



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

İçme Suyu Şebeke Hattının Farklı Boru Tipleri İçin Tasarımı ve Maliyeti: Erzurum İli Horasan İlçesi Örneği

 Gökçen ERYILMAZ TÜRKKAN^{a,*},  Fatih ATAĞUL^b

^a İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Bayburt Üniversitesi, Bayburt, TÜRKİYE

^b Erzurum Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, Erzurum, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: geryilmazturkkan@bayburt.edu.tr

DOI: 10.29130/dubited.641933

ÖZET

Günümüzde nüfusun artmasından dolayı yaşam alanları genişlemekte olup, mevcut kullanılmakta olan içme suyu şebeke sistemleri yetersiz kalabilmektedir. Yapılacak olan içme suyu projelerinin en uygun şekilde hidrolik hesaplarının yapılması ve boyutlandırılması, maliyetin optimum seviyelere düşmesine imkan sağlayacaktır. Buna bağlı olarak ülke ekonomisine katkı sağlanabilecektir. Bu çalışmada İller Bankası Teknik Şartnamesinde belirtilen kriterler göz önüne alınarak içme suyu şebekesi için Netcad yazılımının içerisinde bulunan ölü noktalar yöntemi ile hidrolik hesaplamalar yapılmıştır. Boru tipinin maliyete etkisi araştırılmıştır. Polietilen, polivinil klorür, çelik ve duktül borular kullanılarak hidrolik hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. En yüksek maliyetli borunun çelik, en düşük maliyetli borunun ise polietilen boru olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Boru Tipleri, İçme Suyu Şebekesi, Maliyet Analizi, Netcad/water

Desing and Cost of Drinking Water Network Line for Different Pipe Types: Horasan District of Erzurum

ABSTRACT

Nowadays, because of the increase in population, the living areas are expanding and the currently used drinking water network systems may be insufficient. Making and dimensioning the hydraulic calculations of the drinking water projects in the most appropriate way will allow the cost to decrease to the optimum levels. Accordingly, the country's economy will be able to contribute. In this study, by taking into consideration the criteria specified in the Technical Specification of Iller Bank, hydraulic calculations were made by the dead points method in Netcad software for the drinking water network. The effect of pipe type on cost was investigated. Hydraulic calculations were carried out using polyethylene, polyvinyl chloride, steel and ductile pipes. The most expensive pipe is steel, while the lowest cost pipe is polyethylene pipe.

Keywords: Pipe Types, Drinking Water Network, Cost Analysis, Netcad/water

I. GİRİŞ

Su, canlıların yaşamını sürdürebilmesi için gerekli olan en önemli yaşamsal ihtiyaçlardan biridir. Yeterli miktarda ve kalite bakımından iyi bir içme suyuna ulaşım canlılar için yaşamsal bir gereklilik olmasının yanında, sosyal ve ekonomik gelişmişlik açısından da ele alınabilecek önemli bir faktördür.

İçme suyu şebeke hattı tasarlaması yapılmadan önce birçok parametre söz konusudur. Suyun kalitesi, su kaynakları, su ihtiyacının belirlenmesi, su ihtiyacının kullanım alanlarına göre değişiklik göstermesi, su dağıtım sistemlerinin tasarlanması, maliyet hesabının yapılması gibi parametreler tüm süreci etkilemektedir. Alt yapı sistemleri bir bölgenin en önemli yapılarından biridir. Bölge gelişiminde büyük etkisinin olması ve maliyetin optimum düzeyde olması oldukça önem arz etmektedir. Alt yapı sistemlerinin, bölgenin zaman içerisinde değişen durumlarına göre kullanılabilir olması gerekmektedir. Tüm bunların sağlanması için tasarım aşamasında alınacak doğru kararlar ile daha verimli hale gelmesi hedeflenmelidir.

