



HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/humder>

Kanalizasyon Şebekelerinde Kullanılan Boruların Hidrolik ve Maliyet Açısından Değerlendirilmesi

Evaluation of Sewage Network Pipes in Terms of Hydraulic and Cost Analysis

Yazar(lar) (Author(s)): Reşit Gerger¹, * , Hasan Tulpar¹, Mehmet Murat Toplamacı², Esra Gerger³

¹ ORCID ID: 0000-0002-8654-4310

² ORCID ID: 0000-0003-2349-005X

³ ORCID ID: 0000-0002-9231-1812

⁴ ORCID ID: 0000-0003-2264-4010

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Gerger R., Tulpar H., Toplamacı M.M., Gerger E., “Kanalizasyon Şebekelerinde Kullanılan Boruların Hidrolik ve Maliyet Açısından Değerlendirilmesi”, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 6(2): 91-101, (2021).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.gov.tr/humder/archive>



Kanalizasyon Şebekelerinde Kullanılan Boruların Hidrolik ve Maliyet Açısından Değerlendirilmesi

Reşit Gerger^{1*}, Hasan Tulpar¹, Mehmet Murat Toplamacı², Esra Gerger³

¹Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 63100, Haliliye/ŞANLIURFA

²Harran Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Ulaştırma Hizmetleri Bölümü, 63200, Eyyübiye/ŞANLIURFA

³Kastamonu Üniversitesi, Abana Sabahat-Mesut Yılmaz MYO, Yapı Denetimi Bölümü, 37970, Abana/KASTAMONU

Öz

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

Makale Bilgisi

Başvuru: 04/03/2021

Yayın: 31/08/2021

Anahtar Kelimeler

Kanalizasyon şebekeleri
Hidrolik hesap
Atık su borularının imalat
maliyetleri

Keywords

Sewage network
Hydraulic calculations
Production costs sewage
pipes

Evaluation of Sewage Network Pipes in Terms of Hydraulic and Cost Analysis

Abstract

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

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yerleşim bölgelerinde bulunan her türlü binalardan, sanayi kuruluşlarından sokak ve caddelerden gelen sıvı ve atık suları toplamaya, uzaklaştırmaya ve arıtma tesislerine iletmeye yarayan, yer altına döşenen birbirleri ile bağlantısı olan kanal sistemine kanalizasyon denir. Kanalizasyon günümüzde oluşmuş bir uygulama değildir. Geçmiş dönemlerde basit düzeyde de olsa farklı uygulamalara rastlanmaktadır. Örneğin, Urartular tarafından Van'ın Gürpınar ilçesine kurulan Çavuş Tepe Kalesi'nde, günümüzde kullanılan kanalizasyon sistemine büyük benzerlikler gösteren kanalizasyona ve ilk tuvalet sistemine rastlanmıştır [1]. Benzer

*İletişim yazarı, e-mail: rgerger@harran.edu.tr

şekilde Nippur ve Roma'da inşa edilen drenaj kanalları, önceleri caddelerden gelen yağmur sularını uzaklaştırmak ve sokakları yıkamak için yapılmışsa da bazı ev ve saraylardan bu kanallara bağlantı yapıldığına dair örneklerle rastlanmıştır [2].

Günümüzde kullanılan kanalizasyon sistemleri, iki farklı sistemde uygulanmaktadır. Bunlardan ilki binalardan, sanayiden gelen atık sular ile caddelerden gelen yağmur suyunun aynı boru kanalları ile toplandığı kanalizasyon sistemidir. Bu sisteme birleşik kanalizasyon sistemi adı verilir. İkincisi ise bina ve sanayilerden gelen atık sular için ayrı kanalın sokak ve caddelerden gelen yüzeysel sular için ayrı kanalın kullanıldığı kanalizasyon sistemidir. Bu sisteme de ayrı kanalizasyon sistemi adı verilir. Bu iki sistemin birbirlerine karşı avantaj ve dezavantajları olmasına karşın, günümüzde özellikle gelişmiş yerleşim yerlerinde ayrı kanalizasyon sistemi tercih edilmektedir. Bu iki ana sistemin dışında, başlangıç mecraları birleşik sistemde, daha sonraki kısımları ayrı sistemde tertiplenen karma sistemlerin uygulanması da mümkündür [3].

MÖ 5000 yıllarında suların yerleşim merkezlerinden uzaklaştırılması toprak, künk, ahşap ve taş borular ile yapılmaktaydı. Günümüzde ise teknolojiye ilerlemeyle birlikte kanalizasyon sistemlerinde daha çok beton borular, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı koruge borular ve cam takviyeli plastik (CTP) borular kullanılmaktadır.

Beton-betonarme boruların kullanılması büyük ölçüde 19. yüzyılda İngiltere, Fransa ve Amerika'da başlamıştır. Ülkemizde 1980'lere gelene dek el ile tokmaklanarak sıkıştırılan beton harcı künk adıyla üretilerek kanalizasyonlarda kullanılmıştır. İlk makineleşmeyle beraber büz adıyla üretilen beton borular, nispeten daha kaliteli ve ek parçalarıyla uygulama kolaylığı getirirse de mukavemet ve sızdırmazlık gibi önemli hususlar için yeterli gelmemiştir. Sanayileşen sektörün 1990'larda beton boru üretimine başlamasıyla; kalıcılık, düşük maliyet, uygulama kolaylığı gibi temel konular için performans artırıcı çözümler üretilmiştir.

