletim hatlarında en çok kullanılan boru türleri: çelik boru, yüksek yoğunluklu

polietilen (YYPE) boru, cam elyaf takviyeli polyester (CTP) boru ve düktil borulardır. Kullanılması tasarlanan boruların avantaj ve dezavantajlarının iyi bilinmesi gerekir. Kullanılacak boruların seçiminde, maliyetin düşük olmasının yanında borunun teknik ve işletme yönlerinin de yeterli olması gerekir. Borular maruz kalacakları su basıncına, iletilecek suyun ve boruların döşeneceği zeminin özelliklerine uygun olarak seçilmelidir. (Karpuzcu, 2005).

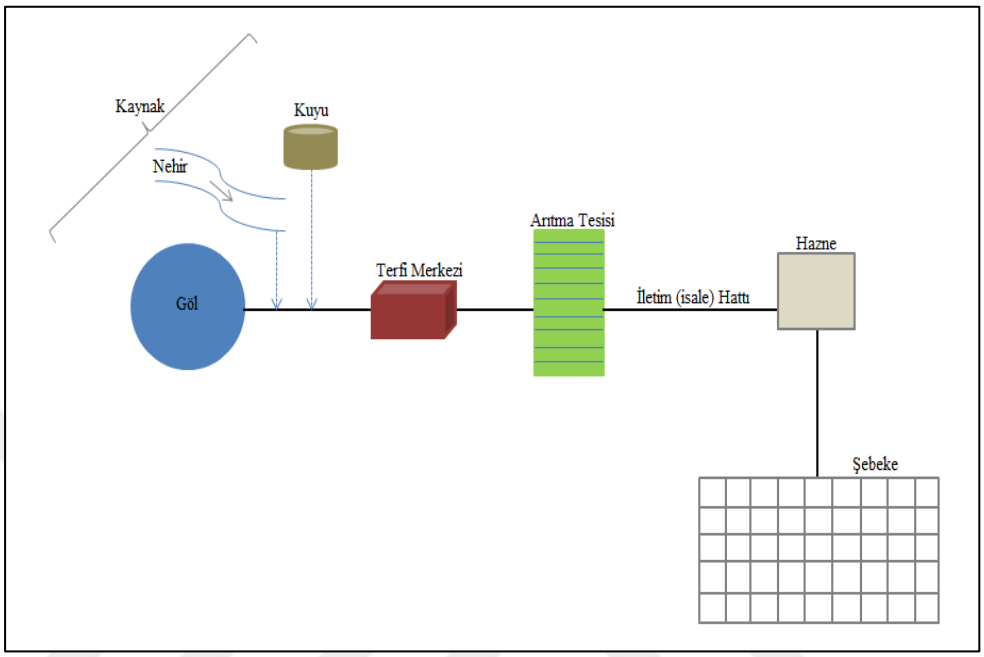
1.1. Genel Bilgiler

1.1.1. Su temini tesislerinin elemanları

Dünyada sanayi inkılabıyla hızlanan şehirleşme süreci günümüzde de devam etmektedir. Hızlı şehirleşme, su kaynaklarının azalması, hava kirliliği, altyapı yetersizliği, tarımsal alanların azalması gibi bir takım sorunları da beraberinde getirmiştir. Bugün insan hayatı ve sağlığı için, her şeyden önce gerekli olan, temiz ve yeterli miktardaki su temini, günümüzün önemli sorunlarındandır. İnsanların en temel ihtiyaçları olan içme suyunun sağlıklı olarak temini hayati önem taşımaktadır. Bugün insanların içme suyu olarak kullandıkları su, birçok tesis ve elemanın birlikte sistematik bir şekilde çalışmasıyla insanlara ulaşmaktadır. Bir su temini sistemi genel olarak aşağıdaki elemanlardan oluşmaktadır;

1. **Kaynak:** Uygun kalitede ve yeterli miktarda suyun temin edildiği su kaynağı
2. **Kaptaj:** Suların kaynaktan alınmasını sağlayan yapılar
3. **İletim (İsale) Hattı:** Kaynaktan alınan suların kullanılacak bölgeye iletilmesini sağlayan tesisler
4. **Arıtma Tesisi:** Gerekli olması halinde kaynaktan alınan ham suları temizlemeye yarayan tesisler
5. **Hazne:** Suyun tüketicilere ulaşmasını sağlayan ve sarfiyat salınımlarını dengeleyen tesisler
6. **Şebeke:** İhtiyaç bölgesine getirilmiş olan suları ihtiyaç sahiplerine dağıtan tesisler (Karpuzcu, 2005).

Şekil 1.3.'de gösterildiği gibi bir su temini sisteminde göl, nehir, kuyu gibi kaynaklardan alınan su, iletim hatlarıyla arıtma tesisinden geçirilerek hazneye gönderilir. Buradan da şebekeler vasıtasıyla ihtiyaç bölgelerine dağıtılır.



Şekil 1.3. Su temini tesisinin elemanları (Karpuzcu, 2005)

1.1.2. İçme sularının özellikleri

İnsanların çeşitli ihtiyaçlarını karşılamak üzere, su temini sistemleriyle yerleşim yerlerine getirilen suların, içme suyu olarak kullanılabilmesi için bazı özellikleri taşıması gerekir. İçme sularının sağlık açısından uygun özellikleri taşıması için standartlar geliştirilmiştir. Bu kapsamda ülkemizde de Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından insani tüketim amaçlı suların tarifini, sınıflandırma ve özelliklerini, numune alma, muayene ve deneylerini kapsayan TS 266 Standardı geliştirilmiştir. Genel anlamda içme sularının, kokusuz, renksiz, berrak olması, zararlı kimyasal maddeler ile hastalık yapan mikroorganizmaları bulundurmaması ve agresif olmaması istenir (Eroğlu, 2008). Sayılan bu özellikler sağlıklı bir içme suyu tanımını da oluşturmaktadır.

1.1.3. İletim (isale) hatları

Yerleşim merkezlerinin içme suyu ihtiyacının karşılanmasında; suyun bulunduğu yerden, şehir şebekesine dağıtımının sağlandığı hazneye getirilmesini sağlayan tesislere iletim (isale) hattı denir. Genel anlamda isale hatları, suyu taşıyan eleman (boru, açık kanal, galeri, akedük vb.) ile bu elemanın gerektirdiği yardımcı elemanlardan (maslak, vantuz, hava bacası, vana, dirsek vb.) oluşmaktadır. İsale hatları suyun akım şekline göre serbest yüzeyli isale hatları ve basınçlı isale hatları olmak üzere iki gruba ayrılır (Karpuzcu, 2005).

1.1.3.1. Serbest yüzeyli isale hatları

Suyun atmosfer basıncıyla temasta olduğu, cazibe ile iletildiği isale hatlarına, serbest yüzeyli isale hatları denir. Suların iletilmesinde taşıyıcı eleman olarak açık kanallar ve galeriler kullanılmaktadır.

İletilecek su miktarı fazla ise su kaynağı ile arıtma tesisi arasına taşıyıcı eleman olarak açık kanallar inşa edilebilir. Açık kanallar minimum kazı ve minimum kaplama yüzeyi gerektiren kesitlerde inşa edilirler. Bunun için en avantajlı kesit yarım daire kesittir. Ancak inşası zor olduğu için uygulamada trapez ve dikdörtgen kesit tercih edilir. Kanal yüzeyleri pürüzlülüğü az olan malzemeler ile kaplanmalıdır. Kanal eğimleri %0.1~0.5 arasında değişir, kanallardaki su hızı ise 0.6~2 m/s arasında seçilir (Karpuzcu, 2005).

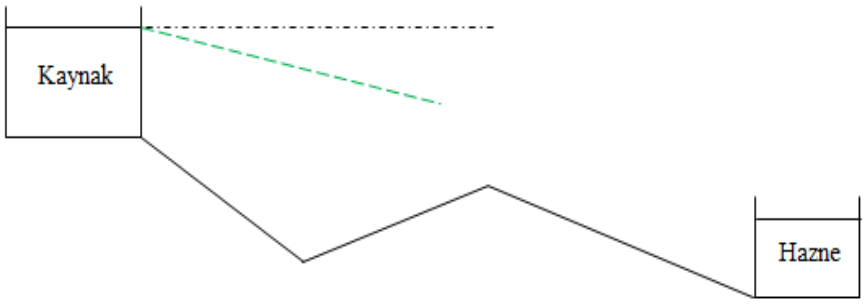
Galeriler de iletilecek su miktarına bağlı olarak çeşitli kesitlerde inşa edilirler. Büyük debilerde dikdörtgen kesit, küçük debilerde ise daire kesit kullanılır. Galerilerde hidrolik hesaplamalar yapılırken %75'inin dolu olduğu kabul edilir ve su hızı 0.6~1.2 m/s arasında seçilir (Karpuzcu, 2005).

1.1.3.2. Basınçlı isale hatları

Basınçlı isale hatlarında su belirli bir basınç altında iletilir. Suların iletiminde borular kullanılmaktadır. Borularda su hızı minimum 0.3 m/s olarak alınır. Ortalama hızın 1.0~1.5 m/s arasında olması tavsiye edilir (Anonim, 2013). Basınçlı isale hatları suyun iletim şekline göre; cazibeli isale, terfili isale ve kısmen cazibeli kısmen terfili isale olmak üzere üç gruba ayrılır.

1.1.3.2.1. Cazibeli isale

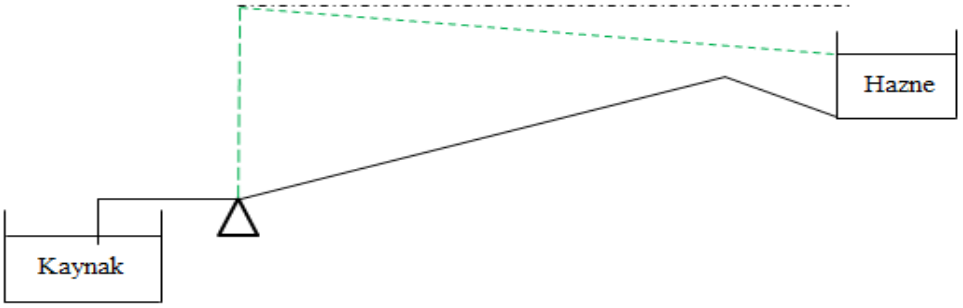
Suyun alındığı kaynak ile taşınacağı hazne arasında yük kayıplarını karşılayacak ölçüde bir kot farkı varsa ve kaynak kotu hazne kotundan en az bu kayıplar kadar yüksekteyse bu durumda su kendiliğinden yer çekimi etkisiyle akarak hazneye iletilir, bu iletim şekline cazibeli isale denir (Şekil 1.4.).



Şekil 1.4. Cazibeli isale (Şekerdağ, 2014)

1.1.3.2.2. Terfili isale

Hazne kotunun kaynak kotundan büyük olması halinde kaynağa bir pompa yerleştirilerek suyun enerjisi hazne kotundan sürekli yük kayıpları kadar daha yüksek bir noktaya çıkartılır ve pompaj enerjisiyle su hazneye iletilir. Bu şekilde iletim terfili isale olarak adlandırılır (Şekil 1.5.).



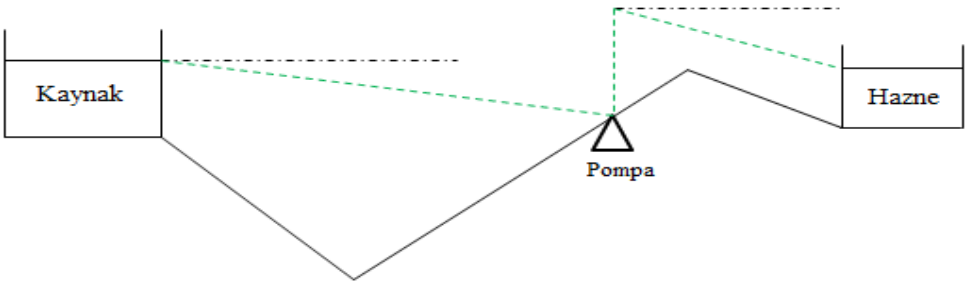
Şekil 1.5. Terfili isale (Şekerdağ, 2014)

Terfili isalede suların hazneye yükseltilmesini sağlayan pompaların sayısı, gücü ve tipi belirlenirken; terfi edilecek günlük su ihtiyacı, pompanın çalışma süresi, pompa ömrü, manometrik yükseklik vb. faktörler dikkate alınır. "Pompa seçiminde su dinamik yüksekliği; 6 m'den az ise yatay milli elektromotopomplar, 6 m ile 40 m arasında ise düşey milli elektromotopomplar, 40 m'den daha derin ise dalgıç tipi elektromotopomplar tercih edilir" (Anonim, 2014a).

Terfili isale hatlarında içerisinde pompa ile yardımcı diğer donanımların bulunduğu terfi merkezinin yeri belirlenirken, ulaşım imkânları, jeolojik durum, zeminin taşıma gücü, hidrolik şartlar vb. faktörler göz önünde tutulmalıdır.

1.1.3.2.3. Kısmen cazibeli kısmen terfili isale

Bazı durumlarda cazibeli isale ile terfili isale birlikte kullanılır. Su belirli bir noktaya kadar pompa ile basılıp, bu noktadan da hazneye kendiliğinden yer çekimi etkisiyle akması sağlanır veya tam tersi şekilde de gerçekleşebilir. Bu iletim şekli kısmen cazibeli kısmen terfili isale olarak adlandırılır (Şekil 1.6.).



Şekil 1.6. Kısmen cazibeli kısmen terfili isale

1.1.3.3. Serbest yüzeyli ve basınçlı isale hatlarının karşılaştırılması

Serbest yüzeyli isale hatlarında suyu taşıyan elemanlar (açık kanal, galeri, tünel) belirli bir eğimde yapıldıkları ve tesviye eğrilerini takip ettikleri için isale hattının boyu uzar. Ayrıca bu elemanların inşası pahalı ve zaman alıcıdır. Çevreyle temas halinde olduklarından suyun kirlenme ihtimali yüksektir. Bu yüzden suların arıtma tesisinden geçirilmesi gerekir. İsale hattının her iki tarafının yeterli bir mesafede koruma altına alınması gerekir. İletilecek debinin artması halinde yeni bir açık kanal, galeri inşa etmekten başka çare yoktur.

Basınçlı isale hatlarında arazi tesviye eğrilerini takip etme zorunluluğu olmadığından isale hatlarının boyu kısalmıştır. Su iletimi borularla gerçekleştiği için suyun kirlenme ihtimali düşüktür. Boruların taşınması, döşenmesi kolaydır ve uzun zaman almaz. İletilecek suyun miktarı artarsa pompalarla borudan geçen su miktarı artırılabilir. Sağlık bakımından, teknik ve ekonomik gerekçelerle günümüzde basınçlı isale hatları tercih edilmektedir.

1.1.3.4. İletim hatlarındaki sanat yapıları

1.1.3.4.1. Maslaklar (basınç düşürücüler)

Boruların yüksek basınçlara maruz kalmasını önlemek için yapılan tesislerdir. Maslaklar, iletim hatlarında fazla basıncı düşürmeye yarar. Maslaklar giriş, çıkış, boruları ile içinde dolu savak bulunan hazneden oluşur. Maslaklara giriş baca vasıtasıyla üstten olur. Bundan dolayı baca, zemin üst seviyesine kadar uzatılmalıdır ve kapalı tutulmalıdır.

1.1.3.4.2. Vantuzlar (hava vanaları)

Vantuzlar iletim hatlarındaki hava miktarını kontrol ederler. İletim hatlarında, tepe noktalara ve gerektiğinde kırık noktalara yerleştirilir. İletim hatlarında iletilen su içerisinde bir miktar çözünmüş hava bulunmaktadır. Bu hava miktarı su basıncına

bağlı olarak değişir. Basınç artarsa suyun içerisinde çözünmüş hava miktarı da artar. Basıncın azalması durumunda ise çözünmüş havanın bir kısmı serbest hale gelir ve isale hattının tepe noktalarında birikir. Tepe noktalarda biriken hava, suyun akışını yavaşlatır. Ayrıca bazı durumlarda isale hatlarında suyun boşaltılması gerekebilir. Su tahliye edilirken boruya hava girmemesi, boru içerisinde vakum oluşmasına ve boruların patlamasına neden olabilir. Boru içerisindeki su iletiminin aksamasına ve boruların patlamasına neden olabilecek havanın tahliye edilmesi ve gerektiğinde de borudaki su boşaltılırken iletim hattına hava girmesi için vantuzlar kullanılır.

1.1.3.4.3. Hava bacaları

İletim hattının tepe noktalarında ve vantuzun çalışacağı kadar işletme basıncı olmayan hallerde havayı tahliye etmek için hava bacası kullanılır. Hava bacasının bulunduğu yerde su basıncı 6 m'den az olmalıdır.

1.1.3.4.4. Tahliyeler

İletim hatlarında gerekli durumlarda suyun boşaltılması sağlamak ve boru içerisinde biriken tortuları temizlemek için hattın düşük kottaki kırık noktalarına tahliyeler yerleştirilir.

1.1.3.4.5. Denge (hava) kazanları

Denge kazanları borudaki su darbelerini önlemek ve akımın hız kontrolünü sağlamak için kullanılır. Terfili isalelerde pompalardan hemen sonra bir boru vasıtasıyla yerleştirilir. Taban kotu, denge kazanındaki su seviyesinin aşırı düşmesi halinde iletim hattına hava kaçmasını önleyecek şekilde ayarlanmalıdır. Zemin yapısına bağlı olarak gömülü veya açıkta inşa edilirler (Karpuzcu, 2005; Anonim, 2013).

1.1.3.4.6. Basınç kırıcı vanalar

Basınç kırıcı vanalar, iletim hattında su basıncının çok yüksek olduğu durumlarda, basıncı istenilen seviyeye indirmek için kullanılır. Maslak ve haznelerin girişine yerleştirilir.

1.1.3.4.7. Tespit kitleleri

Eğimin yüksek olduğu yerlere döşenen iletim hatlarında, boruların eğim yönünde kaymasını önlemek ve yüksek basınçlı hatlarda borunun dirsek noktalarına etkiyen basınç kuvvetlerini karşılamak için tespit kitleleri kullanılır. Tespit kitleleri iletim hattının eğimine bağlı olarak her 8~10 m'de bir beton veya kargir malzeme ile inşa edilirler.

1.1.3.5. İletim hatlarında boruların döşenmesi

Boruların çevresel etkiler ve sıcaklık değişimlerinden olumsuz etkilenmesini önlemek için, yeterli derinliğe sahip olan hendekler içerisine döşenmesi gerekir. Kotu 2000 m'ye kadar olan yerlerde, boruların döşenmesinde boru üstünden zemin yüzeyine kadar 1.0 m kalınlıkta dolgu malzemesi olması gerekir. Kotu 2000 m'nin üzerinde olan yerlerde ise boru üstündeki dolgu malzemesi kalınlığı 1.25 m'den az olmamalıdır (Anonim, 2014a).

Hendeklerin, boruların rahatça bağlanabileceği, dolgu ve sıkıştırma işlemlerinin doğru uygulanabileceği genişliğe sahip olması gerekir. Hendek genişliği, çeşitli borular için boruların hendek içinde veya dışında birleştirmesi durumlarına göre değişebilir. YYPE borular, hendek dışında birleştirildikten sonra hendek içine yerleştirilebilir. Bundan dolayı hendek genişlikleri daha düşük yapılabilir. Çizelge 1.10.'da YYPE boruların anma çapına bağlı minimum hendek genişlikleri verilmiştir. Ancak burada dikkat edilmesi gereken husus, hendek derinliğinin 150 cm'den büyük olması halinde, minimum hendek genişliği 80 cm olmalıdır.

Çizelge 1.6. YYPE boru minimum hendek genişliği (Anonim, 2015a)

Anma Çapı (DN) (mm)	Minimum Hendek Genişliği (mm)
110< DN <600	Boru Dış Çapı + (2×150)
601< DN <1600	Boru Dış Çapı + (2× 300)

Çelik borularda da bağlantı şekillerine göre hendek genişlikleri değişir. Çelik boruların dışarıda kaynak yapıldıktan sonra hendeğe indirilebildiği durumlarda, hendeğin genişliği azaltılabilirken, mekanik bağlantılar kullanıldığında veya hendek içinde kaynak yapılması gerektiğinde daha geniş hendekler açılmalıdır. Çelik boru için minimum hendek genişlikleri Çizelge 1.11'de verilmiştir.

Çizelge 1.7. Çelik boru minimum hendek genişliği

Anma Çapı (DN) (mm)	Minimum Hendek Genişliği (mm)
DN ≤ 600	Boru Dış Çapı + (2×250)
600< DN ≤1000	Boru Dış Çapı + (2× 300)
1100< DN ≤1500	Boru Dış Çapı + (2× 350)
1600≤ DN < 2000	Boru Dış Çapı + (2× 400)
DN ≥ 2000	Boru Dış Çapı + (2× 450)

CTP boruların montajı genelde hendek içinde yapıldığından, hendek genişliği bağlantı parçalarının yerleştirilmesini ve montajın rahat yapılmasını sağlayacak şekilde geniş olmalıdır. CTP borular için minimum hendek genişlikleri Çizelge 1.12.'de verilmiştir.

Çizelge 1.8. CTP boru minimum hendek genişliği (Anonim, 2014b)

Anma Çapı (DN) (mm)	Minimum Hendek Genişliği (mm)
DN ≤ 450	Boru Dış Çapı + (2×300)
450< DN ≤ 1000	Boru Dış Çapı + (2× 400)
1000< DN ≤ 2800	Boru Dış Çapı + (2× 500)
DN > 2800	Boru Dış Çapı + (2× 600)

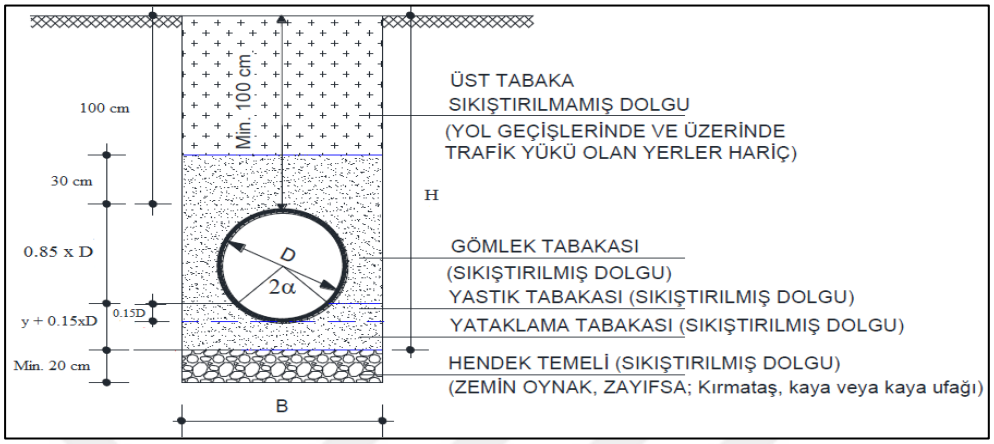
Hendek kazısı tamamlandıktan sonra, borunun ezilip kırılmasını ve zemine çizgisel olarak oturmasını önlemek için, hendek tabanına yataklama denilen tabanı

şekillendirme işlemi uygulanır (Balkaya, 2002). Boruların döşenmesinde dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan birisi, hendek tabanının düzgün olmasıdır. Bu nedenle borunun altında girinti, çıkıntı, sivri ve sert madde olmamasına özen gösterilmelidir. Hendek tabanı sağlam zeminlerde, toprak veya kum gibi ince granüler malzeme hendek tabanına minimum 15 cm kalınlığında serilir. Hendek tabanının sağlam olmadığı zeminlerde ise, yataklama işlemi yapılmadan önce, zemin iyileştirmesi yapılır. Yataklama tabakasının altında, minimum 20 cm kalınlığında kırmataş, kaya veya kaya ufağı malzemelerle sıkıştırılmış bir hendek temeli oluşturulur. Daha sonra yataklama işlemi uygulanır. Yataklama tabakası üzerine de boru tabanından boru çapının 0.15 katı yüksekliğe kadar yastık tabakası yapılır (Anonim, 2014b). CTP borularda yataklama ve yastık tabakası yüksekliği, diğer boru türlerinden farklı olarak, boru iç çapı 1000 mm'den küçük borular için minimum 30 cm alınır (Anonim, 2014b). Yataklama işlemi tamamlandıktan sonra borular vinç veya makine ile hendeğe indirilip bağlantıları yapılır ve boru hattına basınç deneyi uygulanır.

