

Küçük Ölçekli İçme Suyu Dağıtım Şebekesinin Nümerik Olarak Modellenmesinde Hidrolik Parametrelerin Analizi

Buse DUYAN ÇULHA¹, Evren TURHAN^{2*}

¹Adana Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, İçme Suyu Şube Müdürlüğü, Adana

²Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana

¹<https://orcid.org/0000-0002-5797-3861>

²<https://orcid.org/0000-0002-0742-4848>

*Sorumlu yazar: eturhan@atu.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 09.03.2022

Kabul tarihi: 04.05.2022

Online Yayınlanma: 12.12.2022

Anahtar Kelimeler:

İçme suyu dağıtım şebekesi

Ölü nokta yöntemi

EPANET 2.0 programı

Hidrolik parametreler

ÖZ

İçme suyu dağıtım şebekeleri yerleşim yerlerinin ihtiyacı olan suyun sağlanması bakımından oldukça önemli bir yere sahiptir. Bu yerleşimlere yeterli miktarda ve kalitede su sağlayabilmek birtakım zorluklar içerebilmektedir. Klasik yaklaşımlarla yapılan çözümlere ilave olarak dağıtım şebekelerinin farklı bilgisayar programları aracılığı ile simülasyonlarının yapılabilmesi hidrolik, maliyet ve teknik yönlerden avantajları beraberinde getirebilecektir. Bu çalışmada, Adana'nın Ceyhan ilçesine bağlı Camuzağılı mahallesi gibi küçük ölçekli bir yerleşim yerinin önceden manuel olarak çözümü yapılmış olan içme suyu dağıtım şebekesine ait hidrolik tasarımı son yıllarda kullanımı yaygınlaşan açık kaynak kodlu EPANET 2.0 programı ile gerçekleştirilmiştir. Başlangıçta projeksiyon nüfusu ve yerleşim yerinin diğer etken özelliklerine göre içme suyu ihtiyaç debisi hesaplanmıştır. Şebekede depo dışında düğüm noktaları ve boru bağlantıları belirlenmiştir. Program ile 24 saatlik zaman süreli şebeke analizleri gerçekleştirilerek, analiz sonuçlarına göre düğüm noktalarındaki basınç, hız değişimleri ve dağılımları ile su talep çarpanı parametreleri irdelenmiştir. Çalışma sonucunda basınç ve hız değerleri manuel sonuçlarla karşılaştırılmış, tüm çıktılar grafik ve tablolarla desteklenmiştir. Program ve klasik yöntemlerle ulaşılan değerlerin özellikle basınç verileri açısından birbirlerine oldukça yakın olduğu, hız verileri açısından hesaplama farklılıklarının etkili olduğu görülmüştür. İlerleyen zamanlarda modellemelerin daha kompleks şebeke sistemlerinde de incelenmesi neticesinde yakınsamanın ne ölçüde değişebileceği ayrıntılı olarak değerlendirilebilecektir.

Analyzing Hydraulic Parameters in Numerical Modeling of Small-Scale Drinking Water Distribution Network

Research Article

Article History:

Received: 09.03.2022

Accepted: 04.05.2022

Published online: 12.12.2022

Keywords:

Drinking water distribution network

Dead end method

EPANET 2.0 software

Hydraulic parameters

ABSTRACT

Drinking water distribution networks have a very important function in terms of providing the water needed by the settlements. Transmitting sufficient quantity and quality water to these places may present some challenges. In addition to the analysis using with conventional approaches, simulations of distribution networks via different software will bring advantages in hydraulics, cost and technical aspects. In this study, the hydraulic design of the drinking water distribution network of a small-scale settlement, such as the Camuzağılı quarter, Ceyhan district in Adana province, was carried out with the open source code EPANET 2.0 program, which has been widely used in recent years. At first, the drinking water demand flow rate value was calculated according to the projection population and other characteristics of the area. Nodes and pipe junctions were determined except the storage reservoir in the

network. Using this program, network analyzes with a 24-hour time period were performed, and according to the analysis results; pressure, velocity changes and distributions at the nodes and water demand multiplier parameters were investigated. As a result of the study, obtained pressure and velocity values with the software were compared to the results of spreadsheet application, and all outputs were shown by graphics and tables. It has been seen that the values obtained from the program and conventional method are quite close to each other, especially in terms of pressure outputs, and the calculation differences are effective on the results in terms of velocity ones. In the future, the extent to which convergency may change can be evaluated in detail as a result of the examination of the modeling in more complex network systems.

To Cite: Çulha BD., Turhan E. Küçük Ölçekli İçme Suyu Dağıtım Şebekesinin Nümerik Olarak Modellenmesinde Hidrolik Parametrelerin Analizi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2022; 5(3): 1293-1307.

Giriş

Su canlılar açısından bir yaşam kaynağı olarak değerlendirilmekte, suya olan ihtiyaç her geçen gün daha çok artmaktadır. Su dağıtım sistemleri veya şebekeleri; kaynağından veya arıtma tesisinden gelen temiz suyu yerleşim yerlerine iletmektedir. Bu şebekeler; şehirler, okullar, evler, hastaneler, işletmeler ve diğer tesisler için içme suyu ve yangından korunma amaçlı gerekli olan suları karşılayan ve taşıyan birbirine bağlı boru hatları, depolama tesisleri ve yardımcı elemanlardan oluşmaktadır. Artan su talebi ve giderek azalan su kaynakları içme suyu dağıtım şebekelerinde doğru ve efektif hidrolik modellemeleri kaçınılmaz hale getirmiştir. Ekonomik sürdürülebilirliği sağlayabilmek amacı ile özellikle kırsal yerleşimlerin bulunduğu noktalara yeterli miktar, kalite ve teknik gerekliliklerde güvenli su hizmetini ulaştırabilmek oldukça zordur. Bu amaçla klasik yaklaşımlarla yapılan çözümlere ilave olarak dağıtım şebekeleri gibi çeşitli su yapılarının farklı bilgisayar programları aracılığı ile simülasyonlarının yapılabilmesi sağlanacak, böylece hidrolik tasarım, maliyet, teknik ve birçok yönden avantajları ortaya çıkarabilecektir (Ramana ve Chekka, 2018).

Literatürde içme suyu şebeke tasarımı konusunda Ölü Nokta (ÖN), Hardy-Cross, Newton Gradyan ve Eşdeğer Boru yöntemlerinin kullanıldığı birçok çalışmayı görmek mümkündür (Tong ve ark., 1961; Sarıcaoğlu ve Büyükgüngör, 1998; Majidi ve ark., 2018; Alashan, 2019; Türkkın ve Atakul, 2020; Eryürük 2021; Obura ve ark., 2022). Son zamanlarda dağıtım şebekelerinin nümerik analizlerinin gerçekleştirildiği EPANET, WaterCAD, MikeNet, H2Onet, WaterGEMs,...vb. gibi çok sayıda program kullanılmaktadır (Coelho ve Andrade-Campos, 2014; Agunwamba ve ark., 2018; Terlumun ve Robert, 2019; Güçlü ve ark., 2021). EPANET 2.0 bahsedilen bu programlardan biri olup, içme suyu dağıtım şebekesi gibi boru hatlarının hidrolik modellemelerinin yapılabilmesine olanak vermektedir. EPANET programından içme suyu dağıtım şebekesi analizlerinde sıklıkla faydalanılmaktadır (Kumar ve ark., 2015; Constantin ve Nitescu, 2016; Alkali ve ark., 2017; Majidi ve ark., 2018; Widiarti ve ark., 2020). Bu çalışmada, Adana'nın Ceyhan ilçesine bağlı Camuzağılı mahallesi gibi önceden manuel olarak çözümü yapılan küçük ölçekli bir yerleşim biriminin içme suyu dağıtım şebekesine ait hidrolik tasarımı EPANET 2.0 programı ile gerçekleştirilmiştir. İncelenen parametreler; belirlenen düğüm noktalarındaki basınç, borulardaki hız dağılımları ve su talep çarpanıdır. Çalışma sonucunda

basınç ve hız değerleri manuel çözümlerle karşılaştırılmış, elde edilen analiz sonuçları grafik ve tablolarla desteklenmiştir.