HDPE esaslı koruge borular poliolefin grubu içerisindeki polipropilen ve polietilen hammaddelerinden üretilmektedir. Boru çapına göre halka mukavemetini artırmak için kullanılan hammadde değişiklik göstermektedir. Ø450 mm çapa kadar üretilen ekstrüde koruge boru, polietilen ve polipropilen hammaddelerinden üretilirken Ø500 mm çap ve üzerindeki sarmal koruge borular, polietilenden üretilmektedir. Bu boruların korozyona karşı dirençli olması, çatlamaya ve kimyasal maddelere karşı dayanımının yüksek olması, uzun ömürlü olması, elastik yapısı sayesinde deprem ve toprak hareketlerinden etkilenmemesi ile hafif olmaları sebebiyle nakliye ve montajının kolay olması önemli avantajlarındandır. Ancak bu borular, derin kazıların yapılması gerektiği kanalizasyon hatlarında kullanılması durumunda, üstündeki dolgu yüküne bağlı olarak deformasyona uğrayabilmektedir.

Cam takviyeli plastik (CTP), cam elyafı ile taşıyıcı bir matrisin birleştirilmesi ile elde edilen kompozit bir malzemedir. Bu borular, ortam koşullarına dayanıklı, esnek ama yeterli mekanik dayanıma sahip olmayan plastik (polyester reçine) ile yüksek mekanik dayanımlı cam elyafın bir araya getirilmesi ile elde edilir. Bu borular hafif olması sebebiyle yüklenmesi, nakliyesi, stoklanması ve montajı kolay ve ekonomiktir. Ayrıca korozyona karşı dayanımının yüksek olması ve kimyasallara karşı dirençli olması bu borunun avantajlarındandır.

Ülkemizde atık su tesislerinde genellikle beton ve plastik borular kullanılmaktadır. Kanalizasyon sistemlerinde kullanılması tasarlanan boruların avantaj ve dezavantajlarının iyi bilinmesi gerekir. Boru seçimi yapılırken; ekonomik ömrü, mukavemeti, yapım, bakım ve işletme özellikleri ve boru maliyeti gibi özellikler göz önüne alınmalıdır.

Oğuz ve Akşit [4], deniz deşarjı yapılarında kullanılan boru cinsleri için hidrolik ve ekonomik yönleri dikkate alarak geliştirilen bir bilgisayar programı yardımıyla en uygun boru seçimi yapmışlardır.

Bayraktar [5] yapmış olduğu çalışmada, Autocad altında çalışan lisp programı ile 4 ayrı zemin profiline göre, 7 farklı çapta ve 1 m uzunluğundaki atık su boruları için, ayrı ayrı metraj ve keşif yaparak maliyet hesaplamıştır. Farklı eğimlere göre kazı derinliği ile boru kesiti arasında mukayese yaparak, ters eğimli arazilerde boru kesitini arttırmaktansa, kazı derinliğinin fazla olmasının daha ekonomik olduğunu belirtmiştir.

Makeeva [6] yapmış olduğu çalışmada, farklı ülkelerdeki standartların kullanıcı tarafından girilebildiği bir kanalizasyon sisteminin hidrolik hesabı için bir bilgisayar programı geliştirmiştir.

Ceyhan [7] çalışmasında, mümkün olan boru çapı ve eğim kombinasyonlarını sunmak ve ekonomik değerlendirme yaparak bunların arasından en iyi alternatifi seçmek amacıyla; optimizasyon tekniğiyle maliyeti sonlandıran, nüfusa göre pis su miktarını hesaplayan, boru çapını, eğimi ve uygulama yükseltilerini bulan bir bilgisayar programı geliştirmiştir.

Efe [8], InfoWorks CS modelleme programını kullanarak, Bursa ili atık su ve yağmur suyu sistemlerinin modelleme çalışmasını yapmıştır. Yapılan çalışma ile atık su, yağmur suyu ve birleşik sistem toplayıcı hatlarının her birine ait model ve simülasyon örnekleri ile simülasyonlar sonucu karşılaşılan sorunlara yönelik çözüm önerileri sunulmuştur.

Kalkan [9] yaptığı çalışmada, pis su kanallarının projelendirmesi ve hidrolik hesapların yapılması için, İSKİ'nin de kullandığı Excel tablosunu, atık su ve yağmur suyunu projelendirmek için yapılmış msKanal programını ve sewerCAD programlarını kullanarak, uzaklaştırılacak olan su miktarını hesaplamakta ve bu miktar göz önüne alınarak boru çapı ve eğimi seçilmekte, ayrıca dökme derinliği hesaplanmaktadır. Daha sonra bu hesaplar arası karşılaştırma yaparak en uygun olanı göstermektedir.