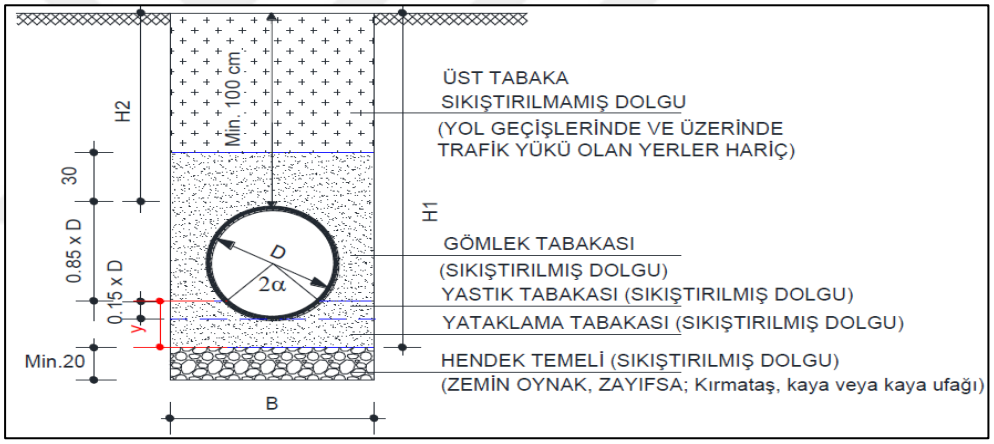
Deney yapılacak boru hattının en düşük kotuna pompa yerleştirilir. Hat su ile doldurulur. Hattın içindeki havanın dışarı atılması için, üst noktalarda hava alınacak yerler bırakılır. Boru hattında hava kalmayacak şekilde su ile doldurulur. Sızma olup olmadığı kontrol edilir. Daha sonra borular, projede öngörülen basıncın PVC borularda 1.3 katı, font-düktil borularda 1.5 katı, çelik borularda ise öngörülen basıncın 5 ATÜ fazlası, bir basınca tabi tutulurlar. İki saat bekledikten sonra herhangi bir olumsuzluk yok ise hendek doldurulabilir (Anonim, 2014c).

Hendek içine konulmuş boruların her iki yanı, boru üst seviyesinden en az 30 cm yukarıya kadar toprak veya kum gibi ince granüler malzeme ile tabakalar halinde doldurularak sıkıştırılmalıdır. Gömlekleme tabakası olarak adlandırılan bu dolgu tabakalarının kalınlığı, 15 cm'yi geçmemelidir. Daha sonra hendeğin boş kalan kısmında, hendekten çıkan malzeme uygun ise, üst tabaka dolgusu olarak doldurulur ve boru hattının döşenmesi tamamlanır.

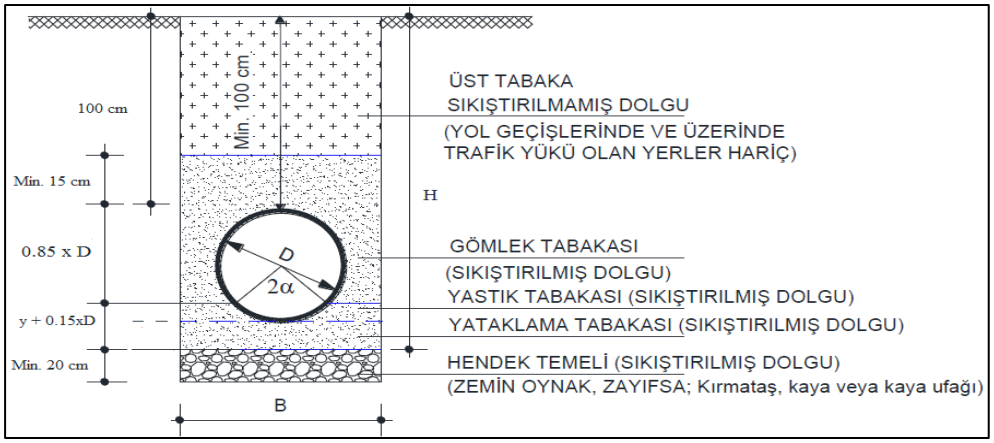
Çelik, CTP ve YYPE boruların hendek kesitleri, sırasıyla Şekil 1.7., Şekil 1.8. ve Şekil 1.9.'da verilmiştir.



Şekil 1.7. Çelik boru hendek kesiti (Anonim, 2014b)



Şekil 1.8. CTP boru hendek kesiti (Anonim, 2014b)



Şekil 1.9. YYPE boru hendek kesiti (Anonim, 2014b)

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Cumalı (1963), yapmış olduğu çalışmada, bir isale hattının hesap metodundan farklı olarak, daha ekonomik bir çözüm önermiştir. Boru cinslerinin seçiminde, statik basınçlar yerine, isale hattının çalışır durumdaki gerçek işletme basınçlarının dikkate alınması gerektiğini ortaya koymuştur.

Altınbilek (1978), su iletim borularının maliyetlerinin minimizasyonu için bir doğrusal programlama modeli geliştirmiştir. Geliştirilen bu model, su iletim hatlarında ve dal dağıtım şebekelerinde, istenilen hız ve basınçta toplam maliyetin minimum olduğu boru çapının ve boyunun belirlenmesini sağlamaktadır.

Kanıt (1987), borulu sistem sulama şebekelerinde, düşük basınçlı dairesel kesitli betonarme borular, camlaştırılmış kil borular ve asbestli çimento boruların kullanıldığını, plastik cinsi boruların ise tercih edilmediğini belirtmiştir. Boru seçiminde arazi şartları, işletme ve maliyet faktörlerinin etkili olduğunu ifade etmiştir.

Oğuz ve Akşit (1987), deniz deşarjı yapılarında boru seçimi için bilgisayar programı geliştirmişlerdir. Boru seçiminde borunun maliyetinin, kullanım ömrünün, mukavemetinin, işletme bakım özelliklerinin ve temin edilme durumunun etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Boruların hidrolik ve ekonomik yönlerini dikkate alarak en uygun boru seçimi yapmışlardır.

Kutluay (1991), yapmış olduğu çalışmada, ekonomik boru çapının bulunmasında kullanılan yöntemleri ve çapı etkileyen unsurları değerlendirmiş ve bu kapsamda değişik cebri boru yerleşmelerine göre ekonomik çap analizi yapan bir bilgisayar programı ve ekonomik çapı yaklaşık olarak hesaplayan amprik bir bağıntı geliştirmiştir.

Aksu (1994), çalışmasında Samsun'un Taflan Beldesi'nin içme suyu tesislerini projelendirmiştir. Beldenin mevcut içme suyu tesisleri teknik ve hidrolik şartları sağlamadığından, bu tesisler yeniden projelendirilmiş ve mevcut su iletim hattında kullanılan PVC boruların yerine, Ø100 mm çapında 25 ATÜ işletme basıncına dayanıklı çelik boru önerilmiştir.

Keloğlu (1995), optimizasyon yöntemlerini kullanarak, cebri borularda ekonomik çap hesabı yapmıştır. Analitik yöntemlerle, borunun kayıp enerji bedeli ile boru yıllık masraflarından oluşan toplam yıllık masrafları, boru çapına bağlı fonksiyon şeklinde ifade etmiş ve bu fonksiyonun türevinin sıfır olduğu çapı, optimum çözüm olarak belirlemiştir.

Muslu (1998), asbest ve font boruların geçmişte şebeke hatlarında çok kullanıldığını, ancak günümüzde dayanımlarının düşük olmasından dolayı tercih edilmediğini ifade etmiştir. Çelik boruların yüksek işletme basınçlarında çalışabilmesi, elastik oluşu, yüklere ve kuvvetlere daha ince et kalınlığıyla karşı koyabilmesi, sıcak ve soğuk ortamlara karşı dayanımının yüksek olması nedeniyle isale hatlarında tercih edildiğini belirtmiştir.

Datta (1999), deprem bölgelerinde polietilen, sünek demir ve cam takviyeli plastik boruların kullanılmasını tavsiye etmektedir. Boru seçiminde, maliyetin azaltılması ve boru teknik özelliklerinin uygun olmasının amaçlandığı belirtilmektedir.

Hooda ve ark. (2000), isale hatlarında mikrobiyolojik kirlenmenin yanlış boru türünün kullanılmasından ve isale hattının bakım ve onarımının düzenli şekilde yapılamamasından kaynaklandığını ortaya çıkarmışlardır.

Balkaya (2002), boru seçiminde maliyetin yanında, borunun teknik ve işletme özelliklerinin de yeterli olması gerektiğini belirtmiştir. Ekonomik açıdan boru malzemesinin, boru çapının, boru et kalınlığının, boru koruma yöntemlerinin, iletim

hattı güzergâhının topoğrafik özelliklerinin vb. faktörlerin önemli olduğunu ifade etmiştir.

Bostancı (2005), içme suyu sistemlerinde, çeşitli boruların kullanıldığını, boru seçiminde boru teknik özelliklerinin belirleyici olduğunu ifade etmiştir. Projede aranan kriterlere cevap veren borular arasındaki seçimde de belirleyici ana unsurun yapılacak ekonomik analize göre ucuz olanın tercih edilmesi gerektiğini, ancak ucuz olanın her zaman uygun boru olmayabileceğini belirtmiştir. Boru seçiminde borunun döşendiği yerdeki işletme koşullarının, zemin şartlarının da dikkate alınmasının gerekli olduğunu ifade etmiştir. Buna örnek olarak da ekonomik olarak çelik boru kullanımının uygun olduğu ancak zemin korozyon özelliğinin yüksek olmasından dolayı çelik borunun kullanılamadığı Kıbrıs İçme Suyu Projesi'ni göstermiştir.

Najafi (2005), su ve kanalizasyon sistemlerinde plastik boruların kullanılmasıyla, yeni bir dönemin başladığını ifade etmiştir. Polivinil klorür (PVC), polietilen (PE), cam takviyeli plastik (CTP) gibi malzemelerin boru üretiminde kullanıldığını, daha çok tercih edilen malzemenin ise polietilen (PE) olduğunu belirtmiştir.

Yiğit (2007), gömülü boru hatlarının deprem etkilerine karşı tepkilerini incelediği çalışmasında, esnek malzemelerin gömülmüş boru hattının sismik performansını geliştirdiğini ve uzunluk başına daha az tamir edilen boruların sırasıyla sünek demir, polietilen, asbest çimento, dökme demir, beton, polivinil klorür (PVC) boru olduğunu tespit etmiştir.

Çağlısoy (2010), çalışmasında içme suyu şebekelerinde boru türünün maliyete etkisini incelemiştir. Şebeke; çelik, PVC ve font boru için çözülerek boru cinsinin hesaba ve maliyete etkisi araştırılmıştır. Üretim standartları, işçilik ve boru fiyatlarına göre en uygun borunun PVC, en pahalı borunun ise font boru olduğu tespit edilmiştir.

Karadoğan (2010), boru seçiminde maliyetin, iletilecek akışkanın özelliklerinin, iletim hattı güzergâhının vb. birçok faktörün etkili olduğunu ifade etmiştir.

Kılıç (2010), çalışmasında depremlerin boru hatlarına verdiği zararları incelemiştir. Boru cinsinin oluşacak hasar oranında büyük etkisinin olduğunu belirtmiştir. İçme suyu borularında kullanılan PVC, CTP ve polietilen gibi plastik borularda, hasar oranının beton ve çelik borulara oranla daha az olduğundan bu boruların kullanılması önerilmiştir.

Yukarıda verilen literatür incelemelerinden anlaşılacağı üzere, isale hatlarında kullanılan boruların maliyet analizi ile ilgili bir çalışmanın mevcut olmadığı görülmüştür. Bu konudaki eksikliği giderebilmek amacıyla böyle bir inceleme yapmak gerektiği kanaatine varılmıştır. Bu nedenle, bu çalışmada içme suyu iletim hatlarında kullanılmakta olan çeşitli boru türleri (çelik, cam elyaf takviyeli polyester (CTP), yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE)) arasından uygun olan alternatifi belirleyebilmek için, Şanlıurfa Hilvan İlçe Merkezi İçme Suyu Temini Projesi verileri kullanılmıştır. Söz konusu proje için tercih edilen boru türünün uygunluğu ve diğer alternatif boru türlerinin projeye uygulanabilirliği irdelenip, en uygun çözüm ortaya konulmaya çalışılmıştır. Her bir boru cinsinin seçilen çapları için maliyet hesapları yapılmış ve içme suyu iletim hatlarında hangi cins borunun kullanılması gerektiği genel, hidrolik ve maliyet açısından irdelenmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma alanının tanıtımı

Hilvan ilçesi, Şanlıurfa iline bağlı bir yerleşim merkezidir (Şekil 3.1.). 1820'de yöredeki göçebe aşiretlerin yerleşmesiyle kurulmuştur. Karacurun adıyla kurulan köy 1926 yılında Şanlıurfa'ya bağlanarak Hilvan adını almış ve ilçe merkezi olmuştur. Şanlıurfa'ya 55 km uzaklıktaki ilçenin yüzölçümü 1278 km^2'dir. İlçenin kuzeyi Adıyaman ile Siverek, doğusu yine Siverek, güneyi Merkez ilçe, güneybatısı Bozova, batısı Adıyaman ili ile çevrilidir. 2015 Yılı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi sonuçlarına göre; ilçenin toplam nüfusu 41 644 kişidir. İlçenin bitki örtüsü Step görünümündedir. Karasal İklimin hüküm sürdüğü ilçede, yazlar kurak ve çok sıcak, kışlar yağışlı ve kısmen ılıman geçer (Anonim, 2012).



Şekil 3.1. Çalışma alanı

İlçe merkezinin içme suyu şebekesi 1975 yılında projelendirilmiş ve inşaatı 1984 yılında tamamlanmıştır. İçme suyu ihtiyacı, ilçenin batısında bulunan 4 adet yeraltı suyu (YAS) kuyusundan karşılanmaktadır. Bu kuyuların karakteristikleri

Çizelge 3.1.'de verilmiştir. Ayrıca yaz aylarında ihtiyacın artması ve kuyuların veriminin düşmesi nedeniyle vatandaşlara ait sulama amaçlı açılan kuyular belediye tarafından kiralanmak suretiyle içme suyu temininde kullanılmaktadır.

Çizelge 3.1. İçme suyu ihtiyacının karşılanmasında kullanılan kuyuların karakteristikleri

	1 Nolu Kuyu	**2 Nolu Kuyu**	**3 Nolu Kuyu**	**4 Nolu Kuyu**
Verim (Q) (l/s)	12.0	12.0	16.0	13.0
Kaynak kotu (m)	587	592	593	589
Derinlik (m)	24	50	50	60
Alınan debi (l/s)	12.0	12.0	12.0	12.0
Statik su seviyesi (m)	12	20	15	14
Dinamik su seviyesi (m)	20	21	25	21

Mevcut su kaynaklarının yaz aylarındaki içme suyu ihtiyacını karşılamadığı, ilçede yaz aylarında sık sık su kesintilerinin yaşandığı gözlenmiştir. İlçenin mevcut kaynakları ve mevcut tesislerinin 2017 yılına kadar içme suyu ihtiyacını karşılayabileceği, bu yıldan sonra YAS kuyularının yeterli olmayacağı tespit edilmiştir. Mevcut su kaynakları yetersiz kalacağından, ilçenin uzun vadeli içme suyu ihtiyacının Atatürk Barajı'ndan temin edilmesine karar verilmiştir. Bu kapsamda hayata geçirilen Hilvan İlçe Merkezi İçme Suyu Temini Projesi'yle Uluyazı köyü mevkiinde dalgıç pompa ile alınan su, arıtma tesisinde arıtıldıktan sonra terfi istasyonu ile 3 000 m^3 hacminde depoya terfi edilmektedir.

3.1.2. İçme suyu iletim hatlarında kullanılan borular

Günümüzde içme suyu iletim hatlarında düktil boru, çelik boru, yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) boru ve cam elyaf takviyeli polyester (CTP) boru kullanılmaktadır. İletim (isale) hatlarında, boru seçimi yapılırken, boru özelliklerinin iyi bilinmesi gerekir. Bu çalışmada, içme suyu iletim hatlarında en çok kullanılan boru türlerinden; çelik boru, yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) boru ve cam elyaf takviyeli polyester (CTP) boru karşılaştırılacaktır.

3.1.2.1. Çelik boru

Çelik borular su iletim hatlarında 19. yüzyılın ikinci yarısından itibaren kullanılmaya başlanmıştır. Önceleri çelik levhaları boru biçimine getirerek ek yerlerinin perçinlenmesi yoluyla kullanılmıştır. Bu üretim şeklinde bağlantıların yeterli dayanımda olmaması ve o zamanki teknolojiyle üretilen çeliklerin çekme kuvvetinin düşük olması nedeniyle çalışmalarda, basınç dayanımı düşük tutularak projelendirilmiştir. 1930'lu yıllarda boru teknolojisinde meydana gelen gelişmelerle beraber çelik boruları, birbirine bağlamada perçinleme yönteminin yerini kaynak yöntemi almıştır (Şekil 3.2.). Bu yöntemle ve çelik sanayiindeki gelişmelerle, çelik borular, yüksek işletme basınçlarında çalışılması gereken durumlarda, diğer boru türlerine göre daha çok tercih edilir hale gelmiştir (Güner, 2012).



Şekil 3.2. Spiral kaynaklı çelik boru üretimi

Çelik boruların yüksek basınca mukavemet göstermesi, taşıma kapasitesinin yüksek olması ve uzun ömürlü olması tercih edilme nedenlerindendir. Boyları uzun olduğundan hem ek yerleri azdır hem de boru hattının kısa zamanda döşenmesine

imkân sağlar. Heyelan ve deprem bölgelerinde kullanılmaya elverişlidir. Hafif olmaları hem nakliye masraflarını azaltmakta hem de döşenmesini kolaylaştırmaktadır. Bu borularda 100 mm'den 4 000 mm çapa kadar üretim yapılabilmektedir.

Çelik boruların önemli dezavantajları da vardır. Dış basınçlara karşı dayanıksızdırlar. Ayrıca borunun boşaltılması sırasında ortaya çıkacak bir vakum, borunun göçmesine neden olabilir (Samsunlu, 1979). Yine korozyona karşı dayanımının düşük olması önemli dezavantajlarındandır. Korozyonla, çelik çevresiyle kimyasal ve elektrokimyasal reaksiyonlara girerek özelliğini kaybeder ve amacına hizmet edemez. Bunun önlemek içinde özel koruyucu kaplamalar kullanılması gereklidir.

Ülkemizde su hatlarında kullanılan çelik borular TS EN 10217-1, DIN 1626, AWWA C-200, DIN 2460, BS 534, UNI 6363, TS EN 10224 standartlarına uygun olarak üretilmektedir.

3.1.2.2. Yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) boru

Plastik boruların polietilen (PE) sınıfı içerisinde yer alan YYPE borular, yüksek ısı ile eritilebilen kimyasal ve çatlak ilerleme direnci yüksek olan YYPE hammaddesi ile üretilmektedir. Genelde İngilizce karşılığı olan HDPE (High Density Polyethylene) ismiyle bilinmektedir. Sanayi ve imalat sektöründe PE 100 olarak da anılmaktadır. Bu borular ilk olarak 1950 yılında çevresel gerilme değeri 3.2 Mpa olan düşük yoğunluklu polietilen (DYPE-PE32) olarak üretilmiştir. Daha sonra teknolojik gelişmelerle bu değer 6.3 Mpa'dan 8 Mpa'ya, son olarak da 10.0 Mpa'ya yükseltgenerek bugünkü PE 100 halini almıştır. Çevresel gerilme değeri büyüyerek bugünkü halini almasıyla, et kalınlığı azalmış, dayanımı ise artmıştır (Anonim, 2011).

YYPE boruların çok yüksek ve çok düşük sıcaklıklarda güvenle çalışabilmesi, çatlamaya ve kimyasal maddelere karşı dayanımının yüksek olması, kullanım

ömrünün en az 50 yıl olması önemli avantajları arasındadır. Çelik borular gibi metal malzemeli borularda görülen korozyon tehlikesi, YYPE borularda görülmez. Bu sayede, maliyetli ve uygulama zorlukları olan özel koruyucu kaplama kullanımına gerek kalmaz. Yüksek esneme özelliğine sahip olmaları montajda kolaylık sağlar. Elastik yapısı sayesinde depremden ve toprak hareketlerinden etkilenmez. Hafif olduklarından döşemesi ve taşınmaları kolaydır (Şekil 3.3.). Suyla kimyasal etkileşime girmediklerinden, suyun tadını ve kokusunu etkilemezler.



Şekil 3.3. YYPE borunun döşenmesi

YYPE boruların bu avantajları yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Darbe dayanımının düşük olması ve büyük çaplarda maliyetinin yüksek olması bu boruları, alternatif boru türleri karşısında dezavantajlı duruma düşürür.

Ülkemizde basınçlı içme ve kullanma suyu için kullanılan yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) borular, TS EN 12201-2+A1 ve ISO 4427-2 standartlarına uygun olarak üretilmektedir.

3.1.3.3. Cam elyaf takviyeli polyester (CTP) boru

CTP (Cam elyaf Takviyeli Polyester) borular, polyester reçine, cam elyaf ve silika kum hammaddeleri kullanılarak üretilmektedir. Bu boruların üretiminde sürekli elyaf sarma yöntemi veya savurma döküm yöntemi kullanılmaktadır. Boru sanayiinde daha çok tercih edilen yöntem, sürekli elyaf sarma yöntemidir. Bu yöntem, sürekli dönen bir kalıp üzerine cam elyafların sarılması şeklinde gerçekleşir (Şekil 3.4.). Cam elyaflar borunun basınç mukavemetini ve rijitliğini sağlar. Tabakalar halinde üretilen CTP borular astar tabakası, dayanım tabakaları ve dış yüzey tabakasından oluşmaktadır (Anonim, 2017).