Materyal ve Metot

Çalışma Alanı

Çalışma yeri olarak tip projeler bakımından temel alınabilecek küçük ölçekte bir yerleşim yerinden başlanmasının, nüfusun daha yoğun olabileceği alanlarda hesaplamalardaki farklılığı net görmeyi sağlayabileceğinden, Türkiye’de Akdeniz Bölgesi sınırları içerisinde yer alan Adana’nın Ceyhan İlçesi’ne bağlı Camuzağılı mahallesi seçilmiştir. Yerleşim yeri il merkezine yaklaşık 70 km, Ceyhan ilçesine ise 25 km uzaklıkta bulunmaktadır (yerelnet.org.tr, 2015). Google Haritalardan oluşturulan mahallenin haritası Şekil 1’de görülebilmektedir.



Şekil 1. Camuzağılı mahallesi haritası

İçme Suyu İhtiyaç Debisi Hesaplamaları

Su getirme projelerinin tasarımında ele alınacak debi değeri, ihtiyacı belirlenecek nüfus ile kişi başına bir gün içerisinde sarf edilebilecek su miktarının çarpılması sonucu bulunmaktadır. Dolayısı ile yerleşim merkezinin öngörülen proje süresi sonundaki nüfusunun doğruya yakın bir şekilde tahmin edilmesi gerekmektedir (Türkkan ve Atakul, 2020).

Gelecekteki muhtemel nüfusun değerlendirilmesinde birçok yöntemden faydalanılabilmektedir. Bunlardan en çok kullanılan; Aritmetik, Geometrik ve İller Bankası metotlarıdır (Majidi ve ark., 2018; Türkkan ve Atakul, 2020; Neamat ve Günal, 2021). Bu çalışmada projeksiyon nüfusunun değerlendirilmesinde İller Bankası yönteminin kullanılması uygun görülmüştür. Hesaplamalarda 2019 yılı son nüfus değeri olarak belirlenmiş ve önceki yılların nüfusları göz önüne alınarak tahminler oluşturulmuştur. Aşağıda Denklem (1)’de yöntemin temel formülü verilmiştir (Yüce ve ark., 2016):

$$P = \left(\sqrt[a]{\frac{N_s}{N_i}} - 1 \right) * 100 \quad (1)$$

Burada P nüfus artış katsayısını, N_s son nüfus sayımındaki değeri, N_i ilk nüfus sayımındaki nüfusu, a ise nüfus sayımlarının yapıldığı yıllar arasındaki farkı temsil etmektedir. Eğer P , 1 ile 3 arası bir değerse ilgili P değeri; 1'den küçükse 1; 3'ten büyük ise de 3 değeri artış katsayısı şeklinde ele alınmaktadır.

N_g projeksiyon nüfusunu göstermek üzere Denklem (2) şu şekilde yazılabilir:

$$N_g = N_s * \left(1 + \frac{P}{100}\right)^n \quad (2)$$

n ifadesi proje yapım süresi (projenin başlangıcı ile hizmete girişi arasında geçen süre) ile proje süresi (veya projenin hizmet süresi) toplamıdır.

Modellemeye esas proje 2020 yılında İller Bankası İçme Suyu Tesisleri Etüt, Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına ait Teknik Şartnamesi'ne göre oluşturulmuştur. P artış veya çoğaltma katsayısı 1'den küçük olduğundan üst limit 1 olarak alınmıştır. 35 yıl projeksiyon süresi şeklinde değerlendirildiği için 2055 yılının nüfusu hesaplanmış, $n=36$ bulunmuştur. Elde edilen bu veriler sonucunda müstakbel nüfusun 632 kişi üzerinden ele alınması uygun görülmüştür.

İçme suyu ihtiyaç debisi genel manada insan su ihtiyacı, sanayi ihtiyacı, hayvan su ihtiyacı ve özel ihtiyaçlar kapsamında hesaplanmaktadır. Bulunan değerlere kayıp-kaçak miktarı ve yangın debisi de eklenerek toplam ihtiyaç miktarı ortaya çıkarılmaktadır (Majidi ve ark., 2018; Türkkan ve Atakul, 2020). Sonuç olarak toplam ihtiyaç debisi 2,50 L/s olarak modellemelerde kullanılmıştır.

Ölü Nokta Yöntemi ile Manuel Çözüm

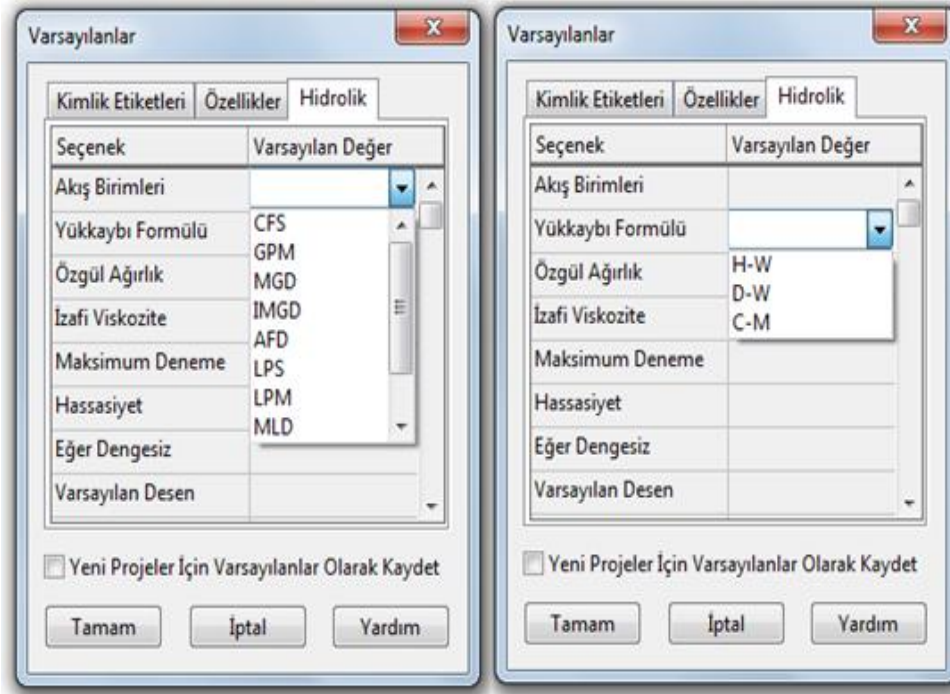
Ölü Nokta (ÖN) yönteminde içme suyu şebekesine göre debinin sıfır olacağı düğüm noktası veya noktaları göz önüne alınarak hesap debisi bulunmaktadır (Alan, 2017). Bu yöntemde bir dağıtım şebekesine her iki bağlantı noktasından da su geldiği öngörülmektedir. Sisteme dâhil olan bu sular abonelere iletilerek bir noktada tamamen tüketildiği düşünülür. İhtiyaç debisi bu yöntemde sadece düğüm noktalarında değil şebekedeki boru hattının tümü için temin edilir. Dolayısı ile şebekedeki borularda gerekli debi miktarı değişken olmaktadır (Alashan, 2019). ÖN metodunun tercih edilmesinde içme suyunun farklı yönlere iletilse dahi sonradan bir noktaya ulaşması, su sarfiyatındaki değişimlerinin etkisinin düşük olması ve sistemde herhangi bir arıza olması durumunda yakın düğüm noktalarından diğerlerine su geçişinin mümkün olabilmesi şeklinde faktörler sayılabilir (Türkkan ve Atakul, 2020). Bu çalışmada şebeke çözümü ÖN yöntemi ile Ms-Excel programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