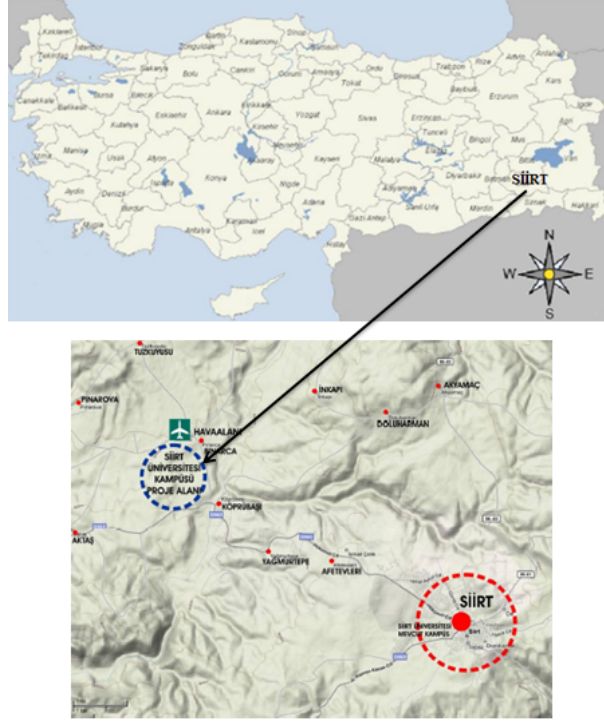
Gerger ve Toplamacı [10] yapmış oldukları çalışmada, içme suyu iletim hatlarında kullanılan boruların maliyete etkisini incelemişlerdir. İletim hatlarında çoğunlukla kullanılan çelik, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) ve cam elyaf takviyeli polyester (CTP) boruların farklı çapları için maliyet hesaplarını yapmışlardır. Yapılan hesaplamalarda maliyeti en düşük boru türünü CTP boru olarak belirlemişlerdir. CTP boruyu sırasıyla çelik ve HDPE borunun takip ettiğini ortaya koymuşlardır.

Bu çalışmada da kanalizasyon inşaatlarında en çok kullanılan borulardan; beton boru, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı koruge boru ve cam takviyeli plastik (CTP) boru için hidrolik ve maliyet açısından hesaplamalar yapılarak en uygun çözüm ortaya konulmaya çalışılmıştır. En uygun alternatifi belirleyebilmek için Siirt Üniversitesi yeni yerleşke alanı kanalizasyon şebekesi uygulama projesinin verileri kullanılmıştır. AutoCAD R14 altında çalışan paket bilgisayar programı yardımı ile söz konusu borular için ayrı ayrı hidrolik hesaplamalar yapılmış ve her cins boru için maliyet analizi yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar ve analizler sonucunda kanalizasyon tesislerinde hangi cins borunun kullanılması gerektiği hidrolik ve maliyet açısından irdelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Çalışma Alanı (Study Area)

Bu çalışmada, uygulama alanı olarak Siirt Üniversitesi yeni kampüs alanı seçilmiştir. Yerleşke alanı Siirt kentinin batısında, havaalanının güneyinde, Pınarca Köyü sınırları içerisinde, şehir merkezine yaklaşık 9,5 km uzaklıkta olup, yaklaşık 165 hektarlık bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma Alanı

2.2. Atık Su Debisi ve Ek Debi Hesabı (Calculation of Waste Water Streamflow and Additional Streamflow)

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

Şehrin içme suyu temini projesinde hesaplanan iletim debisi (Q_{iletim}) kanalizasyon sisteminin boyutlandırılmasına esas olan en önemli debidir. Yerleşim yerlerine dağıtılan suyun az bir kısmı (buharlaştır, bahçe sulanır vb.) su toplama ağına dönmez. Kanala dönen su miktarının, dağıtılan suya oranı P_1 katsayısı ile tanımlanır. Özel durumlar olmazsa, emniyetli tarafta kalmak için dağıtılan suyun tamamının kanallara ulaştığı kabul edilir ve $P_1=1$ değeri kullanılır. Bir günde dağıtılan suyun daha kısa bir zaman aralığında kanalizasyon sistemine dönebileceği ise P_2 katsayısı ile tanımlanır. Bu katsayı kente 24 saatte verilecek suyun T_d saat kadar sürede geriye dönmesi esasına göre bulunur. Çoğunlukla 24 saatte dağıtılan suyun $T_d=12$ saatte geriye döneceği kabul edilir ve böylece $P_2=24/12=2$ değeri hesaplarda kullanılır.

Q_{iletim} , P_1 , P_2 değerleri saptandıktan sonra atık su (pis su) debisi:

$$Q_{atıksu} = P_1 \cdot P_2 \cdot Q_{iletim} \quad (1)$$

ile belirlenir. Atık su debisinden başka kullanılmış su toplama ağına gelecek debiler ek debi olarak adlandırılır. Örneğin; su dağıtım şebekesinden verilen uç debilerin kullanılmış su olarak dönen miktarları veya kendi su alma tesisinden su alan bir fabrikanın kullanılmış suları hesaplarda ek debi olarak kullanılır. Ek debiler çoğunlukla endüstriden geldiğinden dolayı hesap tablosunda ek debi Q_{end} ile gösterilir. Ek debileri oluşturan çeşitli tesislere ait atık su miktarları İller Bankası Teknik Şartnamelerindeki tesis özelliğine göre oluşturulmuş tablolardan yararlanılarak belirlenmektedir.