Şekil 3.4. CTP boru üretimi

CTP borular, beton ve çelik borulara kıyasla çok daha hafiftir. Bu nedenle stoklanması, yüklenmesi, nakliyesi ve montajı daha kolay ve ekonomiktir (Şekil

3.5.). Kimyasallara karşı dayanımının yüksek olması, katodik koruma ve ek yalıtım malzemesine ihtiyaç duymaması avantajlarındandır. Yüzey pürüzsüzlüğünün küçük olması sürtünme kayıplarının minimum olmasını sağlar. Bu durumda pompaj hatlarında daha az pompaj enerjisine ihtiyaç duyulur. Boru hatlarında kullanılan bağlantı elemanları gerektiğinde şantiyelerde imal edilebilir. Deprem bölgelerinde kullanılmaya elverişlidir (Anonim, 2017).

CTP boruların döşenmesi kalifiye işçilik gerektirir. Boru montajına, hendek kazısına ve dolgu malzemesinin sıkıştırılması işlerine gerekli özen gösterilmemesi halinde boru hattında patlamalar yaşanır. Diğer boru türlerinde de görülen bu durum, CTP borularda daha sık yaşanmaktadır.



Şekil 3.5. CTP boru

Ülkemizde isale ve şebeke hatlarında kullanılan CTP borular, TS EN 1796, ISO 10639, ASTM D 3517, ASTM D 3839, ASTM D 4161, AWWA C 950, AWWA M 45 standartlarına uygun olarak üretilmektedir.

3.2. Yöntem

3.2.1. İçme suyu ihtiyacının belirlenmesi

İçme suyu ihtiyacı hesabında; bölgenin nüfusu, insanların hayat standartları, bölgenin turizm, sanayi, ticaret durumu, su tüketim kayıtları vb. faktörler dikkate alınmalıdır. Toplam su ihtiyacı; evsel su ihtiyacı, ticaret, sanayi hizmet sektörü su ihtiyacı, hayvan su ihtiyacı ve özel su ihtiyaçlarından oluşur. Bu ihtiyaçlara su kayıpları ilave edilerek çalışma alanının su ihtiyacı belirlenir (Anonim, 2013).

3.2.1.1. Evsel su ihtiyacı

Evsel su ihtiyacı, yerleşim yerindeki insanların bir günde kullandıkları su miktarı esas alınarak hesaplanır. Bundan dolayı bir insanın ev işleri için (içme, yıkanma, çamaşır yıkama vb.) günde ortalama kaç litre su tükettiğinin bilinmesi gerekir (Karpuzcu, 2005).

Kişi başına günlük tüketilen su miktarı, yılın farklı günlerinde ve saatlerinde farklı değerler alabilir. Bundan dolayı tüketilen su miktarı, projelendirmede, ortalama günlük su tüketimi ve maksimum günlük su tüketimi şeklinde belirlenerek kullanılır. Ortalama günlük su tüketimi (q_{ort}), bir yılda kullanılan toplam su miktarı (Q_T) ve proje bölgesinin nüfusuna (N) bağlı olarak denklem (3.1) ile hesaplanır.

$$q_{ort} = \frac{Q_T}{365 \times N} \quad (\text{L/N.gün}) \tag{3.1}$$

Yıllık tüketilen su miktarı ile ilgili kesin bilgiler elde edilemiyorsa, ortalama günlük su tüketimi (q_{ort}) için, yukarıdaki denklem yerine, İller Bankası teknik şartnamesinde verilen Çizelge 3.2.'deki aralıklar da kullanılabilir. Ayrıca Çizelge 3.2. yerleşim alanının gelecekte öngörülen nüfusunun, günlük su ihtiyacını tespit etmek için de kullanılır.

Çizelge 3.2. Nüfusa bağlı birim su tüketimi (Anonim, 2013)

Nüfus (N)	Kişi Başı Günlük Ortalama Su Tüketimi (q_{ort}) (l/kişi/gün)
N≤50 000	80 - 100
50 000<N≤100 000	100 - 120
100 000<N	120 - 140

Maksimum günlük su tüketimi (q_{max}), ortalama günlük su tüketiminin (q_{ort}) 1.5 katı olarak kabul edilmektedir.

$$q_{max}=1.5\times q_{ort} \tag{3.2}$$

Ortalama günlük su tüketimi ve ona bağlı olarak maksimum günlük su tüketimi belirlendikten sonra, evsel su ihtiyacı denklem (3.3) ile hesaplanır.

$$Q_E=\frac{N\times q_{max}}{86400} \tag{3.3}$$

Burada;

Q_E: Evsel su ihtiyacı (l/s)

N: Nüfus

q_{max}: Maksimum günlük su tüketimi (l/kişi/gün)

3.2.1.2. Ticaret, sanayi, hizmet sektörü su ihtiyacı

Ticaret, sanayi, hizmet sektörü su ihtiyacını belirlemek için geçmiş tahakkuk verilerinden faydalanılır. Bunlar elde edilemiyorsa net tüketim miktarının, sektörün gelişmişlik seviyesi dikkate alınarak %5-10'u arasında bir değer kabul edilir (Anonim, 2013).

3.2.1.3. Hayvan su ihtiyacı

Hayvan su ihtiyacı, Çizelge 3.3.'deki değerler kullanılarak (3.4) formülünden hesaplanır.

Çizelge 3.3. Hayvan su ihtiyacı (Anonim, 2013)

Hayvan Türü	Tüketim (l/gün)
Büyükbaş hayvan	50
Küçükbaş hayvan	15

$$Q_H = \frac{(N_B \times 50) + (N_K \times 15)}{86400} \quad (3.4)$$

Burada;

Q_H: Hayvan su ihtiyacı (l/s)

N_B: Büyükbaş hayvan sayısı

N_K: Küçükbaş hayvan sayısı

3.2.1.4. Özel su ihtiyacı

Yerleşim alanlarında bulunan özel tesislerin su ihtiyacının belirlenmesinde, Çizelge 3.4.'deki debiler kullanılır.

Çizelge 3.4. Özel su ihtiyaçları (Anonim, 2013)

Tesis	Su İhtiyacı (l/gün)
Hamam (kişi başı)	100
Pansiyoner (kişi başı)	190
Fabrika işçisi (kişi başı)	100
Otel (yatak başı)	250-600
Hastane (yatak başı)	250-600
Restoran(tuvaletli) (kişi başı)	25
Restoran(tuvaletsiz) (kişi başı)	10
Yatılı okul (öğrenci başı)	150
Okul (yemekhane, spor salonu ve duşu olan) (öğrenci başı)	95
Okul (yemekhane olan) (öğrenci başı)	75
Okul (öğrenci başı)	25
Kışla asker başına (asker başı)	100
Mezbahada kesilen büyükbaş hayvan	300-400
Mezbahada kesilen küçükbaş hayvan	150-300

3.2.1.5. Kayıp kaçak su miktarı

Mevcut tüketici su tahakkuk verileri ile tüketime verilen su miktarının örtüşmemesi, hat üzerinde su kayıplarının veya kaçak su kullanımının gerçekleştiğini göstermektedir. Tüketime verilen su miktarı ile tahakkuk verilerindeki su miktarı arasındaki fark kayıp kaçak su miktarı olarak adlandırılmaktadır. Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından 8 Mayıs 2014 tarihinde yayımlanmış olan İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliğinin 9'uncu maddesine göre, su kayıp oranlarını, Yönetmeliğin yürürlük tarihinden itibaren, büyükşehir ve il belediyelerinde 5 yıl içerisinde en fazla %30, takip eden 4 yıl içerisinde ise en fazla %25 düzeyine, diğer belediyelerde 9 yıl içerisinde en fazla %30, takip eden 5 yıl içerisinde ise en fazla %25 düzeyine indirme zorunluluğu bulunmaktadır (Anonim, 2014d). İller Bankası İçme Suyu Tesisleri Etüt, Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartnamede ise kayıp kaçak oranının yeni yapılacak tesislerde, toplam brüt su ihtiyacının % 10-20'si olarak alınması tavsiye edilmektedir (Anonim, 2013).

3.2.2. İletim hatlarında boru çaplarının hesaplanması

İletim hatlarında boru çapı; yük kayıpları, iletilecek su miktarı (debi) ve tavsiye edilen hız limitleri dikkate alınarak belirlenir. İhtiyaç duyulan debinin iletimi sırasında meydana gelecek yük kayıplarının mevcut yükten daha büyük olmaması gerekir. Uzun isale hatlarında yersel yük kayıpları çok küçük olduğundan ihmal edilebilir, sadece sürekli yük kayıpları dikkate alınır. İletim hatlarında boru çapları; Darcy Weisbach, Hazen Williams, Prandtl Colebrook formüllerinden biri kullanılarak hesaplanabilir (Karpuzcu, 2005).

Darcy-Weisbach formülünde h_k yük kaybı, denklem (3.5) ile hesaplanır (Şekerdağ, 2014):

$$h_k(m)=J\cdot L=\frac{f}{D}\cdot\frac{V^2}{2g}\cdot L \qquad (3.5)$$

Burada;

J: Hidrolik eğim (m/m)

L: Boru boyu (m)

f: Pürüzlülük katsayısı

V: Borudaki ortalama su hızı (m/s)

D: Boru çapı (m)

g: Yerçekimi ivmesi (9.81 N)

Hazen-Williams formülünde su hızı ve debi, denklem (3.6) ve (3.7) ile hesaplanır (Şekerdağ, 2014):

$$V\ (m/s)=0.85\cdot C\cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{0.63}\cdot J^{0.54} \tag{3.6}$$

$$Q\ (m^3/s)=0.2785\cdot C\cdot D^{2.63}\cdot J^{0.54} \tag{3.7}$$

Burada;

C: Cidar pürüzlülük katsayısı

D: Boru çapı (m)

J: Hidrolik eğim (m/m)

Prandtl-Colebrook formüllünde su hızı, denklem (3.8) ile hesaplanır (Şekerdağ, 2014):

$$V\ (m/s)=\left[-2\log\left(\frac{2.51\cdot \upsilon}{D\sqrt{2gJD}}+\frac{k/D}{3.71}\right)\right]\sqrt{2gJD} \tag{3.8}$$

Burada;

υ: Kinematik viskozite

k: Pürüzlülük katsayısı (0.1 alınır)

D: Boru çapı (m)

J: Hidrolik eğim (m/m)

3.2.3. İletim hatlarında ekonomik boru çapı hesabı

Terfili isale hatlarında, toplam maliyeti minimum yapan boru çapına ekonomik boru çapı denir. Terfili isale hatlarında toplam maliyet, tesis (inşa) ve işletme (enerji, bakım, onarım vb.) maliyetlerinden oluşmaktadır. İşletme maliyetinde bakım, onarım vb. masraflar tüm borularda birbirine yakın olduğundan ihmal edilebilir. Bundan dolayı enerji maliyeti, işletme maliyeti olarak alınabilir (Karpuzcu, 2005).

Bu şartlar göz önüne alındığında, ekonomik boru çapı seçilirken, inşa maliyeti ile enerji maliyeti toplamının minimum olduğu boru çapı belirlenmelidir. Boru çapı ile inşa (tesis) maliyeti arasında doğru orantı, enerji maliyeti arasında ise ters orantı bulunmaktadır. Kullanılacak boru çapı büyüdükçe, tesis masrafları artar, ancak yük kaybına bağlı terfi yüksekliği azaldığı için enerji maliyeti dolayısıyla da işletme maliyeti azalır. Bu iki maliyet minimum olacak şekilde bir boru çapı tayin edilmelidir.

İletim hatlarında inşa maliyeti genel olarak, kazı-dolgu maliyeti, boru imalatı (boru bedeli, borunun döşenmesi, boru başlarının bağlanması, boru basınç testleri vb.) maliyeti ve nakliye maliyetlerinden oluşmaktadır. Bu maliyetlere bağlı olarak isale hattının inşa maliyeti hesaplanır.

Enerji maliyetini belirlemek için öncelikle pompaların sarf edeceği enerjinin hesaplanması gerekir. Sarf edilen enerji, denklem (3.9)'dan;

$$N = \frac{Q \times H}{102 \times \eta_p \times \eta_m} \tag{3.9}$$

hesaplanır. Burada;

N: Sarf edilen saatlik enerji (kW)

Q: İsale edilecek debi (l/s)

η_p: Pompa verimi (≅ % 80)

η_m: Motor verimi (≅ % 90)

H: Pompa basma yüksekliği (m)

Pompa basma yüksekliği (H), pompa istasyonu-depo arasındaki statik kot farkı ile isale hattındaki yük kayıplarının toplamıdır (Denklem 3.10).

$$H=h+ h_k=h+(J\times L) \tag{3.10}$$

Burada;
h: Pompa istasyonu-depo arasındaki statik kot farkı (m)
h_k: Yük kaybı (m)
J: Hidrolik eğim (m/m)
L: Boru boyu (m)

Uzun isale hatlarında yersel yük kayıpları çok küçük olduğundan ihmal edilir, sadece sürekli yük kayıpları dikkate alınır. Yük kayıpları hesabında, İller Bankası Teknik Şartnamesinde Hazen-Williams formülünün kullanılacağı belirtilmekle birlikte, diğer bağıntılarda kullanılabilir.

$$Q=0.2785\times C\times D^{2.63}\times J^{0.54} \rightarrow J=\sqrt[0.54]{\frac{Q}{0.2785\times C\times D^{2.63}}} \tag{3.11}$$

Burada;
J: Hidrolik eğim (m/m)
Q: İsale edilecek debi (m^3/s)
C: Cidar pürüzlülük katsayısı
D: Boru çapı (m)

Pompanın sarf edeceği enerji (N) belirlendikten sonra, enerji maliyeti denklem (3.12) ile hesaplanır.

$$F_e=N\times 365\times t\times f=\frac{Q\times H}{102\times \eta_p\times \eta_m}\times 365\times t\times f \tag{3.12}$$

Burada;

F_e: Enerji (işletme) maliyeti (TL/yıl)

N: Sarf edilen saatlik enerji (kW)

t: Terfi süresi

f: Enerji bedeli (TL/kWh)

Ekonomik boru çapının seçiminde Bresse formülü ile yaklaşık bir boru çapı belirlenebilir.

$$D_e=1.5\times\sqrt{Q_e} \tag{3.13}$$

Burada;

D_e: Ekonomik boru çapı (m)

Q_e: İletilecek debi (m^3/s)

Bresse formülü ile bulunan boru çapı, güvenli olmamakla beraber bir ön kabul olarak değerlendirilir.

3.2.4. Nüfus tahmini yöntemleri

Su temini tesisleri, geleceğe dönük su ihtiyacını karşılayacak şekilde tasarlanırlar. Bu kapsamdaki tesisler, tesis inşaatının tamamlandığı tarihten 30 yıl sonraki ihtiyacı karşılayacak şekilde boyutlandırılır. Ayrıca tesisin projelendirme ve inşaat aşamaları süresi 5 yıl olarak kabul edilirse, bu tesisler 35 yıl sonraki su ihtiyacını karşılayacak şekilde boyutlandırılır. Bundan dolayı yerleşim alanının 35 yıl sonraki nüfusunun ve bu nüfusun su ihtiyacının doğru tahmin edilmesi gerekir. Nüfus tahmini doğru yapılamazsa, tesis ya proje süresine ulaşamadan ihtiyacı karşılamada yetersiz kalır ya da ihtiyacın fazlası büyüklükle tasarlanarak ekonomik zarara neden olur. Nüfus tahmini için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. İller Bankası Teknik Şartnamesinde nüfus tahmini hesaplarında, en az üç yöntemin kullanılması gerektiği belirtilmektedir. Bu çalışmada da Aritmetik Artış Yöntemi, Geometrik Artış Yöntemi ve İller Bankası Yöntemi kullanılarak nüfus hesapları yapılmıştır.

3.2.4.1. Aritmetik artış yöntemi

Bu yöntemde nüfusun birim zamandaki artışının sabit kaldığı kabul edilir (Karpuzcu, 2005). Bu yöntemle nüfus tahmini yapılırken öncelikle nüfus artış hız sabiti (aritmetik artış hızı) K_a, belirlenmelidir (Denklem 3.14).

$$K_a=\frac{N_S-N_İ}{t_s-t_i} \tag{3.14}$$

Aritmetik artış hızı belirlendikten sonra, gelecekteki nüfus denklem (3.15) ile hesaplanır.

$$N_G=N_S+\left[K_a\times\left(t_g-t_s\right)\right] \tag{3.15}$$

Burada;

$N_İ$: İlk nüfus sayım değeri

N_S: Son nüfus sayım değeri

N_G: Gelecekteki nüfus değeri

t_i: İlk nüfus sayımının yapıldığı yıl

t_s: Son nüfus sayımının yapıldığı yıl

t_g: N_G nüfusunun belirleneceği yıl

Proje bölgesinin geçmiş yıllara ait nüfus sayımı ikiden fazla ise birden fazla artış hızı hesaplanarak ortalama bir nüfus artış hızı bulunabilir (Karpuzcu, 2005).

3.2.4.2. Geometrik artış yöntemi

Bu yöntemde, nüfusun birim zamandaki artışının nüfus ile orantılı olduğu kabul edilir (Karpuzcu, 2005). Bu yöntemde geometrik artış hızı K_g, denklem (3.16) ile belirlenir.

$$K_g=\frac{\ln N_S-\ln N_İ}{t_s-t_i} \tag{3.16}$$

Geometrik artış hızı belirlendikten sonra, gelecekteki nüfus denklem (3.17) ile hesaplanır.

$$\ln N_G = \ln N_S + K_g.(t_g - t_s) \quad (3.17)$$

Burada;

$N_İ$: İlk nüfus sayım değeri

N_S: Son nüfus sayım değeri

N_G: Gelecekteki nüfus değeri

t_i: İlk nüfus sayımının yapıldığı yıl

t_s: Son nüfus sayımının yapıldığı yıl

t_g: N_G nüfusunun belirleneceği yıl

3.2.4.3. İller bankası yöntemi

Ülkemizde genelde bu yöntem kullanılarak nüfus projeksiyonları yapılmaktadır. Bu yöntem, esas itibariyle geometrik artış yöntemine dayanmaktadır. Bu yöntemde nüfus artış hızı P, denklem (3.18) ile belirlenir (Anonim, 2013).

$$P = \left[\left(\frac{N_S}{N_İ} \right)^{\frac{1}{(t_s - t_i)}} - 1 \right] \times 100 \quad (3.18)$$

Nüfus artış hızı (P) ile ilgili bazı kısıtlamalar yapılmıştır. Eğer P;

P<1 ise P=1 alınır.

1<P<3 ise P=P alınır.

P>3 ise P=3 alınır.

Nüfus artış hızı belirlendikten sonra gelecekteki nüfus denklem (3.19) ile hesaplanır.

$$N_G = N_S \times \left[1 + \frac{P}{100} \right]^{t_g - t_s} \quad (3.19)$$

Burada;

N_I: İlk nüfus sayım değeri

N_S: Son nüfus sayım değeri

N_G: Gelecekteki nüfus değeri

t_i: İlk nüfus sayımının yapıldığı yıl

t_s: Son nüfus sayımının yapıldığı yıl

t_g: N_G nüfusunun belirleneceği yıl

3.2.5. Hilvan içme suyu isale hattı uygulama projesi

3.2.5.1. Nüfus projeksiyonu

Hilvan İlçe Merkezi İçme Suyu İsale Hattı Projesi kapsamında, ilçe merkezi ile isale hattı güzergâhında bulunan civar yerleşim yerlerinin (Uluyazı, Saluca, Kepirhisar, Hanmağara, Malören, Üçüzler, Alpı, Karaburç, Arıca köyleri) içme suyu ihtiyacı karşılanacaktır. İsale hattı güzergâhındaki yerleşim yerlerinin 1990 ve 2000 yıllarına ait nüfus verilerine ulaşılamamıştır. 2007-2010 yılları arasındaki nüfus verileri incelenmiş ve isale hattı güzergâhındaki yerleşim yerlerinin toplam nüfusun, ilçe merkezi nüfusunun yaklaşık %15'ini oluşturduğu tespit edilmiştir. Geçmiş yıllardaki verilerden hareketle isale hattı güzergâhındaki yerleşim yerlerinin 1990 ve 2000 yıllarındaki nüfusunun, ilçe merkezi nüfusunun yaklaşık %15'ine denk geldiği kabul edilmiş ve nüfus verileri tamamlanmıştır. İlçe merkezinin ve civar yerleşim yerlerinin nüfus verileri Çizelge 3.5.'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Çalışma bölgesinin geçmiş nüfus verileri

Yıllar	İlçe Merkezi	Köyler	Toplam
1990	14152	2123	16275
2000	16094	2415	18509
2007	22181	2922	25103
2008	21009	3131	24140
2009	20855	3188	24043
2010	21518	3039	24557

Proje bölgesinin nüfus projeksiyonu, Aritmetik Artış, Geometrik Artış ve İller Bankası yöntemlerine göre hesaplanmıştır.

Aritmetik artış metoduna göre; aritmetik artış hızı K_a, (1990-2010), (1990-2000), (2000-2010) yılları aritmetik artış hızlarının ortalaması olarak hesaplanmıştır.

$$K_a(1990\text{-}2010)=\frac{24557\text{-}16275}{2010\text{-}1990}=414.1$$

$$K_a(1990\text{-}2000)=\frac{18509\text{-}16275}{2000\text{-}1990}=223.4$$

$$K_a(2000\text{-}2010)=\frac{24557\text{-}18509}{2010\text{-}2000}=604.8$$

$$K_{a(ort)}=\frac{414.1+223.4+604.8}{3}=414.1$$

Aritmetik artış hızı belirlendikten sonra, 2015-2050 yılları nüfus tahminleri yapılmıştır.

$N_{2015}=24557+[414.1\times(2015\text{-}2010)]=26628$ kişi

$N_{2020}=24557+\left[414.1\times\left(2020\text{-}2010\right)\right]=28698$ kişi

$N_{2025}=24557+[414.1\times(2025\text{-}2010)]=30769$ kişi

$N_{2030}=24557+[414.1\times(2030\text{-}2010)]=32839$ kişi

$N_{2035}=24557+[414.1\times(2035\text{-}2010)]=34910$ kişi

$N_{2040}=24557+[414.1\times(2040\text{-}2010)]=36980$ kişi

$N_{2045}=24557+[414.1\times(2045\text{-}2010)]=39051$ kişi

$N_{2050}=24557+[414.1\times(2050\text{-}2010)]=41121$ kişi

Geometrik artış metoduna göre; geometrik artış hızı K_g, (1990-2010), (1990-2000), (2000-2010) yılları geometrik artış hızlarının ortalaması olarak hesaplanmıştır.

$$K_g(1990\text{-}2010)=\frac{\ln 24557-\ln 16275}{2010-1990}=0.02$$

$$K_g(1990\text{-}2000)=\frac{\ln 18509-\ln 16275}{2000-1990}=0.01$$

$$K_g(2000\text{-}2010)=\frac{\ln 24557-\ln 18509}{2010-2000}=0.03$$

$$K_{g(ort)}=\frac{0.02+0.01+0.03}{3}=0.02$$

Geometrik artış hızı belirlendikten sonra, 2015-2050 yılları nüfus tahminleri yapılmıştır.

