

Yamula Barajı ve Hidroelektrik Santralının Kayseri İline Sağladığı Faydaların İncelenmesi

Investigation of the Yamula Dam and Hydroelectric Power Plant Benefits to Kayseri Province

Fatma Kars

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Rize, Türkiye

Geliş Tarihi: **04.01.2021**; Kabul Edildiği Tarih: **10.04.2021**; Yayınlandığı Tarih: **28.06.2021**

Türk Hidrolik Dergisi (Tur. J. Hyd.), Cilt (Vol) : **5**, Sayı (Number) : **1**, Sayfa (Page) : **1- 7 (2021)**

e-ISSN: **2636-8382**

SLOI: <http://www.dergipark.gov.tr>

Sorumlu yazar e-mail: karsfatma6@gmail.com

Özet

Günümüzün en önemli ihtiyaçlarından birisi enerjidir. Bu nedenle çeşitli yöntem ve araçlarla enerji üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemlerden biri olan hidroelektrik elektrik enerjisinin su gücü kullanılarak elde edilmesidir. Bu yöntemde suyun mekanik enerjisini elektrik enerjisine çeviren santrallerde elektrik üretilmektedir. Bu yapılar sağladığı mali ve çevresel avantajlardan dolayı dünyada ve Türkiye’de elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Hidroelektrik santraller özellikle enerji tüketimi fazla olan buna karşın deniz kenarında olmayan bölgelerde önem arz etmektedir. Bu bölgelerde baraj inşa edilerek enerji üretiminin sağlanması önemlidir. Barajın mesire alanı olması, sulama ve içme suyunda kullanılması, hidroelektrik üretimi ve su ürünleri üretimi şehre sağladığı faydalarındandır. Kayseri ili İç Anadolu Bölgesinde önemli yönleri olan bir şehirdir. Bu çalışmada Kayseri’de inşa edilen Yamula Barajı ve Hidroelektrik Santralinin şehre enerji katkısı ve sosyal etkileri üzerinde durulmuştur. Sonraki yapılacak çalışmalar için veri sunulması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hidroelektrik santralleri, Enerji-üretim kaynakları, Fayda

Abstract

One of the most important needs of today is energy. For this reason, energy production is carried out with various methods and tools. One of these methods is to obtain hydropower from hydroelectric electric energy. In this method, electricity is produced in power plants that convert the mechanical energy of water into electrical energy. Due to the financial and environmental advantages of these structures in the world and Turkey is used in electricity production. Hydroelectric power plants are especially important in areas not by the sea, although their energy consumption is high. The importance of energy generation by developing it up. The dam being a recreation area, irrigation and drinking water, hydroelectric production and aquaculture production are among the benefits of the city to the city. Kayseri province is a city with important aspects in the Central Anatolia Region. In this study, the energy contribution and social effects of Yamula Dam and Hydroelectric Power Plant built in Kayseri are emphasized. It is aimed to present data for future studies.

Keywords: Hydroelectric power plants, Energy-generating resources, Benefit

1. GİRİŞ (Introduction)

Yaşamın var olup canlılığın devamı için su her zaman en önemli element olarak karşımıza çıkmıştır. Geçmişten günümüze kadar suya yakın bölgelerde yaşayan insanlar rahat ederken, sudan uzak bölgelerde yaşayan insanlar zorluk çekmiştir. Yaşanan her türlü zorluğu önlemek ve yaşamın temel ihtiyacı olan suya ulaşmak için insanlar kanallar ve barajlar inşa etmişlerdir.

Zamanla temel ihtiyaç karşılanınca bu sefer farklı ihtiyaçlar ortaya çıkmıştır. Medeniyetler kurulmuş, insanoğlunun kol gücü ile elde edemeyeceği enerjilere ihtiyaç duyulmuştur. Önceden içme suyu temininde veya sulamada kullanılan su artık elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. Bu başlangıç mühendisler tarafından enerji üretiminde kullanılması için barajlar inşa edilmesini sağlamıştır.

Türkiyede işletmede olan 213 adet hidroelektrik santralin kurulu gücü 14.300 MW ve ortalama yıllık üretimi ise, 50.000 GWh olup toplam potansiyelin %35,71'ine karşılık gelmektedir. 7.286 MW'lık bir kurulu güç ve toplam potansiyelin %16,98'i olan 23.770 GWh'lik yıllık üretim kapasitesine sahip 145 hidroelektrik santral halen inşa halinde bulunmaktadır.

Türkiye'de geriye kalan yıllık 66.230 GWh potansiyeli (ortalama yıllık üretim potansiyelinin 140 milyar kWh olduğu öngörülmektedir) kullanabilmek için 200 adet hidroelektrik santral yapılacaktır. Böylece toplam kurulu güç 44.200 MW'a, yıllık ortalama üretim 140.000 GWh'e ve hidroelektrik santrallerin sayısı 558'e ulaşacaktır [1, 2].

Bu hidroelektrik santrallerden birisi de İç Anadolu Bölgesinde Kayseri ilinde yer alan Yamula Barajı ve Hidroelektrik Santralidir. Bu çalışmada Yamula Barajı ve Hidroelektrik Santralinin şehre enerji katkısı ve sosyal etkileri üzerinde durulmuştur.

2. YÖNTEM (Method)

2.1. Kayseri İli (Kayseri Province)

2.1.1. Coğrafi Özellikler (Geographical Features)

Kayseri ili, İç Anadolu'nun güney bölümü ile Toros Dağları'nın birbiriyle kesiştiği yerde, Orta Kızılırmak bölümünde yer alır (Şekil 1). Doğu ve kuzeydoğusu Sivas, kuzeyi Yozgat, batısı Nevşehir, güneybatısı Niğde, güneyi ise Adana ve Kahramanmaraş illeri ile çevrilidir. İlin yüzölçümü 17.109 km²'dir. Kayseri ilinin en önemli ve en yüksek dağı 3.916 metre yüksekliğindeki Erciyes Dağıdır. İlin önemli gölleri ise Camız Gölü, Çöl Gölü, Sarıgöl, Yay Gölü ve Tuzla Gölüdür. Bunların yansısı, çeşitli büyüklüklerde barajlar ve göletler bulunmaktadır. İlin başlıca akarsuyu ise Kızılırmak'tır [3].



Şekil 1. Kayseri İli ve İlçeleri

2.1.2. İklim Özellikleri (Climate Features)

Kayseri ilinde kışları soğuk ve kar yağışlı, yazları ise sıcak ve kurak karasal nitelikli Orta Anadolu iklimi egemendir. Ancak il iklimi yükseltiye göre yer yer farklılıklar göstermektedir. Buna bağlı olarak ilde iklim çukurda kalan bölgelerde daha yumuşakken, yaylalardan dağlık kesimlere doğru gidildikçe sertleşmektedir. Sıcaklık ortalaması, il merkezine göre daha yüksek kesimlerde yer alan Sarız ve Pınarbaşı ilçelerinde daha düşüktür. En sıcak günler Temmuz ve Ağustos aylarında olup bazen 38 °C'a kadar yükselir. Bu ayların ortalama sıcaklığı ise yaklaşık 23 °C'dir. En soğuk günler ise Aralık, Ocak ve Şubat aylarında olup sıcaklığın bazen -36° C'a kadar düştüğü görülmektedir. Kış sıcaklık ortalaması ise -2 °C ile -6 °C arasındadır. Son altmış yıllık gözlemlere göre merkezde ortalama sıcaklık 10,4 °C'dir [4].

Yağış miktarı ise, ilin yüksek kesimlerinde yer alan bölgelerinde daha fazladır [4]. Kayseri'de kapalı gün sayısı oldukça azdır. Kapalı gün sayısı ortalama 68, açık ve güneşli gün sayısı ise 110 gün civarındadır. Ortalama nispi nem miktarı %65'tir. Ortalama yağış miktarı ise metrekareye ortalama 375 kg'dır. İl en fazla yağışı Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında almaktadır. Kayseri il merkezi ve 10 ilçesinde yer alan istasyonlardan meteorolojik ölçümler yapılmaktadır [4].

2.1.3. Bitki Örtüsü (Flora)

Kayseri il topraklarında, ovalarda olduğu gibi dağ ve tepelik alanlarda da bozkır bitki örtüsü egemendir (Şekil 2). İlin yüksek kesimlerinde orman örtüsü gözlenirse de topraklar genellikle bozuk orman ve çalılıklar ile kaplıdır.