2.3. Atık Su Hidrolik Hesabı (Hydraulic Calculation of Waste Water)

Kanalizasyon sistemlerinde çeşitli boru türleri kullanılmaktadır. Bu boru türlerini en uygun çaplarda boyutlandırabilmek için hidrolik hesaplar yapılmaktadır. Açık kanallardaki akımla ilgili teorik formüllerdeki sürtünme faktörleri hakkında kesin bilgilerin mevcut olmaması sebebiyle, atık su

kanallarında ampirik formüller kullanılmaktadır. Genellikle hidrolik hesaplamalar için Gauckler-Manning-Strickler ve Kutter formülleri kullanılmaktadır. Gauckler-Manning-Strickler formülü;

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

şeklinde ifade edilir. Denklem 2’de V (m/s) akış hızını, n boru cinsine göre pürüzlülük katsayısını, R (m) hidrolik yarıçapı, J (m/m) ise boru taban eğimini göstermektedir. Denklemdeki hidrolik yarıçap (R), akım borusu en kesit alanının A(m²), akım borusunu çevreleyen katı yüzeyin uzunluğuna (ıslak çevre) u (m) oranı olarak tanımlanır (Denklem 3).

$$R = \frac{A}{u} \quad (3)$$

Kutter formülü ise;

$$V = \frac{100\sqrt{R}}{m+\sqrt{R}} \cdot \sqrt{J \cdot R} \quad (4)$$

İle ifade edilir. Denklem 4’teki V(m/s) akış hızını, R(m) hidrolik yarıçapı, J(m/m) boru taban eğimini, m ise Kutter pürüzlülük katsayısını göstermektedir.

Bu akış hızının, kanalların içinde çökme olmaması ve kanalın aşınmaması için belirli değerler arasında kalması istenir. Mecralarda minimum hız, kullanılmış su kanallarında; D_{min}=20 cm için V_{min}=0.4-0.5 m/s, birleşik sistem kanallarında; D_{min}=30 cm için V_{min}=0.3-0.5 m/s olarak alınır. Bu minimum değerlerin altında kaldığı zaman boru içinde katı maddelerin çökmesi ve tıkanmalar olur. Maksimum hız ise kullanılmış su kanalları için V_{max}=2.5-3 m/s, birleşik sistem kanalizasyon şebekelerinde ise V_{max}=5-6 m/s alınır. Hızın fazla olması sürüklenen katı maddeler tarafından borunun aşınmasına sebep olur. Bu nedenle hızların V_{min} ve V_{max} arasında kalması sağlanmalıdır [11].

Kanalların içinde çökme olmaması ve kanalın aşınmasına sebep olmayacak minimum ve maksimum hızları, elde edecek eğimler projelendirme için önemlidir. Kanal eğimleri öngörülen bütün bağlantıların suyunu alacak ve en az masraf getirecek şekilde boyutlandırılmalıdır. Kanal eğimleri minimum ve maksimum eğim şartlarını sağlamalıdır [12]. Mecralara verilecek eğimler asgari, azami hız ve pis suyun asgari derinlik şartı göz önüne alınarak belirlenir.

Kullanılmış su şebekeleri ile birleşik sistem şebekelerinde, kaba pisliklerin dibe çöküp kalmaması, yüzerek sürüklenebilmesi için minimum su derinliği 20 mm’den az olmamalıdır. Bazı kaynaklarda D boru çapı olmak üzere; bu derinlik h>D/10 olarak da verilmektedir. Kanalizasyon sistemleri ayrıca kullanılmış suların kimyasal özelliklerinden dolayı, kanal kapasitesinin zamanla azalması, kullanılmış suların zamanla ayrışarak metan, sülfür gibi tehlikeli gazların oluşması, yeraltından kanala sızabilen suyun varlığı ve ileride artabilecek ihtiyaca cevap verebilmek için kanalların yarı dolu olarak aktığı kabul edilerek projelendirilmektedir [13]. Ancak özel durumlarda bu şart göz ardı edilebilmektedir. Tüm bu hususlar dikkate alınarak hidrolik hesaplamalar yapılır ve boru türleri en uygun çaplarda boyutlandırılır.

2.4. Yöntemin Uygulanması (Implementation of Method)

Kanalizasyon sistemlerinin boyutlandırılmasında esas olan, en önemli debi, yerleşim yerinin ihtiyacı olan su miktarıdır. Yani yerleşim yerlerinin içme suyu temini projesinde hesaplanan iletim debisidir (Q_{iletim}). Yerleşim yerlerinin su ihtiyacı belirlenirken 30 veya 35 yıl sonraki nüfusun su ihtiyacı karşılanacak şekilde hesaplanır. Bundan dolayı öncelikle uygulama alanının gelecekteki su ihtiyacının belirlenmesi buna bağlı olarak da gelecekteki nüfusunun tahmin edilmesi gerekir.

Siirt Üniversitesi yerleşkesi için hazırlanan imar planı raporunda Üniversite için 2009-2023 yılları arası düşünülerek bir nüfus projeksiyonu oluşturulmuştur. Bundan hareketle hali hazır yerleşim planı ve ileriki yıllarda oluşabilecek yerleşim alanları da dikkate alınarak; üniversite yerleşkesinin proje hedef yılı 2045 yılı için, içme suyu ihtiyacına esas alınacak olan nüfusu toplamda 34980 kişi olarak tahmin edilmiştir. Belirlenen bu nüfus projeksiyonuna göre, üniversite yerleşkesinin içme suyu gereksinimi hesabı, İller Bankası Şartnamesine göre, önerilen kişi başı günlük tüketimler de göz önüne alınarak hesaplanmış ve yerleşkenin toplam su ihtiyacı 32 L/s olarak belirlenmiştir. Bu hesaplamaların ayrıntıları ilgili kaynakta

Tulpar'da [14] anlatılmıştır. Üniversite yerleşkesi için içme ve kullanma suyu şebekesi ile 24 saatte dağıtılacak debinin 12 saatte pissu şebekesine döneceği kabulü ile dönüş katsayısı $P=2$ alınarak atıksu debisi:

$$Q_{\text{atıksu}}=2.Q_{\text{iletim}}=2 \times 32=64 \text{ L/s olarak hesaplanmıştır.}$$

Siirt Üniversitesi Yerleşkesi Atıksu Uygulama Projesi ayırık sistem olarak tasarlanmıştır. Hidrolik hesaplarda İller Bankası şartnamesi gereği Kutter bağıntısı kullanılmıştır. Formülde bulunan “m” pürüzlülük katsayısı, beton borular için $m=0,35$, koruge ve CTP boru için $m=0,11$ olarak alınmıştır.