$\ln N_g=N_{2015}=\ln 24557+0.02\times(2015-2010)=27140$ kişi

$\ln N_g=N_{2020}=\ln 24557+0.02\times(2020-2010)=29994$ kişi

$\ln N_g=N_{2025}=\ln 24557+0.02\times(2025-2010)=33148$ kişi

$\ln N_g=N_{2030}=\ln 24557+0.02\times(2030-2010)=36635$ kişi

$\ln N_g=N_{2035}=\ln 24557+0.02\times(2035-2010)=40488$ kişi

$\ln N_g=N_{2040}=\ln 24557+0.02\times(2040-2010)=44746$ kişi

$\ln N_g=N_{2045}=\ln 24557+0.02\times(2045-2010)=49452$ kişi

$\ln N_g=N_{2050}=\ln 24557+0.02\times(2050-2010)=54653$ kişi

İller Bankası metoduna göre; (1990-2010), (1990-2000), (2000-2010) yılları nüfus artış hızlarının ortalaması, P_{ort} =2.08 bulunmuştur. Bulunan bu değer 1<P<3 olduğundan nüfus artış hızı, P = 2.08 alınmıştır.

$$P(1990\text{-}2010)=\left[\left(\frac{24557}{16275}\right)^{\frac{1}{(2010-1990)}}-1\right]\times 100=2.08$$

$$P(1990\text{-}2000)=\left[\left(\frac{18509}{16275}\right)^{\frac{1}{(2000-1990)}}-1\right]\times 100=1.29$$

$$P(2000\text{-}2010)=\left[\left(\frac{24557}{18509}\right)^{\frac{1}{(2010-2000)}}-1\right]\times 100=2.87$$

$$P_{ort}=\frac{2.08+1.29+2.87}{3}=2.08$$

Nüfus artış hızı belirlendikten sonra, 2015-2050 yılları nüfus tahminleri yapılmıştır.

$N_{2015}= 24557\times[1.0208]^{2015-2010}=27219$ kişi

$N_{2020}=24557\times[1.0208]^{2020-2010}=30170$ kişi

$N_{2025}=24557\times[1.0208]^{2025-2010}=33441$ kişi

$N_{2030}=24557\times[1.0208]^{2030-2010}=37067$ kişi

$N_{2035}= 24557\times[1.0208]^{2035-2010}=41086$ kişi

$N_{2040}= 24557\times[1.0208]^{2040-2010}=45540$ kişi

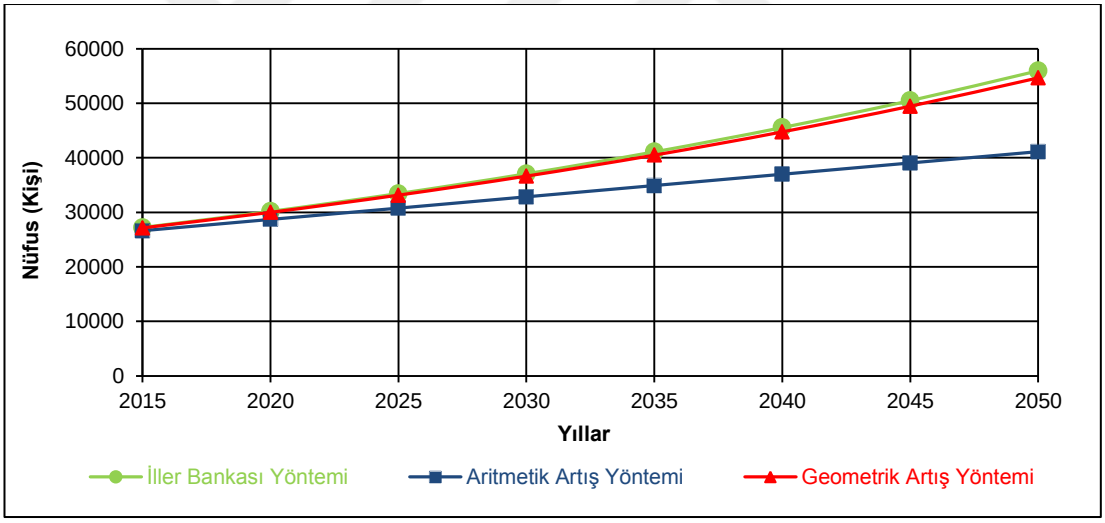
$N_{2045}= 24557\times[1.0208]^{2045-2010}=50478$ kişi

$N_{2050}=24557\times[1.0208]^{2050-2010}=55950$ kişi

Bu üç yönteme göre yapılan nüfus tahminleri sonuçları Çizelge 3.6.'da verilmiştir. İller Bankası yöntemi ile Geometrik Artış yöntemi beklenildiği üzere yakın sonuçlar vermiştir (Şekil 3.6.).

Çizelge 3.6. Çeşitli tahmin yöntemlerine göre proje bölgesinin gelecek yıllardaki nüfusu

Yıl	İller Bankası Yöntemi	Aritmetik Artış Yöntemi	Geometrik Artış Yöntemi
2015	27219	26628	27140
2020	30170	28698	29994
2025	33441	30769	33148
2030	37067	32839	36635
2035	41086	34910	40488
2040	45540	36980	44746
2045	50478	39051	49452
2050	55950	41121	54653



Şekil 3.6. Proje bölgesinin nüfus tahminleri

3.2.5.2. İçme suyu debisi

Hilvan ilçe merkezi ve isale hattı güzergâhında bulunan civar yerleşim yerlerinin 2050 yılı nüfus projeksiyonları çeşitli metotlara göre yapılmış ve proje bölgesinin 2050 yılı için nüfusu İller Bankası Metodunda bulanan 55950 kişi olarak kabul edilmiştir.

Kişi başı ortalama su ihtiyacı Çizelge 3.1.'den enterpolasyonla 102.4 l/kişi/gün bulunmuştur. Maksimum günlük su tüketimi ($1.5\times q_{ort}$) ise 153.6 l/kişi/gün olarak hesaplanmıştır. Bu durumda 55 950 kişi için evsel su ihtiyacı;

$$Q_E = \frac{N\times q_{max}}{86400} = \frac{55950\times 153.6}{86400} = 99.47 \text{ l/s}$$

Ticaret, sanayi, hizmet sektörü su ihtiyacı, tahakkuk verilerinden elde edilemediğinden, net tüketim miktarının %10'u olarak kabul edilmiştir. Ticaret, sanayi, hizmet sektörü su ihtiyacı (Q_{TSH}) 11.05 l/s bulunmuştur.

Hayvan su ihtiyacının hesaplanmasında Hilvan Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü'nden alınan veriler Çizelge 3.7.'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Proje bölgesi hayvan sayıları

Koyun sayısı	93575
Keçi sayısı	12892
Sığır sayısı	11189
Manda sayısı	34

Hayvan su ihtiyacı Q_H;

$$Q_H = \frac{(N_B\times 50)+(N_K\times 15)}{86400} = \frac{(11223\times 50)+(106467\times 15)}{86400} \cong 25 \text{ l/s}$$

Özel su ihtiyacının hesaplanması için proje bölgesindeki otel, hastane ve okular araştırılmıştır. İlçe merkezinde 50 yataklı devlet hastanesi bulunmaktadır. İlçe merkezindeki otel ve pansiyonlardaki toplam yatak sayısı 50 olarak alınmıştır. Hilvan ilçe merkezi ve isale hattı güzergâhında bulunan yerleşim yerlerindeki okullara ait bilgiler Çizelge 3.8.'de verilmiştir. Ayrıca ilçede kapalı cezaevi bulunmaktadır.

Çizelge 3.8. Proje bölgesindeki okulların öğrenci sayıları

	Sayısı	Öğrenci sayısı
Okul (yemekhane ve spor salonu olan)	4	1471
Okul (yemekhane olan)	10	3732
Okul	22	6106

Bu verilere bağlı olarak özel su ihtiyaçları hesaplanmıştır (Çizelge 3.9.).

Çizelge 3.9. Proje bölgesi özel su ihtiyaçları

	Su İhtiyacı (l/s)
Otel	0.23
Hastane	0.23
Okul	6.63
Hapishane	5.79
TOPLAM	**12.88**

İsale hattındaki kayıp kaçak su miktarı brüt su ihtiyacının %20'si olarak alınmıştır. Kayıp kaçak su miktarı 27.63 l/s'dir. Proje bölgesinin 2050 yılı için toplam su ihtiyacı 176.03 l/s olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.10.).

Çizelge 3.10. 2050 yılı toplam su ihtiyacı

	Debi (l/s)
Evsel Su İhtiyacı	99.47
Ticaret, Sanayi, Hizmet Sektörü Su İhtiyacı	11.05
Hayvan Su İhtiyacı	25.00
Özel Su İhtiyacı	12.88
Kayıp Kaçak Su Miktarı	27.63
TOPLAM	**176.03**

3.2.5.3. Hesap esasları

Hilvan ilçe merkezi ve isale hattı güzergâhında bulunan civar yerleşim yerlerinin 2050 yılı için toplam su ihtiyacı 176 l/s olarak alınmıştır. Ekonomik boru

çapının bulunması için ön kabul olarak Bresse formülü uygulanmıştır. Ayrıca isale hatlarında ortalama hızın 1 m/s alınması tavsiye edildiğinden, buna bağlı olarak boru çapları hesaplanmıştır.

İletim hatlarında her boru cinsinin çeşitli çapları için, tesis (inşa) maliyeti ile işletme maliyeti hesapları yapılmıştır. İşletme maliyeti olarak sadece enerji maliyeti dikkate alınmıştır. İnşa maliyetinde ise, boru bedeli, borunun döşenmesindeki çeşitli işlerin maliyeti ve nakliye maliyetlerinden oluşan maliyetler dikkate alınmıştır.

İşletme maliyetinin hesaplanmasında, pompanın gücünü bulmak için yapılan yük kaybı hesaplarında Hazen-Williams formülü kullanılmıştır. Formüldeki boru cinsine bağlı pürüzlülük katsayısı C, çelik borular için 130, YYPE ve CTP borular için 150 olarak alınmıştır.

Enerji bedeli hesabında, 1kW enerji bedeli bugünkü değerler baz alınarak hesaplanmıştır (Ek 1). 1 kW enerji bedeli (güç bedeli hariç), TEİAŞ'ın 2017 yılı orta gerilim dağıtım sistemi kullanıcıları tarifelerinden alınmıştır.

Tesis (inşa) maliyetlerinde, hendek kazısı ve dolgu hesabı için DSİ teknik şartnamelerinde verilen esaslar dikkate alınmıştır. İnşa maliyeti hesaplarında, DSİ 2015 Yılı Birim Fiyat Cetveli ve İller Bankası 2015 Yılı Boru Donanımı Birim Fiyat Cetveli birim fiyatları baz alınmıştır ve her boru cinsi için metraj listeleri hazırlanmıştır. İnşa maliyetlerinin 2017 yılı tutarını bulmak için TÜİK Aylık Yurt İçi Üretici Fiyat Endeksi Tablosu (Ek 2) kullanılmıştır. 2017 Şubat ayı baz endeksi, 2015 yılı Ocak ayı baz endeksine oranlanarak elde edilen katsayı ile inşa maliyetleri çarpılmış ve bu maliyetlerin 2017 yılı için tutarı hesaplanmıştır.

Boru türleri arasında karşılaştırma yapmak için belirlenen çapların inşa maliyeti ve enerji maliyetine ilave olarak boruların yenilenme sürelerine bağlı yenilenme maliyetleri de dikkate alınmıştır. Boruların yenilenme süreleri kendi aralarında değişmektedir. Yenilenme süreleri CTP boru için 15 yıl, çelik ve YYPE borular için ise 25 yıl olarak alınmıştır (Anonim, 2013).

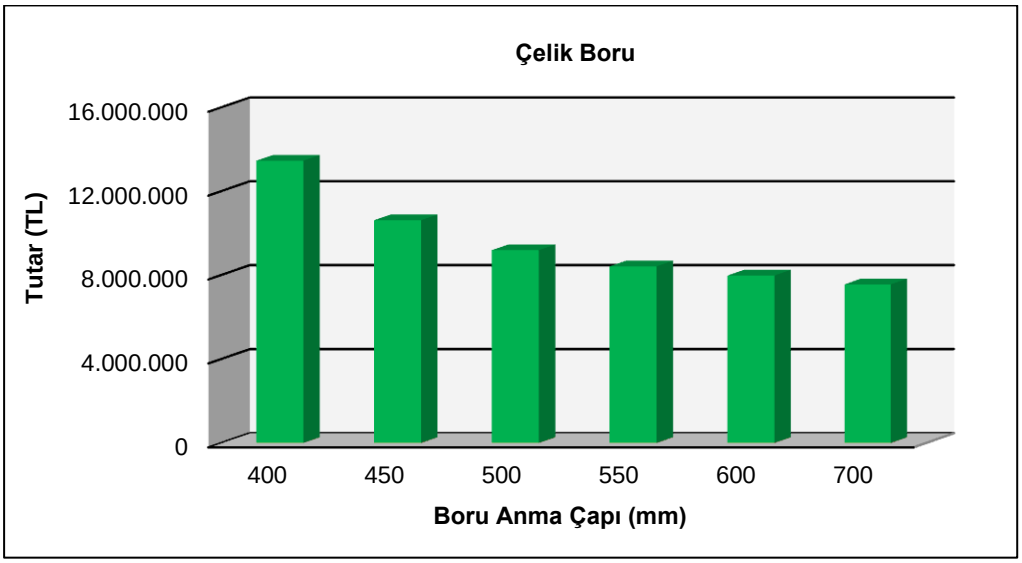
Hesaplarda boru çapı olarak, piyasada üretilen çaplar kullanılmıştır. Anma çapıyla verilen boruların boru türüne göre iç ve dış çapları değişmektedir. Çelik borular için anma çapı 400 mm, 450 mm, 500 mm, 550 mm, 600mm, 700 mm olan borular, YYPE borular için anma çapı 400 mm, 450 mm, 500 mm, 560 mm, 630 mm, 700 mm olan borular ve CTP borular için de anma çapı 400 mm, 450 mm, 500 mm, 600 mm, 700 mm olan borular karşılaştırılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu tez kapsamında yapılan çalışmada çelik, YYPE ve CTP borular ele alınmıştır. Her bir boru cinsinin çeşitli çapları için maliyetler hesaplanmıştır. Bu maliyetler enerji ve inşa (tesis) maliyeti olarak ele alınmıştır. Boru türleri arasında karşılaştırma yapılırken, bu maliyetlere ilave olarak boruların ekonomik ömrü dikkate alınmış ve tesis ömrü boyunca yenilenme maliyetleri belirlenmiştir. Bu maliyetlere bağlı olarak hangi boru türünün daha ekonomik olabileceği araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar tablo ve grafik halinde verilmiştir.

4.1. Çelik Boru Maliyet Sonuçları

Çelik boru için yapılan enerji maliyeti sonuçları Ek 3'de verilmiştir. Enerji maliyeti hesaplarında (Ek 3), isale edilecek debi, boru iç çapı ve boru cinsine bağlı pürüzlülük katsayısı hesaba katılarak boru hidrolik eğimi (J) ve buna bağlı olarak da yük kayıpları hesaplanmıştır. Pompa enerjisi hesaplanıp, enerji maliyetleri bulunmuştur. Çelik borularda çeşitli çaplar için enerji maliyetlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.1.'de verilmiştir. Grafikten görüldüğü üzere boru çapı arttıkça enerji maliyeti azalmıştır.



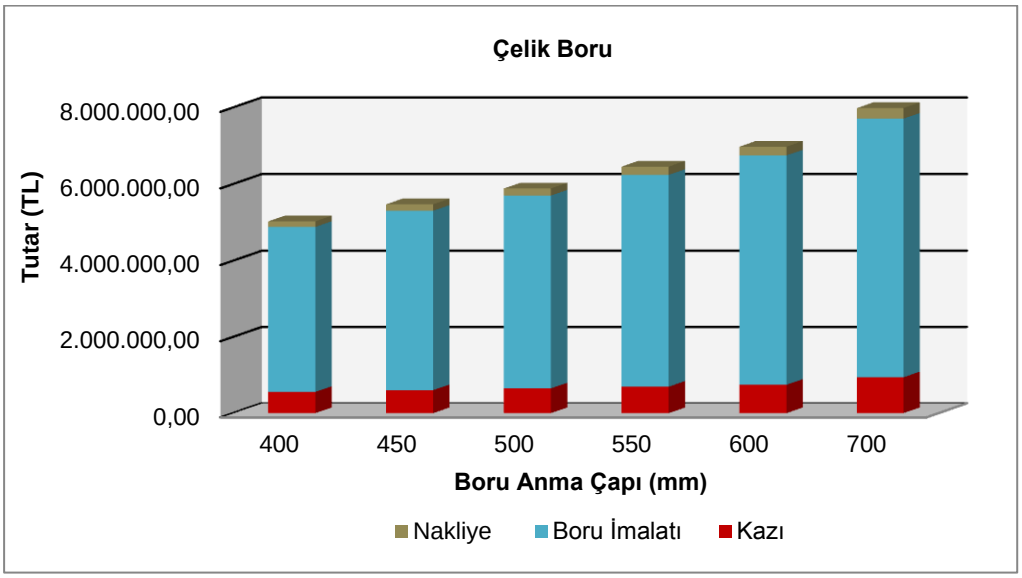
Şekil 4.1. Çelik boruların enerji maliyetleri

Çelik borunun çeşitli çapları için yaklaşık inşa maliyetleri Ek 9'da verilmiştir. Çeşitli çaplardaki çelik boruların metraj listeleri hazırlanırken hendek kazıları, hendek genişliği, yataklama, gömlekleme ve üst dolgu tabakası kalınlıkları DSİ teknik şartnamelerinde verilen kurallar doğrultusunda Ek 6'da verilmiştir. Bu hesaplarda bulunan değerler, kazı-dolgu giderlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

Proje bölgesinde çelik boru kullanılması durumunda 2017 yılı için kazı-dolgu, boru imalat ve nakliye giderlerinden oluşan yaklaşık maliyetler Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Çelik boru inşa maliyetleri

Anma Çapı (mm)	Kazı-Dolgu Giderleri (TL)	Boru İmalat Giderleri (TL)	Nakliye Giderleri (TL)
400	556.637,82	4.326.468,56	143.553,13
450	602.151,49	4.700.968,83	167.969,30
500	649.007,25	5.052.080,68	183.801,53
550	693.818,13	5.547.247,88	214.008,46
600	743.198,30	6.004.456,12	228.628,61
700	939.734,53	6.767.284,10	275.397,37



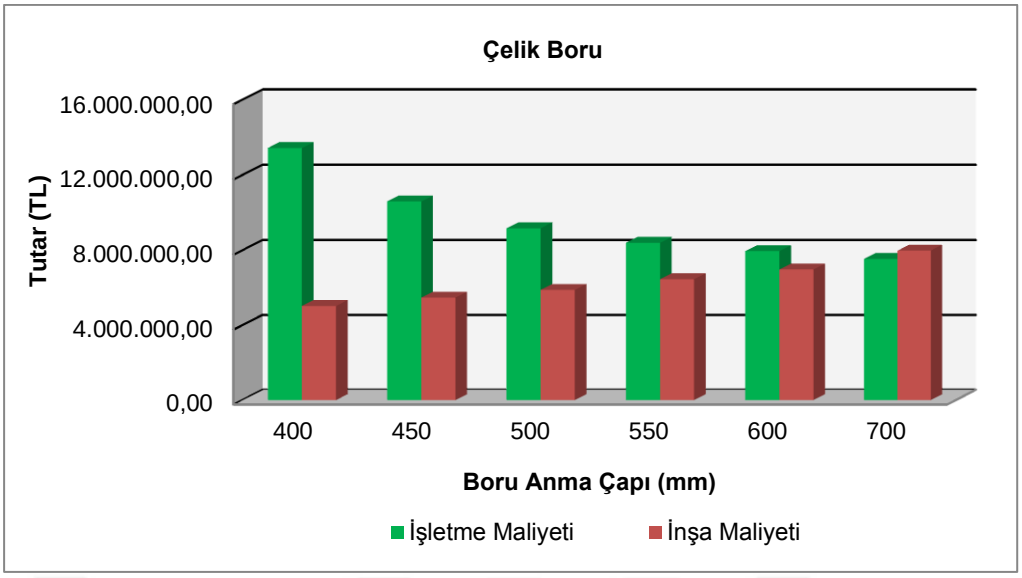
Şekil 4.2. Çelik boru inşa maliyetleri

Şekil 4.2.'den görüldüğü üzere, boru çapı arttıkça inşa maliyeti de artmaktadır. Tüm çaplarda kazı ve nakliye bedelleri inşa maliyetinin küçük bir kısmını oluştururken, boru imalat bedeli inşa maliyetinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Tüm çaplarda toplam inşa maliyetinin yaklaşık %11'ini kazı giderleri, %86'sını boru imalat giderleri ve %3'ünü de nakliye giderlerin oluşturduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.2.'de iletim hattı projesinde çelik boru kullanılması durumunda çeşitli çaplarının işletme (enerji) ve inşa maliyetleri verilmiştir. Şekil 4.3.'den görüldüğü üzere boru çapı büyüdükçe enerji giderleri önemli ölçüde düşmektedir. Ancak inşa maliyetleri de bunun tam tersi olarak artmaktadır. Boru çapı büyüdükçe yük kayıpları azalacağı için pompanın sarf edeceği enerji miktarı da azalacaktır. Bu da enerji maliyetini etkilemektedir. Boru çapı artıkça hem boru imalat giderleri hem de borunun döşenmesi için açılan hendeklerin kazı dolgu hacmi artacağından inşa maliyetleri de orantılı olarak artmıştır.

Çizelge 4.2. Çelik boru işletme ve inşa maliyetleri

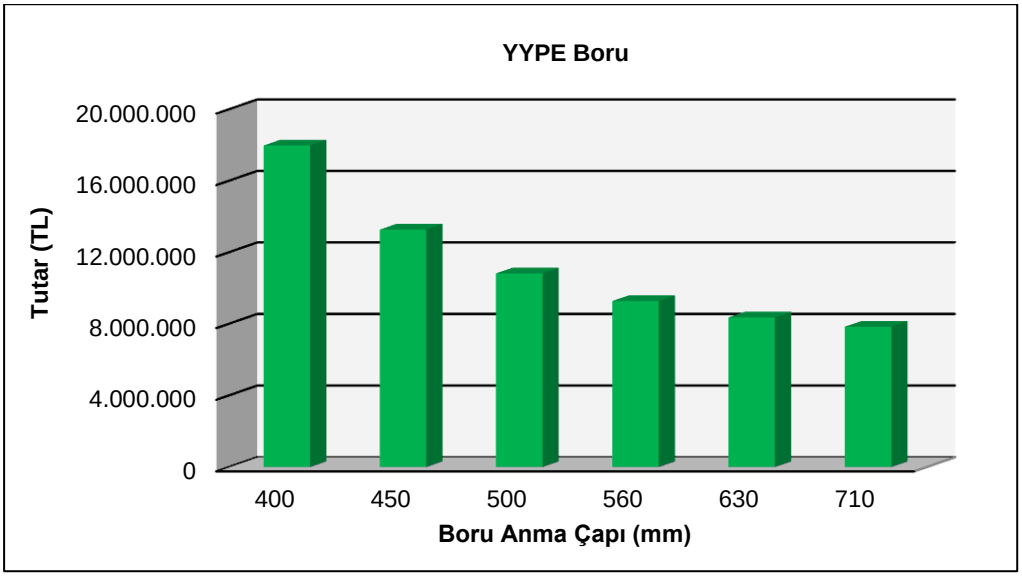
Anma Çapı (mm)	İşletme Maliyeti (TL)	İnşa Maliyeti (TL)	Toplam Maliyet (TL)
400	13.436.082,84	5.026.659,51	18.462.742,35
450	10.596.952,41	5.471.089,63	16.068.042,04
500	9.170.646,37	5.884.889,46	15.055.535,83
550	8.397.638,55	6.455.074,47	14.852.713,02
600	7.955.527,94	6.976.283,03	14.931.810,97
700	7.537.135,70	7.982.416,00	15.519.551,70



Şekil 4.3. Çelik boru işletme ve inşa maliyetleri

4.2. Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE) Boru Maliyet Sonuçları

YYPE boru için yapılan enerji maliyeti sonuçları Ek 4'de verilmiştir. Enerji maliyeti hesaplarında (Ek 4), pompa enerjisi hesaplanıp, enerji maliyetleri bulunmuştur. YYPE borularda çeşitli çaplar için enerji maliyetlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.4.'de verilmiştir. Grafikten görüldüğü üzere boru çapı arttıkça enerji maliyeti azalmıştır.