İlin güney kesiminde Toros dağlarının yer aldığı bölümde karaçam, kızılçam, kök nar, ladin ve meşe türleri bulunmaktadır. Ormanlar Tomarza, Yahyalı ve Develi ilçeleri çevresinde yer almaktadır. Ormandan yoksun kalmış olan iç kesimlerdeki dağlarda ise seyrek çalılarla birlikte otluklar geniş yer tutmaktadır. Dağlar arasındaki çöküntü havzalarında ve ovalarında önceleri bozkır örtüsünün egemen olmasına karşılık, bu kesimler daha sonra geniş ölçüde tarım alanı durumuna getirilmiştir. Dağların etek bölümleri ise genellikle dağlık ve bahçeliktir. Dağların yüksek kesimlerinde güvenlikler (altragalus soyundan dikenli, yastık biçimli bitkiler), otluklar ve bunların arasında dikenlikler ve yüksek dağ çayırlarına rastlanmaktadır [3].

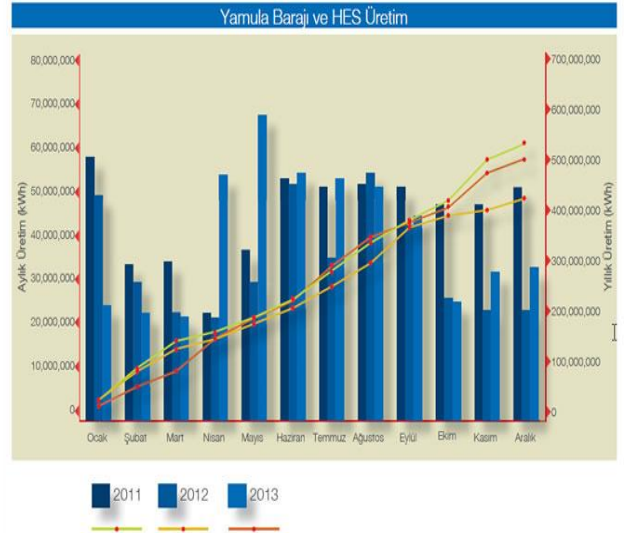


Şekil 2. Bozkır İklimi Bitki Örtüsü

2.2. Yamula Barajı ve Hidroelektrik Santrali (Yamula Dam and Hydroelectric Power Plant)

Yamula Barajı ve Hidroelektrik Santrali (HES) Kayseri'nin Kocasinan ilçesi Yemliha mevkiinde, Kızılırmak üzerindedir [5]. AYEN Enerji A.Ş.'ne bağlı olan ve Kayseri Elektrik Üretim San. Ve Tic. A.Ş. tarafından işletilen santral 100 MW kurulu gücü [6] ile Türkiye'nin 134., Kayseri'nin ise en büyük enerji santralidir [7]. Yamula Barajı ve HES ortalama 352.620.130 kilovatsaat elektrik üretimi ile 106.532 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu (konut, sanayi, metro ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması, vb.) tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilmektedir (Şekil 3). Yamula Barajı ve HES sadece konut elektrik tüketimi dikkate alındığında ise 111.943 konutun elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek elektrik üretimi yapmaktadır (Tablo 1) [7].

27 Aralık 2003 tarihinde su tutulmaya başlanan barajda elektrik üretimi 30 Temmuz 2005 tarihinde başlamıştır. İşletme süresi olan 20 yılın sonunda 30 Temmuz 2025'te Ayen Enerji A.Ş. barajı Elektrik Üretim A.Ş.'ye devredecektir [8]. Barajda 2 adet 50 MW kapasiteli düşey eksenli Francis tip türbin kullanılmaktadır. Barajın minimum işletme seviyesi 1070 metre, maksimum işletme seviyesi 1100 metredir [7].



Şekil 3. Yamula Barajı ve Hidroelektrik Santrali 2011, 2012 ve 2013 Aylık ve Yıllık Elektrik Üretim Grafığı

Zonlu kil çekirdekli kaya dolgu gövdesine sahip olan barajın gövde hacmi 1.582.000 m³, akarsu yatağından yüksekliği 120 m, normal su kotunda göl hacmi 2025 hm³, normal su kotunda gölalanı 85,30 km² dir (Tablo 2) [9].

Tablo 1. Yamula Barajı ve HES Yıllık Elektrik Üretimi

Yıl	Üretim (kwh)	İl Tüketimine Oranı	Ülke Tüketimine Oranı
2005	226.700.000	% 10,97	% 0,14
2006	327.478.240	% 14,6	% 0,19
2007	173.809.230	% 7,12	% 0,09
2008	238.200.840	% 9,36	% 0,12
2009	388.900.000	% 15,6	% 0,2
2010	535.900.000	% 19,82	% 0,25
2011	532.400.000	% 17,99	% 0,23
2012	399.300.000	% 12,82	% 0,16
2013	478.988.770	% 15,13	% 0,19
2014	296.871.970	% 9,01	% 0,12
2015	280.272.380	% 8,2	% 0,11
2016	392.805.150	% 11,02	% 0,14

Tablo 2. Yamula Barajı Karakteristik Özellikleri

Akarsu	Kızılırmak
Minimum İşletme Seviyesi (rakım)	1070 metre
Maksimum İşletme Seviyesi (rakım)	1100 metre
Net Düşü	96,47 metre
Minimum İşletme Seviyesi Su Hacmi	1.400.000 m ³
Maksimum İşletme Seviyesi Su Hacmi	3.476.000 m ³
Elektrik Üretimi İçin Faydalı Su	2.076.000 m ³

2.2.1. Temel Yapısı ve Sıyırma Kazısı Temel Yapısı (Foundation Structure and Stripping Excavation Foundation Structure)

Baraj gövdesine gelen yüklerin ana kayaya aktarılabilmesi için gövdenin geçirimsiz ve sağlam bir zemine oturtulması gerekmektedir. Bu nedenle de nehir yatağındaki 10 m derinliğinde alüvyon tabakası sıyrılarak (cut off) baraj gövdesinin sağlam kaya ile teması sağlanmıştır [10].

Cut-off'un açılacağı bölgede sondaj çalışması yapılarak, taşıma gücü yüksek ana kayaya ulaşmak için gerekli cut-off derinliği bulunmuştur. Sondaj çalışmaları yardımıyla cut-off derinliği tespit edildikten sonra kazı işlemlerine başlanmıştır. Talvegdeki enjeksiyon galerisi çukurunun açılmasıyla birlikte perde ile konsolidasyon enjeksiyonları başlamış ve temeldeki enjeksiyon perdesi oluşturulmuştur (Şekil 4),[11].



Şekil 4. Enjeksiyon Perdesi Oluşturma Aşaması

2.2.2. Kil Çekirdek Yapısı (Clay Core Structure)

Kil çekirdeğin taban genişliği 52 m ve kret kısmındaki genişliği 5,25 m'dir. Tabandan itibaren 112 m yüksekliktedir (Şekil 5). Çekirdekte kullanılan kil, inşaat sahası yakınındaki Dadağı Köyü civarından getirilmiştir.



Şekil 5. Çekirdek Kilinin Dökülmesi ve Sıkıştırılması

2.2.3. Kil Çekirdeği Örtün Filtre Katmanları ve Rip-Rap Malzemesi (Clay Core Covering Filter Layers And Rip-Rap Material)

Yamula Barajı'nın gövdesi, baraj ekseninden itibaren simetrik olarak değişen zonlardan oluşmaktadır. Bu zonlar sırasıyla kil çekirdek, filtre kum, filtre çakıl, kaya ufağı, sağlam kaya dolgu (ineden kabaya doğru) ve rip rap malzemesi (mamba tarafında)dir (Tablo 3). Yamula Baraj gövdesinde kullanılan rip rap malzemesi mevcut aglomeralardan oluşmuş olup 1065 m kotu ile 1104 m kotu arasına yerleştirilmiştir (Şekil 6).

Tablo 3. Yamula Barajı Gövdesinde Bulunan Dolgu Malzemesi Miktarları

Dolgu Türü	Miktar (m ³)
Kaya Dolgu (Rip Rap Dahil)	4.774.348 m ³
Kil Dolgu	865.178 m ³
Filtre Malzemesi	315.000 m ³
Toplam	5.954.526 m ³



Şekil 6. Rip Rap Malzemesi

2.2.4. Yamula Barajı Gövdesinde Bulunan Deplasman ve Boşluk Suyu Basıncı Gözlem Sistemleri (Displacement and Pore Pressure Monitoring Systems in the Yamula Dam Body)

Yamula Baraj Gövdesindeki deformasyonları gözlemek amacıyla gövde üzerine çökme röperleri (mamba ve mansapta toplam 38 adet) ve kil çekirdek oturma ölçüm plakaları (25 adet) tesis edilmiştir (Şekil 7).