Kanalizasyon şebekelerinde en küçük çap 200 mm olarak alınmıştır. Mecra hesaplarında; beton borular için eğimler, İller Bankası Proje Şartnamesinde çapa göre oluşturulan eğimler esas alınarak hesaplanmıştır. Koruge ve CTP borular için ise beton borular için belirtilen eğimlerin %20 arttırılmış hali kullanılmıştır. Zorunlu durumlarda bu değerlerin aşılmasına müsaade edilmiştir ancak hız yönünden ise şartnameye uyulmuştur.

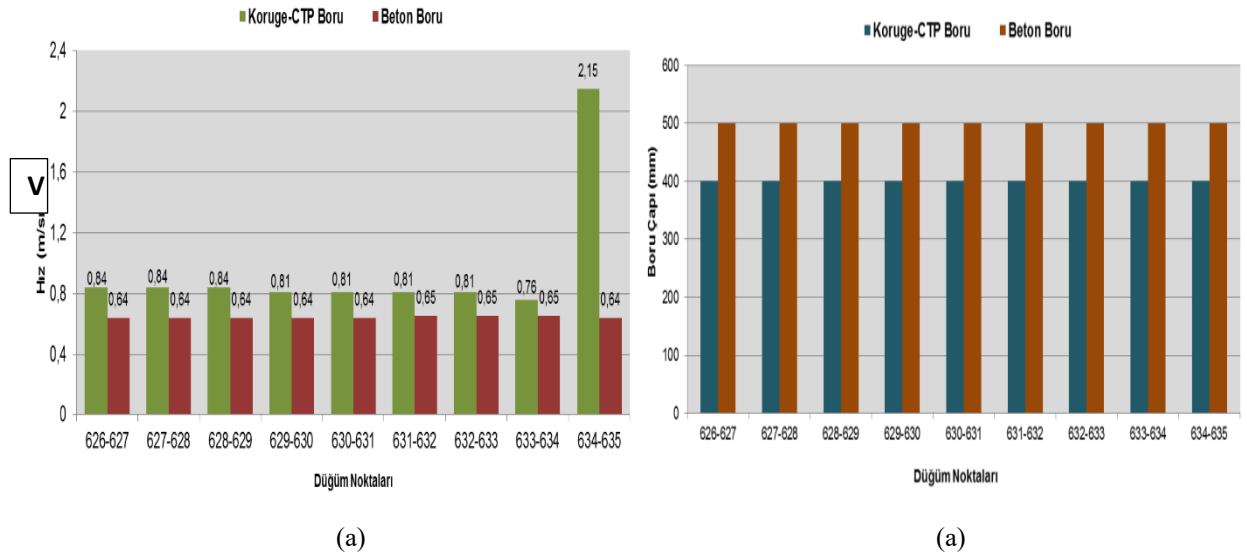
Boru çapları; atıksu debisi, su yüksekliği, eğimler ve derinliklere bağlı olarak Kutter bağıntısıyla hesaplanmıştır. Genel olarak mecraların yarı dolu aktığı kabul edilerek çözümler düzenlenmiştir. Mecraların yarı dolu haline karşılık gelen hızın 0,50 m/s olmasına çalışılmıştır.

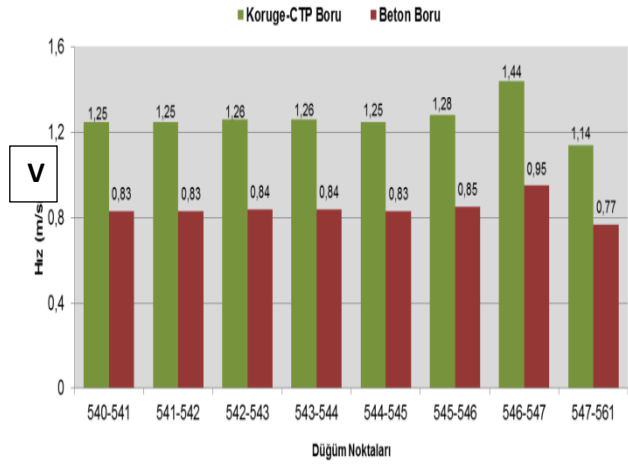
Hidrolik hesaplamalar sonucunda belirlenen çap ve kotlar dikkate alınarak her bir boru cinsi için hafriyat hesabı yapılırken; İller Bankası Kanalizasyon Şebeke İnşaatı Yapım Şartnamelerinde verilen esaslar dikkate alınmıştır. Boru cinslerine göre oluşan boru çaplarının, 1 metresinin döşenmesinin boru imalat ve hafriyat imalat bedelleri birim fiyatlar esas alınarak hesaplanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (TEST RESULTS AND DISCUSSIONS)