İçme suyu şebeke çalışmalarıyla ilgili birçok çalışma vardır. Bunlardan bir kısmı şu şekilde sıralanabilir: Newbold [1] çalışmasında DEW (Distributed Engineering Workstation) modeli ile epanet çözüm yöntemini karşılaştırmıştır. Tekatlı [2], içme suyu şebeke dağıtım sistemlerinin çözümünde kullanılan Netcad/water 2005 modülü ile Netcad/ water modülünün sonuçları karşılaştırmıştır. Çağlısoy [3], farklı boru tipleri ile yapılan şebeke hesabında boru çaplarını ve boylarını aynı alarak, üretim, işçilik ve boru fiyatlarına göre değerlendirmeler yapmış, en uygun borunun PVC, en pahalı borunun ise font boru olduğunu belirlemiştir. Selçuk [4], çalışmasında ölü nokta ve hardy-cross yöntemlerini bilgisayar programlarını kullanarak karşılaştırmıştır. Yılmaz [5], su dağıtım şebekelerinin metasezgisel yöntemlerle optimizasyonu konusunu çalışmasında ele almıştır. Alan [6], çalışmasında içme suyu şebeke sisteminde suyun hangi şekilde kaynaktan alınıp dağıtılacağını, güzergah tespitini, boru çaplarını, uygun işletme basınçlarını ve maliyete kadar bütün detayları ele almış ve incelemiştir. Gerger ve Toplamacı [7], çalışmalarında içme suyu iletim hatlarında kullanılan boruların maliyete etkisini incelemiştir. Majıdı [8], çalışmasında İller Bankası içme suyu projelerinin hazırlanmasına ait yönetmelik çerçevesinde, epanet bilgisayar programını kullanarak, Bursa ili içerisindeki Görükle mahallesinin, içme suyu dağıtım şebekesini en ekonomik şekilde tasarlamıştır. Alashan [9], içme suyu şebekelerinde ölü noktalar yöntemini kullanarak şematik çözüm ile ilgili bir çalışma gerçekleştirmiştir. Arabacı ve Dursun [10], çalışmalarında içme suyu altyapı sistemlerinin hidrolik davranışını analiz etmişlerdir.

Bu çalışmada Erzurum İli Horasan İlçe merkezi için İller Bankası Teknik Şartnamesinde belirtilen kriterler kullanılarak içme suyu şebekesi projelendirilmiştir. Projelendirmede %100 yerli ve oldukça popüler bir yazılım olan Netcad tercih edilmiştir. Çalışmada polietilen, polivinil klorür, çelik ve düktil tip boruların ekonomik analizi gerçekleştirip en optimum boru tipinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

II. GELECEKTEKİ NÜFUS HESABI

Su temini projelerinin boyutlandırılmasında kullanılacak debi, ihtiyacı karşılanacak nüfus ile kişi başına bir günde kullanılan su miktarının çarpılması ile belirlenir. Bunu için söz konusu yerleşim merkezinin proje süresi sonundaki nüfusunun mümkün olduğu kadar doğru olarak tahmin edilmesi gerekir [11]. Yerleşim merkezlerinin gelecekteki nüfuslarını hesaplamada kullanılan yöntemler aşağıda sıralanmıştır.

- ❖ İller bankası yöntemi
- ❖ Aritmetik (lineer) artış yöntemi
- ❖ Geometrik artış (eksponansiyel) yöntemi
- ❖ Lojistik S eğrisi yöntemi
- ❖ Azalan hızlı geometrik artış yöntemi
- ❖ Grafik yöntem

Bu çalışmada gelecekteki nüfus hesabı İller Bankası Yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu yöntem, geometrik artış yöntemi esasına göre artışın sınırlandırıldığı bir yöntemdir. Artış hızı denklem (1)'deki çoğalma katsayısı ile ifade edilir. Denklem (1) ile elde edilen $\zeta > 3$ ise $\zeta = 3$ alınır. $1 \leq \zeta \leq 3$ ise ζ için bulunan değer alınır. $\zeta < 1$ ise $\zeta = 1$ alınır. Gelecekteki nüfus hesabı için ise denklem (2) kullanılmaktadır.

$$\zeta = \left[\left(\frac{N_S}{N_E} \right)^{1/(T_S - T_E)} - 1 \right] \times 100 \quad (1)$$

$$N_G = N_S \times [1 + \zeta/100]^n \quad (2)$$

- ζ : Çoğalma katsayısı
 N_G : Gelecekteki nüfus değeri (Hesaplanacak nüfus)
 N_S : Son nüfus değeri
 N_E : İlk nüfus değeri
 T_E : N_E nüfusunun belirlendiği yıl
 T_S : N_S nüfusunun belirlendiği yıl
 T_G : N_G nüfusunun belirlendiği yıl
 n : Son nüfus sayımından projenin başlatılmasına kadar geçen süre ($T_G - T_S$)