EPANET 2.0 Programı

Bu çalışmada daha önce uygulanmış bir proje örneğinden yola çıkılarak içme suyu dağıtım şebekelerinin hidrolik modellemesi gerçekleştirilmiştir. İncelenen EPANET 2.0 yazılımı, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Çevre Koruma Ajansı tarafından geliştirilen açık kaynak kodlu, basınçlı boru şebekelerinde hidrolik ve su kalitesi modelleme bilgisayar programıdır. Model kurulurken

EPANET 2.0 Users Manual adlı kullanıcı kılavuzundan faydalanılmıştır (EPANET 2.0 TR, 2019). Yazılım, ABD birimler sistemi yanında uluslararası metrik birimler sistemini de kullanmaktadır. Yerel su idareleri, mevzuat gereklilikleri ve müşteri beklentilerini karşılamak amacıyla su dağıtım sistemlerine verilen arttırılmış suyun hareket ve dönüşümlerini daha iyi anlama ihtiyacı doğrultusunda bu tip programlardan faydalanabilmektedirler.

EPANET, bahsedilen amacın gerçekleştirilmesine yönelik bilgisayar tabanlı bir simülasyon modeli olup, uzun süre çalışan bir içme suyu dağıtım sistemi içindeki hidrodinamik ve su kalitesi davranışını öngörebilmektedir. EPANET “*gradyan metodu*” ile çözüm yapan bir hidrolik hesap programı olarak ifade edilmektedir (Majidi ve ark., 2018). Program her noktadaki basıncı, her borudaki su akışını, her depodaki suyun yüksekliğini ve şebeke boyunca kimyasal madde konsantrasyonunu çoklu zaman adımlarından oluşan bir simülasyon periyodu boyunca izlemek için kullanılabilir. Programa her bir borunun uzunluğu, çapı, pürüzlülük katsayısı, düğüm noktalarında su talepleri, arazi kot değerleri ve ekipmanlara ait veriler girilerek şebeke hidrolik hesapları gerçekleştirilmektedir (Rossman, 2000). Yapılan çalışmada debi birimi olarak L/s kullanılsa da program farklı seçenekler sunmaktadır (Şekil 2). Veri girişinde önce depo, sonrasında düğüm noktaları eklenmiştir (Şekil 3).



Şekil 2. Akış biriminin seçilmesi (solda) ve istenirse yük kaybı formülünün belirlenmesi (sağda)

Özellik	Değer
*Depo Kimlik	D1
X -Koordinat	488652.83
Y -Koordinat	4124354.48
Açıklama	
Künye	
*Zemin Kotu	58.17
*Başlangıç Seviye	2
*Minimum Seviye	0
*Maksimum Seviye	4
*Çap	100
Minimum Hacim	
Hacim Eğrisi	
Kanım Modeli	Mixed
Kanım Bölüm	
Reaksiyon Katsayısı	
Başlangıç Kalitesi	
Kaynak Kalitesi	
Net Giriş Debisi	#N/A
Zemin Kotu	#N/A
Basınç	#N/A
Kalite	#N/A

Özellik	Değer
*Düğüm Noktası Kimlik	N5
X -Koordinat	486818.92
Y -Koordinat	4124752.29
Açıklama	
Künye	
*Zemin Kotu	41.49
Temel Talep	0.12
Talep Deseni	
Talep Kategorileri	1
Yayıcı Katsayısı	
Başlangıç Kalitesi	
Kaynak Kalitesi	
Gerçek Talep	#N/A
Toplam Yük	#N/A
Basınç	#N/A
Kalite	#N/A

Özellik	Değer
*Boru Kimlik	B1
*Başlangıç Noktası	D1
*Bitiş Noktası	N1
Açıklama	
Künye	
*Uzunluk	1892.50
*Çap	110
*Pürüzlülük	149
Kayıp Katsayısı	0
Başlangıç Durumu	Open
Toplu Katsayısı	
Çeper Katsayısı	
Akış	#N/A
Hız	#N/A
Birim Yükkayı	#N/A
Sürtünme Faktörü	#N/A
Reaksiyon Oranı	#N/A
Kalite	#N/A
Durum	#N/A

Şekil 3. Programda depo (solda), düğüm noktaları (ortada) ve boru özellikleri (sağda) girişleri

Sonrasında her iki nokta birleştirilerek hatlar oluşturulmuştur. Çalışmada noktaların koordinatları mevcut olduğu için altlık olarak herhangi bir harita eklenmemiştir. Program noktalar arası uzaklığı ve koordinat gibi birçok faktörü otomatik olarak belirleyebilmektedir. Ancak yine de verilerin manuel olarak girilebilmesi seçeneği de sağlanmaktadır. Zemin kot değeri, x ve y koordinatları, boru çapı ve uzunluğu gibi etkenler istendiğinde değiştirilebilmektedir.

Proje ile ilgili ön tasarım tamamlandığında, bir değer tüm elemanlar için de değiştirilmesi durumunda ayrı ayrı yapılması gerektiğinden, bu durum işlem yükünü artırabilmekte, ancak program bu konuda özelliklerin topluca değiştirilmesine imkân vermektedir. Düğüm noktaları öngörülürken olabildiğince küçük bir yerleşim bölgesi kullanılmasının hesapların doğruluğu açısından büyük bir önemi bulunmaktadır (Majidi ve ark., 2018). Bu çalışmada örnek uygulama tek zon şeklinde ele alındığından hidrolik parametrelerin her iki çözüm sonuçlarının yaklaşım düzeylerinin benzer olabileceği öngörülmüştür.

Bulgular ve Tartışma

Bu bölümde öncelikle Ölü Nokta (ÖN) yöntemi ile manuel olarak şebeke çözümü gerçekleştirilmiş ve sonrasında EPANET 2.0 programından elde edilen sonuçlar ile karşılaştırma yapılmıştır. Her iki analiz sonuçları aşağıda sunulmaktadır.