Gövdenin 0+275 kesitinde, kil çekirdek ekseninde bulunan ve çekirdeğin tabanından itibaren 4,5 m aralıklarla konulmuş olan 25 adet manyetik plaka yardımıyla gövdedeki oturma miktarı tespit edilmiştir. Oturma ölçüm sonuçları baraj gövdesindeki maksimum oturma 175 cm civarındadır. DSİ kriterlerine göre kil çekirdekli, zonlu, kaya dolgu tipi barajlarda izin verilen oturma miktarı, gövde yüksekliğine oranla %1 ile %2 arasında olmalıdır. Yamula Baraj gövdesi için oturma miktarları Tablo 4'te gösterilmiştir. Bu verilere göre

Yamula Baraj gövdesindeki oturma miktarının öngörülen limitler içerisinde olduğu görülmektedir [11].



Şekil 7. Çökme Röperi

Tablo 4. Yamula Baraj Gövdesi için Oturma Miktarları

Kret Kotu	1104 m
Talveg Kotu	984
Gövde Yüksekliği	120 m
Oturma Miktarı (%)	$(1,75 \text{ m} / 120 \text{ m}) * 100$ $= \% 1,46 < \% 2$

2.2.5. Yamula Baraj Gövdesinde Bulunan Boşluk Suyu Basıncı Gözlem Sistemleri (Pore Water Pressure Monitoring Systems in Yamula Dam Body)

Boşluk suyu basıncı; kil, kum ve çakıl taneleri arasında bulunan suyun, taneleri birbirinden ayırmak için uyguladığı basınçtır. Eğer boşluk suyu basıncı katı tanelerin birbirine temasını sağlayan sıkışma basıncından büyük olursa, taneler birbirinden ayrılır ve ortamın duraylılığı bozulur. Baraj rezervuarında bulunan suyun yüksekliği nedeniyle gövde üzerinde bir hidrostatik basınç vardır. Bu hidrostatik basınç su derinliği ile doğru orantılıdır. Dolayısıyla gövdeye gelen bu su yükünün tüm gövde boyunca gözlenmesi gerekir. Yamula Baraj Gövdesinde 0+200, 0+275 ve 0+340 kesitlerine yerleştirilmiş toplam 45 adet Titreşim Telli Piyezometre (VWP) bulunmaktadır. Bu VWP'ler baraj gövdesi yapılırken belirli derinliklere tesis edilmiş ve gövde tamamlandığında da ölçme ve dağıtım kutularına bağlanarak gözlemlere başlanılmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Gövde İnşaatı Sırasında VWP'lerin Tesisi

Kars, F., ORCID: 0000-0001-8240-6677; Türk Hidrolik Dergisi: Yamula Barajı ve Hidroelektrik Santralının Kayseri İline Sağladığı Faydaların İncelenmesi, Cilt (Vol) : 5, Sayı (Number) : 1, Sayfa (Page) :(2021)

3. BULGULAR (Results)

3.1. Yamula Barajı ve Hidroelektrik Santralinin Kayseriye Faydaları (Benefits of Yamula Dam and Hydroelectric Power Plant for Kayseri)

3.1.1. Spor Alanında Sağladığı İmkanlar (Opportunities in the Field of Sports)

Yamula Baraj gölünde, her yıl yelkenli, kürek, yüzme, off-shore ve kano yarışları düzenlenmektedir (Şekil 9, Şekil 10, Şekil 11 ve Şekil 23) [12].



Şekil 9. Yelkenli Yarışı



Şekil 10. Yüzme Yarışı



Şekil 11. Off-shore Yarışı



Şekil 12. Kano Yarışı

3.1.2. Turizm Alanında Sağladığı İmkanlar (Opportunities in the Field of Tourism)

Kocasinan Belediyesi tarafından Yamula Barajı kıyısında Kuşçu Mahallesi'nde tatil köyü inşa edilmiştir. Kuşçu Sahilinde 11 bungalov ev, 40 gününbirlik konaklama mekânı, 2 yapay şelale, basketbol sahası, yüzme havuzu, çocuk oyun alanları, toplantı merkezi ve kafeterya yer almaktadır. Bunların yanı sıra yaklaşık 65 kilometre uzunluğa sahip baraj gölünün çevresinde de yürüyüş parkurları oluşturulmuştur [13]. Sahile sabit marina yapılması planlanmıştır ancak barajdaki su seviyesinin sabit olmaması nedeniyle yüzer marina inşa edilmiştir (Şekil 13) [13].



Şekil 13. Marina

3.1.3. Balıkçılık Açısından Sağladığı İmkanlar (Opportunities in the Field of Fishery)

Kent merkezine yaklaşık 25 kilometre uzaklıktaki Yamula Baraj Gölü'nde, Tarım ve Orman Bakanlığı izniyle belirli zamanlarda balık avlayan bölge halkı balıkçılığı kendileri için önemli bir gelir kaynağı olarak görmektedir [14].

Balıkçılar, günde ortalama 15 kez attıkları ağlarla topladıkları balıkları, Yamula Su Ürünleri Kooperatifine satarak geçimlerini sağlamaktadırlar. Balıkçı Mustafa Küçükşahin, AA muhabirine yaptığı açıklamada, köyleri

su altında kaldığı için yaklaşık 15 yıldır balıkçılık yaptığını belirtmektedir. Eskiden çiftçilikle uğraşırken şimdi balıkçılıkla geçimini sağladığını belirten Küçükşahin haberde yer alan ifadesi "Barajın yapılmasıyla köydeki arazilerimiz, bağımız, bahçemiz gittiği için balıkçılığı önce oltayla yaptık fakat daha sonra ticarete dönüştü. O yüzden ticaretini yapıyoruz. Sabah 05.00 gibi kalkıyoruz kahvaltımızı yapıp baraja çıkarak kismetimizi arıyoruz. Burada çadırlarımız var. Kahvaltudan sonra "vira bismillah" diyerek ekmeğimize bakıyoruz. Barajda dolaşıp balık arıyoruz. Yakaladığımız balıkları buraya getirip yükleme yapıyoruz. Fırtına, dalga, dümen hepsi oluyor. Yeri geliyor 4-5 saat gittiğimiz oluyor. Eğer bulamazsak bu akşama kadar da sürüyor. Hava şartlarının da el vermediği oluyor. Balıkçılık işi zor, 'rastgele' deyip çıkıyoruz." şeklindedir [14]. Gümüş balığı, sazan ve levrek gibi birçok balık türü avlanmaktadır (Şekil 14) [13].



Şekil 14. Balık Ağıyla Balık Avlama

4. SONUÇLAR (Conclusion)

Kızılırmak üzerine kurulmuş olan, 2005 yılında açılışı yapılan ve 82 milyon metrekarelik yüzeyi, yaklaşık 3,5 milyar metreküplük su depolama kapasitesiyle Türkiye'nin sayılı barajları arasında yer alan Bahçelik Barajı'ndan 16, Sarımsaklı Barajı'ndan 109 kat daha büyük olan Yamula Barajı, "Kayseri'nin denizi" olarak adlandırılmaktadır. Toplam 100 megavat kurulu gücündeki Hidroelektrik Santalı (HES) sayesinde de yılda yaklaşık 423 milyon kilovatsaat elektrik üretilen Yamula Barajı kentin ekonomisine büyük katkı sağlamaktadır.

Yap-İşlet-Devret modeliyle yapılan ve bugünkü değerinin 500 milyon dolar olduğu ifade edilen baraj sayesinde 77 bin 480 dekar tarım arazisi de sulanabilecektir.

Ayrıca, sahip olduğu 3,5 milyar metreküplük su kapasitesiyle "Kayseri'nin denizi" olarak nitelendirilen Yamula Barajı, yörede balıkçılığın gelişmesine de büyük

katkı sağlamaktadır. Baraj gölünde kafes balıkçılığı yapan 23 işletmenin, yaklaşık 19 bin 300 ton üretim kapasitesi bulunmaktadır.