III. İÇME SUYU İHTİYACININ BELİRLENMESİ

İçme suyu tesislerinin boyutlarının belirlenmesindeki en temel konu nüfus ve tüketim projeksiyonlarının gerçekçi yapılmasıdır. İçme suyu ihtiyacı, çalışma alanının nüfusu, tüketicilerin sosyo-ekonomik durumu, tüketime verilen suyun kalitesi, ölçülmüş su üretimi, kullanım kayıtları atık su sisteminin mevcudiyeti, iklim, suyun metreküp fiyatı, su şebekesinden sulanan yeşil alanının büyüklüğü vb. faktörler dikkate alınarak hesaplanır. Toplam içme suyu ihtiyacı genel anlamda insan su ihtiyacı, ticaret, sanayi, hizmet sektörü, turizm, hayvan su ihtiyacı ve özel ihtiyaçlardan oluşur. Bu değerlere kayıp-kaçak miktarı ilave edilerek toplam su ihtiyacı belirlenir.

Bu çalışmada içme suyu ihtiyacı belirlenirken İller Bankası Yönetmeliğindeki kriterler kullanılarak insan su ihtiyacı, hayvan su ihtiyacı ve yangın debisi hesaplamalara dahil edilmiştir.

A. İLETİM DEBİSİ

Kentin ihtiyacı için depoya iletilmesi gereken su miktarı denklem (3)'de yer verildiği üzere insan, hayvan ve özel su ihtiyaçlarının toplamıdır.

$$Q_{İLETİM} = Q_{İNSAN} + Q_{HAYVAN} + Q_{ÖZEL} \quad (3)$$

Projesi yapılan kentin yakınındaki bir yerleşme yerine su verilmesi planlanıyor ise gerekli su debisini özel debi olarak iletim debisinin hesabında göz önüne almak ve kent çıkışında da uç debi olarak hesaplara dâhil etmek gereklidir.

B. ŞEBEKE DEBİSİ

Kentlerin su ihtiyacı gün içinde değişiklikler gösterir. Bu nedenle bazen ufak bazen de büyük debilerin dağıtılması gerekmektedir. Bu değişen ihtiyacın karşılanabilmesi için depodan kente gönderilecek olan şebeke debisi denklem (4) ile hesaplanır. İçme suyu ihtiyacı belirlendikten sonra hidrolik hesap aşamasına geçilmektedir.

$$Q_{ŞEBEKE} = 1,5 \times Q_{İLETİM} + Q_{YANGIN} \quad (4)$$

IV. MATERYAL VE YÖNTEM

İçme suyu şebekelerinin hidrolik hesabının yapılmasında birçok yöntem vardır. En yaygın olarak kullanılan yöntemler ölü noktalar yöntemi ve hardy cross yöntemidir. Ayrıca içme suyu şebeke sistemlerinin hesaplamalarında Netcad, Epanet, İsucad, Mssu, Mikenet, Suganet, Genetik Algoritma yöntemi, Ankisoft ve Wadsop gibi çok sayıda program kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Türkçe yazılım olması ve hidrolik hesaplamaların hızlı yapılmasından dolayı Netcad [12] programı içerisinde bulunan Netcad/water modülü tercih edilmiştir. Çalışmada Netcad/water modülü içerisindeki ölü noktalar yöntemi olarak bilinen kapalı sistem ile şebeke çözümlenmeleri gerçekleştirilmiştir.

Netcad/water içme suyu projelendirme modülüdür. İçme suyu isale hatlarında cazibeli ve terfilî sistem, şebeke hatlarında ise açık (dallı) sistem, kapalı (ölü noktalar) sistem ve hardy cross sistemi ile bütünleşik çözüm sunar. Netcad/water modülü isale ve şebeke hattı çözümlerinde her türlü içme suyu proje işlemlerini hızlı ve kolaylıkla gerçekleştirir.