Ölü Nokta Yöntemi ile Şebeke Analiz Sonuçları

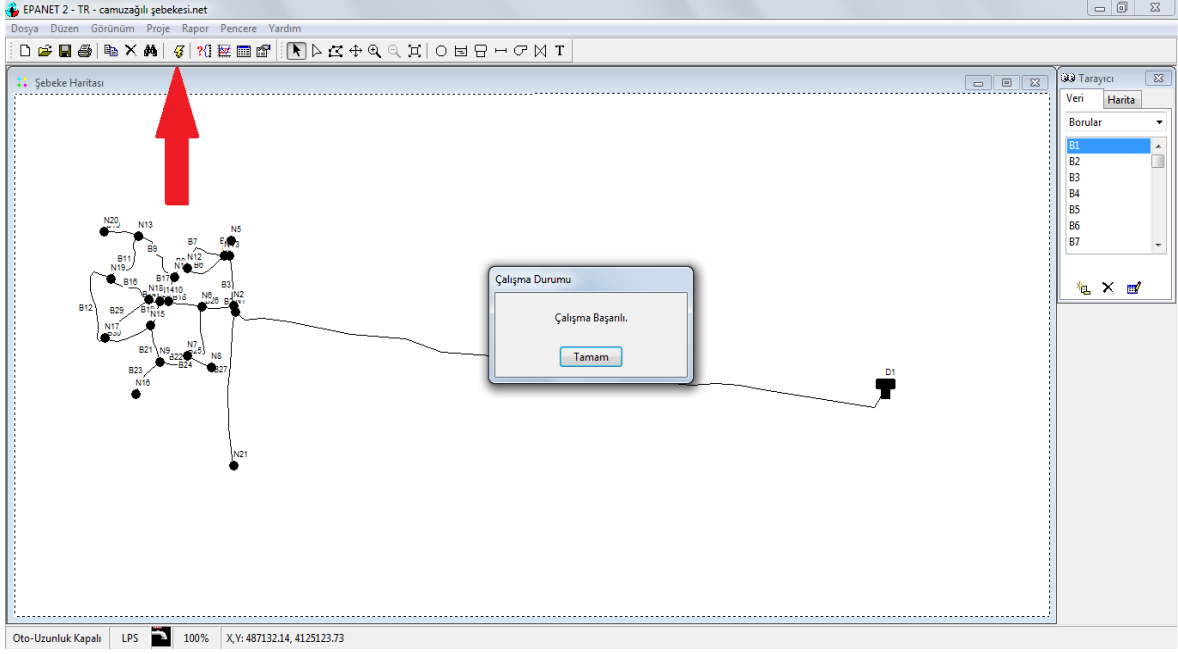
Şekil 4'te görüldüğü üzere şebekenin manuel çözümü yapılarak, tüm hidrolik parametreler hesaplanmıştır. Şebeke üzerinde ölü nokta veya noktalarının seçimine göre enerji kaybı yüksekliğinin 1,00 m'den az olması durumunda boru için öngörülen hesaplamaların doğruya yakın olduğu kabul edilmektedir (Alashan, 2019).

CEYHAN İLÇESİ CAMUZAĞILI MAH. ŞEBEKE HESAP TABLOSU.																				
BORU NO		UZUNLUKLAR				DEBİLER				BORULAR										
BAŞ	UÇ	HAKİKİ UZUNLUK (I)	KESAFET EMSALİ (K)	İTİBARI UZUNLUK K (L=I*K)	SOKAK DEBİSİ Qs=q*L	BAŞ DEBİSİ Qb	UÇ DEBİSİ Quç	YANGIN DEBİSİ Qy	HESAP DEBİSİ Qh=Qb+Qy	BORU ÇAPI	10ATÜ et kal			V	J	J* ² L	PIYOZOMETRE KOTU Kk-Jl	ARAZİ KOTU	İŞLETME BASINÇ PK-ZK	STATİK BASINÇ KK-ZK
depo																	59.17			
DEPO	1	1892.50	0.000	0.00	0.00	1.50	1.50	1.00	2.50	110	6.6	0.097	0.003	0.340	0,001330	2.52	56.65	40.83	15.82	18.34
1	21a	416.50	1.000	416.50	0.21	0.21	0.00	1.00	1.21	63	3.8	0.055	0.001	0.501	0,005240	2.18	54.47	41.22	13.25	17.95
1	2	18.00	1.000	18.00	0.01	1.29	1.28	1.00	2.29	110	6.6	0.097	0.002	0.312	0,001132	0.02	56.63	41.18	15.45	17.99
2	3	140.00	1.000	140.00	0.07	0.23	0.16	1.00	1.23	75	4.5	0.066	0.001	0.359	0,002305	0.32	56.31	41.65	14.66	17.52
2	6	86.50	1.000	86.50	0.04	1.05	1.01	1.00	2.05	110	6.6	0.097	0.002	0.279	0,000924	0.08	56.55	41.44	15.11	17.73
3	5a	39.50	1.000	39.50	0.02	0.02	0.00	1.00	1.02	63	3.8	0.055	0.001	0.423	0,003828	0.15	56.16	41.49	14.67	17.68
3	4	15.50	1.000	15.50	0.01	0.14	0.13	1.00	1.14	63	3.8	0.055	0.001	0.473	0,004699	0.07	56.24	41.36	14.88	17.81
4	12a	137.00	1.000	137.00	0.07	0.07	0.00	1.00	1.07	63	3.8	0.055	0.001	0.443	0,004173	0.57	55.67	42.23	13.44	16.94
4	12b	126.00	1.000	126.00	0.06	0.06	0.00	1.00	1.06	63	3.8	0.055	0.001	0.441	0,004134	0.52	55.72	42.23	13.49	16.94
6	7	176.00	1.000	176.00	0.09	0.17	0.08	1.00	1.17	63	3.8	0.055	0.001	0.487	0,004958	0.87	55.68	41.32	14.36	17.85
7	8a	71.50	1.000	71.50	0.04	0.04	0.00	1.00	1.04	63	3.8	0.055	0.001	0.430	0,003940	0.28	55.40	41.08	14.32	18.09
7	9a	98.00	1.000	98.00	0.05	0.05	0.00	1.00	1.05	63	3.8	0.055	0.001	0.435	0,004034	0.40	55.28	41.56	13.72	17.61
6	10	97.50	1.000	97.50	0.05	0.84	0.79	1.00	1.84	110	6.6	0.097	0.002	0.250	0,000752	0.07	56.48	42.15	14.33	17.02
10	11	69.50	1.000	69.50	0.03	0.14	0.11	1.00	1.14	63	3.8	0.055	0.001	0.475	0,004739	0.33	56.15	42.36	13.79	16.81
11	12a	46.00	1.000	46.00	0.02	0.02	0.00	1.00	1.02	63	3.8	0.055	0.001	0.425	0,003850	0.18	55.97	42.23	13.74	16.94
11	13a	173.50	1.000	173.50	0.09	0.09	0.00	1.00	1.09	63	3.8	0.055	0.001	0.451	0,004306	0.75	55.40	42.26	13.14	16.91
10	14	23.50	1.000	23.50	0.01	0.65	0.63	1.00	1.65	75	4.5	0.066	0.002	0.481	0,003956	0.09	56.39	42.16	14.23	17.01
14	15	67.00	1.000	67.00	0.03	0.22	0.18	1.00	1.22	63	3.8	0.055	0.001	0.506	0,005320	0.36	56.03	42.16	13.87	17.01
15	9	100.00	1.000	100.00	0.05	0.11	0.06	1.00	1.11	63	3.8	0.055	0.001	0.461	0,004491	0.45	55.58	41.56	14.02	17.61
9	16a	123.50	1.000	123.50	0.06	0.06	0.00	1.00	1.06	63	3.8	0.055	0.001	0.441	0,004125	0.51	55.07	41.73	13.34	17.44
15	17a	146.00	1.000	146.00	0.07	0.07	0.00	1.00	1.07	63	3.8	0.055	0.001	0.445	0,004206	0.61	55.42	41.78	13.64	17.39
14	18	28.00	1.000	28.00	0.01	0.42	0.40	1.00	1.42	75	4.5	0.066	0.001	0.414	0,002994	0.08	56.30	41.72	14.58	17.45
18	17a	157.00	1.000	157.00	0.08	0.08	0.00	1.00	1.08	63	3.8	0.055	0.001	0.448	0,004246	0.67	55.64	41.78	13.86	14.52
18	19	122.50	1.000	122.50	0.06	0.32	0.26	1.00	1.32	75	4.5	0.066	0.001	0.387	0,002642	0.32	55.98	42.78	13.20	13.52
19	13	161.00	1.000	161.00	0.08	0.12	0.04	1.00	1.12	63	3.8	0.055	0.001	0.466	0,004580	0.74	55.24	42.26	12.98	14.04
13	20a	86.00	1.000	86.00	0.04	0.04	0.00	1.00	1.04	63	3.8	0.055	0.001	0.433	0,003991	0.34	54.90	41.99	12.91	14.31
19	17a	276.50	1.000	276.50	0.14	0.14	0.00	1.00	1.14	63	3.8	0.055	0.001	0.472	0,004692	1.30	54.68	41.78	12.90	14.52