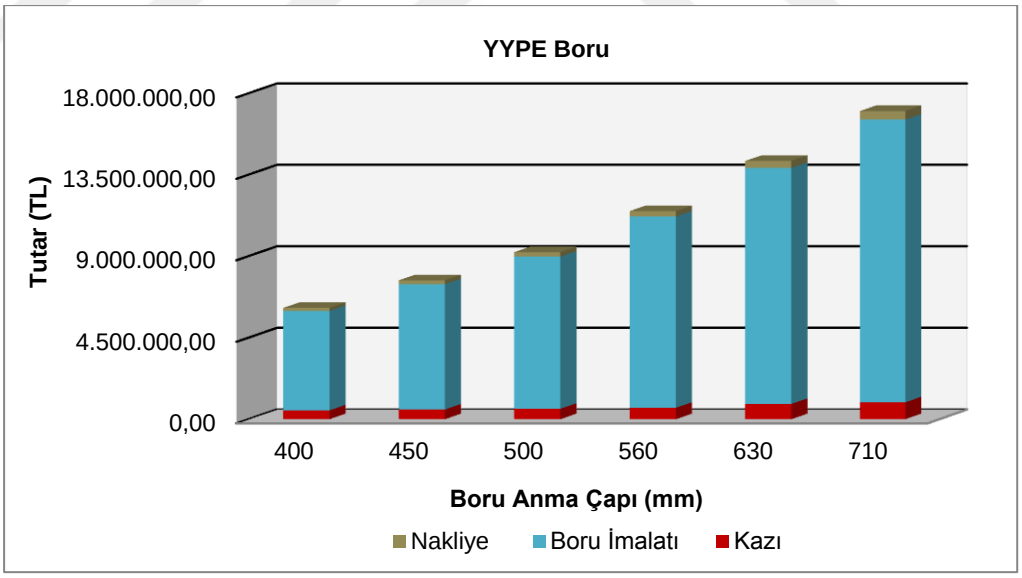
Şekil 4.4. YYPE boruların enerji maliyetleri

YYPE borunun çeşitli çaplar için yaklaşık inşa maliyetleri Ek 10'da verilmiştir. Çeşitli çaplardaki YYPE borular için metraj listeleri hazırlanırken, kazı-dolgu giderlerinin hesaplanmasında kullanılan kazı-dolgu hacimleri Ek 7'de gösterilmiştir.

Proje bölgesinde YYPE boru kullanılması durumunda 2017 yılı için kazı-dolgu, boru imalat ve nakliye giderlerinden oluşacak yaklaşık maliyetler Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. YYPE boru inşa maliyetleri

Anma Çapı (mm)	Kazı-Dolgu Giderleri (TL)	Boru İmalat Giderleri (TL)	Nakliye Giderleri (TL)
400	488.269,01	5.483.062,83	172.333,71
450	531.682,42	6.918.421,61	208.427,56
500	576.437,92	8.388.951,03	247.885,39
560	628.235,14	10.554.004,40	300.241,86
630	840.013,78	13.028.495,93	385.569,68
710	927.939,39	15.609.858,81	473.839,70



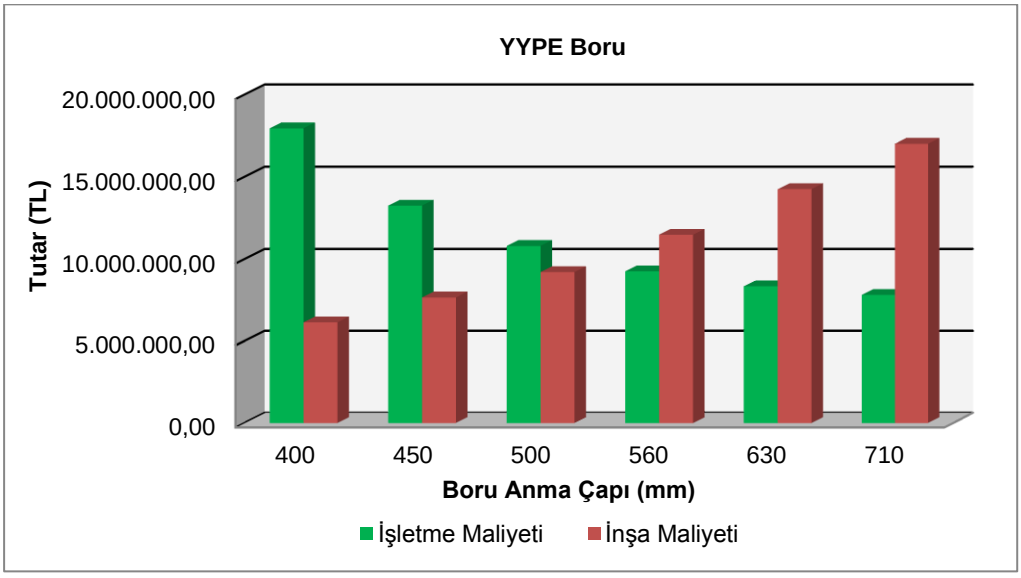
Şekil 4.5. YYPE boru inşa maliyetleri

Şekil 4.5.'den görüldüğü üzere, boru çapı arttıkça inşa maliyeti de artmaktadır. Tüm çaplarda toplam inşa maliyetinin yaklaşık %6'sını kazı giderleri, %91'ini boru imalat giderleri ve %3'ünü de nakliye giderlerin oluşturduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.4.'de iletim hattı projesinde YYPE boru kullanılması durumunda çeşitli çaplarının işletme (enerji) ve inşa maliyetleri verilmiştir. Şekil 4.6.'dan görüldüğü üzere boru çapı büyüdükçe enerji giderleri önemli ölçüde düşmektedir. Ancak inşa maliyetleri de bunun tam tersi olarak artmaktadır. Boru çapı büyüdükçe yük kayıpları azalacağı için pompanın sarf edeceği enerji miktarı da azalacaktır. Bu da enerji maliyetini etkilemektedir. Boru çapı artıkça hem boru imalat giderleri hem de borunun döşenmesi için açılan hendeklerin kazı dolgu hacmi artacağından inşa maliyetleri de orantılı olarak artmıştır.

Çizelge 4.4. YYPE boru işletme ve inşa maliyetleri

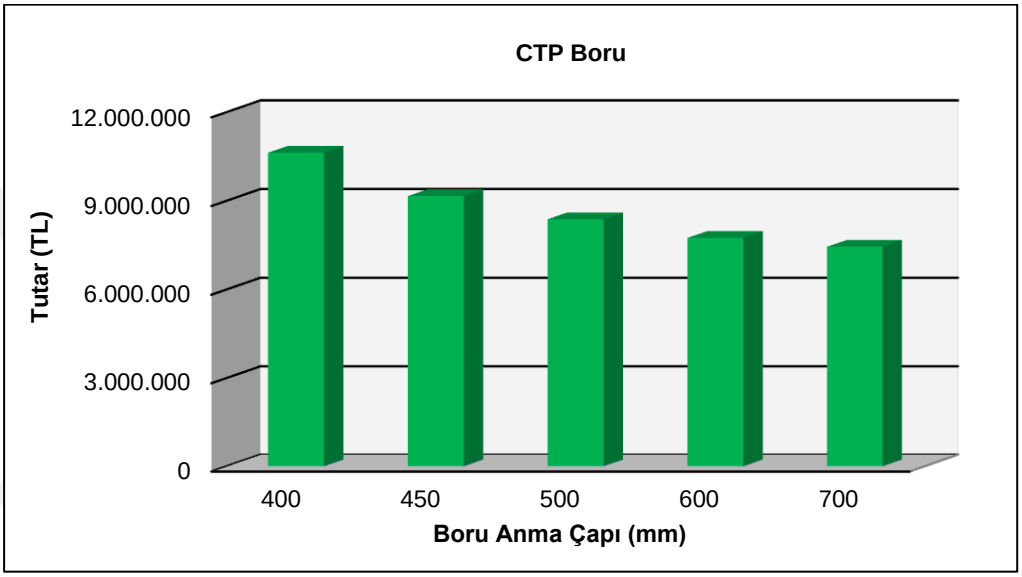
Anma Çapı (mm)	İşletme Maliyeti (TL)	İnşa Maliyeti (TL)	Toplam Maliyet (TL)
400	17.953.236,49	6.143.655,55	24.096.892,04
450	13.250.375,56	7.658.531,60	20.908.907,16
500	10.800.690,36	9.213.274,33	20.013.964,69
560	9.252.977,17	11.482.481,39	20.735.458,56
630	8.339.119,97	14.254.079,39	22.593.199,36
710	7.817.788,06	17.011.637,91	24.829.425,97



Şekil 4.6. YYPE boru işletme ve inşa maliyetleri

4.3. Cam Elyaf Takviyeli Polyester (CTP) Boru Maliyet Sonuçları

CTP boru için yapılan enerji maliyeti sonuçları Ek 5'de verilmiştir. Enerji maliyeti hesaplarında (Ek 5), pompa enerjisi hesaplanıp, enerji maliyetleri bulunmuştur. CTP borularda çeşitli çaplar için enerji maliyetlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.7.'de verilmiştir. Grafikten görüldüğü üzere boru çapı arttıkça enerji maliyeti azalmıştır.



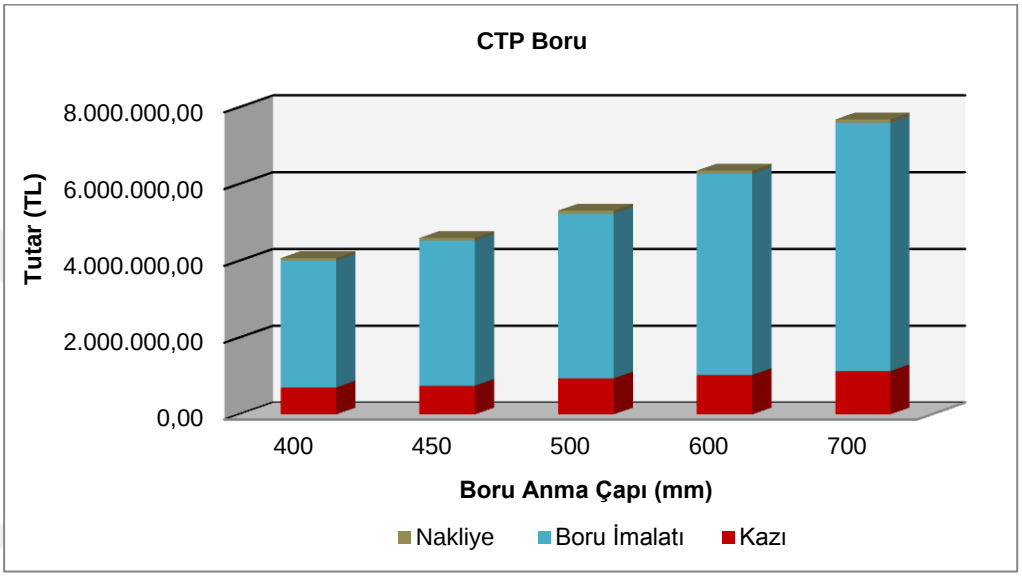
Şekil 4.7. CTP boruların enerji maliyetleri

CTP borunun çeşitli çaplar için yaklaşık inşa maliyetleri Ek 11'de verilmiştir. Çeşitli çaplardaki CTP borular için metraj listeleri hazırlanırken, kazı-dolgu giderlerinin hesaplanmasında kullanılan kazı-dolgu hacimleri Ek 8'de gösterilmiştir.

Proje bölgesinde CTP boru kullanılması durumunda 2017 yılı için kazı-dolgu, boru imalat ve nakliye giderlerinden oluşacak yaklaşık maliyetler Çizelge 4.5.'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. CTP boru inşa maliyetleri

Anma Çapı (mm)	Kazı-Dolgu Giderleri (TL)	Boru İmalat Giderleri (TL)	Nakliye Giderleri (TL)
400	700.499,97	3.304.885,54	65.405,93
450	744.333,68	3.783.168,41	67.367,28
500	935.855,91	4.286.012,97	85.897,64
600	1.026.750,93	5.235.880,08	87.756,52
700	1.126.110,22	6.465.080,46	89.757,22



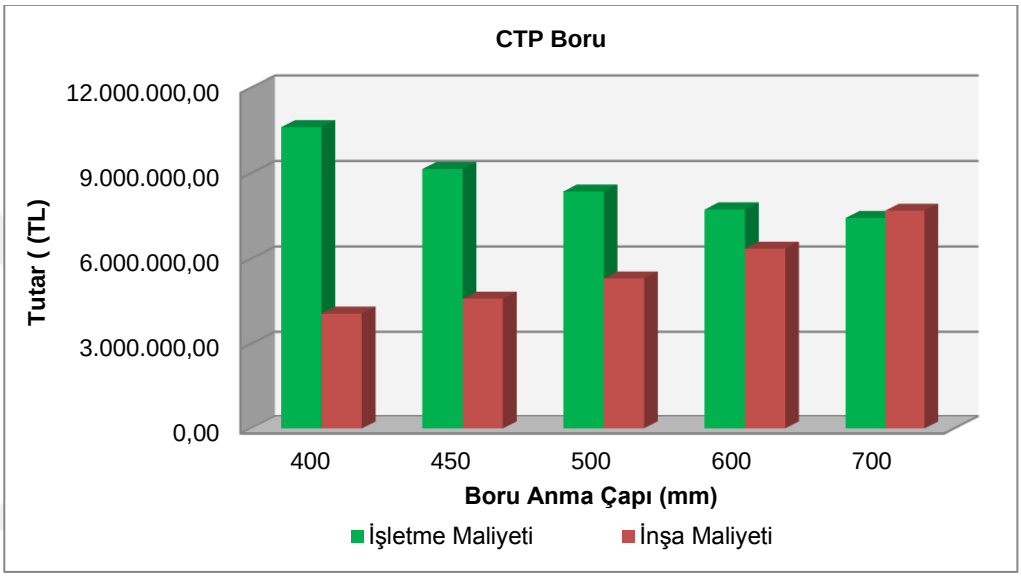
Şekil 4.8. CTP boru inşa maliyetleri

Şekil 4.8.'den görüldüğü üzere boru çapı arttıkça inşa maliyeti de artmaktadır. Tüm çaplarda toplam inşa maliyetinin yaklaşık %16.5'ini kazı giderleri, %82'sini boru imalat giderleri ve %1.5'ini de nakliye giderlerin oluşturduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.6.'da iletim hattı projesinde CTP boru kullanılması durumunda çeşitli çaplarının işletme (enerji) ve inşa maliyetleri verilmiştir. Şekil 4.9.'dan görüldüğü üzere boru çapı büyüdükçe enerji giderleri önemli ölçüde düşmektedir. Ancak inşa maliyetleri de bunun tam tersi olarak artmaktadır. Boru çapı büyüdükçe yük kayıpları azalacağı için pompanın sarf edeceği enerji miktarı da azalacaktır. Bu da enerji maliyetini etkilemektedir. Boru çapı artıkça hem boru imalat giderleri hem de borunun döşenmesi için açılan hendeklerin kazı dolgu hacmi artacağından inşa maliyetleri de orantılı olarak artmıştır.

Çizelge 4.6. CTP boru işletme ve inşa maliyetleri

Anma Çapı (mm)	İşletme Maliyeti (TL)	İnşa Maliyeti (TL)	Toplam Maliyet (TL)
400	10.611.677,98	4.070.791,45	14.682.469,43
450	9.145.107,86	4.594.869,37	13.739.977,23
500	8.359.427,36	5.307.766,52	13.667.193,88
600	7.728.395,93	6.350.387,53	14.078.783,46
700	7.427.191,07	7.680.947,90	15.108.138,97

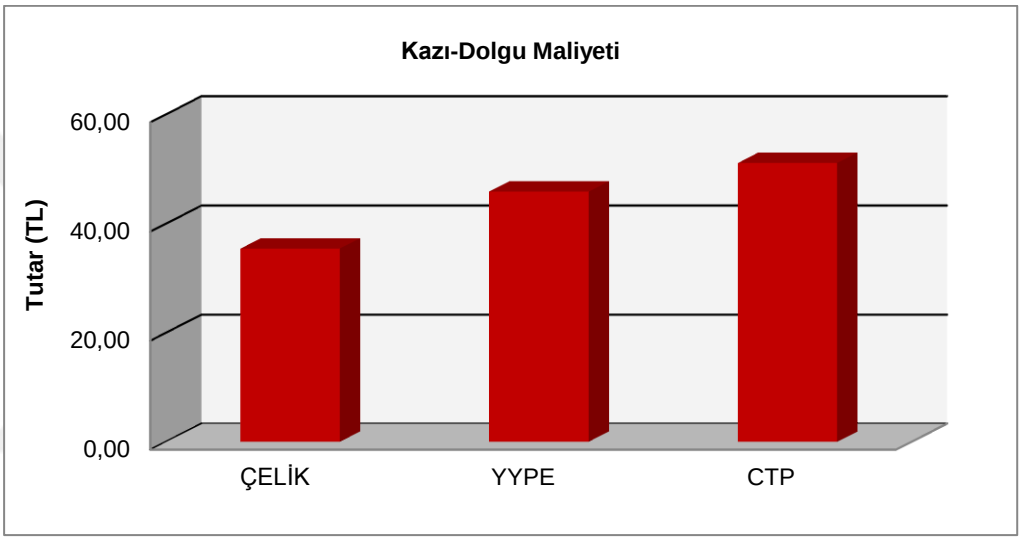


Şekil 4.9. CTP boru işletme ve inşa maliyetleri

4.4. Ekonomik Karşılaştırma

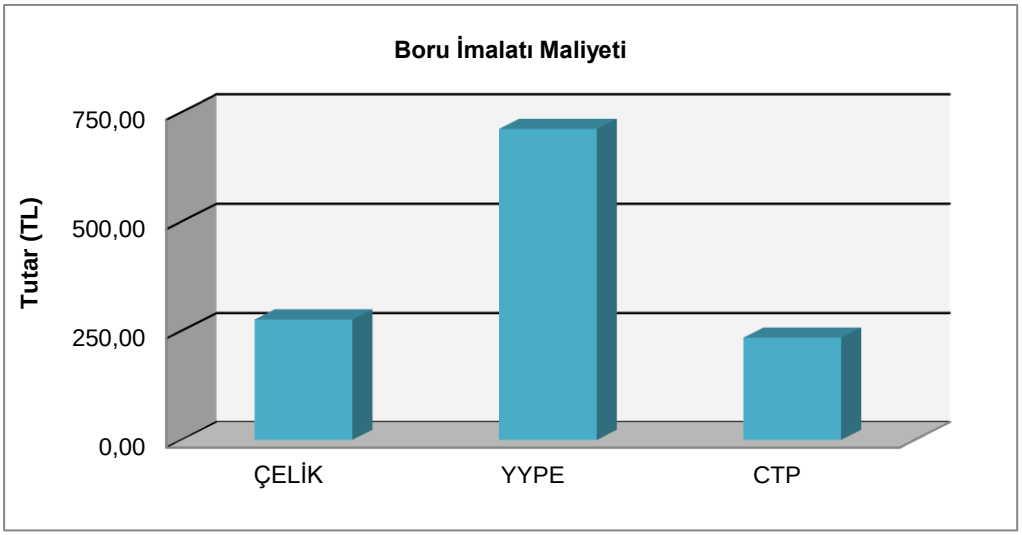
Çelik, YYPE ve CTP borular verilmiş olan çaplarda değerlendirilerek, işletme ve inşa maliyetleri belirlenmiştir. Bu boruların kullanılması durumunda en ekonomik olan boru çapları, Çizelge 4.2., Çizelge 4.4. ve Çizelge 4.6.'da görülmektedir. Bu borular arasında bir karşılaştırma yapabilmek için, boruların iç çapları dikkate alınmıştır. Bu boru çapları incelendiğinde CTP borularda anma çapı 500 mm (iç çapı 513,8 mm), YYPE borularda anma çapı 630 mm (iç çapı 515,6 mm) ve çelik borularda anma çapı 500 mm (iç çapı 488 mm) olan borular arasında bir karşılaştırma yapılabileceği tespit edilmiştir. Bu borular bu aşamadan sonra anma çapıyla değil, boru ismiyle ifade edilmiştir.

Boru cinslerine göre, 1 metre isale hattı döşenmesinin kazı-dolgu maliyeti Şekil 4.10.'da verilmiştir. Kazı-dolgu işleri, hendek kazısı ile yataklama, gömlekleme ve üst dolgu tabakası olarak adlandırılan kısımlarının doldurulması ve sıkıştırılması işlerini kapsamaktadır. Kazı-dolgu bedelinin CTP boruda diğer iki boru türüne göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Kazı-dolgu bedelinin borular arasında değişmesine neden olan en önemli faktör, boru bağlantı şekillerine göre hendek genişliğinin değişmesidir. CTP boruda hendek genişliği diğer borulara göre nispeten daha geniş olduğundan, kazı-dolgu maliyetini artırmıştır.



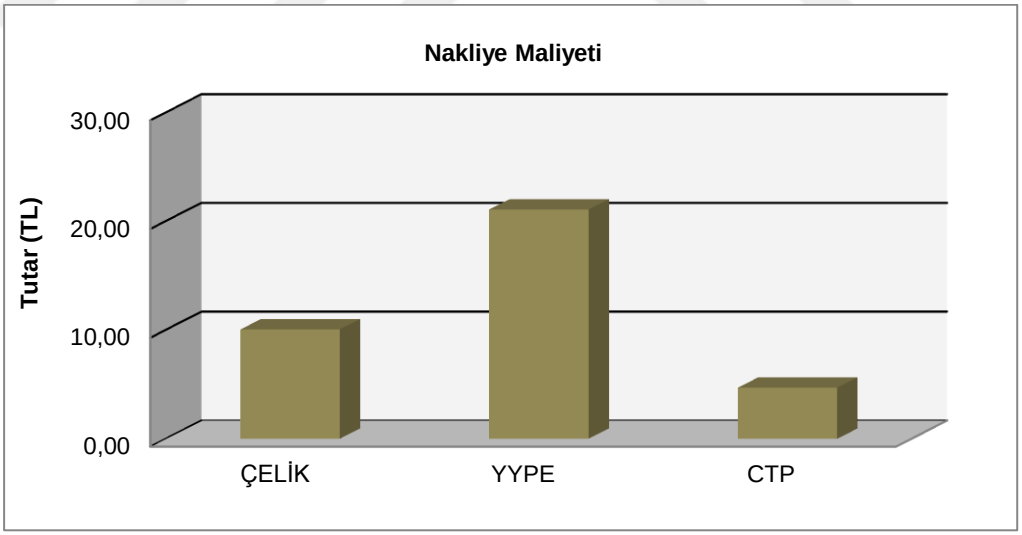
Şekil 4.10. Boruların kazı-dolgu maliyeti

1 metre isale hattı döşenmesinin boru imalat maliyeti Şekil 4.11.'de verilmiştir. Boru imalatı işleri; borunun döşenmesi, boru başlarının bağlanması, boru basınç testlerinin yapılması vb. işlerden oluşmaktadır. Burada bu maliyeti etkileyen en önemli faktör boru bedelidir. YYPE boru bedelinin, çelik ve CTP boru bedellerinin çok üstünde olduğu görülmüştür. Bundan dolayı YYPE boru imalat maliyeti, çelik ve CTP boru imalat maliyetinden yüksek çıkmıştır. Boru imalat maliyeti olarak en uygun boru cinsinin CTP boru olduğu görülmüştür.