Ölü noktalar yöntemi ise özellikle ülkemizde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde bir şebeke sistemine iki koldan da su geldiği düşünülür. Her iki koldan da sisteme giren sular abonelere dağıtılarak bir noktada biter. Bu noktaya 'ölü nokta' adı verilir. Ölü nokta aslında gerçekte var olmayan, hayali bir noktadır. Ölü noktaya gelen bir yöndeki akımların yük kayıplarının toplamı ile diğer yönden gelen akıma ait yük kayıpları toplamının birbirine eşit olması gerekmektedir. Bu yöntemin tercih edilme sebepleri ise; suyun farklı yönlerden bir noktaya gelmesi, su sarfiyatındaki değişmelerin tesirinin daha az olması ve arıza olması halinde en yakın düğüm noktasının diğer düğüm noktalarından su alabilmesidir. Bu nedenle içme suyu kesintisi olan söz konusu bölgeler oldukça daraltılarak daha fazla insanın mağdur olması önlenmektedir.

V. ÇALIŞMA ALANI

Bu çalışmada, bölgenin stratejik konumu ve mevcut içme suyunun 30 yıl sonra ihtiyacı karşılayamayacağından öngörülmesinden dolayı çalışma alanı olarak Erzurum İli, Horasan İlçesi tercih edilmiştir. Yüz ölçümü 1662 km²'dir. Deniz seviyesinden yüksekliği 1650 m'dir. Bölge, Aras nehri boyunca uzanan geniş düzlüklerle, kuzey ve güneyden çevrili geniş sırtlardan meydana gelmektedir. Erzurum'a 80 km uzaklıkta olan Horasan, Kars, Iğdır ve Ağrı'yı Erzurum üzerinden yurdun diğer yerlerine bağlayan önemli karayollarının kavşağında yer alır (Şekil 1).