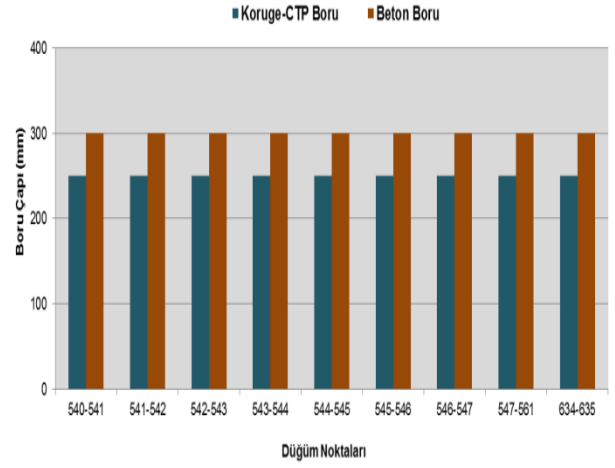
3.1. Hidrolik Karşılaştırma (Hydraulic Comparison)

Bu çalışmada beton, HDPE esaslı koruge boru ve CTP boru için öncelikle yukarıda belirtilen hususlar dikkate alınarak hidrolik hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplar ilk önce beton boru, ardından koruge boru için uygulanmıştır. Koruge ve CTP borunun pürüzlülük katsayısı aynı olduğundan koruge ve CTP boru için aynı sonuçlar elde edilmiştir. Bu hesaplamalar sonucunda boru cinsine bağlı olarak en etkin olduğu gözlenen hız ve çap değerlerine göre karşılaştırma yapılmıştır. Hidrolik hesaplamada kullanılan Kutter bağıntısında boru cinsine bağlı olarak pürüzlülük katsayıları; beton borular için $m=0.35$, koruge ve CTP borular için $m=0.10$ olması nedeniyle koruge ve CTP borularda hız beton borulara göre daha fazla çıkmıştır. Proje kapsamındaki bazı düğüm noktalarının hız ve çap ilişkisi Şekil 2’de verilmiştir.

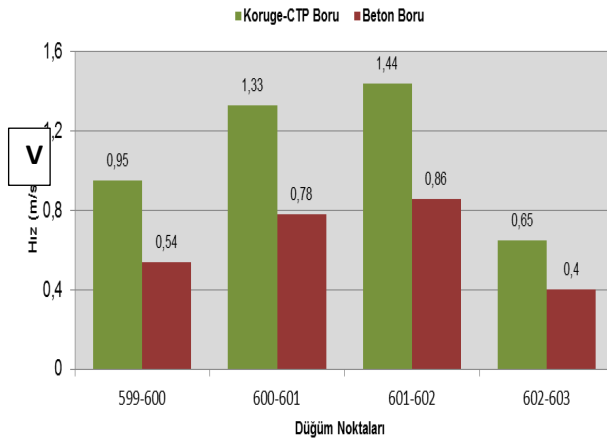




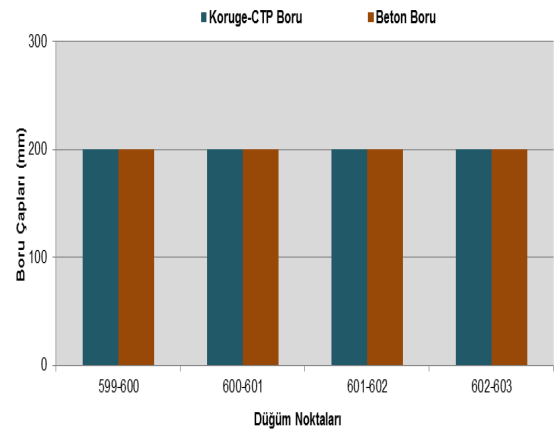
(b)



(b)



(c)



(c)

Şekil 2. Boru hız değerleri **a)** Kollektör hattında boru hız değerleri, **b)** Şebeke hattında boru hız değerleri, **c)** 599-603 düğüm noktaları arasındaki boru hız değerleri

Şekil 3. Boru çapları **a)** Kollektör hattında boru çapları, **b)** Şebeke hattında boru çapları, **c)** 599-603 düğüm noktaları arasındaki boru çapları

Farklı boru tipleri için farklı boru pürüzlülük katsayıları nedeniyle kollektör hatlarındaki atıksu hızında, koruge ve CTP boruların, beton boruya oranla %20-30 arasında, şebeke hatlarında ise %50-80 arasında bir artışın olduğu gözlenmiştir. Ancak 599-603 düğüm noktaları arasındaki atıksu hattında olduğu gibi, İller Bankası Yönetmeliği çerçevesinde kullanılacak en küçük boru çapı 200 mm olarak sınırlandırıldığından, hızdan kaynaklanan artış, boru çapını değiştirmemiştir. Yapılan hesapların sonucunda; küçük çaptaki koruge-CTP boru metrajının, beton boruya göre daha fazla olduğu ve boru cinslerinin aynı debiyi farklı kesitlerde taşıdıkları görülmüştür.

3.2. Ekonomik Karşılaştırma (Economic Comparison)

Hidrolik hesaplamalarda kullanılan farklı düğüm noktaları için belirlenen çap ve kotlar dikkate alınarak her bir boru cinsi için şartnamelerde verilen hususlar da dikkate alınarak 1 metre boru döşenmesinin; boru imalat maliyeti (boru bedeli, nakliye ve döşeme işçiliği) ve hafriyat maliyeti tablolarında verilmiştir.