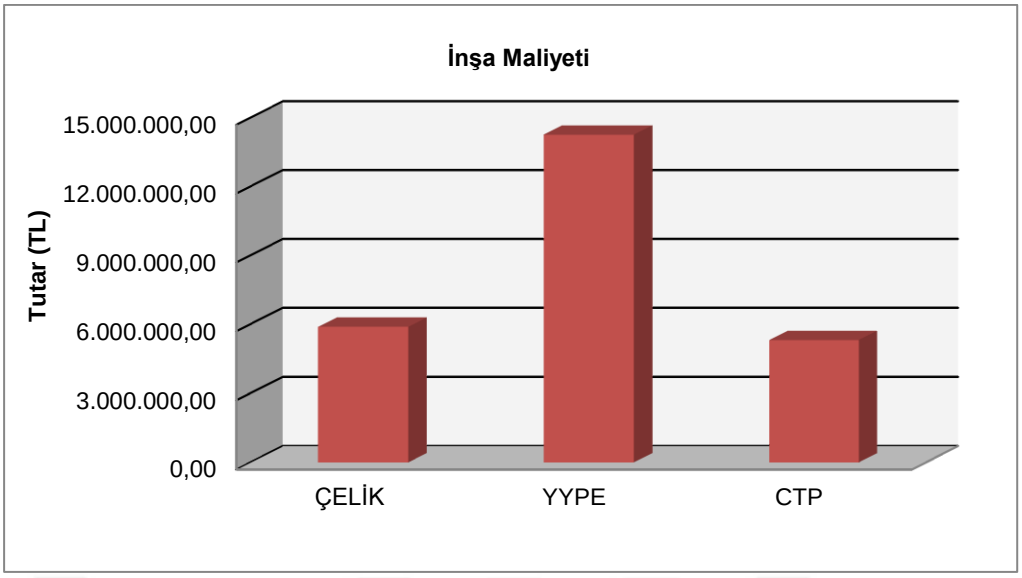
Şekil 4.11. Boruların imalat maliyeti

1 metre isale hattı döşenmesinin nakliye maliyeti Şekil 4.12.'de verilmiştir. YYPE borunun nakliye bedeli, boru imalatı bedelinde olduğu gibi diğer borulara göre çok yüksektir. Nakliye bedeli olarak en ekonomik borunun CTP boru olduğu görülmüştür.



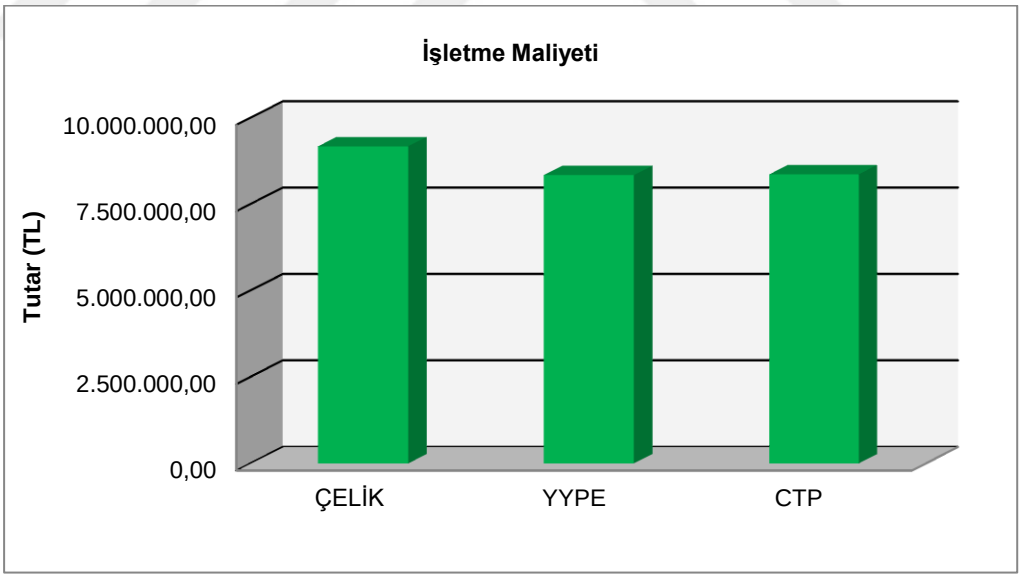
Şekil 4.12. Boruların nakliye maliyetleri

Çelik, YYPE ve CTP boruların Hilvan içme suyu iletim hattında kullanılması durumunda, bu boruların inşa maliyetleri (kazı-dolgu, boru imalatı ve nakliye giderleri) Şekil 4.13.'de verilmiştir. YYPE borunun inşa maliyetinin diğer borulara kıyasla çok yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 4.13. Hilvan içme suyu iletim hattı boru cinslerine göre inşa maliyetleri

Şekil 4.14.'de çelik, YYPE ve CTP boruların enerji maliyetleri verilmiştir. YYPE ve CTP borunun enerji maliyeti birbirine yakın olup çelik boruya kıyasla daha düşüktür.



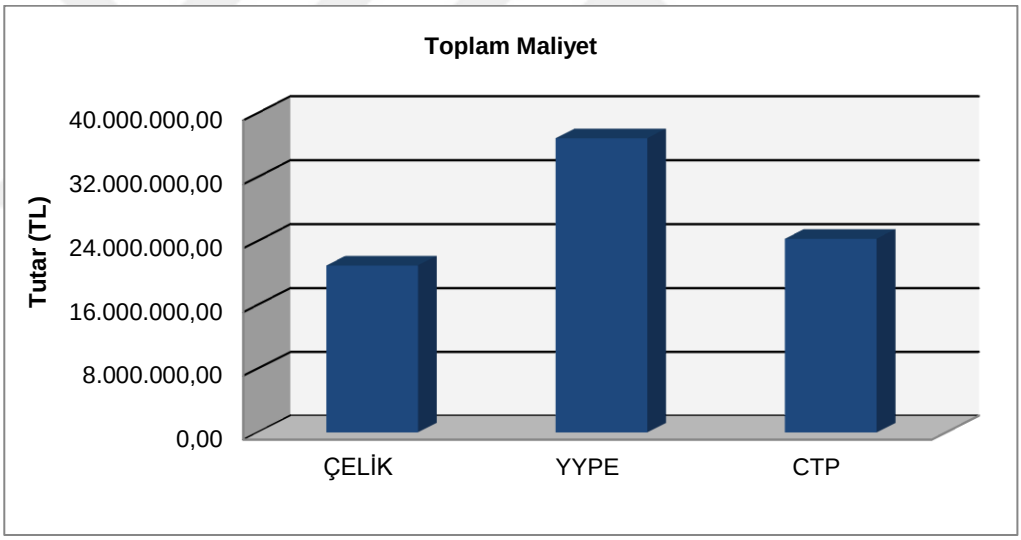
Şekil 4.14. Hilvan içme suyu iletim hattı boru cinslerine göre işletme maliyetleri

Çelik, YYPE ve CTP boruların yenilenme süreleri İller Bankası Teknik Şartnamesinde belirtildiği üzere, Çizelge 4.7.'de verilmiştir. Çelik ve YYPE boruların yenilenme süresi, CTP borunun yenilenme süresinden daha uzundur. Proje

süresince çelik ve YYPE borular uzun yıllar yenilenme ihtiyacı duymadan hizmet verirken, CTP boru bu iki boru türüne kıyasla daha kısa aralıklarla yenilenme ihtiyacı duymaktadır. Buna boruların ekonomik ömrü de denebilir. Proje süresince boruların yenilenme maliyetleri de dikkate alınarak maliyet hesapları yapılmış ve Hilvan içme suyu iletim hattında çelik, YYPE ve CTP boruların kullanılması durumunda, oluşacak toplam maliyet Şekil 4.15.'de grafiksel olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Boruların yenilenme süreleri (Anonim, 2013)

Boru Türü	**Yenilenme Süresi (yıl)**	
	Cazibeli İletim Hattı	**Terfili İletim Hattı**
Çelik	50	25
YYPE	50	25
CTP	30	15



Şekil 4.15. Hilvan İçme suyu iletim hattı boru cinslerine göre toplam maliyet

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada içme suyu iletim hatlarında kullanılan boru türünün maliyete etkisi incelenmiştir. İletim hatlarında kullanılan boru türlerinden, çelik, HDPE ve CTP borular için işletme ve inşa (tesis) maliyeleri hesapları yapılmış ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- İnşa maliyetlerinden kazı-dolgu bedeli, toplam inşa maliyetinin çelik borularda yaklaşık %11'i, YYPE borularda yaklaşık %6'sı ve CTP borularda ise yaklaşık %16.5'ini oluşturmaktadır. Kazı-dolgu giderlerini etkileyen en önemli unsur kazı hacmidir. Kazı hacmi, boru bağlantı şekline ve boru altında yapılan yataklama tabakası kalınlığına göre değişmektedir. Seçilen çaplarda CTP boruların kazı-dolgu giderlerinin, YYPE borulardan yaklaşık %11.5, çelik borulardan ise yaklaşık %44 daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

- İnşa maliyetlerinden boru imalat bedeli, toplam inşa maliyetinin çelik borularda yaklaşık %86'sı, YYPE borularda yaklaşık %91'i ve CTP borularda ise yaklaşık %82'sini oluşturmaktadır. İnşa maliyetlerinin en önemli kısmını boru imalat bedellerinin oluşturduğu görülmektedir. Boru imalat bedelini etkileyen en önemli faktör boru bedelidir. Seçilen çaplarda boru bedelleri incelendiğinde, YYPE boru bedelinin çelik ve CTP boru bedelinden çok yüksek olduğu görülmüştür. Boru çapı büyüdükçe YYPE borularda diğer borulara kıyasla boru bedeli daha fazla artmaktadır. CTP boruların bedeli ise çelik ve YYPE borulara kıyasla daha düşüktür. Seçilen çaplarda CTP borunun bedeli, YYPE boru bedelinden yaklaşık %67, çelik boru bedelinden ise yaklaşık %15 daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

- İnşa maliyeti en düşük olan boru, CTP boru olarak tespit edilmiştir. CTP boruyu sırasıyla çelik ve YYPE boru takip etmektedir. CTP borunun

toplam inşa maliyeti, YYPE boru toplam inşa maliyetinden yaklaşık %63, çelik boru toplam inşa maliyetinden ise yaklaşık %9.8 daha düşüktür.

- Enerji maliyetleri en düşük olan boru YYPE boru olarak tespit edilmiştir. YYPE boruyu sırasıyla CTP ve çelik boru takip etmektedir. YYPE ve CTP boruların enerji maliyetleri birbirine çok yakın olup, çelik borununki nispeten daha fazladır. Enerji maliyetlerini etkileyen temel husus borularda meydana gelen yük kayıplarıdır. Yük kaybının fazla olduğu borularda pompaj enerjisi artacağından enerji maliyeti de artacaktır. Boru iç çapı büyüdükçe enerji maliyetlerinin azaldığı tespit edilmiştir.

- Bu maliyetler (enerji ve inşa maliyeti) esas alınarak borular arasında karşılaştırma yapıldığında, maliyeti en düşük olan boru CTP boru olarak hesaplanmıştır. CTP boruyu çelik boru izlemektedir. CTP borunun maliyeti, YYPE borudan yaklaşık %39.5, çelik borudan ise yaklaşık %9.2 daha düşüktür. Büyük çaplarda YYPE boruların inşa maliyeti çok yüksek olduğundan tercih edilmezler.

- Borular arasında seçim yaparken sadece bu maliyetlerin dikkate alınması doğru değildir. Tesis ömrü boyunca boruların yenilenme süresi ve buna bağlı olarak da yenilenme maliyetinin de dikkate alınması gerekir. CTP borunun yenilenme süresi çelik ve YYPE borunun yenilenme süresinden daha kısadır. Proje süresince çelik ve YYPE borunun bir defa yenilenmesi gerekirken, CTP borunun iki defa yenilenmesi gerekecektir. Yenilenme maliyeti de dikkate alındığında, maliyeti en düşük olan boru çelik boru olarak belirlenmiştir. Çelik borunun maliyeti CTP borudan yaklaşık %13.8, YYPE borudan ise yaklaşık %43.2 daha düşük olarak tespit edilmiştir.

- Boru seçimi yapılırken, boruların ekonomik olmasının yanında; borunun çeşitli etkilere karşı dayanımını yüksek olması, bakım onarımın kolay ve ekonomik olması ve uzun ömürlü olması istenir. CTP borunun inşa maliyeti düşük olmakla birlikte, kullanım ömrü çelik boruya kıyasla daha

kısa olduğundan, uzun vadede maliyeti çelik borunun maliyetini aşmaktadır. İletim hattında boru seçiminde bu gibi durumlar da göz önüne alındığında, en ekonomik çözümün çelik boru olduğu ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada içme suyu iletim hattının toplam maliyeti hesaplanırken, işletme ve inşa (tesis) maliyetleri bileşenleri ile boruların ekonomik ömrü dikkate alınmıştır. İlerleyen çalışmalarda bu maliyetlerin bileşenlerinin sayısı artırılarak, iletim hattı maliyet hesaplarının daha geniş bir şekilde yapılması araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

ALTINBİLEK, H. D., 1978. Su İletim Borularının Maliyetinin Doğrusal Programlama Yöntemiyle En Küçüklenmesi. Türkiye İnşaat Mühendisliği 7. Teknik Kongresi, 25-27 Ekim, Ankara, s.435-453.

AKSU, M. S., 1994. Taflan Beldesi İçme Suyu Projesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Samsun, 76s.

ANONİM, 2001. Harp Akademileri Komutanlığı, Türkiye' nin Su Potansiyeli ve Potansiyelin Kullanılması, İstanbul, 203s.

ANONİM, 2005. Türk Standardları Enstitüsü, Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular, Ankara.

ANONİM, 2011. Polietilen Boru Özellikler. http://www.kuzeyboru.com.tr/polietilen-pe-boru. Erişim Tarihi: 17.11.2016.

ANONİM, 2012. Hilvan Tarihi. http://hilvan.meb.gov.tr/www/hilvan-tarihi/icerik/20. Erişim Tarihi: 25.12.2016.

ANONİM, 2013. İller Bankası Anonim Şirketi, İçmesuyu Tesisleri Etüt, Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartname, Ankara.

ANONİM, 2014a. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, İçme, Kullanma ve Endüstri Suyu Temini Ve Dağıtım Şebekesi Proje Yapım Şartnamesi, Ankara.

ANONİM, 2014b. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Cam Takviyeli Plastik (CTP) Borular Genel Teknik Şartnamesi, Ankara.

ANONİM, 2014c. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, İçmesuyu Boru Hatları Teknik Şartnamesi, Ankara.

ANONİM, 2014d. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği, Ankara.

ANONİM, 2015a. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) Borular Genel Teknik Şartnamesi, Ankara.

ANONİM, 2015b. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, DSİ 2015 Yılı Birim Fiyat Cetveli, Ankara.

ANONİM, 2015c. İller Bankası Anonim Şirketi, 2015 Yılı Boru Donanımı Birim Fiyat Cetveli, Ankara.

ANONİM, 2016. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Su ve DSİ, Ankara, 239s.

Anonim, 2017. CTP Boru Üretimi. http://www.ym.com.tr/icerik/54/23/suyu-gelecege-tasiyoruz.aspx. Erişim Tarihi: 22.11.2016.

BALKAYA, M., 2002. Zemine Gömülü Boruların Mühendislik Davranışı. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 130s.

BOSTANCI, N., 2005. İçmesuyu Temini Sistemlerinde Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri. II. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, 21-24 Eylül, İzmir, s.775-785.

CHİN, D. A., 2000. Water-Resources Engineering. Prentice Hall, New Jersey, 750s.

CUMALI, A., 1963. Cazibe ile Gelmekte Olan İçmesuyu İsale Hatlarının İşletme Tazyiklerine Göre İktisadi Çözüm Tarzı. Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, 98: 41-47.

ÇAĞLISOY, T., 2010. İçme Suyu Şebekelerinde Boru Türünün Maliyete Etkisi ve İldem-Kayseri Örneği. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 124s.

ÇELİK, M. A., 2004. İçme Suyu Şebekelerinin Optimum Tasarımı. Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Diyarbakır, 46s.

DATTA, T. K., 1999. Seismic response of buried pipelines: A state-of-the-art review. Nuclear Engineering and Desing, 192(2-3): 271-284.

DEMİR, S., 2012. Uzun Vadeli Su Temininde Meteorolojik Faktörlerin Sapanca Gölü Su Kalitesine Etkisi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, 155s.

EROĞLU, V., 2000. Tarih Boyunca İstanbul'a Su Veren Kaynaklar. Osmanlı Su Medeniyeti Uluslararası Sempozyum, 5-8 Mayıs, İstanbul, s.23-46.

EROĞLU, V., 2008. Su Tasfiyesi. Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları, Ankara, 410s.

GÜLER, F., 1996. Kalkınmada Su Faktörü. Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 87s.

GÜNER, A., 2012. İçmesuyu Boru Hatlarında Kullanılan Boru Tipleri. http://allyguner.blogspot.com.tr/2012/01/icme-suyu-isale-hatlarnda-kullanlan.html. Erişim Tarihi: 15.08.2016.

GÜRER, İ., 2007. Küresel Isınma, Türkiye'nin Su Kaynakları, Olası Etkileşim. I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, 11-13 Nisan, İstanbul, s.8-27.

HOODA, P. S., EDWARDS, A.C., ANDERSON, H.A., and MİLLER, A., 2000. A Review of Water Quality Concerns in Livestock Farming Areas. Science of The Total Environment, 250(1): 143-167

KANIT, R., 1987. Alçak Basınçlı Borulu Sulama Şebekeleri Projelendirme Kriterleri. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 66s.

KARPUZCU, M., 2005. Su Temini ve Çevre Sağlığı. Kubbealtı Neşriyat, İstanbul, 432s.

KARADOĞAN, H., 2010. Boru Hatları Tasarımı. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 119: 5-10.

KELOĞLU, N., 1995. Su Kaynakları Mühendisliğinde Optimizasyon Yöntemleri. Türkiye İnşaat Mühendisliği 13. Teknik Kongresi, 20-22 Aralık, Ankara, s.185-204.

KILIÇ, G., 2010. İstanbul Su Şebekelerinin Sismik Analizi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Gebze, 85s.

KUTLUAY, L., 1991. Hidroelektrik Santrallerde Çelik Cebri Borular İçin Ekonomik Çap Belirlenmesi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 105s.

MUSLU, Y., 1998. Çözümlü Problemlerle Su Temini ve Çevre Sağlığı. Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 524s.

NAJAFİ, M., 2005. Trenchless Technology: Pipeline and Utility Desing, Construction and Renewal. McGraw-Hill, New York, 489s.

OĞUZ, M., ve AKŞİT, A., 1987. Deniz Deşarjı Yapılarında En Uygun Boru Cinsinin Seçimi. Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, 332: 17-20.

ÖZİŞ, Ü., 1983. Su Yapıları. Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir, 608s.

ÖZİŞ, Ü., 2015. Tarihi Su Yapıları Açısından Türkiye'nin Dünyadaki Önemi. İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı Dergisi, 70: 49-51.

ÖZTÜRK, Y., 1996. Kahramanmaraş İlinde İçme ve Kullanma Suyu İhtiyacının Tespiti. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 168s.

SAMSUNLU, A., 1979. Su Temini ve İçme Sularının Arıtılması, Suların Uzaklaştırılması, Kullanılmış Suların Arıtılmasının Esasları Ve Örnek Problemler. Ege Üniversitesi İnşaat Fakültesi Yayını, İzmir, 245s.

ŞEN, Z., 2003. Su Bilimi ve Yöntemleri. Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 354s.

ŞEKERDAĞ, N., 2014. Su Getirme ve Kanalizasyon Problemleri. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, 294s.