Yaklaşık yarım asrın hayali olan Yamula Barajı, elektrik üretimi, tarımsal sulama ve balıkçılık faaliyetlerinin yanı sıra turizme, spora ve kentin sosyal yaşamına da önemli katkı sağlamaktadır. Kocasinan ilçesi sınırlarında yer alan baraj gölünde, belediyenin de desteğiyle başta yelken ve kürek olmak üzere birçok su sporları etkinliği ile bisiklet ve trekking, yürüyüş parkurları, içerisinde tatil köyü bünyesinde 11 bungalov ev, 40 günübirlik konaklama mekanı, 2 yapay şelale, basketbol sahası, yüzme havuzu, çocuk oyun alanları, toplantı merkezi ve kafeterya gibi tesisler bulunan doğa sporları organizasyonu düzenlenmektedir.

Yamula Barajı ve Hidroelektrik Santralinin kapasite faktörünün ve Kayseri iline ekonomik katkısının günden güne daha da artarak gelişeceği söylenebilir.

TEŞEKKÜR (Acknowledge)

Bu çalışmada akademik danışmanlığı için çok değerli akademisyen Doç. Dr. Veli SÜME'ye teşekkür ederim.

KAYNAKLAR (References)

- [1] Akalın, A. Yenilenebilir Enerji Kaynak Potansiyeli Emisyon Analizleri, Toplumsal Maliyet Analizleri, 27. Enerji Verimliliği Konferansı, 2008, http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/9514e888b8f2aca_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube=5, [Erişildi: 31 03 2021].
- [2] Elektrik Üretim Anonim Şirketi, 2019, “Elektrik Üretim Sektör Raporu”, <https://api.euas.gov.tr/file/a14944e4-6717-434f-b422-bc7cb3f4cb7d?download>, [Erişildi: 30 12 2020].
- [3] Kayseri İl Kültür Ve Turizm Müdürlüğü, Coğrafya, <https://kayseri.ktb.gov.tr/TR-182950/cografya.html>, [Erişildi: 30 12 2020].
- [4] Kayseri İl Kültür Ve Turizm Müdürlüğü, İklim Ve Bitki Örtüsü, <https://kayseri.ktb.gov.tr/TR-54978/iklim-ve-bitki-ortusu.html>, [Erişildi: 30 12 2020].
- [5] Ayen Enerji A.Ş., Yamula Hidro Elektrik Santrali, <https://www.ayen.com.tr/Tesisdetay.aspx?tesis=15>, [Erişildi: 30 12 2020].
- [6] Serdar, S. Türkiye Hidroelektrik Potansiyeli Ve Gelişme Durumu. In TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Türkiye'nin Enerji Görünümü (Oda Raporu), pp. 271-283, Ankara, 2020.

- [7] Oğuz, M., Akkurt, Ş., Kayseri İlinin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6(2), 362-374, 2017. (DOI: 10.28948/ngumuh.341150)
- [8] Ayen Enerji A.Ş. ve Bağlı Ortaklıkları, 1 Ocak - 31 Aralık 2017 Hesap Dönemine Ait Konsolide Finansal Tablolar Ve Bağımsız Denetçi Raporu, <https://www.ayen.com.tr/belgeler/Ayen%20SPK%20Konsolide%202017.pdf> [Erişildi: 30 12 2020].
- [9] ÇED, İzin, Lisans Ve Denetim Şube Müdürlüğü, Kayseri İl Çevre Durum Raporu https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Kayseri_icdr2014.pdf, [Erişildi: 30 12 2020].
- [10] Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı, Zemin Ve Temel Etüdü Uygulama Esasları Ve Rapor Formatı, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/03/20190309-5-1.docx>, [Erişildi: 30 12 2020].
- [11] Çevre Ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Yamula Baraj Gölü Limnolojisi, <https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/KonuIcerik/767/1115/DosyaGaleri/yamula-baraj-golu-limnolojisi.pdf>, [Erişildi: 30 12 2020].
- [12] TC Kayseri Valiliği, Yamula Barajı, <http://www.kayseri.gov.tr/yamula-baraji>, [Erişildi: 30 12 2020].
- [13] Anadolu Ajansı, Yamula Barajı ve Hes Bereketi, <https://www.haberler.com/yamula-baraji-ve-hes-bereketi-8042448-haberi/>, [Erişildi: 30 12 2020].
- [14] Risale Haber, Yamula Barajı'nda balık mesaisi, <https://www.risalehaber.com/yamula-barajinda-balik-mesaisi-355761h.htm>, [Erişildi: 30 12 2020].

İçmesuyu Şebekelerinden Enerji Elde Edilmesi; Boru İçi Türbin Modeli

Generating Energy from Drinking Water Networks; Tubular Turbine Model

(1*)Ali KERİM, (2)Veli SÜME

(1*)*Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Rize, Türkiye*

(2)*Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Rize, Türkiye*

Geliş Tarihi: **22.12.2020**; Kabul Edildiği Tarih: **10.04.2021**; Yayınlandığı Tarih: **28.06.2021**

Türk Hid. Der. (Tur. J. Hyd.), Cilt (Vol) : **5** Sayı (Number) : **1** Sayfa (Page) : **8-17 (2021)**

e-ISSN: **2636-8382**

SLOI: <http://www.dergipark.gov.tr>

(*): *Sorumlu yazar e-mail: ali_kerim18@erdogan.edu.tr*

Özet: Fosil yakıtların çevreye verdiği zararlarla birlikte bu yakıtların tükenmesi, ülkelerin alternatif enerji kaynakları arayışına girmelerine neden olmuştur. Bu durum yenilebilir enerji kaynaklarına ilgiyi arttırmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından (YES) olan su, hayatımızın vazgeçilmez bir parçasıdır. Bu kaynak, hem yaşamımızı idame ettirmek hem de enerji üretmek için kullanılmak suretiyle, elektrik enerjisi üretiminde önemli bir yer edinebilir. Şehirleri altyapısında mevcut olan, su dağıtım şebekelerinden elektrik üretme fikri, birçok araştırmacının ilgisini çekmiştir. Özellikle, su dağıtım şebekelerinde mevcut basınçtan veya şebekede değişik nedenlerden dolayı oluşan fazla basıncın, basınç kırıcılar (valfler, maslak vs.) ile sönmülmesi yerine boru içine konan mikro türbinlerle hem basınç düşürülebilir hem de elektrik enerjisi elde edilebilir. Böylelikle basınç düşürmek için ek bir maliyet gerektirmeyen ve şebekeden elektrik elde edilebilen çevreci bir uygulama olacaktır. Bu çalışmada, su dağıtım şebekelerinde mevcut basınçlardan yararlanarak, boru içi türbinle elektrik üretilebileceği araştırılmıştır. Sonuç olarak içmesuyu şebekelerinden elektrik enerjisi elde edilebileceği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, Enerji üretimi, Boru içi türbin, Basınç, İçmesuyu şebekesi, Hidrolik modeller.

Abstract: The depletion of fossil fuels and its damage to the environment has caused countries to seek alternative energy resources. This situation increases the interest in renewable energy sources. Water, which is one of the Renewable Energy Resources (RES), is an indispensable part of our lives. This resource can have an important place in the production of electrical energy by being used both to sustain our lives and to generate energy. The idea of generating electricity from water distribution networks, which is present in the infrastructure of cities, has attracted the attention of many researchers. Especially, instead of damping the excess pressure caused by the existing pressure in the water distribution networks or various reasons in the network with pressure breakers (valves, maslak, etc.), the pressure can be reduced and micro turbines placed in the pipe electrical energy can be obtained. In this way, it will be an environmentally friendly application that does not require an additional cost to reduce pressure and can generate electricity from the network. In this study, it has been investigated that electricity can be produced with an in-pipe turbine by utilizing existing pressures in water distribution networks. As a result, it has been revealed that electrical energy can be obtained from drinking water networks.

Key Words: Energy, Hydroelectric, HPP, Micro HPP.

1. GİRİŞ (Introduction)

Fosil yakıtların tükenmesi ve çevre kirliliğine sebep olmasından ötürü yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme son zamanlarda hız kazanmıştır. Birçok yenilenebilir enerji kaynağından elektrik üretimi yapıldığı gibi su ile de elektrik üretimi yapılmaktadır.

Su enerjisi, dünyanın en temiz ve en yaygın bulunan yenilenebilir enerji kaynağı olarak bilinir (Güney ve Kaygusuz, 2010). Aynı zamanda su, en verimli elektrik enerjisi kaynağıdır. (Öztürk ve diğerleri, 2009). Küresel enerji ihtiyacının yaklaşık % 18'i suyun enerjisinden sağlanmaktadır. Öte yandan, su enerjisinin tahmin edilebilirliği, düzenli olması ve çok geniş bir alana yayılması, bu enerji türünün tercih edilme oranını artırmaktadır [1].