Tablo 1. 626-635 düğüm noktaları arasındaki kollektör hattında 1m borunun inşaat maliyeti (TL/m)*

Düğüm Noktaları	Boru İmalat Maliyeti (TL/m)			Hafriyat Maliyeti (TL/m)		
	Koruge	Beton	CTP	Koruge	Beton	CTP
626-627	83,20	87,69	168,93	105,50	133,45	105,50
627-628	83,20	87,69	168,93	105,50	133,45	105,50
628-629	83,20	87,69	168,93	105,50	133,45	105,50
629-630	83,20	87,69	168,93	105,50	133,45	105,50
630-631	83,20	87,69	168,93	105,50	133,45	105,50
631-632	83,20	87,69	168,93	105,50	133,45	105,50
632-633	83,20	87,69	168,93	105,50	133,45	105,50
633-634	124,21	87,69	188,43	105,50	133,45	105,50
634-635	124,21	87,69	188,43	97,93	133,45	105,50

*Birim maliyetler çalışmanın yapıldığı tarihten günümüze, 10 Mart 2020 tarih ve 31064 sayılı R.G de verilen katsayılar baz alınarak dönüştürülmüştür.

Tablo 1’de 626 ile 635 düğüm noktaları arasındaki kollektör hattında; boru imalat maliyetlerinin beton ile koruge boruda birbirine çok yakın değerde olduğu, CTP boruda ise diğer boruların iki katı maliyette olduğu görülmüştür. Hafriyat maliyeti açısından ise beton borunun, koruge ve CTP boruya oranla yaklaşık %30 daha maliyetli olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 2. 540-561 düğüm noktaları arasındaki şebeke hattında 1m borunun inşaat maliyeti (TL/m)

Düğüm Noktaları	Boru İmalat Maliyeti (TL/m)			Hafriyat Maliyeti (TL/m)		
	Koruge	Beton	CTP	Koruge	Beton	CTP
540-541	31,60	43,61	103,75	58,41	65,15	58,41
541-542	31,60	43,61	103,75	58,41	65,15	58,41
542-543	31,60	43,61	103,75	58,41	65,15	58,41
543-544	31,60	43,61	103,75	58,41	65,15	58,41
544-545	31,60	43,61	103,75	58,41	65,15	58,41
545-546	31,60	43,61	103,75	58,41	65,15	58,41
546-547	31,60	43,61	103,75	58,41	65,15	58,41
547-561	31,60	43,61	103,75	58,41	65,15	58,41

Tablo 2’de 540 ile 561 düğüm noktaları arasındaki şebeke hattında koruge boru imalat maliyetinin, beton boruya göre yaklaşık %28, CTP boruya göre de yaklaşık %70 daha ucuz olduğu görülmüştür. Hafriyat maliyeti açısından ise beton borunun, koruge ve CTP boruya oranla yaklaşık %10 daha maliyetli olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3. 599-600 düğüm noktaları arasındaki 1m borunun inşaat maliyeti (TL/m)

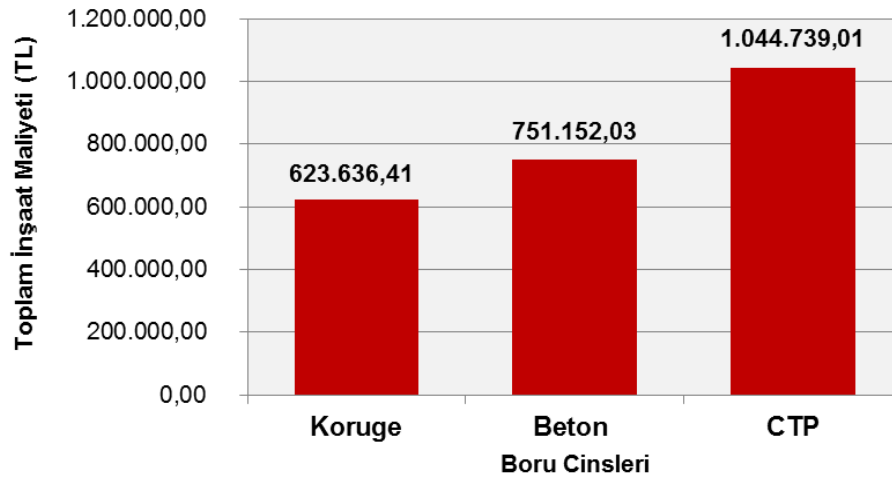
Düğüm Noktaları	Boru İmalat Maliyeti (TL/m)			Hafriyat Maliyeti (TL/m)		
	Koruge	Beton	CTP	Koruge	Beton	CTP
599-600	19,98	25,00	79,77	46,23	49,83	46,23
600-601	19,98	25,00	79,77	46,23	49,83	46,23
601-602	19,98	25,00	79,77	46,23	49,83	46,23
602-603	19,98	25,00	79,77	46,23	49,83	46,23

Tablo 3'te ise 509 ile 603 düğüm noktaları arasındaki şebeke hattında koruge boru imalat maliyetinin beton boruya göre yaklaşık %20, CTP boruya göre de yaklaşık %75 oranında ucuz olduğu görülmüştür. Hafriyat maliyetleri açısından ise tüm boruların birbirine yakın değerlerde olduğu gözlenmiştir.

Siirt Üniversitesi yeni kampüs alanı kanalizasyon şebekesinin farklı boru tiplerine göre toplam inşaat maliyetleri Tablo 4'de verilmiştir. Hesaplanan maliyetler hazırlanan grafik üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4).