YİĞİT, A., 2007. Gömülü Boru Hatlarının Deprem Etkilerine Karşı Davranışı. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 228s.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mehmet Murat TOPLAMACI
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Şanlıurfa / 1991
Telefon : 05427618498
e-mail : m.toplamaci@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Mehmet Güneş Anadolu Öğretmen Lisesi, Karaköprü/Şanlıurfa	2009
Üniversite	: Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Haliliye/Şanlıurfa	2015
Yüksek Lisans	: Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Haliliye/Şanlıurfa	2017

YABANCI DİL: İngilizce

EKLER

EK 1 1 KW ENERJİ BEDELİNİN BUGÜNKÜ DEĞERİ

Yıllar n	1 kWh/TL	İskonto Oranı i (%)	Faiz Faktörü f=(1+i)	Bugünkü Değer Faktörü ($e=(1/f^n)$)	Bugünkü Değeri (TL)
1	0.29	0.09	1.09	0.917	0.2661
2	0.29	0.09	1.09	0.842	0.2441
3	0.29	0.09	1.09	0.772	0.2239
4	0.29	0.09	1.09	0.708	0.2054
5	0.29	0.09	1.09	0.650	0.1885
6	0.29	0.09	1.09	0.596	0.1729
7	0.29	0.09	1.09	0.547	0.1586
8	0.29	0.09	1.09	0.502	0.1455
9	0.29	0.09	1.09	0.460	0.1335
10	0.29	0.09	1.09	0.422	0.1225
11	0.29	0.09	1.09	0.388	0.1124
12	0.29	0.09	1.09	0.356	0.1031
13	0.29	0.09	1.09	0.326	0.0946
14	0.29	0.09	1.09	0.299	0.0868
15	0.29	0.09	1.09	0.275	0.0796
16	0.29	0.09	1.09	0.252	0.0730
17	0.29	0.09	1.09	0.231	0.0670
18	0.29	0.09	1.09	0.212	0.0615
19	0.29	0.09	1.09	0.194	0.0564
20	0.29	0.09	1.09	0.178	0.0517
21	0.29	0.09	1.09	0.164	0.0475
22	0.29	0.09	1.09	0.150	0.0436
23	0.29	0.09	1.09	0.138	0.0400
24	0.29	0.09	1.09	0.126	0.0367
25	0.29	0.09	1.09	0.116	0.0336
26	0.29	0.09	1.09	0.106	0.0309
27	0.29	0.09	1.09	0.098	0.0283
28	0.29	0.09	1.09	0.090	0.0260
29	0.29	0.09	1.09	0.082	0.0238
30	0.29	0.09	1.09	0.075	0.0219
31	0.29	0.09	1.09	0.069	0.0201
32	0.29	0.09	1.09	0.063	0.0184
33	0.29	0.09	1.09	0.058	0.0169
34	0.29	0.09	1.09	0.053	0.0155
35	0.29	0.09	1.09	0.049	0.0142
					3.0644

EK 2 TÜİK AYLIK YURT İÇİ ÜRETİCİ FİYAT ENDEKSİ TABLOSU

Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2000	28.87	30.05	30.98	31.72	32.26	32.35	32.68	32.99	33.76	34.70	35.53	36.21
2001	37.05	38.02	41.85	47.85	50.87	52.33	54.06	55.97	58.97	62.93	65.57	68.27
2002	71.11	72.93	74.29	75.63	75.95	76.83	78.88	80.56	83.07	85.67	87.06	89.33
2003	94.32	97.28	100.40	102.17	101.53	99.58	99.04	98.85	98.90	99.46	101.15	101.78
2004	104.46	106.17	108.40	111.27	111.24	110.06	108.39	109.25	111.26	114.85	115.72	115.87
2005	114.83	114.81	117.25	119.62	119.23	119.64	119.33	121.40	123.40	124.22	121.40	121.14
2006	123.51	123.83	124.14	126.54	130.05	135.28	136.45	135.43	135.11	135.73	135.33	135.16
2007	135.09	136.37	137.70	138.80	139.34	139.19	139.28	140.47	141.90	141.71	142.98	143.19
2008	143.80	147.48	152.16	159.00	162.37	162.90	164.93	161.07	159.63	160.54	160.49	154.80
2009	155.16	156.97	157.43	158.45	158.37	159.86	158.74	159.40	160.38	160.84	162.92	163.98
2010	164.94	167.68	170.94	174.96	172.95	172.08	171.81	173.79	174.67	176.78	176.23	178.54
2011	182.75	185.90	188.17	189.32	189.61	189.62	189.57	192.91	195.89	199.03	200.32	202.33
2012	203.10	202.91	203.64	203.81	204.89	201.83	201.20	201.71	203.79	204.15	207.54	207.29
2013	206.91	206.65	208.33	207.27	209.34	212.39	214.50	214.59	216.48	217.97	219.31	221.74
2014	229.10	232.27	233.98	234.18	232.96	233.09	234.79	235.78	237.79	239.97	237.65	235.84
2015	**236.61**	239.46	241.97	245.42	248.15	248.78	247.99	250.43	254.25	253.74	250.13	249.31
2016	250.67	250.16	251.17	252.47	256.21	257.27	257.81	258.01	258.77	260.94	266.16	274.09
2017	284.99	**288.59**										

EK 3 ÇELİK BORU ENERJİ MALİYETLERİ

Anma Çapı (mm)	İç Çap (mm)	Q (m^3/s)	V (m/s)	C	J (m/m)	h_k (m)	H (m)	N (kW)	F_e (TL/yıl)
400	386.4	0.176	1.500888918	130	0.005339185	97.744	209.154	501.242	13.436.082,84
450	437.2	0.176	1.172364016	130	0.002925591	53.559	164.959	395.326	10.596.952,41
500	488	0.176	0.940985958	130	0.001712788	31.356	142.756	342.117	9.170.646,37
550	539	0.176	0.771338939	130	0.001055492	19.323	130.723	313.279	8.397.638,55
600	590	0.176	0.643752255	130	0.000679561	12.441	123.841	296.786	7.955.527,94
700	687	0.176	0.474798472	130	0.000323798	5.928	117.328	281.178	7.537.135,70

EK 4 YYPE BORU ENERJİ MALİYETLERİ

Anma Çapı (mm)	İç Çap (mm)	Q (m^3/s)	V (m/s)	C	J (m/m)	h_k (m)	H (m)	N (kW)	F_e (TL/yıl)
400	327.4	0.176	2.090573477	150	0.009180166	168.061	279.471	669.757	17.953.236,49
450	368.2	0.176	1.652932878	150	0.005181277	94.854	206.264	494.314	13.250.375,56
500	409.2	0.176	1.338294017	150	0.003098285	56.720	168.130	402.927	10.800.690,36
560	458.4	0.176	1.066432983	150	0.001782249	32.628	144.038	345.188	9.252.977,17
630	515.6	0.176	0.842940594	150	0.001005187	18.402	129.812	311.096	8.339.119,97
710	581.0	0.176	0.663850859	150	0.000561893	10.287	121.697	291.648	7.817.788,06

EK 5 CTP BORU ENERJİ MALİYETLERİ

Anma Çapı (mm)	İç Çap (mm)	Q (m^3/s)	V (m/s)	C	J (m/m)	h_k (m)	H (m)	N (kW)	F_e (TL/yıl)
400	413.7	0.176	1.309337917	150	0.002937566	53,778	165.188	395.875	10.611.677,98
450	463.4	0.176	1.043543909	150	0.001690526	30,948	142.358	341.164	9.145.107,86
500	513.8	0.176	0.848857102	150	0.001022454	18,718	130.128	311.854	8.359.427,36
600	598.6	0.176	0.625387738	150	0.000485882	8,895	120.305	288.313	7.728.395,93
700	698.1	0.176	0.459819633	150	0.000229765	4,206	115.616	277.076	7.427.191,07

EK 6 ÇELİK BORU KAZI-DOLGU HESABI

Anma Çapı (mm)	Dış Çap (mm)	Yataklama Yüksekliği (m)	Hendek Genişliği (m)	Hendek Yüksekliği (m)	Kazı Hacmi (m^3)	Dolgu Hacmi (m^3)	Depolanan Kum (m^3)	Kum İhtiyacı (m^3)	Yataklama Hacmi (m^3)	Gömlekleme Hacmi (m^3)	Üst Dolgu Hacmi (m^3)
400	0.41	0.15	0.91	1.56	141.96	128.76	101.15	27.61	17.91	47.15	63.70
450	0.46	0.15	0.96	1.61	154.56	137.94	110.12	27.82	19.61	51.13	67.20
500	0.51	0.15	1.01	1.66	167.66	147.23	119.46	27.77	21.37	55.16	70.70
550	0.56	0.15	1.06	1.71	181.26	156.63	129.15	27.48	22.14	60.29	74.20
600	0.61	0.15	1.11	1.76	195.36	166.14	139.19	26.94	23.99	64.45	77.70
700	0.71	0.17	1.31	1.88	246.28	206.69	175.47	31.21	33.08	81.90	91.70

EK 7 YYPE BORU KAZI-DOLGU HESABI

Anma Çapı (mm)	Dış Çap (mm)	Yataklama Yüksekliği (m)	Hendek Genişliği (m)	Hendek Yüksekliği (m)	Kazı Hacmi (m^3)	Dolgu Hacmi (m^3)	Depolanan Kum (m^3)	Kum İhtiyacı (m^3)	Yataklama Hacmi (m^3)	Gömlekleme Hacmi (m^3)	Üst Dolgu Hacmi (m^3)
400	0.40	0.15	0.80	1.55	124.00	111.43	88.35	23.08	15.66	27.78	68.00
450	0.45	0.15	0.85	1.60	136.00	120.10	96.90	23.20	17.26	30.59	72.25
500	0.50	0.15	0.90	1.65	148.50	128.87	105.81	23.06	18.92	33.45	76.50
560	0.56	0.15	0.96	1.71	164.16	139.53	116.96	22.57	19.84	38.09	81.60
630	0.63	0.15	1.23	1.78	218.94	187.77	155.99	31.77	26.69	56.53	104.55
710	0.71	0.15	1.31	1.86	243.66	204.07	173.61	30.46	30.46	62.25	111.35

EK 8 CTP BORU KAZI-DOLGU HESABI

Anma Çapı (mm)	Dış Çap (mm)	Yataklama Yüksekliği (m)	Hendek Genişliği (m)	Hendek Yüksekliği (m)	Kazı Hacmi (m^3)	Dolgu Hacmi (m^3)	Depolanan Kum (m^3)	Kum İhtiyacı (m^3)	Yataklama Hacmi (m^3)	Gömlekleme Hacmi (m^3)	Üst Dolgu Hacmi (m^3)
400	0.43	0.24	1.03	1.67	172.01	157.49	122.56	34.93	29.58	55.81	72.10
450	0.48	0.23	1.08	1.71	184.68	166.58	131.58	35.00	30.76	60.23	75.60
500	0.53	0.22	1.33	1.75	232.75	210.69	165.83	44.85	37.90	79.69	93.10
600	0.62	0.21	1.42	1.83	259.86	229.67	185.15	44.52	39.86	90.41	99.40
700	0.72	0.19	1.52	1.91	290.32	249.60	206.85	42.75	41.90	101.30	106.40

EK 9 ÇELİK BORU İNŞA MALİYETLERİ

Ø400 MM ÇELİK BORULARIN TEMİNİ, DÖŞENMESİ VE HENDEĞİN TEŞKİLİ ANALİZİ			BORU CİNSİ			ÇELİK
			ANMA ÇAPI (mm)			400
			ANALİZ UZUNLUĞU (m)			100
			BİRİM FİYAT YILI			2015
KAZI-DOLGU						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	15.D.61	Küskülük ve kayadan başka her cins zeminde boru hendeği kazısı	m^3	28,392	4,36	123,79
2	15.D.62	Her cins küskülük zeminde boru hendek kazısı	m^3	106,470	7,83	833,66
3	15.D.63	Her cins kayalık zeminde boru hendek kazısı	m^3	7,098	21,18	150,34
4	15.040	Makine ile kayadan başka her cins zeminin rörprizi	m^3	101,147	1,17	118,34
5	15.D/4.1	El ile tuvenan kum-çakıl serilmesi	m^3	17,911	14,31	256,30
6	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	17,911	7,19	128,78
7	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	47,147	7,19	338,99
8	14.1714/1	Kazı malzemesinden makine ile hendek ve temel dolgusu yapılması	m^3	63,700	8,52	542,72
					Kazı-Dolgu Toplamı	**2.492,91**
BORU İMALAT						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	38.D.603/1	16 ATM Basınç Dayanımlı Ø400 mm Anma Çaplı Çelik Boru Bedeli	m	100,00	158,75	15.875,00
2	36. 06014	Çapı 400 mm, çelik boruların döşenmesi	m	100,00	18,57	1.857,00
3	08. 71214	Çapı 400 mm, çelik boru döşenmeden önce basınç deneyi yapılması	m	100,00	3,7	370,00
4		Çapı 400 mm , Et Kalınlığı 10 mm, Çelik boru başlarının kaynakla bağlanması	m	100,00	12,74	1.274,18
					Boru İmalat Toplamı	**19.376,18**
NAKLİYE						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	07.006	Kum-çakıl nakli	ton	44,176	4,62	204,09
2	07.006	Çelik boru nakli	ton	3,969	110,56	438,81
					Nakliye Toplamı	**642,91**
					GENEL TOPLAM	**22.512,00**
					1 M TUTARI	**225,12**

Ø450 MM ÇELİK BORULARIN TEMİNİ, DÖŞENMESİ VE HENDEĞİN TEŞKİLİ ANALİZİ			BORU CİNSİ			ÇELİK
			ANMA ÇAPI (mm)			400
			ANALİZ UZUNLUĞU (m)			100
			BİRİM FİYAT YILI			2015
KAZI-DOLGU						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	15.D.61	Küskülük ve kayadan başka her cins zeminde boru hendeği kazısı	m^3	30,912	4,36	134,78
2	15.D.62	Her cins küskülük zeminde boru hendek kazısı	m^3	115,920	7,83	907,65
3	15.D.63	Her cins kayalık zeminde boru hendek kazısı	m^3	7,728	21,18	163,68
4	15.040	Makine ile kayadan başka her cins zeminin rörprizi	m^3	110,124	1,17	128,85
5	15.D/4.1	El ile tuvenan kum-çakıl serilmesi	m^3	19,610	14,31	280,62
6	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	19,610	7,19	141,00
7	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	51,131	7,19	367,63
8	14.1714/1	Kazı malzemesinden makine ile hendek ve temel dolgusu yapılması	m^3	67,200	8,52	572,54
					Kazı-Dolgu Toplamı	**2.696,75**
BORU İMALAT						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1		16 ATM Basınç Dayanımlı Ø450 mm Anma Çaplı Çelik Boru Bedeli	m	100,00	170,00	17.000,00
2	36. 06015	Çapı 450 mm, çelik boruların döşenmesi	m	100,00	22,00	2.200,00
3	08. 71215	Çapı 450 mm, çelik boru döşenmeden önce basınç deneyi yapılması	m	100,00	4,30	430,00
4	36. 02028	Çapı 450 mm , Et Kalınlığı 10 mm, Çelik boru başlarının kaynakla bağlanması	m	100,00	14,23	1.423,39
					Boru İmalat Toplamı	**21.053,39**
NAKLİYE						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	07.006	Kum-çakıl nakli	ton	44,512	4,62	205,65
2	07.006	Çelik boru nakli	ton	4,944	110,56	546,61
					Nakliye Toplamı	**752,25**
					GENEL TOPLAM	**24.502,39**
					1 M TUTARI	**245,02**

Ø500 MM ÇELİK BORULARIN TEMİNİ, DÖŞENMESİ VE HENDEĞİN TEŞKİLİ ANALİZİ			BORU CİNSİ			ÇELİK
			ANMA ÇAPI (mm)			500
			ANALİZ UZUNLUĞU (m)			100
			BİRİM FİYAT YILI			2015
KAZI-DOLGU						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	15.D.61	Küskülük ve kayadan başka her cins zeminde boru hendeği kazısı	m^3	33,532	4,36	146,20
2	15.D.62	Her cins küskülük zeminde boru hendek kazısı	m^3	125,745	7,83	984,58
3	15.D.63	Her cins kayalık zeminde boru hendek kazısı	m^3	8,383	21,18	177,55
4	15.040	Makine ile kayadan başka her cins zeminin rörprizi	m^3	119,458	1,17	139,77
5	15.D/4.1	El ile tuvenan kum-çakıl serilmesi	m^3	21,374	14,31	305,86
6	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	21,374	7,19	153,68
7	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	55,158	7,19	396,58
8	14.1714/1	Kazı malzemesinden makine ile hendek ve temel dolgusu yapılması	m^3	70,700	8,52	602,36
					Kazı-Dolgu Toplamı	2.906,59
BORU İMALAT						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	38.D.603/2	16 ATM Basınç Dayanımlı Ø500 mm Anma Çaplı Çelik Boru Bedeli	m	100,00	181,25	18.125,00
2	36. 06016	Çapı 500 mm, çelik boruların döşenmesi	m	100,00	24,22	2.422,00
3	08. 71216	Çapı 500 mm, çelik boru döşenmeden önce basınç deneyi yapılması	m	100,00	4,90	490,00
4	36. 02038	Çapı 500 mm , Et Kalınlığı 10 mm, Çelik boru başlarının kaynakla bağlanması	m	100,00	15,89	1.588,85
					Boru İmalat Toplamı	**22.625,85**
NAKLİYE						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	07.006	Kum-çakıl nakli	ton	44,448	4,62	205,35
2	07.006	Çelik boru nakli	ton	5,588	110,56	617,81
					Nakliye Toplamı	**823,16**
					GENEL TOPLAM	**26.355,60**
					1 M TUTARI	**263,56**

Ø550 MM ÇELİK BORULARIN TEMİNİ, DÖŞENMESİ VE HENDEĞİN TEŞKİLİ ANALİZİ			BORU CİNSİ			ÇELİK
			ANMA ÇAPI (mm)			550
			ANALİZ UZUNLUĞU (m)			100
			BİRİM FİYAT YILI			2015
KAZI-DOLGU						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	15.D.61	Küskülük ve kayadan başka her cins zeminde boru hendeği kazısı	m^3	36,252	4,36	158,06
2	15.D.62	Her cins küskülük zeminde boru hendek kazısı	m^3	135,945	7,83	1064,45
3	15.D.63	Her cins kayalık zeminde boru hendek kazısı	m^3	9,063	21,18	191,95
4	15.040	Makine ile kayadan başka her cins zeminin rörprizi	m^3	129,148	1,17	151,10
5	15.D/4.1	El ile tuvenan kum-çakıl serilmesi	m^3	22,142	14,31	316,86
6	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	22,142	7,19	159,20
7	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	60,287	7,19	433,47
8	14.1714/1	Kazı malzemesinden makine ile hendek ve temel dolgusu yapılması	m^3	74,200	8,52	632,18
					Kazı-Dolgu Toplamı	**3107,28**
BORU İMALAT						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	38.D.603/3	16 ATM Basınç Dayanımlı Ø550 mm Anma Çaplı Çelik Boru Bedeli	m	100,00	197,50	19.750,00
2		Çapı 550 mm, çelik boruların döşenmesi	m	100,00	28,52	2.852,00
3	08. 71217	Çapı 550 mm, çelik boru döşenmeden önce basınç deneyi yapılması	m	100,00	5,30	530,00
4		Çapı 550 mm , Et Kalınlığı 10 mm, Çelik boru başlarının kaynakla bağlanması	m	100,00	17,11	1.711,47
					Boru İmalat Toplamı	**24.843,47**
NAKLİYE						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	07.006	Kum-çakıl nakli	ton	43,984	4,62	203,21
2	07.006	Çelik boru nakli	ton	6,831	110,56	755,24
					Nakliye Toplamı	958,44
					GENEL TOPLAM	28.909,19
					1 M TUTARI	289,09

Ø600 MM ÇELİK BORULARIN TEMİNİ, DÖŞENMESİ VE HENDEĞİN TEŞKİLİ ANALİZİ	BORU CİNSİ	ÇELİK
	ANMA ÇAPI (mm)	600
	ANALİZ UZUNLUĞU (m)	100
	BİRİM FİYAT YILI	2015

KAZI-DOLGU

No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birimi	Miktarı	B. Fiyatı	Tutarı
1	15.D.61	Küskülük ve kayadan başka her cins zeminde boru hendeği kazısı	m^3	39,072	4,36	170,35
2	15.D.62	Her cins küskülük zeminde boru hendek kazısı	m^3	146,520	7,83	1.147,25
3	15.D.63	Her cins kayalık zeminde boru hendek kazısı	m^3	9,768	21,18	206,89
4	15.040	Makine ile kayadan başka her cins zeminin rörprizi	m^3	139,194	1,17	162,86
5	15.D/4.1	El ile tuvenan kum-çakıl serilmesi	m^3	23,985	14,31	343,23
6	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	23,985	7,19	172,45
7	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	64,450	7,19	463,40
8	14.1714/1	Kazı malzemesinden makine ile hendek ve temel dolgusu yapılması	m^3	77,700	8,52	662,00
					Kazı-Dolgu Toplamı	**3.328,43**

BORU İMALAT

No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birimi	Miktarı	B. Fiyatı	Tutarı
1	38.D.603/4	16 ATM Basınç Dayanımlı Ø600 mm Anma Çaplı Çelik Boru Bedeli	m	100,00	211,25	21.125,00
2	36. 06018	Çapı 600 mm, çelik boruların döşenmesi	m	100,00	32,82	3.282,00
3	08. 71218	Çapı 600 mm, çelik boru döşenmeden önce basınç deneyi yapılması	m	100,00	6,50	650,00
4	36. 02057	Çapı 600 mm , Et Kalınlığı 10 mm, Çelik boru başlarının kaynakla bağlanması	m	100,00	18,34	1.834,08
					Boru İmalat Toplamı	**26.891,08**

NAKLİYE

No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birimi	Miktarı	B. Fiyatı	Tutarı
1	07.006	Kum-çakıl nakli	ton	43,104	4,62	199,14
2	07.006	Çelik boru nakli	ton	7,460	110,56	824,78
					Nakliye Toplamı	1.023,92
					GENEL TOPLAM	31.243,43
					1 M TUTARI	312,43

Ø700 MM ÇELİK BORULARIN TEMİNİ, DÖŞENMESİ VE HENDEĞİN TEŞKİLİ ANALİZİ			BORU CİNSİ			ÇELİK
			ANMA ÇAPI (mm)			700
			ANALİZ UZUNLUĞU (m)			100
			BİRİM FİYAT YILI			2015
KAZI-DOLGU						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	15.D.61	Küskülük ve kayadan başka her cins zeminde boru hendeği kazısı	m^3	49,256	4,36	214,76
2	15.D.62	Her cins küskülük zeminde boru hendek kazısı	m^3	184,710	7,83	1.446,28
3	15.D.63	Her cins kayalık zeminde boru hendek kazısı	m^3	12,314	21,18	260,81
4	15.040	Makine ile kayadan başka her cins zeminin rörprizi	m^3	175,475	1,17	205,31
5	15.D/4.1	El ile tuvenan kum-çakıl serilmesi	m^3	33,083	14,31	473,42
6	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	33,083	7,19	237,87
7	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	81,905	7,19	588,90
8	14.1714/1	Kazı malzemesinden makine ile hendek ve temel dolgusu yapılması	m^3	91,700	8,52	781,28
					Kazı-Dolgu Toplamı	4.208,62
BORU İMALAT						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	38.D.603/6	16 ATM Basınç Dayanımlı Ø700 mm Anma Çaplı Çelik Boru Bedeli	m	100,00	233,75	23.375,00
2	36. 06019	Çapı 700 mm, çelik boruların döşenmesi	m	100,00	39,44	3.944,00
3	08. 71219	Çapı 700 mm, çelik boru döşenmeden önce basınç deneyi yapılması	m	100,00	8,20	820,00
4	36. 02075	Çapı 700 mm , Et Kalınlığı 10 mm, Çelik boru başlarının kaynakla bağlanması	m	100,00	21,68	2.168,43
					Boru İmalat Toplamı	**30.307,43**
NAKLİYE						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	07.006	Kum-çakıl nakli	ton	49,936	4,62	230,70
2	07.006	Çelik boru nakli	ton	9,069	110,56	1.002,67
					Nakliye Toplamı	1.233,37
					GENEL TOPLAM	34.516,05
					1 M TUTARI	345,16

EK 10 YYPE BORU İNŞA MALİYETLERİ

Ø400 MM HDPE BORULARIN TEMİNİ, DÖŞENMESİ VE HENDEĞİN TEŞKİLİ ANALİZİ	BORU CİNSİ	HDPE
	ANMA ÇAPI (mm)	400
	ANALİZ UZUNLUĞU (m)	100
	BİRİM FİYAT YILI	2015

KAZI-DOLGU

No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birimi	Miktarı	B. Fiyatı	Tutarı
1	15.D.61	Küskülük ve kayadan başka her cins zeminde boru hendeği kazısı	m^3	24,800	4,36	108,13
2	15.D.62	Her cins küskülük zeminde boru hendek kazısı	m^3	93,000	7,83	728,19
3	15.D.63	Her cins kayalık zeminde boru hendek kazısı	m^3	6,200	21,18	131,32
4	15.040	Makine ile kayadan başka her cins zeminin rörprizi	m^3	88,350	1,17	103,37
5	15.D/4.1	El ile tuvenan kum-çakıl serilmesi	m^3	15,658	14,31	224,07
6	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	15,658	7,19	112,58
7	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	27,775	7,19	199,70
8	14.1714/1	Kazı malzemesinden makine ile hendek ve temel dolgusu yapılması	m^3	68,000	8,52	579,36
					Kazı-Dolgu Toplamı	**2.186,72**