Hidroelektrik, enerji ve suyun güçlü bir şekilde birbirine bağlandığı, gelişmiş ve maliyet açısından rekabetçi bir yenilenebilir enerji kaynağı olarak kabul edilir. Gerçekten de, dağıtım sistemi boyunca suyu tüketicilere ulaştırmak için önemli miktarda enerji kullanılmaktadır. Bu aşırı enerji, ekstra basınç nedeniyle bazı noktalarda taşıma borularına zarar verebilir. Bu nedenle bu borulardaki basıncı uygun seviyelere indirmek için basınç valfleri kullanılır. Bu noktaların yakınında farklı yükler sağlayan temiz enerji üreterek fazla basınç noktalarından yararlanılabilir. Dağıtım borusuna türbinlerin dahil edilmesi, basınç vanası kullanılmamasından dolayı sistem maliyetini önemli ölçüde azaltacaktır. Boru hatlarına monte edilen hidrokinetik türbinler ile jeneratöre bağlanarak elektrik üretilebilir. Boru içi sistemden elektrik üretmeyi sağlayan bu türbinlere enerji, literatürde boru içi türbin olarak bilinmektedir. [2]

Geleneksel yenilenebilir enerji kaynaklarının aksine, boru içi hidroelektrik enerjisi hava koşullarından bağımsızdır ve çevre dostu bir enerji kaynağı olarak sınıflandırılır. Ayrıca kurulum ve bakım maliyeti açısından enerji üretmenin en ucuz yollarından biri olarak biliniyor. Hidrokinetik türbinlerin tasarımı sırasında dikkate alınması gereken kritik tasarım konularından biri, dağıtım şebekesindeki su akışını bozmadan güç üretimini maksimize etmektir. [2]

İçme suyu şebekelerinde hidrolik parametrelerin tahmin edilmesi amacıyla hidrolik modelleme çalışması, su hızı, debi, basınç vb. için yapılır. Model tahminleri şebekenin farklı noktaları (şebekenin uç noktaları, en yüksek kotlar, depodan önce vb.), farklı dönemler ve tarihler (haftanın farklı günleri) ile farklı zamanlar (günün farklı saatleri) için elde edilebilir. Böylece, şebeke içinde istenilen

noktalar ve zamanlar için hidrolik parametrelerin ölçüm yapılmadan tahmin edilmesi mümkün olur. [3]

Ayrıca hidrolik modelleme içme suyu şebekelerinde su hızı seviyelerinin kontrolü ve basınç yönetimi için hayati öneme sahiptir. Su kayıplarının takibinde yapılan ölçümler ile elektrik üretimi için veri setlerini oluştururlar. Ayrıca bu veri setleri ile hidrolik model karşılaştırılarak analizin doğruluğu kıyaslanır. [4]

Borudan akan su, kinetik ve basınç enerjisi şeklinde çok fazla enerjiye sahiptir. Borunun içindeki akış hızı her zaman sabit kalır. Ve çoğu durumda, son kullanıcı gereksinimi basınç değil, sadece akış hızıdır. Böylece, basınç enerjisinin bir kısmı elektrik enerjisi şeklinde çıkarılıp depolanabilir. Alan küçüldükçe basınç enerjisi kinetik enerjiye dönüşür. [5]

Boru içi türbin, boru akışından basınç enerjisi çekmenin en verimli yoludur. Su borunun içinden akarken, boru içi türbinin kanatlarına çarparak dönmesiyle türbin şaftını, türbin şaftı da DC jeneratörünü hareket ettirir. Böylece elektrik enerjisini üretilmiş olur. Bu enerji kurşun pillerde depolanıp aydınlatma amaçlı kullanılabilir. [5]

2. SU DAĞITIM ŞEBEKELERİ

(Water Distribution Networks)

Su ve enerji kaynaklarının mevcudiyeti ve temini, insan yaşamı, ekonomik ve endüstriyel gelişme için önemli bir rol oynamaktadır. Kentleşme ve nüfus artışına bağlı olarak su talebi artmakta ve bu da su dağıtım şebekelerinin işletme maliyetlerinde artışa neden olmaktadır. Su temin sistemlerinde pompalama için küresel elektrik tüketimi, tüm tüketimin % 2-3'ünü oluşturmaktadır.[6]

Yerçekimi tipi su iletim hatlarında su yüksek kotlardan alçak kotlara aktarılır. Bu iletim sırasında su borularındaki basınç önemli ölçüde artar ve fazla basıncı azaltmak için birkaç BPT, dengeleme rezervuarı veya PRV bulunur. BPT'lerde ve dengeleme rezervuarlarında su, tankta depolanırken atmosferik basınca maruz kalır. Bu uygulamada fazla su basıncı ve kinetik enerji dağıtılır ve buna bağlı olarak fazla su basıncının oluşması önlenir. Yerçekimi tipi su iletim hatlarında, aşırı basınçtan enerji geri kazanımı sağlayabilen rezervuarların dengelenmesinden önce bir türbin yerleştirilebilir. Yerçekimi tipi bir su iletim hattında aşırı su basıncının oluşması ve türbinlerin olası yerleri **Şekil 1**'de gösterilmektedir. Yerçekimi tipi su iletim hatlarında BPT'lerin ve dengeleme rezervuarlarının kullanımı dünya çapında çok yaygındır ve bu

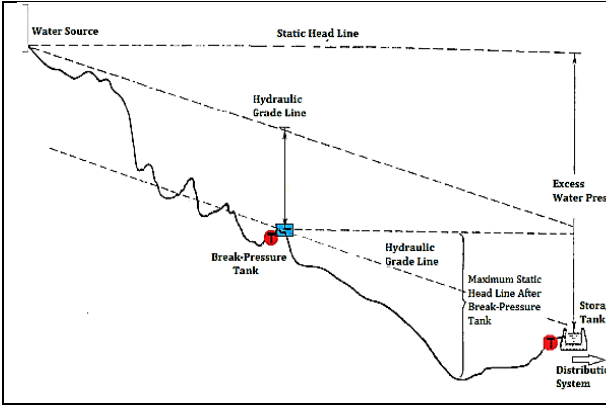
ünitelerin girişine türbinlerin kurulması, enerji üretimi için büyük bir potansiyel ve sürdürülebilir su tedarik hizmetlerine katkıda bulunur. Bir hidroelektrik türbinden güç üretimi, Denklem 1'den hesaplanabilir. Bu denklemde parametreler şu şekilde tanımlanır [6].

$$P_{güç} = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot \eta \quad (1)$$

Burada;

- $P_{güç}$: Türbin milinden alınan gücü (W),
 ρ : Suyun yoğunluğunu ($\approx 1000 \text{ kg / m}^3$),
 g : Yerçekimi ivmesini (9.81 m/s^2),
 Q : Türbine gelen debiyi (m^3/s),
 H : Net düşüğü (giriş ağız ile kuyruk suyu arasındaki kot farkından toplam düşü kayıplarını çıkartarak bulunur, m),
 η : Tüm enerji üretim sisteminin verimliliği.

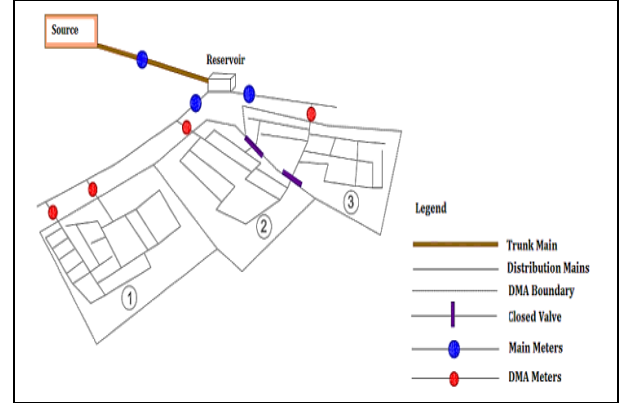
Sistem verimliliği kinetik enerjiden mekanik enerjiye dönüşüm kayıplarını içerir ve güvenli bir tahminde (türbin kayıpları, enerji dönüşümü, enerji dağılımı dahil)% 65 olarak kabul edilir. Suyun yoğunluğu ve yerçekimi ivmesi bilinen sabitler olduğundan, türbinlerden enerji üretimi için ana parametreler suyun debisi ve basınçtır. BPT'lerin girişine ve dengeleme rezervuarlarına türbinlerin kurulması enerji üretimi, karbondioksit emisyonlarında azalma ve para geliri gibi çeşitli avantajlar sağlar. Bu nedenle türbinlerin yerçekimi tipi su iletim hatlarında kullanılması dikkat çekmektedir [6].