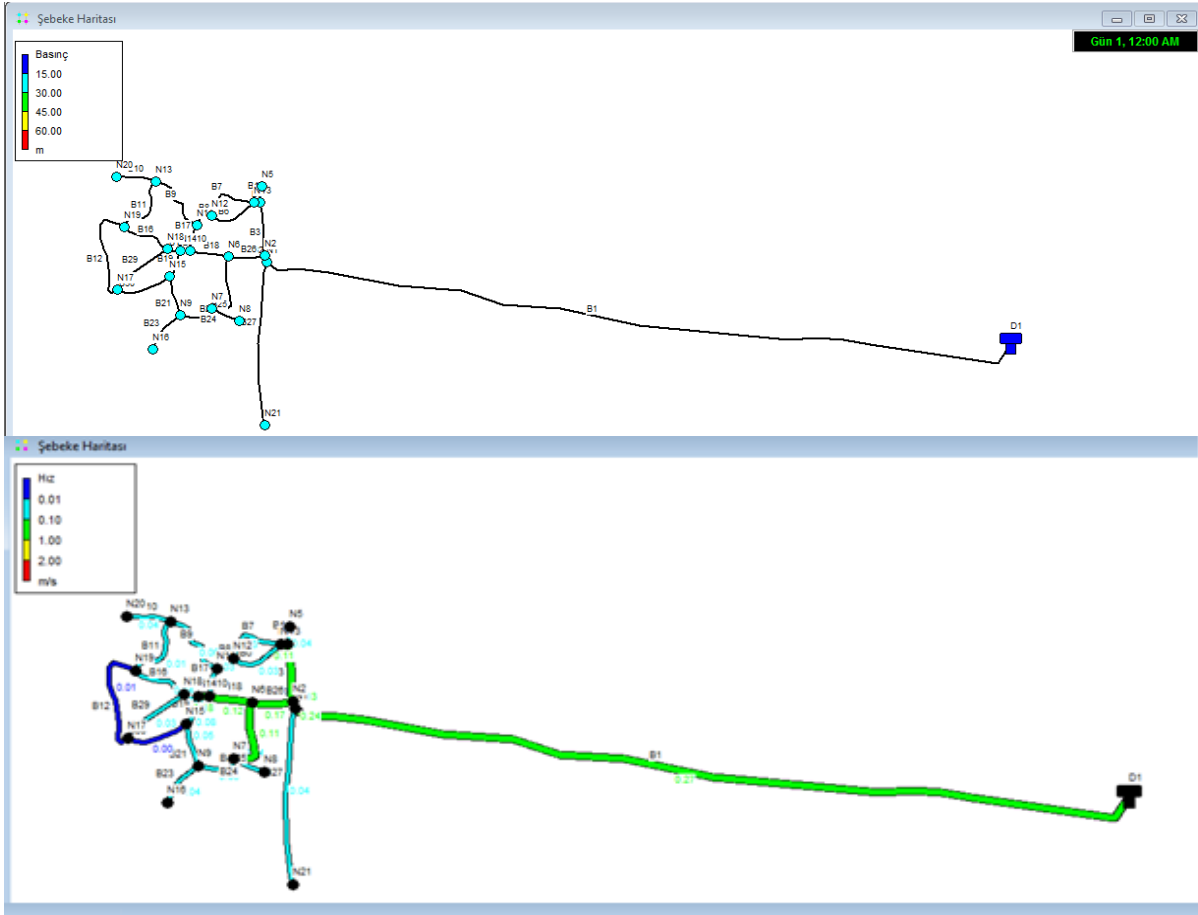
Şekil 4. Camuzağılı mahallesi içme suyu dağıtım şebekesinin Ms- Excel ile manuel çözümü

EPANET 2.0 Analiz Sonuçları

Boru özelliklerinin programa tamamıyla ve ölçekli bir şekilde girilmesi neticesinde şebeke Şekil 5'te gösterildiği gibi oluşturulmuştur. Projenin gelecek nüfusunun belirlendiği 2055 yılındaki içmesuyu ihtiyacı bahsi geçen İller Bankası yönetmeliğine göre hesaplanmış olup, 2,5 L/s ihtiyaç debisine göre bir metre boruya ne kadar debi öngörüüleceği ortaya konulmuştur. Program çalıştırılıp önceden tespit edilen hata oranına varıldığında, program sonuçları kaydetmektedir. Bu sonuçlar, şebeke içerisindeki her bir boru için debi değeri, basınç değeri ve diğer hidrolik parametreler şeklinde ifade edilmiştir. Şekil 6'da 24 saatlik basınç ve hız dağılımları, Şekil 7'de ise düğüm noktalarına göre basınç sonuçları gösterilmektedir.

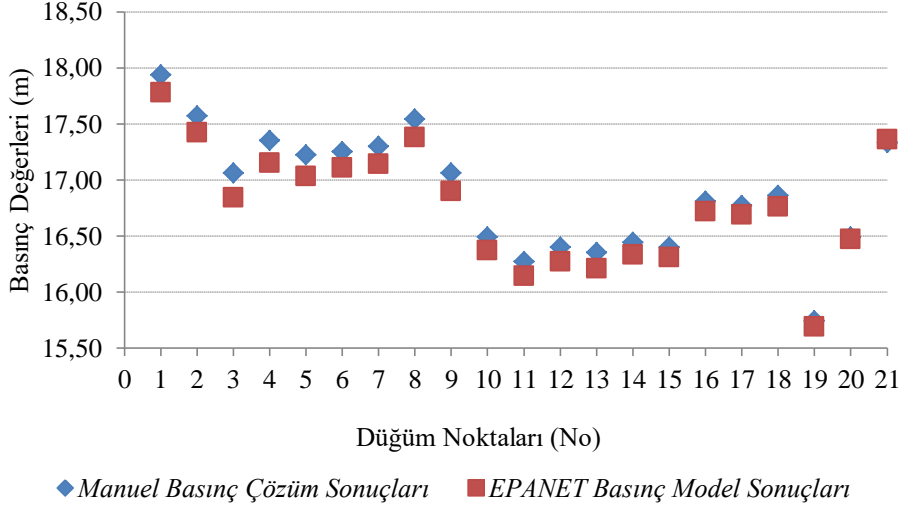


Şekil 5. Düğüm noktaları ve boru bağlantılarının oluşturulması

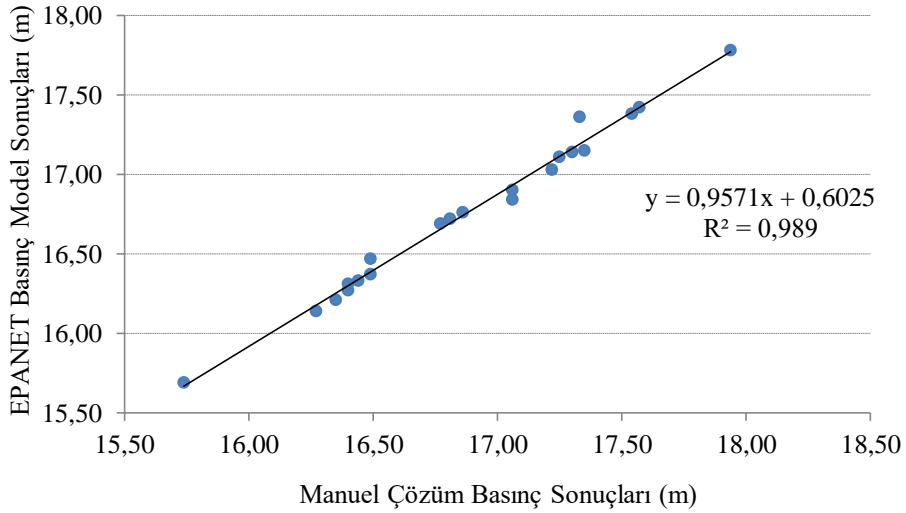


Şekil 6. EPANET 2.0 programı basınç (üstte) ve hız (altta) dağılımı analiz sonuçları