BORU İMALAT

No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birimi	Miktarı	B. Fiyatı	Tutarı
1	38.D.300/G.10A	16 ATM Basınç Dayanımlı Ø400 mm Anma Çaplı HDPE Boru Bedeli	m	100,00	218,75	21.875,00
2	36. 08917	Çapı 400 mm, HDPE boruların döşenmesi	m	100,00	12,27	1.227,00
3	08. 73264	Çapı 400 mm, HDPE boru döşenmeden önce basınç deneyi yapılması	m	100,00	4,90	490,00
4	36. 02147	Çapı 400 mm, HDPE boru ve özel parça başlarının alın kaynağı ile eklenmesi	m	100,00	9,64	964,01
					Boru İmalat Toplamı	24.556,01

NAKLİYE

No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birimi	Miktarı	B. Fiyatı	Tutarı
1	07.006	Kum-çakıl nakli	ton	36,928	4,62	170,61
2	07.006	HDPE boru nakli	ton	4,353	138,11	601,19
					Nakliye Toplamı	771,80
					GENEL TOPLAM	27.514,54
					1 M TUTARI	275,15

Ø450 MM HDPE BORULARIN TEMİNİ, DÖŞENMESİ VE HENDEĞİN TEŞKİLİ ANALİZİ			BORU CİNSİ			HDPE
			ANMA ÇAPI (mm)			450
			ANALİZ UZUNLUĞU (m)			100
			BİRİM FİYAT YILI			2015

KAZI-DOLGU

No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birimi	Miktarı	B. Fiyatı	Tutarı
1	15.D.61	Küskülük ve kayadan başka her cins zeminde boru hendeği kazısı	m^3	27,200	4,36	118,59
2	15.D.62	Her cins küskülük zeminde boru hendek kazısı	m^3	102,000	7,83	798,66
3	15.D.63	Her cins kayalık zeminde boru hendek kazısı	m^3	6,800	21,18	144,02
4	15.040	Makine ile kayadan başka her cins zeminin rörprizi	m^3	96,900	1,17	113,37
5	15.D/4.1	El ile tuvenan kum-çakıl serilmesi	m^3	17,255	14,31	246,92
6	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	17,255	7,19	124,06
7	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	30,591	7,19	219,95
8	14.1714/1	Kazı malzemesinden makine ile hendek ve temel dolgusu yapılması	m^3	72,250	8,52	615,57
					Kazı-Dolgu Toplamı	**2.381,15**

BORU İMALAT

No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birimi	Miktarı	B. Fiyatı	Tutarı
1	38.D.300/G.10.1A	16 ATM Basınç Dayanımlı Ø450 mm Anma Çaplı HDPE Boru Bedeli	m	100,00	280,00	28.000,00
2	36. 08918	Çapı 450 mm, HDPE boruların döşenmesi	m	100,00	13,03	1.303,00
3	08. 73265	Çapı 450 mm, HDPE boru döşenmeden önce basınç deneyi yapılması	m	100,00	5,90	590,00
4	36. 02148	Çapı 450 mm, HDPE boru ve özel parça başlarının alın kaynağı ile eklenmesi	m	100,00	10,91	1.091,30
					Boru İmalat Toplamı	**30.984,30**

NAKLİYE

No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birimi	Miktarı	B. Fiyatı	Tutarı
1	07.006	Kum-çakıl nakli	ton	37,120	4,62	171,49
2	07.006	HDPE boru nakli	ton	5,517	138,11	761,95
					Nakliye Toplamı	**933,45**
					GENEL TOPLAM	**34.127,40**
					1 M TUTARI	**341,27**

Ø500 MM HDPE BORULARIN TEMİNİ, DÖŞENMESİ VE HENDEĞİN TEŞKİLİ ANALİZİ			BORU CİNSİ			HDPE
			ANMA ÇAPI (mm)			500
			ANALİZ UZUNLUĞU (m)			100
			BİRİM FİYAT YILI			2015

KAZI-DOLGU

No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birimi	Miktarı	B. Fiyatı	Tutarı
1	15.D.61	Küskülük ve kayadan başka her cins zeminde boru hendeği kazısı	m^3	29,700	4,36	129,49
2	15.D.62	Her cins küskülük zeminde boru hendek kazısı	m^3	111,375	7,83	872,07
3	15.D.63	Her cins kayalık zeminde boru hendek kazısı	m^3	7,425	21,18	157,26
4	15.040	Makine ile kayadan başka her cins zeminin rörprizi	m^3	105,806	1,17	123,79
5	15.D/4.1	El ile tuvenan kum-çakıl serilmesi	m^3	18,916	14,31	270,69
6	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	18,916	7,19	136,01
7	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	33,449	7,19	240,50
8	14.1714/1	Kazı malzemesinden makine ile hendek ve temel dolgusu yapılması	m^3	76,500	8,52	651,78
					Kazı-Dolgu Toplamı	**2.581,59**

BORU İMALAT

No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birimi	Miktarı	B. Fiyatı	Tutarı
1	38.D.300/G.11A	16 ATM Basınç Dayanımlı Ø500 mm Anma Çaplı HDPE Boru Bedeli	m	100,00	341,25	34.125,00
2	36. 08919	Çapı 500 mm, HDPE boruların döşenmesi	m	100,00	15,01	1.501,00
3	08. 73266	Çapı 500 mm, HDPE boru döşenmeden önce basınç deneyi yapılması	m	100,00	6,80	680,00
4	36. 02149	Çapı 500 mm, HDPE boru ve özel parça başlarının alın kaynağı ile eklenmesi	m	100,00	12,64	1.264,10
					Boru İmalat Toplamı	**37.570,10**

NAKLİYE

No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birimi	Miktarı	B. Fiyatı	Tutarı
1	07.006	Kum-çakıl nakli	ton	36,896	4,62	170,46
2	07.006	HDPE boru nakli	ton	6,804	138,11	939,70
					Nakliye Toplamı	**1.110,16**
					GENEL TOPLAM	**41.261,84**
					1 M TUTARI	**412,62**

Ø560 MM HDPE BORULARIN TEMİNİ, DÖŞENMESİ VE HENDEĞİN TEŞKİLİ ANALİZİ			BORU CİNSİ			HDPE
			ANMA ÇAPI (mm)			560
			ANALİZ UZUNLUĞU (m)			100
			BİRİM FİYAT YILI			2015
KAZI-DOLGU						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	15.D.61	Küskülük ve kayadan başka her cins zeminde boru hendeği kazısı	m^3	32,832	4,36	143,15
2	15.D.62	Her cins küskülük zeminde boru hendek kazısı	m^3	123,120	7,83	964,03
3	15.D.63	Her cins kayalık zeminde boru hendek kazısı	m^3	8,208	21,18	173,85
4	15.040	Makine ile kayadan başka her cins zeminin rörprizi	m^3	116,964	1,17	136,85
5	15.D/4.1	El ile tuvenan kum-çakıl serilmesi	m^3	19,842	14,31	283,95
6	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	19,842	7,19	142,67
7	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	38,087	7,19	273,85
8	14.1714/1	Kazı malzemesinden makine ile hendek ve temel dolgusu yapılması	m^3	81,600	8,52	695,23
					Kazı-Dolgu Toplamı	**2.813,56**
BORU İMALAT						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	38.D.300/G.11.1A	16 ATM Basınç Dayanımlı Ø560 mm Anma Çaplı HDPE Boru Bedeli	m	100,00	434,14	43.414,00
2	36. 08920	Çapı 560 mm, HDPE boruların döşenmesi	m	100,00	15,49	1.549,00
3	08. 73267	Çapı 560 mm, HDPE boru döşenmeden önce basınç deneyi yapılması	m	100,00	7,80	780,00
4	36. 02150	Çapı 560 mm, HDPE boru ve özel parça başlarının alın kaynağı ile eklenmesi	m	100,00	15,23	1.523,33
					Boru İmalat Toplamı	**47.266,33**
NAKLİYE						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	07.006	Kum-çakıl nakli	ton	36,112	4,62	166,84
2	07.006	HDPE boru nakli	ton	8,528	138,11	1.177,80
					Nakliye Toplamı	**1.344,64**
					GENEL TOPLAM	**51.424,54**
					1 M TUTARI	**514,25**

Ø630 MM HDPE BORULARIN TEMİNİ, DÖŞENMESİ VE HENDEĞİN TEŞKİLİ ANALİZİ			BORU CİNSİ			HDPE
			ANMA ÇAPI (mm)			630
			ANALİZ UZUNLUĞU (m)			100
			BİRİM FİYAT YILI			2015

KAZI-DOLGU

No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birimi	Miktarı	B. Fiyatı	Tutarı
1	15.D.61	Küskülük ve kayadan başka her cins zeminde boru hendeği kazısı	m^3	43,788	4,36	190,92
2	15.D.62	Her cins küskülük zeminde boru hendek kazısı	m^3	164,205	7,83	1.285,73
3	15.D.63	Her cins kayalık zeminde boru hendek kazısı	m^3	10,947	21,18	231,86
4	15.040	Makine ile kayadan başka her cins zeminin rörprizi	m^3	155,995	1,17	182,51
5	15.D/4.1	El ile tuvenan kum-çakıl serilmesi	m^3	26,688	14,31	381,91
6	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	26,688	7,19	191,89
7	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	56,529	7,19	406,45
8	14.1714/1	Kazı malzemesinden makine ile hendek ve temel dolgusu yapılması	m^3	104,550	8,52	890,77
					Kazı-Dolgu Toplamı	**3.762,02**

BORU İMALAT

No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birimi	Miktarı	B. Fiyatı	Tutarı
1	38.D.300/G.12A	16 ATM Basınç Dayanımlı Ø630 mm Anma Çaplı HDPE Boru Bedeli	m	100,00	542,50	54.250,00
2	36. 08921	Çapı 630 mm, HDPE boruların döşenmesi	m	100,00	14,35	1.435,00
3	08. 73268	Çapı 630 mm, HDPE boru döşenmeden önce basınç deneyi yapılması	m	100,00	9,10	910,00
4	36. 02151	Çapı 630 mm, HDPE boru ve özel parça başlarının alın kaynağı ile eklenmesi	m	100,00	17,53	1.753,40
					Boru İmalat Toplamı	**58.348,40**

NAKLİYE

No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birimi	Miktarı	B. Fiyatı	Tutarı
1	07.006	Kum-çakıl nakli	ton	50,848	4,62	234,92
2	07.006	HDPE boru nakli	ton	10,802	138,11	1.491,86
					Nakliye Toplamı	**1.726,78**
					GENEL TOPLAM	**63.837,20**
					1 M TUTARI	**638,37**

Ø710 MM HDPE BORULARIN TEMİNİ, DÖŞENMESİ VE HENDEĞİN TEŞKİLİ ANALİZİ			BORU CİNSİ			HDPE
			ANMA ÇAPI (mm)			710
			ANALİZ UZUNLUĞU (m)			100
			BİRİM FİYAT YILI			2015
KAZI-DOLGU						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	15.D.61	Küskülük ve kayadan başka her cins zeminde boru hendeği kazısı	m^3	48,732	4,36	212,47
2	15.D.62	Her cins küskülük zeminde boru hendek kazısı	m^3	182,745	7,83	1.430,89
3	15.D.63	Her cins kayalık zeminde boru hendek kazısı	m^3	12,183	21,18	258,04
4	15.040	Makine ile kayadan başka her cins zeminin rörprizi	m^3	173,608	1,17	203,12
5	15.D/4.1	El ile tuvenan kum-çakıl serilmesi	m^3	30,463	14,31	435,93
6	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	30,463	7,19	219,03
7	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	62,255	7,19	447,61
8	14.1714/1	Kazı malzemesinden makine ile hendek ve temel dolgusu yapılması	m^3	111,350	8,52	948,70
					Kazı-Dolgu Toplamı	**4.155,80**
BORU İMALAT						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1		16 ATM Basınç Dayanımlı Ø710 mm Anma Çaplı HDPE Boru Bedeli	m	100,00	655,11	65.511,00
2	36. 08922	Çapı 710 mm, HDPE boruların döşenmesi	m	100,00	14,05	1.405,00
3	08. 73269	Çapı 710 mm, HDPE boru döşenmeden önce basınç deneyi yapılması	m	100,00	11,60	1.160,00
4	36. 02152	Çapı 710 mm, HDPE boru ve özel parça başlarının alın kaynağı ile eklenmesi	m	100,00	18,33	1.833,08
					Boru İmalat Toplamı	**69.909,08**
NAKLİYE						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	07.006	Kum-çakıl nakli	ton	48,736	4,62	225,16
2	07.006	HDPE boru nakli	ton	13,735	138,11	1.896,94
					Nakliye Toplamı	**2.122,10**
					GENEL TOPLAM	**76.186,98**
					1 M TUTARI	**761,87**

EK 11 CTP BORU İNŞA MALİYETLERİ

Ø400 MM CTP BORULARIN TEMİNİ, DÖŞENMESİ VE HENDEĞİN TEŞKİLİ ANALİZİ			BORU CİNSİ			CTP
			ANMA ÇAPI (mm)			400
			ANALİZ UZUNLUĞU (m)			100
			BİRİM FİYAT YILI			2015
KAZI-DOLGU						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	15.D.61	Küskülük ve kayadan başka her cins zeminde boru hendeği kazısı	m^3	34,402	4,36	149,99
2	15.D.62	Her cins küskülük zeminde boru hendek kazısı	m^3	129,008	7,83	1.010,13
3	15.D.63	Her cins kayalık zeminde boru hendek kazısı	m^3	8,601	21,18	182,16
4	15.040	Makine ile kayadan başka her cins zeminin rörprizi	m^3	122,557	1,17	143,39
5	15.D/4.1	El ile tuvenan kum-çakıl serilmesi	m^3	29,581	14,31	423,30
6	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	29,581	7,19	212,69
7	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	55,807	7,19	401,25
8	14.1714/1	Kazı malzemesinden makine ile hendek ve temel dolgusu yapılması	m^3	72,100	8,52	614,29
					Kazı-Dolgu Toplamı	**3.137,20**
BORU İMALAT						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	38.D/258B	16 ATM Basınç Dayanımlı Ø400 mm Anma Çaplı CTP Boru Bedeli SN5000	m	100,00	118,75	11.875,00
2	36. 08713	Çapı 400 mm, CTP boruların döşenmesi	m	100,00	10,99	1.099,00
3	08. 73281	Çapı 400 mm, CTP boru döşenmeden önce basınç deneyi yapılması	m	100,00	9,4	940,00
4	36. 02311	Çapı 400 mm, CTP boru ve Özel Parça Başlarının Bağlanması	m	100,00	8,87	887,00
					Boru İmalat Toplamı	**14.801,00**
NAKLİYE						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	07.006	Kum-çakıl nakli	ton	55,888	4,62	258,20
2	07.006	CTP boru nakli	ton	1,890	18,37	34,72
					Nakliye Toplamı	**292,92**
					GENEL TOPLAM	**18.231,13**
					1 M TUTARI	**182,31**

Ø450 MM CTP BORULARIN TEMİNİ, DÖŞENMESİ VE HENDEĞİN TEŞKİLİ ANALİZİ			BORU CİNSİ			CTP
			ANMA ÇAPI (mm)			450
			ANALİZ UZUNLUĞU (m)			100
			BİRİM FİYAT YILI			2015
KAZI-DOLGU						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	15.D.61	Küskülük ve kayadan başka her cins zeminde boru hendeği kazısı	m^3	36,936	4,36	161,04
2	15.D.62	Her cins küskülük zeminde boru hendek kazısı	m^3	138,510	7,83	1.084,53
3	15.D.63	Her cins kayalık zeminde boru hendek kazısı	m^3	9,234	21,18	195,58
4	15.040	Makine ile kayadan başka her cins zeminin rörprizi	m^3	131,585	1,17	153,95
5	15.D/4.1	El ile tuvenan kum-çakıl serilmesi	m^3	30,756	14,31	440,12
6	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	30,756	7,19	221,14
7	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	60,228	7,19	433,04
8	14.1714/1	Kazı malzemesinden makine ile hendek ve temel dolgusu yapılması	m^3	75,600	8,52	644,11
					Kazı-Dolgu Toplamı	**3.333,51**
BORU İMALAT						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1		16 ATM Basınç Dayanımlı Ø450 mm Anma Çaplı CTP Boru Bedeli SN5000	m	100,00	137,82	13.782,00
2	36. 08714	Çapı 450 mm, CTP boruların döşenmesi	m	100,00	11,72	1.172,00
3	08. 73282	Çapı 450 mm, CTP boru döşenmeden önce basınç deneyi yapılması	m	100,00	10,9	1.090,00
4	36. 02312	Çapı 450 mm, CTP boru ve Özel Parça Başlarının Bağlanması	m	100,00	8,99	899,00
					Boru İmalat Toplamı	**16.943,00**
NAKLİYE						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	07.006	Kum-çakıl nakli	ton	56,000	4,62	258,72
2	07.006	CTP boru nakli	ton	2,340	18,37	42,99
					Nakliye Toplamı	**301,71**
					GENEL TOPLAM	**20.578,22**
					1 M TUTARI	**205,78**

Ø500 MM CTP BORULARIN TEMİNİ, DÖŞENMESİ VE HENDEĞİN TEŞKİLİ ANALİZİ			BORU CİNSİ			CTP
			ANMA ÇAPI (mm)			500
			ANALİZ UZUNLUĞU (m)			100
			BİRİM FİYAT YILI			2015
KAZI-DOLGU						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	15.D.61	Küskülük ve kayadan başka her cins zeminde boru hendeği kazısı	m^3	46,550	4,36	202,96
2	15.D.62	Her cins küskülük zeminde boru hendek kazısı	m^3	174,563	7,83	1.366,82
3	15.D.63	Her cins kayalık zeminde boru hendek kazısı	m^3	11,638	21,18	246,48
4	15.040	Makine ile kayadan başka her cins zeminin rörprizi	m^3	165,834	1,17	194,03
5	15.D/4.1	El ile tuvenan kum-çakıl serilmesi	m^3	37,896	14,31	542,29
6	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	37,896	7,19	272,47
7	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	79,692	7,19	572,99
8	14.1714/1	Kazı malzemesinden makine ile hendek ve temel dolgusu yapılması	m^3	93,100	8,52	793,21
					Kazı-Dolgu Toplamı	**4.191,25**
BORU İMALAT						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1		16 ATM Basınç Dayanımlı Ø500 mm Anma Çaplı CTP Boru Bedeli SN5000	m	100,00	156,88	15.688,00
2	36. 08715	Çapı 500 mm, CTP boruların döşenmesi	m	100,00	13,66	1.366,00
3	08. 73283	Çapı 500 mm, CTP boru döşenmeden önce basınç deneyi yapılması	m	100,00	12,30	1.230,00
4	36. 02313	Çapı 500 mm, CTP boru ve Özel Parça Başlarının Bağlanması	m	100,00	9,11	911,00
					Boru İmalat Toplamı	**19.195,00**
NAKLİYE						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	07.006	Kum-çakıl nakli	ton	71,776	4,62	331,61
2	07.006	CTP boru nakli	ton	2,89	18,37	53,09
					Nakliye Toplamı	**384,69**
					GENEL TOPLAM	**23.770,94**
					1 M TUTARI	**237,71**

Ø600 MM CTP BORULARIN TEMİNİ, DÖŞENMESİ VE HENDEĞİN TEŞKİLİ ANALİZİ			BORU CİNSİ			CTP
			ANMA ÇAPI (mm)			600
			ANALİZ UZUNLUĞU (m)			100
			BİRİM FİYAT YILI			2015
KAZI-DOLGU						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	15.D.61	Küskülük ve kayadan başka her cins zeminde boru hendeği kazısı	m^3	51,972	4,36	226,60
2	15.D.62	Her cins küskülük zeminde boru hendek kazısı	m^3	194,895	7,83	1.526,03
3	15.D.63	Her cins kayalık zeminde boru hendek kazısı	m^3	12,993	21,18	275,19
4	15.040	Makine ile kayadan başka her cins zeminin rörprizi	m^3	185,150	1,17	216,63
5	15.D/4.1	El ile tuvenan kum-çakıl serilmesi	m^3	39,857	14,31	570,36
6	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	39,857	7,19	286,57
7	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	90,412	7,19	650,06
8	14.1714/1	Kazı malzemesinden makine ile hendek ve temel dolgusu yapılması	m^3	99,400	8,52	846,89
					Kazı-Dolgu Toplamı	**4.598,33**
BORU İMALAT						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	38.D/259B	16 ATM Basınç Dayanımlı Ø600 mm Anma Çaplı CTP Boru Bedeli SN5000	m	100,00	195,00	19.500,00
2	36. 08716	Çapı 600 mm, CTP boruların döşenmesi	m	100,00	14,14	1.414,00
3	08. 73284	Çapı 600 mm, CTP boru döşenmeden önce basınç deneyi yapılması	m	100,00	16,00	1.600,00
4	36. 02314	Çapı 600 mm, CTP boru ve Özel Parça Başlarının Bağlanması	m	100,00	9,35	935,00
					Boru İmalat Toplamı	**23.449,00**
NAKLİYE						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	07.006	Kum-çakıl nakli	ton	71,232	4,62	329,09
2	07.006	CTP boru nakli	ton	3,480	18,37	63,93
					Nakliye Toplamı	**393,02**
					GENEL TOPLAM	**28.440,35**
					1 M TUTARI	**284,40**

Ø700 MM CTP BORULARIN TEMİNİ, DÖŞENMESİ VE HENDEĞİN TEŞKİLİ ANALİZİ			BORU CİNSİ			CTP
			ANMA ÇAPI (mm)			700
			ANALİZ UZUNLUĞU (m)			100
			BİRİM FİYAT YILI			2015
KAZI-DOLGU						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	15.D.61	Küskülük ve kayadan başka her cins zeminde boru hendeği kazısı	m^3	58,064	4,36	253,16
2	15.D.62	Her cins küskülük zeminde boru hendek kazısı	m^3	217,740	7,83	1.704,90
3	15.D.63	Her cins kayalık zeminde boru hendek kazısı	m^3	14,516	21,18	307,45
4	15.040	Makine ile kayadan başka her cins zeminin rörprizi	m^3	206,853	1,17	242,02
5	15.D/4.1	El ile tuvenan kum-çakıl serilmesi	m^3	41,901	14,31	599,61
6	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	41,901	7,19	301,27
7	14.018	Dolguya getirilen ve serilen her cins kazının elle tokmaklanarak sıkıştırılması	m^3	101,304	7,19	728,37
8	14.1714/1	Kazı malzemesinden makine ile hendek ve temel dolgusu yapılması	m^3	106,400	8,52	906,53
					Kazı-Dolgu Toplamı	**5.043,31**
BORU İMALAT						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1		16 ATM Basınç Dayanımlı Ø700 mm Anma Çaplı CTP Boru Bedeli SN5000	m	100,00	244,38	24.438,00
2		Çapı 700 mm, CTP boruların döşenmesi	m	100,00	15,36	1.536,00
3		Çapı 700 mm, CTP boru döşenmeden önce basınç deneyi yapılması	m	100,00	20,20	2.020,00
4		Çapı 700 mm, CTP boru ve Özel Parça Başlarının Bağlanması	m	100,00	9,60	960,00
					Boru İmalat Toplamı	**28.954,00**
NAKLİYE						
No	**Poz No**	**İmalatın Cinsi**	**Birimi**	**Miktarı**	**B. Fiyatı**	**Tutarı**
1	07.006	Kum-çakıl nakli	ton	68,400	4,62	316,01
2	07.006	CTP boru nakli	ton	4,680	18,37	85,97
					Nakliye Toplamı	**401,98**
					GENEL TOPLAM	**34.399,29**
					1 M TUTARI	**343,99**