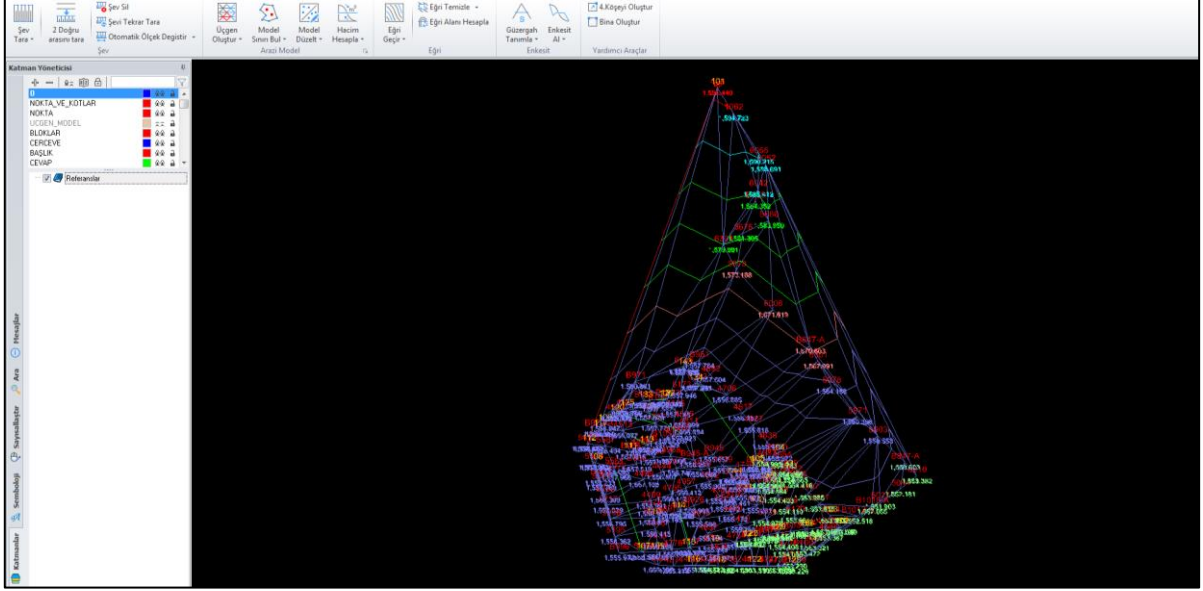
Şekil 1. Çalışma alanı

VI. ARAŞTIRMA BULGULARI

Söz konusu bölgenin içme suyu ihtiyacı belirlenirken İller Bankası Teknik Şartnamesi kullanılarak Netcad/water programı ile hesaplamalar yapılmıştır (Şekil 2). Çalışmada bölgenin 2018 yılı nüfusu ortalama 4000 kişidir. Yapılan hesaplamalarda İller Bankası yöntemi kullanılarak gelecekteki nüfusu (30 yıllık) ortalama 9709 kişi olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda güvenli tarafta kalmak amacıyla bu değer 10001 kişi olarak alınmıştır. Ayrıca bölgede 1000 adet büyükbaş hayvan ve 750 adet küçükbaş hayvan olduğu kabul edilerek hesaplamalara dahil edilmiştir. Netcad/water programına gerekli veriler (insan su ihtiyacı, büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayısı su ihtiyacı, yangın debisi) girilerek bölgenin 30 yıllık toplam içme suyu ihtiyaç debisi ortalama 11,95 l/s olarak belirlenmiştir. Belirlenen debi değeri kullanılarak, Erzurum İli Horasan İlçesine ait içme suyu şebekesinde boru, boru döşemesi, kazı, dolgu ve nakliye hesabı da dahil edilerek hesaplamalar yapılmıştır. Özel şebeke (ev) bağlantıları, yangın hidrantı, vana, dirsek, kör tapa vb. malzemeler farklı tip boruların kıyaslanmasında maliyeti etkilemeyeceğinden metraj ve keşfe dahil edilmemiştir.

Bu çalışmada farklı boru uzunluklarının çıkma sebepleri; boru iç çaplarının farklılık göstermesi, boru içi pürüzlülük katsayılarının farklılık göstermesi ve sürtünmeden dolayı meydana gelen yük kayıplarının hidrolik hesaplamalarda değişkenlik göstermesidir. Ayrıca bazı boruların üretimi belli çaplarda mevcut olmadığından hidrolik hesaplamalar bu hususlar göz önüne alınarak yapılmıştır.

Çalışmada Horasan İlçesine ait içme suyu şebekesinin maliyet analizinde Polietilen (PE), polivinil klorür (PVC), çelik ve düktil tip borular kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Asbest çimento borular insan sağlığına zararlı olduğundan, beton borular ve CTP borular ise piyasada üretilen standart çapların çok büyük olması sebebiyle çalışmada tercih edilmemiştir.



Şekil 2. Netcad/water modülü içerisindeki ölü noktalar yöntemi ile şebeke çözümü

A. BORU METRAJİ

İçme suyu şebeke hattında kullanılan PE, PVC, çelik ve düktil borular için boru metrajı Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Boru metrajı

	Boru Çapları	75	90	110	125	140	160	180
PE	Boru Çapları (mm)							
	Boru Uzunlukları (m)	4042	543	1453	200	98	195	1725
PVC	Boru Çapları (mm)	63	90	110	125	140	160	-
	Boru Uzunlukları (m)	4584	1653	205	87	87	1639	-
Çelik	Boru Çapları (mm)	50	60	80	100	125	150	200
	Boru Uzunlukları (m)	52	4532	87	87	107	1483	1906
Düktil	Boru Çapları (mm)	80	100	125	150	200	-	-
	Boru Uzunlukları (m)	4477	1120	969	44	1639	-	-

B. KAZI-DOLGU METRAJİ

Çalışmada hendek ve dolgu hesabında İller Bankası Teknik Şartnamesinin esasları kullanılmıştır. İçme suyu şebeke hattında kullanılan tüm borular için kazı metrajı aynı miktarda olup Tablo 2’de gösterilmiştir. İçme suyu şebeke hattında kullanılan PE, PVC, çelik ve düktil borular için dolgu metrajı ise Tablo 3 ve Tablo 4’de sunulmuştur.