Tablo 4. Boru cinslerine göre toplam inşaat maliyetleri (TL)

Boru Tipi	Boru İmalat Maliyeti	Hafriyat Maliyeti	Toplam İnşaat Maliyeti
Koruge	206.652,77	416.983,64	623.636,41
Beton	252.625,82	498.526,21	751.152,03
CTP	627.755,37	416.983,64	1.044.739,01



Şekil 3. Boru cinslerine göre toplam inşaat maliyetleri

4. SONUÇLAR (CONCLUSION)

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

- Hidrolik hesaplamalarda; iletilecek atık su debisi sabit olduğundan, farklı boru tipleri için boru pürüzlülük katsayısının farklı olması nedeniyle atık su hızında, koruge ve CTP boruların, beton boruya oranla kollektör hatlarında %20-30 civarında, şebeke hatlarında ise %50-80 civarında bir artışın olduğu görülmüştür. Çıkan bu hız farkından dolayı koruge ve CTP boru kesitleri beton boruya göre daha küçüktür. Ancak hızın, borunun pürüzlülük katsayısı ile birlikte kanalın geçeceği zeminin eğimine de bağlı olduğu da unutulmamalıdır.
- Siirt Üniversitesi yeni kampüs alanı kanalizasyon şebekesi kollektör hattında beton ile koruge boru bedellerinin birbirine çok yakın değerinde, CTP borunun ise diğer borulara oranla iki katı maliyette olduğu görülmüştür. Hafriyat maliyetleri açısından ise beton borunun, koruge ve CTP'ye oranla %10-30 civarında daha maliyetli olduğu tespit edilmiştir.

- Aynı çaplardaki şebeke hattında ise; koruge boru bedelinin, beton boru bedelinin yaklaşık %80'i, CTP boru bedelinin ise yaklaşık %25'i oranında olduğu görülmüştür. Hafriyat maliyetleri açısından ise tüm boruların birbirine yakın değerde olduğu görülmüştür.
- Genel olarak CTP boru bedellerinin beton ve koruge boru bedellerine oranla yüksek olduğu görülmüştür. Yüksek maliyetinden dolayı ülkemizde CTP boruların atık su uygulamalarından çok, temiz su basınçlı hatlarda kullanılması yaygınlaşmıştır.
- Koruge borular ise servis ömrü, bakım-onarım, aşınma direnci, sızdırmazlık, yer hareketlerine uyum açısından beton boruya göre daha üstündür. Ancak tepe yükü dayanımı açısından koruge borular beton borular ile mukayese bile edilememektedir. Bundan dolayı uygulamalarda koruge boruların mecra sırt derinliği az olan şebeke inşaatlarında kullanılmasının daha uygun olduğu, kollektör hatlarında ise beton-betonarme boruların kullanılması gerektiği tespit edilmiştir.
- Kanalizasyon tesislerinde maliyetin en önemli etkenleri başında boru imalatları ile kazı-dolgu işleri gelmektedir. Hidrolik hesaplamalarda daha küçük çapta hesaplanan CTP ve koruge borular kazı-dolgu metrajlarında beton boruya göre %30 daha az maliyet çıkarmıştır. Ancak CTP boru bedelinin hem koruge hem de beton boruya göre daha pahalı olmasından dolayı en ekonomik çözümün koruge boru olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Anonim., Basın Yayın ve Enformasyon Genel Müdürlüğü Anadolunun Sesi Dergisi, No 219, Ankara, 2004.
- [2] Y. Muslu, Su ve Atık Su Teknolojisi, Bilim Teknik Yayınevi, 2.Baskı, İstanbul, 1994
- [3] Ü. Öziş, Su Yapıları, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayınları, No 54, İzmir, 1983.
- [4] M. Oğuz ve A. Akşit, Deniz Deşarjı Yapılarında En Uygun Boru Cinsinin Seçimi, Teknik Mühendislik Haberleri Dergisi, No 332, 17-20, 1987.
- [5] M. Bayraktar, Kanal Altyapı Projelerinin Bilgisayar Ortamında Hazırlanması ve Maliyet Hesabı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 1998.
- [6] Ç. Makeeva, Bilgisayar Yardımı ile Kanalizasyon Şebekelerinin Hidrolik Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 1998.
- [7] A. Ceyhan, A Visual Basic Program For The Design Of Sewer Systems, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep, 2005.
- [8] M. Efe, Atıksu ve Yağmursuyu Toplayıcı Sistemlerinin Tasarımı ve İşletilmesinde Kullanılan Bilgisayar Destekli Modellerin Değerlendirilmesi ve Bir Örnek Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2006.
- [9] H. Kalkan, Atık su Kanalizasyon Şebekelerinin Bilgisayar Destekli Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2007.
- [10] R. Gerger ve M.M. Toplamacı, İçme Suyu İletim Hatlarında Kullanılan Boru Tiplerinin Ekonomik Analizi, Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi 2 (2), 71-77, Şanlıurfa, 2017

- [11] M. Yücel ve S. Aksoğan, Su Getirme Kanalizasyon ve Suların Arıtılması, Cilt 2, Pimaş Yayınları, Ankara, 1998.
- [12] D. Topacık ve V. Erođlu, Su Temini ve Atık su Uzaklaştırma Uygulamaları, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1987.
- [13] A. Samsunlu, Su Getirme ve Kanalizasyon Yapılarının Projelendirilmesi, Su-Çevre Teknolojileri Merkezi Yayınları, İstanbul, 1997.
- [14] H. Tulpar, Kanalizasyon Şebekelerinde Kullanılan Boruların Hidrolik ve Maliyet Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, 2010.