Şekil 7’de görüleceği üzere her iki yöntem ile elde edilen basınç değerlerinin birbirlerine oldukça yakın sonuçlar ürettiği görülebilmektedir. Şekil 8’deki basınç değerleri korelasyon grafiğine göre ise determinasyon veya belirlilik katsayısı (R^2) yaklaşık %99 bulunmuştur.



Şekil 7. Düğüm noktalarına göre elde edilen basınç sonuçları (m)

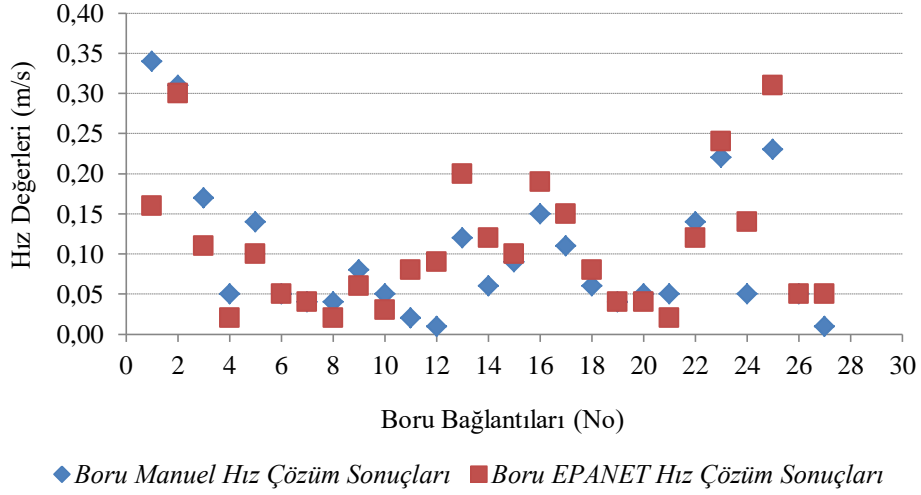


Şekil 8. Basınç sonuçları korelasyon grafiği

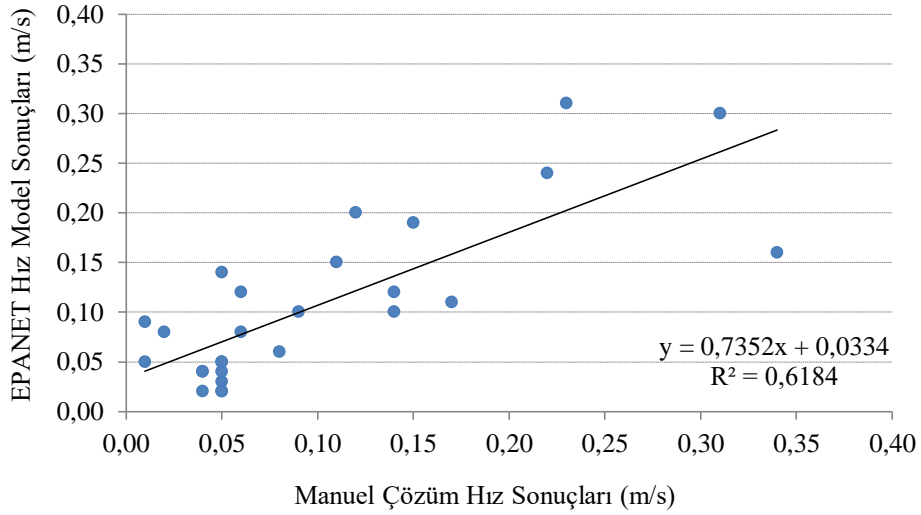
Bir başka hidrolik parametre olan hız sonuçları ele alındığında, Manuel ve EPANET çözüm sonuçları arasında önemli farklılıkların olduğu göze çarpmaktadır (Şekil 9). Borularda oluşan bu farklılığın nedeni, manuel çözümde ihtiyaç debisi boru uzunluğuyla orantılı bir şekilde dağıtılırken, program ile yapılan modellemelerde düğüm noktalarına eşit şekilde bölüştürülmektedir.

Selçuk (2014) çalışmasında ÖN yöntemi hesaplarında pik faktörünün 1,50 olarak alınmasının sonuçlarda diğer yöntemlere göre değişiklikler oluşturabileceğini açıklamaktadır. Metotların çözüm sonuçlarında bu etkenler mutlaka göz önüne alınmalıdır. Şekil 10’da hız değerleri korelasyon grafiğine

göre ise determinasyon katsayısı (R^2) yaklaşık %62 bulunmuştur. Pik faktörü ÖN harici metotlarda 1,00 veya farklı değerler alabilmektedir.

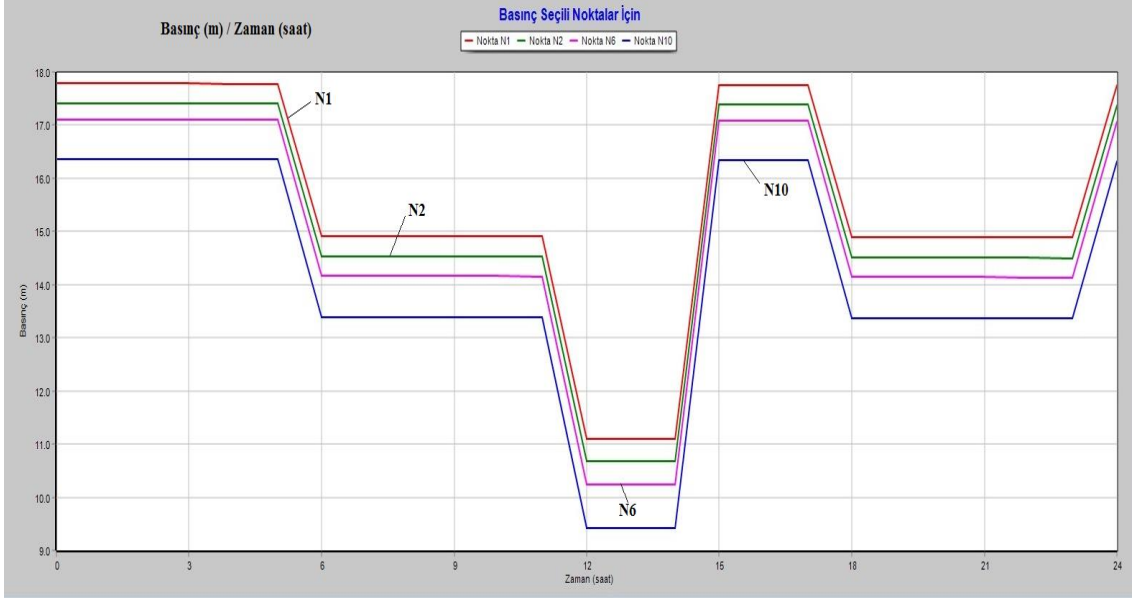


Şekil 9. Boru bağlantılarına göre elde edilen hız sonuçları (m/s)