Tablo 2. Kazı metrajı

Boru Tipi	Hacim Hesabı (m^3)			Kazı Hacmi (m^3)
	En	Boy	Yükseklik	
PE, PVC, Çelik ve Düktil	0,60	8256	1	4953,60

Tablo 3. El ile dolgu metrajı

Boru Tipi	Hacim Hesabı (m^3)			Dolgu Hacmi (m^3)
	En	Boy	Yükseklik	
PE, PVC, Çelik ve Düktil	0,60	8256	0,30	1486,08

Tablo 4. Makine ile dolgu metrajı

Boru Tipi	Hacim Hesabı (m^3)			Dolgu Hacmi (m^3)
	En	Boy	Yükseklik	
PE, PVC, Çelik ve Düktil	0,60	8256	0,70	3467,52

C. BORU MALİYETİ

İçme suyu şebeke hattında kullanılan PE, PVC, çelik ve düktil borular için boru maliyet hesabında; işçilik, boru bedeli, boruların kesilme bedeli, boru birleştirme (alın kaynağı ve elektrofüzyon kaynak) bedelleri dahil edilmiştir. Kullanılan her bir boru tipi için 2018 yılı birim fiyatları kullanılarak boru maliyetine (işçilik ve malzeme dahil) Tablo 5’de yer verilmiştir.

Tablo 5. Boru tiplerine göre boru maliyeti

PE						
Çap (mm)						
75	90	110	125	140	160	180
92.729,7	17.791,5	67.436,0	12.618,7	6.834,2	16.390,6	173.877,3
PVC						
Çap (mm)						
63	90	110	125	140	160	-
120.335,1	80.519,7	14.364,5	8.116,5	10.046,9	243.319,8	-
ÇELİK						
Çap (mm)						
50	60	80	100	125	150	200
2.042,1	220.631,6	5.413,4	7.389,7	11.855,5	199.275,4	391.808,1
DÜKTİL						
Çap (mm)						
80	100	125	150	200	-	-
326.110,7	88.705,7	98.976,9	4.864,4	230.641,8	-	-

D. KAZI-DOLGU MALİYETİ

İçme suyu şebeke hattında kullanılan PE, PVC, çelik ve düktil borular için 2018 yılı birim fiyatları kullanılarak kazı-dolgu maliyet hesabı yapılmış ve kazı maliyet hesabı Tablo 6'da sunulmuştur. Kazı maliyeti hesaplamalarında, kazı derinliği 2 m'den küçük olan kazılarda dar-derin içme suyu kazı birim fiyatları kullanılmış olup 2 m'yi aşması durumunda ise geniş-derin kazı birim fiyatları kullanılmıştır. Tüm borular için kazı hacmi aynı miktardadır.

Tablo 6. Kazı maliyeti

Kazı Hacmi (m³)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Tutar (TL)
4953,60	9,61	47.604,0

Dolgu işlemlerinde 30 cm el ile dolgu yapılmış olup, kalan kısım makine ile doldurulmuştur. El ile yapılan dolgunun tamamında kum kullanılmış olup, geriye kalan kısım ise stabilize malzeme ile doldurulmuştur. Hendek dolgularında 200 mm dış çapa kadar olan (200 mm dahil) boruların boşluk

hacimleri minha edilmeden maliyet hesabı yapılmıştır. Yapılan dolgu maliyet hesabına ise 2018 yılı birim fiyatları kullanılarak Tablo 7 ve Tablo 8’de yer verilmiştir.

Tablo 7. El ile dolgu maliyeti

El ile Dolgu Hacmi (m ³)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Tutar (TL)
1486,08	22,75	33.808,3

Tablo 8. Makine ile dolgu maliyeti

Makine ile Dolgu Hacmi (m ³)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Tutar (TL)
3467,52	13,29	46.083,3

E. NAKLİYE MALİYETİ

Nakliye hesabının ekonomik olması istenmektedir. Nakliye maliyetin ekonomik olması amacıyla Erzurum İli Horasan İlçesine en yakın boru fabrikaları dikkate alınarak hesap yapılmıştır. Ayrıca İller Bankası’nın taşıma denklemleri kullanılmış olup, taşıma mesafesi 10 km’den fazla olduğu için gerekli hesaplamalar denklem (5) kullanılarak işlemler gerçekleştirilmiştir. Tablo 9’da en ekonomik olacak şekilde gerçekleştirilmiş olan nakliye maliyetlerine yer verilmiştir.