Şekil 1. Aşırı basıncın meydana geldiği yerçekimi tipi bir su iletim hattı için açıklayıcı şema ve enerji üretmek için türbinlerin olası yerleri (T: türbin) [6].

Son zamanlarda, Su Dağıtım Şebekeleri(SDŞ)'nde su kayıplarının tespiti, azaltılması ve yönetimi, sürdürülebilir su yönetimi için daha fazla önem kazanmaktadır. Ağın daha iyi

yönetimi için Alt Bölge (DMA) olarak adlandırılan küçük ve izole alanlarda (SDŞ)' bölmek yaygın bir uygulamadır (Şekil 2). Bir DMA içinde dağıtılan toplam akış hızı, akış ölçerler kullanılarak DMA'nın girişinde ölçülür. Su dengesini hazırlamak ve su kayıp miktarını tahmin etmek için debi ölçümlerinden sürekli ve düzenli veriler, su abonelerinin su sayacı okumaları ile birlikte kullanılır. DMA'larda Minimum Gece Akışının gözlenmesi mümkündür ve saatlik su tüketiminin değerlendirilmesi ve öngörülen yöntemlerin kullanılmasıyla su kayıplarının tahmin edilmesi mümkündür [6].



Şekil 2. Alt Bölge (DMA)

2.1. Hidrolik Modeller (Hydraulic Models) [3, 6, 7].

Hidrolik modelleme, alt yapı sistemlerinin (su, kanalizasyon, drenaj ve taşkın) hidrolik olarak davranışını analiz ederek sistemin matematiksel bir modelinin oluşturulmasıdır. İçme suyu hatlarında hidrolik modelleme ile başlıca hatların hidrolik davranışının analizi, sistemin izlenebilirliği ve sürdürülebilirliği, sızıntı-kaçak tespiti ve basınç yönetimi amaçlanmaktadır.

Hidrolik modellemenin oluşturulabilmesi için sahadaki mevcut tesislerin sayısallaştırılması ve sayısal verilerin doğrulanması çok önemlidir. İçme suyu hatlarının hidrolik modelleme yapılarak simüle edilmesi, günümüzde gelişen yazılım teknolojileri daha kolay hale gelmiştir. İçme suyu sistemlerinde ölçüm noktalarının yerleri ve ölçüm ekipmanları son derece önemlidir. Matematiksel verilerle sahadaki verilerin revize edilerek modelin kalibrasyonunun yapılması hidrolik davranış analizinin gereceğe yakın olması açısından çok önemli bir rol oynar. Hidrolik modelleme ile sistemin üretim ve işletme maliyetlerinin analizi, sızıntı-kaçak ve basınç yönetiminin yapılması, sistemin izlenebilirliği ve erken uyarı sistemleriyle sürdürülebilirliği daha doğrusal ve hızlı verilerle yapılmasının sonucu olarak sistem yönetiminin ekonomik, stabil ve sürdürülebilir olması sağlanır.

2.2. Hidrolik Modelleme İçin Gerekli Veri Setleri (Data Sets Required for Hydraulic Modeling)

Hidrolik modelleme için veri girişi ihtiyacı duyulan bazı parametreler ve veri setleri vardır. En önemli girdi verileri şunlardır:

- i. **İçme suyu dağıtım şebekesi elemanlarının konfigürasyonu (borular, su kaynakları, pompalar, depolar, vanalar, vb.), şebeke elemanlarının koordinatları ve karakteristikleri (boru çapları, depo boyutları, pompa eğrileri vb.):** Bu veri setlerinin pek çoğu Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) biriminden temin edilebilir.
- ii. **Temin edilen suya ait debi profilleri, pompa istasyonlarının basınç profilleri ve kaynaktaki su seviyesi profili:** Profil terimi ile verilerin zaman içindeki değişimi tanımlanmaktadır. Bu veri setleri ölçümler ve izleme ile toplanabilir (örnek olarak SCADA sisteminden elde edilebilir).
- iii. **Abonelerin su tüketimleri (ev, restaurant, hastane, otel, okul, dükkan, vb.):** Bu veri setleri, su sayaçları okumalarından elde edilebilir. Yüksek hacimli ve değişken tüketimlere sahip abonelerin su tüketimleri veri kaydedici veya AMR sayacı ile izlenerek daha hassas bir şekilde tüketim profili belirlenebilir.
- iv. **Borular için sürtünme katsayısının belirlenmesi:** Bu katsayı boru cinsi, boru yaşı, her borudaki su hızı ve su kalitesi gibi pek çok parametreye bağlı olarak değişir. Buna bağlı olarak, içme suyu dağıtım şebekesindeki farklı borular, aynı malzemeden yapılmış olsa bile farklı sürtünme katsayısına sahip olabilir. Laboratuvar ortamında şebekenin tüm boruları için sürtünme katsayısı tayin edilmesi de mümkün değildir. Bu durumda en iyi yol, sürtünme katsayısının model kalibrasyonu ve doğrulaması ile belirlenmesidir.

2.3. Hidrolik Model Yazılımları (Hydraulic Model Software)

İçme suyu dağıtım şebekesi içindeki suya ilişkin hidrolik parametreleri (basınç, hız ve debi) tahmin etmek için bir seri matematiksel eşitliklerin çözülmesi gereklidir. Ancak, çok fazla sayıda boru ve bağlantının bulunduğu gerçek boyuttaki içme suyu şebekeleri için bu eşitliklerin elde çözülmesi mümkün olmadığından modelleme

çalışmalarında bilgisayar yazılımları kullanılmaktadır. İçme suyu dağıtım şebekelerinin hidrolik modellemesi için kullanılabilecek bazı yazılımlar mevcuttur. Bu yazılımların bazıları, ücretsiz olarak temin edilebilmektedir.

EPANET 2.0, iyi bilinen ve yaygın olarak kullanılan bir hidrolik modelleme yazılımıdır. US-EPA tarafından geliştirilen EPANET ücretsizdir. WaterGEMS, en popüler ve kullanıcı dostu hidrolik modelleme yazılım paketlerinden biridir. WaterGEMSV8i, (SDŞ)'nin hidrolik ve su kalitesi modellemesi için gerekli olabilecek hemen hemen tüm araçlara sahiptir. WaterGEMS, ArcGIS, AutoCAD ve MicroStation ortamlarında birlikte çalışabilirlik özelliğine sahip kapsamlı ve kullanımı kolay bir su dağıtım modelleme çözümüdür. EPANET kullanılarak gerçekleştirilen tüm analizler WaterGEMS tarafından gerçekleştirilebilirken, WaterGEMSV8i ek senaryo ve optimizasyon araçlarına sahiptir. (SDŞ)'nin hidrolik ve su kalitesi modellemesi için gerekli veri setleri WaterGEMS ve EPANET'te yaygın olmasına rağmen, WaterGEMS, borunun tipine ve yaşına bağlı olarak Hazen-Williams pürüzlülük katsayısı gibi önceden tanımlanmış özelliklere sahiptir.

2.4. Hidrolik Model Tahminlerinin Hassasiyeti (Precision Of Hydraulic Model Estimates)

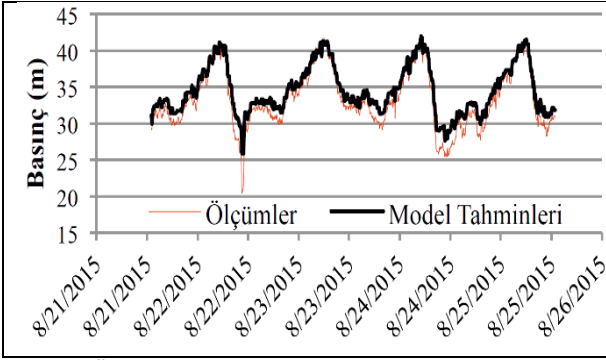
Hidrolik modelden elde edilen tahminlerin doğruluğunu/hassasiyetini belirlemek için araziden elde edilen ölçüm sonuçları ile karşılaştırma yapılır. Örnek olarak, hidrolik model ile içme suyu dağıtım şebekesinin en yüksek kotlu noktasında öğle saatindeki su basıncı tahmin edilebilir. Model tahmininin doğrulanması için aynı nokta ve aynı zaman için sahada su basıncı ölçümü yapılmalı ve elde edilen ölçüm ve tahmin değerleri karşılaştırılmalıdır. Eğer model tahmini ve ölçüm değeri tamamen aynı olursa, model 100% doğrulanmış olur. Ancak, model ile tahminler elde edildiğinden genellikle model tahminleri ile saha ölçümleri arasında bazı farklılıkların olması beklenmelidir. Model tahminleri ile saha ölçümleri arasındaki farklar ne kadar az ise model hassasiyeti o ölçüde fazla olur. Bu amaçla model kalibrasyonu gereklidir.