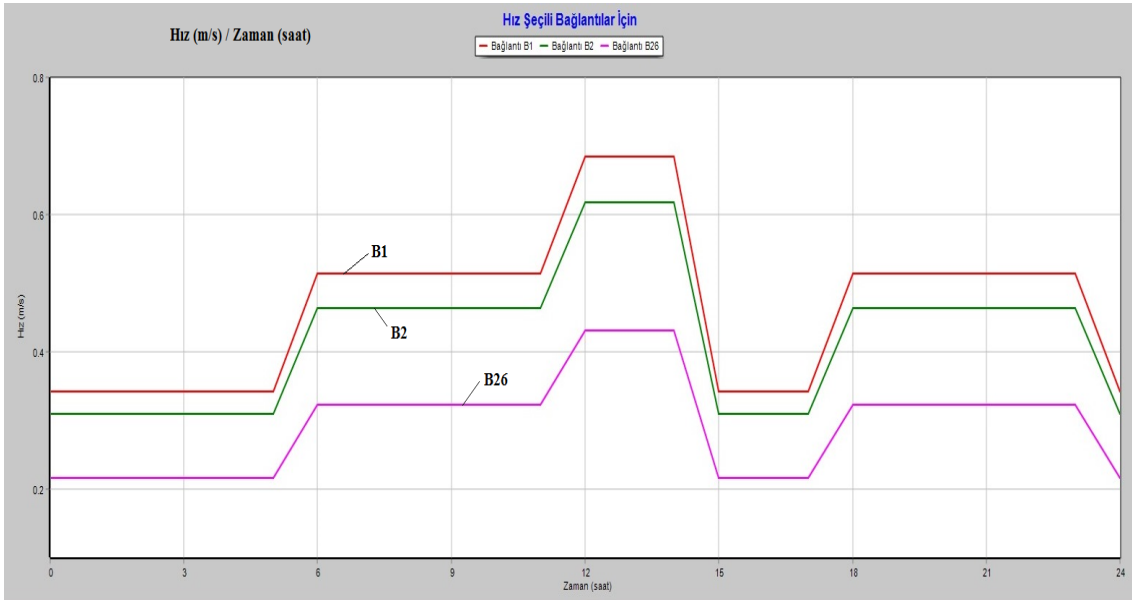
Şekil 10. Hız sonuçları korelasyon grafiği

Çalışma yapılan bölgede, yerleşim düz bir arazi üzerine yayılmış olup, bu durum şebekede yüksek basınç farklarının oluşmasını engellemiştir. Dolayısıyla küçük ölçekli bir şebekenin tek bölge olarak çözümlenmesi, sonuçların tutarlılığı açısından büyük önem arz etmektedir. EPANET 2.0 programı yardımıyla yapılan modellemelerden elde edilen ana borulardaki 24 saatlik basınç-zaman değişim grafiği Şekil 11'de verilmektedir. Şekil 11'e bakıldığında, seçili noktalar için 24 saatlik zaman süreci içerisinde başlangıçta basınç değerlerinin bir süre aynı kaldığı, daha sonra düşüş eğilimi gösterdiği, sonrasında ise tekrar bir müddet sabit seviyelerde olduğu görülmektedir. 12 saatlik sürenin tamamlanması akabinde basınç değerleri artmakta, bunu sabit değerler izlemekte, 24 saatin son kısmında ise grafikte yükselme durumu dikkat çekmektedir.



Şekil 11. EPANET 2.0 ile elde edilen ana borulardaki 24 saatlik basınç-zaman değişim grafiği

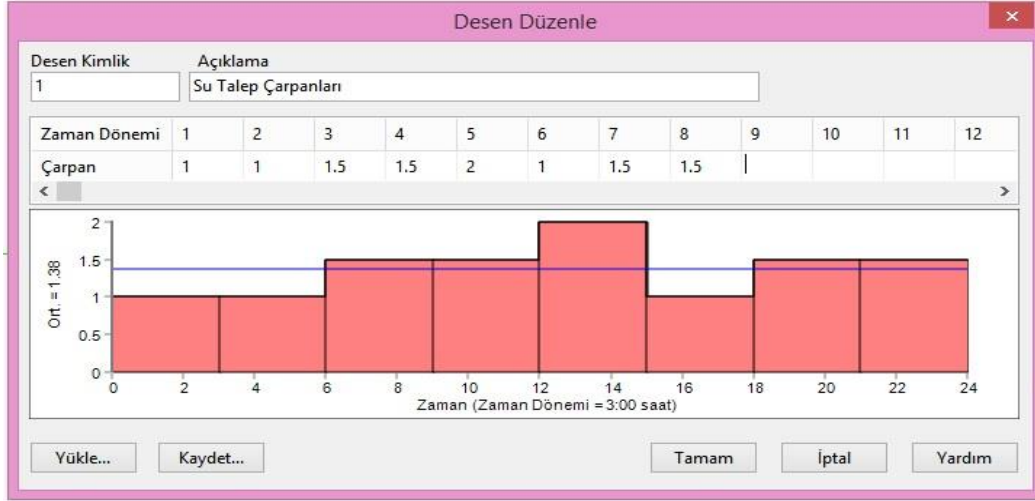
Programla oluşturulan modellemelerden elde edilen ana borulardaki 24 saatlik hız-zaman değişim grafiği Şekil 12'de gösterilmektedir. Selçuk (2014) yaptığı çalışmada farklı programlarla elde ettiği sonuçlarda da EPANET'te olduğu gibi borudaki hızların 1,0 m/s'yi çoğunlukla aşmadığını gözlemlemiştir. Modellemede 24 saatlik zaman dilimi 8 parçaya bölünerek, her 3 saatte bir belirlenen su tüketim oranları ayrı ayrı ortaya konulmuş ve desen olarak programa tanımlanmıştır (Şekil 13).



Şekil 12. EPANET 2.0 ile elde edilen ana borulardaki 24 saatlik hız-zaman değişim grafiği

Yapılan çalışma sonucunda şebekede depo haricinde 21 düğüm noktası, toplamda 4894,50 m (Ø160 HDPE 1892,50 m; Ø110 HDPE 202,00 m; Ø75 HDPE 314,00 m; Ø63 HDPE 2486,00 m) olmak üzere 30 adet boru tasarlanmıştır. Sistem tek depodan 24 saat boyunca beslenmekte olup, depo krepin kotu

59,17 m'dir. Şebekede en düşük işletme basıncı tek zamanlı çalıştırma sırasında 12,90 m'dir ve en yüksek statik basınç ise 15,82 m olarak bulunmuştur.



Şekil 13. Yerleşim yerindeki su tüketimine göre 24 saatlik su talep çarpanı grafiği

Sonuçlar

Bu çalışmada, Adana'nın Ceyhan ilçesine bağlı Camuzağılı Mahallesi gibi küçük ölçekli bir yerleşim yerinin önceden manuel olarak çözümü yapılmış olan içme suyu dağıtım şebekesine ait hidrolik tasarımı son yıllarda kullanımı yaygınlaşan açık kaynak kodlu EPANET 2.0 programı ile modellenmiştir. İller Bankası metoduna göre projeksiyon nüfusu ve yerleşim yeri su tüketim kriterleri göz önünde bulundurularak içme suyu ihtiyaç debisi hesaplanmıştır. Şebekede depo dışında 21 adet düğüm noktası ve 30 adet boru bağlantıları belirlenmiştir. Program ile 24 saatlik zaman süreçli şebeke analizleri gerçekleştirilerek, analiz sonuçlarına göre düğüm noktalarındaki basınç, boru bağlantılarındaki hız değişimleri ve dağılımları ile su talep çarpanı parametreleri incelenmiştir.