$$F = (0,76578 M + 25202) 0,0003866 \quad (5)$$

M : Taşıma mesafesi

F : Bir ton boru için nakliye tutarı

Tablo 9. Nakliye maliyeti

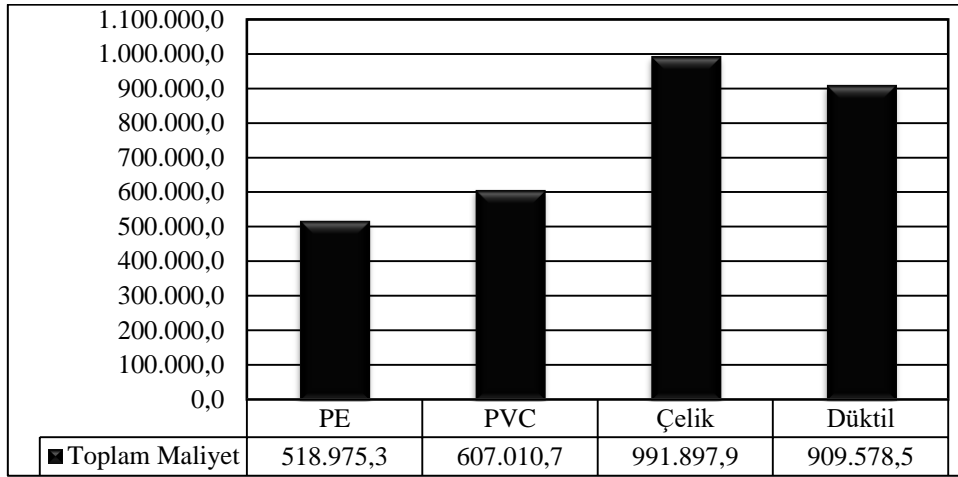
Boru Tipi	Boruların Satın Alındığı İller	Toplam Tutar (TL)
PE	Elazığ	3.801,7
PVC	Elazığ	2.812,6
Çelik	Samsun	25.986,5
Düktül	Samsun	32.783,4

F. TOPLAM MALİYET

Çalışmada hesaplanan boru (işçilik ve malzeme dahil) maliyeti, kazı-dolgu ve nakliye maliyetleri kullanılarak toplam maliyet hesaplanmıştır (Tablo 10, Şekil 3).

Tablo 10. Toplam maliyet

Boru Tipi	Boru Maliyeti (İşçilik ve Malzeme Dahil)	Kazı Maliyeti	Dolgu Maliyeti (El ve Makine)	Nakliye Maliyeti	Toplam Maliyet (TL)
PE	387.678,0	47.604,0	79.891,6	3.801,7	518.975,3
PVC	476.702,5	47.604,0	79.891,6	2.812,6	607.010,7
Çelik	838.415,8	47.604,0	79.891,6	25.986,5	991.897,9
Düktül	749.299,5	47.604,0	79.891,6	32.783,4	909.578,5



Şekil 3. Boru tipi- toplam maliyet karşılaştırması

VII. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Erzurum İli, Horasan İlçe merkezi için İller Bankası Teknik Şartnamesinde belirtilen kriterler kullanılarak bölgenin içme suyu şebekesinin hidrolik hesaplamaları yapılmıştır. Çalışmada, bölgenin 2018 yılı ortalama nüfusu dikkate alınarak 30 yıllık proje ömrü için gelecekteki nüfus hesabı yapılmıştır. İnsan su ihtiyacı, büyükbaş ve küçükbaş hayvan su ihtiyacı ve yangın debisi hesaba katılarak Netcad programı içerisinde bulunan Netcad/Water modülü ile hidrolik hesaplamalar yapılmıştır. Hidrolik hesaplamalar ölü noktalar yöntemi olarak bilinen kapalı sistem ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada PE, PVC, çelik ve düktül borular kullanılmıştır.

Bu çalışmada, içme suyu şebeke hatlarında kullanılan farklı tip borular tercih edilmeye çalışılmıştır. Ancak asbest çimento borular insan sağlığı açısından zararlı olduğundan tercih edilmemiştir. Piyasada üretilen standart çapları tasarlanan şebeke hattı için çok büyük olması sebebiyle beton ve CTP borular da çalışmada tercih edilmemiştir. İçme suyu şebeke hatlarında CTP boruların kullanılmak istenilmesi durumunda özel üretim yapılması gerekmektedir. Bu durum da maliyeti artırmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan PE, PVC, çelik ve düktil olmak üzere toplam dört farklı tipteki boru için hidrolik hesaplamalar ayrı ayrı yürütülmüştür. Boru çapları ve boru uzunluklarındaki değişimler göz önüne alınıp boru tipinin maliyete etkisi irdelenmiştir. Kazı-dolgu maliyetleri bütün boru tipleri için aynıdır. Sadece boru maliyetinde ve nakliye maliyetinde boru tipine göre değişiklik söz konusu olmaktadır. Özel şebeke (ev) bağlantıları, yangın hidrantı, vana, dirsek, kör tapa vb. malzemeler farklı tip boruların kıyaslanmasında maliyeti etkilemeyeceğinden metraj ve keşfe dahil edilmemiştir.