2.5. Model Kalibrasyonu (Model Calibration)

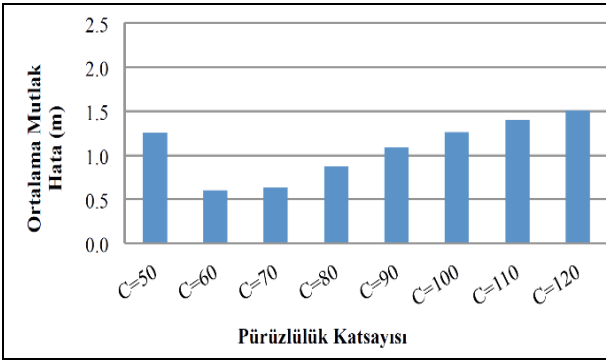
Model kalibrasyonunun amacı, model içinde yer alan ve bilinmeyen katsayı değerlerini belirlemektir. Genellikle hidrolik modeller için sadece boru pürüzlülük katsayısı değeri bilinmemekte ve model için tanımlanması gerekmektedir. Model kalibrasyonu için hidrolik model

belirli bir zaman periyodu (örnek olarak 21-26 Ağustos 2015 tarihleri arası) için farklı sürtünme katsayıları kullanılarak çalıştırılır.

Test edilen sürtünme katsayısı değerlerinin uygun olan aralık içinde kalması önemlidir. Örnek olarak, içme suyu dağıtım şebekelerindeki eski borular için Hazen-Williams pürüzlülük katsayısı (C) 50-120 aralığında değişebilir. Model kalibrasyonu aşamasında test edilen her katsayı değeri için elde edilen model tahminleri (örnek olarak su basıncı), sahadan elde edilen ölçüm değerleri ile karşılaştırılır (Şekil 4.3). Karşılaştırmalar neticesinde en az fark bulunan (en az model hatası veren) sürtünme katsayı değeri belirlenir (Şekil 4.4). Farklı bir deyişle, model tahminleri ile ölçümler arasında en az model hatasının elde edildiği pürüzlülük katsayı değeri, en doğru seçimdir.



Şekil 3. Örnek model kalibrasyonu için su basıncı model tahminleri ile ölçümlerin karşılaştırılması



Şekil 4. Farklı pürüzlülük katsayıları için elde edilen Ortalama Mutlak Hata değerleri

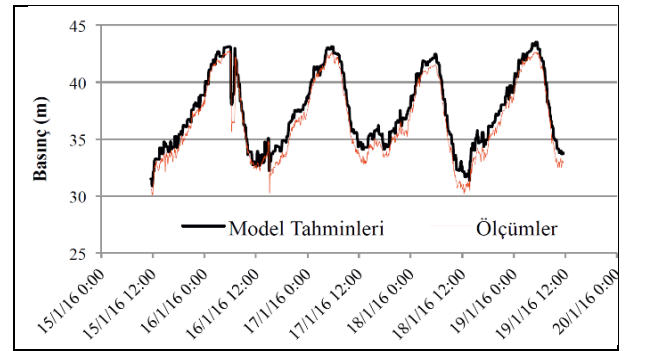
2.6. Model Doğrulaması (Model Verification)

Model doğrulaması için modelin tahmin kapasitesi, kalibrasyon döneminde kullanılan zaman periyodu veya lokasyonlardan farklı olan durumlar için tekrar test edilir. Örnek olarak, model kalibrasyonu için 21-26 Ağustos

2015 tarihleri arası seçilmiş ise model doğrulaması için farklı bir dönem (örnek olarak 15-20 Ocak 2016 tarihleri arası) seçilmelidir. Model doğrulaması için, model kalibrasyonu aşamasında belirlenen model katsayıları (boru sürtünme katsayısı) aynen kullanılır. Model doğrulaması aşamasında elde edilen model tahminleri ile ölçümler karşılaştırılarak model hatası hesaplanır (Şekil 4.5). Model doğrulaması aşamasında fazla debi değişimi oluşturmak için örnek olarak yangın muslukları açılabilir.

2.7. Modelin Yönetim Amaçlı Kullanımı (Administrative Use of the Model)

Dağıtım şebekesine ait özellikler için beklenen olası değişikliklerin (su talebinin artması veya azalması, yeni boruların eklenmesi veya boruların iptal edilmesi ile şebeke bağlantılarının değişmesi, pompa istasyonundaki pompa işletiminin değişimi vb.) gerçekleşmesi halinde, hidrolik parametrelerdeki beklenen değişimler hidrolik model ile tahmin edilebilir. Buna bağlı olarak, hidrolik model kullanılarak pek çok yönetim senaryosu (fiziki kayıpların azalması veya artması, su temin edilen nüfusun artması veya azalması, dağıtım şebekesinin DMA'lara bölünmesi vb.) test edilebilir. Ek olarak, bakiye klor vb. su kalite parametreleri de içme suyu dağıtım şebekesindeki hidrolik özelliklere bağlı olarak değişebilir ve hidrolik modelleme çalışması yapılmadan şebeke için su kalite modelleme çalışması yapılamaz. Bu nedenle, şebekede su kalite modellemesi için ilk adım hidrolik modellemedir.



Şekil 5. Örnek model doğrulaması için su basıncı model tahminleri ile ölçümlerin karşılaştırılması.

Hidrolik model kullanılarak içme suyu dağıtım şebekesindeki debi, hız ve basınç değerleri gibi hidrolik parametrelerin zamansal ve mekânsal değişimleri tahmin edilir. Tahmin edilen bu değerlerle boru içi türbinin generatöre gereken devir sayısı belirlenebilir. Belirlenen basınca göre üretilecek elektriğin miktarı hesaplanabilir.

3. BORU İÇİ TÜRBİN (Turbular Turbine)

Sudan enerji üretebilmek için temel olarak iki yaklaşım bulunmaktadır. Bunlar hidrostatik ve hidrokinetik yöntemlerdir. Hidrostatik sistemler, herhangi bir rezervuarda suyun biriktirilmesi suretiyle potansiyel enerji depolanması ve gerekli durumlarda bu potansiyel enerjinin türbinler yardımıyla kinetik enerjiye dönüştürülerek kullanıldığı geleneksel baraj sistemleridir.

Hidrokinetik sistemlerde ise hidrostatik sistemlerin aksine herhangi bir baraj veya rezervuar yapısı kullanılmadan, suyun kinetik enerjisi direkt olarak kullanılır. Bu sistemler belli bir su yüksekliği gerektirmeksizin, uygun hidrokinetik türbinler kullanılarak suyun enerjisinin elektrığe dönüştürülmesi esasına dayanır. Hidrokinetik türbinler aynı zamanda serbest akım türbinleri olarak adlandırılır ve nehir, gelgit, okyanus, dalga enerjisini ve yapay ya da tabii kanallardaki enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmeyi sağlar (Khan ve diğerleri, 2008; Güney ve Kaygusuz, 2010; Lago ve diğerleri, 2010). [1]

Hidrokinetik enerjinin geleneksel enerji üretim metodlarına karşı üstünlükleri şunlardır: [8, 9]

- Temiz ve temiz enerji üretir (çevreyi etkilemez).
- Havaya bağlı değildir (güneş sisteminin güneşe, rüzgar sisteminin havaya bağlı olması gibi).
- İçme suyu kalitesini etkilemez.
- Enerji üretiminin en ucuz yollarından biridir (güneş ve rüzgar durumunda olduğu gibi aynı miktarda enerji üretmek için 3 veya 4 kat daha pahalı olurlar)
- Tarım, sanayi, atık su boru hattına da kurulabilir.
- Su akışı ile her zaman elektrik üretilebilir.
- Hızlı kurulum sağlanır.
- Proses bazlı enerjiyi geri kazanır.
- Elektrik üretirken karbon emisyonu olmaz.
- Elektrik üretmek için kömür veya petrol kullanılmamaktadır. Doğal kaynaklar daha uzun süre dayanır.
- Birim başına tüketim oranlarını düşürecek, böylece her bölüme elektrik verilecektir.