Çalışma sonucunda basınç ve hız değerleri Ölü Nokta (ÖN) yöntemi çıktıları ile karşılaştırılmış, sonuçlar grafik ve tablolarla desteklenmiştir. Program ve klasik yöntemlerle ulaşılan değerlerin özellikle basınç verileri açısından birbirlerine oldukça yakın olduğu, hız verileri açısından hesaplamada farklılıkların olduğu görülmüştür. Literatürdeki benzer uygulamalar düşünüldüğünde pik faktörü katsayısının hız parametresi açısından etken durum olduğu ifade edilebilir.

EPANET 2.0 "gradyan metodu" ile çözüm yapan bir hidrolik hesap programı olarak belirtilmektedir. Program manuel çözüme kıyasla hesaplamalar açısından hızlı sayılabilecek sonuçlar vermekle birlikte grafik ve çizelgeler açısından da çok çeşitli seçenekler sunmaktadır. Programda nokta koordinatları ve kotları gibi verilerin girdisi manuel olarak yapılabildiği için coğrafi bilgi sistemi tabanlı yazılımlara göre geliştirilebilir konumda olduğu söylenebilir. Zaman adımları belirlenerek, günün belirli periyotlarındaki su kullanım miktarlarına göre çok zaman adımlı hesaplama kabiliyeti, işlem yükü ve elde edilen sonuçlar açısından manuel çözüme kıyasla avantajlar sağlamaktadır. İlerleyen zamanlarda modellemelerin daha kompleks şebeke sistemlerinde de incelenmesi neticesinde çözümlerin yaklaşım

oranının ne ölçüde değişebileceği görülebilir. Ayrıca Hardy-Cross yöntemi gibi farklı şebeke çözümleri ile üretilecek veriler belli hidrolik parametreler açısından irdelenebilir. Bu sayede yük kaybı, boru cinsi gibi çeşitli değişkenlerin özellikle inşaat maliyetlerini nasıl etkileyebileceği de ek bir araştırma konusu olarak ortaya konulabilir.

Teşekkür

Yazarlar Adana Su ve Kanalizasyon İşleri Genel Müdürlüğü, Plan-Proje Daire Başkanlığı, İçme Suyu Proje Müdürlüğü'ne desteklerinden dolayı teşekkür eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

*Bu çalışma 2021 yılında gerçekleştirilen 6. Uluslararası Akdeniz Bilim ve Mühendislik Kongresi'nde özeti sunulan bildirinin genişletilmiş halidir.

Kaynakça

- Agunwamba JC., Ekwule OR., Nnaji CC. Performance evaluation of a municipal water distribution system using WaterCAD and Epanet. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development* 2018; 8(3): 459-467.
- Alan E. Gaziantep ili Şehitkamil ilçesi Yeditepe mahallesi içme suyu şebekesi tasarımı. İstanbul Gelişim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, sayfa no: 83, İstanbul, Türkiye, 2017.
- Alashan S. İçme suyu şebekelerinde hesap debilerinin ölü noktalar yöntemi ile şematik çözümü. *Su Kaynakları* 2019; 4(2): 15-21.
- Alkali AN., Yadima SG., Usman B., İbrahim UA., Lawan AG. Design of a water supply distribution network using EPANET 2.0: A case study of Maiduguri zone 3, Nigeria. *Arid Zone Journal of Engineering, Technology and Environment* 2017; 13(3): 347-355.
- Coelho B., Andrade-Campos A. Efficiency achievement in water supply systems- A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2014; 30: 59-84.
- Constantin A., Nitescu CŞ. Water distribution network design based on numerical simulation in EPANET. *International Scientific Conference People, Buildings and Environment*, 29 Eylül- 01 Ekim 2016, sayfa no: 1-9, Luhacovice, Czech Republic.
- Eryürük K. Hydraulic models for calculating head loss in water distribution system: A case study in Konya. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2021; Özel Sayı 28: 275-279.

- Güçlü MC., Ekinci B., Korkmaz A., Başaran Y., Karaaslan Y., Aldemir S., Türkoğlu A., Serindağ A., Fernandez JAC., Ar K., Ülgen B., Dikmen B., Pakdemirli B. The feasibility study to improve the efficiency of municipal water supply. *Turkish Journal of Water Science & Management* 2021; 5(1): 2-39.
- Kumar A., Kumar K., Bharanidharan B., Matial N., Dey E., Singh M., Thakur V., Sharma S., Malhotra N. Desing of water distribution system using EPANET. *International Journal of Advanced Research* 2015; 3(9): 789-812.
- Majidi AG., Korkmaz S., Marrouchi Y. Bilgisayar programı ile içmesuyu dağıtım şebekesi tasarımı: Bursa, Görükle mahallesi uygulaması. *Su Kaynakları* 2018; 3(1): 24-33.
- Neamat DH., Günal AY. Design of a gravity water distribution system for a village using EPANET software. *Journal of Global Scientific Research* 2021; 6(7): 1523-1532.
- Obura D., Kimera D., Khaldi A. A Hardy Cross approach for hydraulic modelling of water pipe networks. *East African Journal of Engineering* 2022; 5(1): 28-56.
- Ramana GV., Chekka VSSS. Validation and examination of existing water distribution network for continuous supply of water using EPANET. *Water Resources Management* 2018; 32: 1993-2011.
- Rossman LA. EPANET 2.0 users manuel. EPA United States Environmental Protection Agency 2000.
- Sarıcaoğlu K., Büyükgüngör H. İçme suyu şebekelerinin hesabında bilgisayar kullanımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 1998; 4(3): 767-775.
- Selçuk A. İçmesuyu şebekelerine ait tasarım metodlarının (Ölü nokta veya Hardy-Cross) bilgisayar programları kullanılarak karşılaştırılması. *Ankisoft* 2014; sayfa no: 14. <https://www.ankisoft.com.tr/>, Erişim tarihi: 01.03.2022.
- Tarım ve Orman İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. EPANET TR 2.0 Türkçe Kullanma Kılavuzu Kasım- 2019; sayfa no: 1-132. Ankara, Türkiye.
- Terlumun UJ., Robert EO. Evaluation of municipal water distribution network using Watercad and Watergems. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences* 2019; 5(2): 147-156.
- Tong AL., O'Connor TF., Lynch DE., Stearns WO. Analysis of distribution networks by balancing equivalent pipe lengths. *American Water Works Association* 1961; 53(2): 192–210.
- Türkkan GE., Atakul F. İçme suyu şebeke hattının farklı boru tipleri için tasarımı ve maliyeti: Erzurum ili Horasan ilçesi örneği. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2020; 8: 1521-1532.
- Widiarti WY., Wahyuni S., Wiyono RUA., Hidayah E., Halik G., Sisinggih D. Evaluation of pipe network distribution system using EPANET 2.0 (a case study fo the city of Jember). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 2020, 437: 2-10.
- YerelNet.org.tr. Camuzağılı mahallesi. Arşiv 2015; <https://www.yerelnet.org.tr/>, Erişim tarihi: 20.02.2022.

Yüce Mİ., Muratođlu A., Yüce Ő., EŞit M. Gaziantep ilinin gelecek ihtiyacını karşılamak üzere Göksu havzasından su temini. International Symposium of Water and Wastewater Management (ISWWM), October 26-28, 2016, sayfa no: 1-10, Malatya, Türkiye.