Değerlendirmeler sonucu boru maliyeti (işçilik ve malzeme dahil) en yüksek çelik borunun iken, en düşük boru maliyeti (işçilik ve malzeme dahil) ise PE borunudur. Boruların nakliye maliyetinde ise en yüksek olan düktil boru iken, en düşük nakliye maliyeti PVC borununkidir. Toplam maliyet açısından kıyaslama yapıldığında en yüksek maliyetli boru çelik boru olurken, en düşük maliyetli borunun ise PE boru olduğu görülmektedir (Tablo 10, Şekil 3).

Sonuç olarak dört farklı boru tipi kullanılarak yapılan içme suyu şebeke hesabında farklı metrajlar ve farklı boru çapları hesaplanmıştır. Tüm faktörler dikkate alındığında en ekonomik boru olarak PE boru, en pahalı boru ise çelik boru olduğu belirlenmiştir. Ayrıca boru seçimi yapılırken boruların ekonomikliğinin yanında boru ömrü, dış etkilere karşı dayanımının yüksek olması ve montaj işlemlerinin kolay olması gibi özelliklerin de dikkate alınması oldukça önem arz etmektedir.

VIII. KAYNAKLAR

- [1] J. R. Newbold, “Comparison and simulation of a water distribution network in epanet and a new generic graph trace analysis based model”, Yüksek Lisans Tezi, Polytechis Institute and State University, Virginia, USA, 2009.
- [2] M. Tekatlı, “Water distribution network analysis using netcad”, Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep, Türkiye, 2010.
- [3] T. Çağlısoy, “İçme suyu şebekelerinde boru türünün maliyete etkisi ve İldem Kayseri örneği”, Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye, 2010.
- [4] A. Selçuk, “İçme suyu şebekelerine ait tasarım metodlarının (ölü nokta ve hardy cross) bilgisayar programları kullanarak karşılaştırılması”, ODTÜ, Ankara, Türkiye, 2014.
- [5] V. Yılmaz, “Su dağıtım şebekelerinin metasezgisel yöntemlerle optimizasyonu”, Doktora Tezi, İnşaat Mühendisliği, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye, 2015.
- [6] E. Alan, “Gaziantep ili Şehitkamil İlçesi Yeditepe Mahallesi içme suyu şebekesi tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği, İstanbul Gelişim Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2017.
- [7] R. Gerger ve M. M. Toplamacı, “İçme suyu iletim hatlarında kullanılan boru tiplerinin ekonomik analizi”, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, c. 2, s. 2, ss. 71-77, 2017.
- [8] G. A. Majıdı, “Epanet programıyla bir yerleşim bölgesinin içme suyu şebekesinin tasarımı”, Bitirme Tezi, İnşaat Mühendisliği, Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye, 2017.

- [9] S. Alashan, “İçme suyu şebekelerinde hesap debilerinin ölü noktalar yöntemi ile şematik çözümü”, *Su Vakfı Dergisi*, c. 4, s. 2, ss. 15-21, 2019.
- [10] E. Arabacı ve Ş. Dursun,” İçme suyu altyapı sistemlerinde hidrolik modelleme: Konya örneği, *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, c. 2, s. 4, ss. 177-185, 2019.
- [11] İLBANK, İller Bankası Anonim Şirketi Genel Müdürlüğü, (2019 25 Nisan), İçme suyu tesisleri etüt, fizibilite ve projelerinin hazırlanmasına ait teknik şartnamesi, Erişim: <https://www.ilbank.gov.tr>
- [12] Netcad yazılım A.Ş., Netcad/water modülü kullanım kılavuzu, Erişim: bilgi@netcad.com.tr