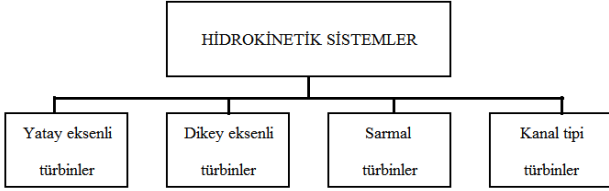
- Fosil yakıtlara ve nükleer enerjiye göre daha güvenlidir. Bu yöntemler, düzenli olarak vücuda maruz kalması çeşitli sağlık sorunlarına yol açabilen kimyasalları kullanır.
- Çelik, sfero döküm, beton veya çelik boru ile eşleştirilebilen herhangi bir malzeme gibi en yaygın boru tesisatı malzemeleri içinde çok çeşitli kafa ve akış koşullarında çalışabilir.
- Boruların çoğu yeraltında çalıştığından, bu tür sistemler vandalizm, hırsızlık veya hava kazalarından da korunur ve tarihi şehirler veya katı görsel düzenlemelere sahip konularla bile uyumludur.

Tüm bu avantajların yanı sıra hidrokinetik sistemlerin bir takım dezavantajları da mevcuttur. Bu sistemler, nispeten daha küçük ölçekli enerji üretim kapasitesine sahiptir. Aynı zamanda serbest akım ortamında çalışan herhangi bir hidrokinetik türbinin erişebileceği maksimum verim % 59,3'tür. Bu limit aynı zamanda Betz limit olarak da bilinir. Hali hazırda % 50 toplam verimin üzerine çıkabilen çok az sayıda türbin mevcuttur.

Öte yandan, kavitasyon problemi, hidrokinetik türbinlerin dezavantajlarının başında gelir. Kavitasyon olayı, türbin kanatları etrafındaki lokal basıncın, akışkanın buhar basıncının altına düşmesi sonucu, akışkanda baloncuk, boşluk vb. basınç dengesizlikleri oluşması suretiyle türbin parçalarının zarar görmesi esasına dayanır. Türbinin özellikle yüksek hızla hareket eden parçalarının kavitasyona maruz kalması olası bir durumdur. Deniz ve okyanus ortamındaki şiddetli hidrodinamik yüklenme ve boşalmalar ve düzensiz dalga yüklemesi olması sebebiyle hidrokinetik türbinlerin bu şiddetli yüklere dayanabilmesi için güçlü bir şekilde tasarlanması gerekmektedir. Öte yandan bu sistemler minimal seviyede bir takım çevresel riskleri de barındırmaktadır. Hidrokinetik türbin sistemlerinin kurulduğu bölgelerde, nehir veya deniz trafiği aksayabilmekte, balıkçılık zarar görebilmektedir. Türbin parçalarında kullanılan bir takım kimyasal bileşenler, türbinin oluşturduğu titreşim ve ses de, suyun doğal ortamına negatif etkilerde bulunacağı açıktır. (Nicholls-Lee ve diğerleri, 2008; Crowe ve diğerleri, 2009). [1]

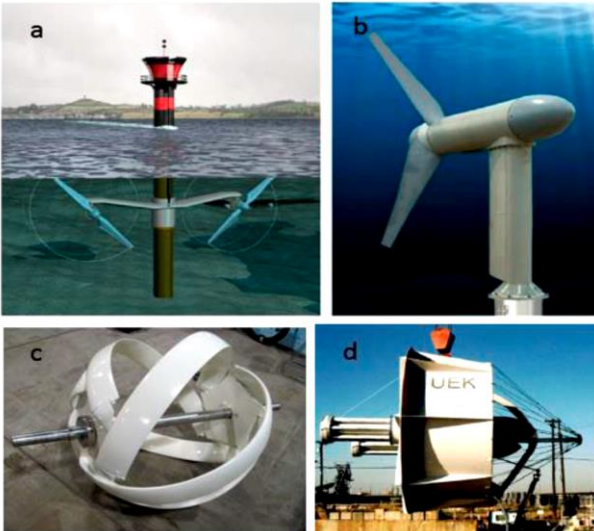
Piyasadaki mevcut bulunan ve özellikle profesyonel olan türbinlerin büyük çoğunluğu yatay eksenli olarak tasarlanmıştır. Bu türbinlerde serbest akım hızının yönü ve türbin pervanesinin etrafında döndüğü aks birbirine

paraleldir. İlk dikey eksenli hidrokinetik türbin 1920’li yıllarda Darrieus tarafından tasarlanmıştır. Darrieus sistemlerinde hidrofoillerden oluşturulan birkaç adet kanadın dikey eksen etrafında dönmesi sağlanır. Yatay ve dikey eksenli türbinlerin 2, 3 veya daha çok sayıda kanada sahip olmak sureti ile tasarlanmaları mümkündür. 3’ten çok kanat sayısına sahip türbinler yüksek başlama torku gerektirmekte ve diğer türbinlere nazaran enerji kayıpları daha yüksektir (Rourke ve diğerleri, 2010; Kiho ve diğerleri, 1996). [1]



Şekil 6. Hidrokinetik türbinlerin sınıflandırılması

En tanınmış yatay eksenli hidrokinetik türbinlerden ikisi SeaGen ve Verdant Power teknolojileridir. SeaGen (Şekil 3.2.a) türbini piyasadaki ilk ve en büyük kanat çapına sahip hidrokinetik türbindir. Bu sistemde her biri 18 m çapına sahip iki adet türbin, 21 m uzunluğundaki tek bir kuleye monte edilmiştir. Sistem, 2008 yılında İrlanda’nın Strangford bölgesinde kurulmuştur. Seagen türbinlerinin başlama ve nominal hızları sırasıyla 0.7 ve 2.4 m/s olarak rapor edilmiştir. Her iki pervanenin nominal durumda çalışması ile 1.2 MW enerji üretilebilmektedir (Muratoglu, 2011; Seageneration ltd, 2014; Westwood, 2008).



Şekil 7. SeaGen (a) ve Verdant Power (b) türbinleri Lucid Energy (c) ve UEK (d, Underwater electric kite) türbinleri (Muratoglu, 2011; Muratoglu, 2015), [1].

Literatürde sıkça karşılaşılan türbinlerin detaylı teknik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Verdant Power (Şekil 3.2.b) teknolojisi ise, ABD, New York’ta East River üzerine uygulanmıştır. Bu türbinler nispeten daha küçük pervane çapına sahiptir. Her bir kanadın uzunluğu 2.5 metre olup dönme hızı 40 rpm’dir. Sistemdeki başlangıç ve nominal hız değerleri sırasıyla 0.7 ve 2.2 m/s olarak verilmiştir. Bu türbin, 0.38-0.44 arasında değişen verime sahip olup, nominal şartlarda 35 kW enerji üretebilmektedir.

Sarmal türbinler, Darrieus tarzı türbinlerin kanatlarının kendi eksenleri etrafında döndürülmesi sonucu helik bir yapı kazandırılması ile oluşturulmuşlardır. İlk sarmal türbin, Gorlov tarafından, türbinlerdeki titreşim problemini çözmek üzere tasarlanmıştır. Sarmal türbinlerde, dönme eksenini, türbinin yerleştirilmesine bağlı olarak akıntı yönüne dik ve ya paralel olabilmektedir. Bu türbinlerin en önemli avantajı, her yönden gelen su akımını enerjiye dönüştürebilme özellikleri ve düşük akım hızlarında bile çalışabilmeleridir (Bahaj, 2011; Bedard ve diğerleri, 2010; Muratoglu, 2011). En modern sarmal türbin tasarımlarından birisi Lucid energy (Şekil 3.2.c) türbinidir. Bu türbinler, su akımının sağlandığı bir boru hattı içine belli aralıklarla monte edilmiştir. Bu teknoloji ile 1.5 m çaplı boru içerisine yerleştirilen türbinlerin 2.1 m/s su hızı ile çalışması sonucu 100 kW’a kadar enerji üretilebilmektedir. Bu sistemler belli bir oranda su yüksekliğini, kinetik enerjiye çevirmektedir (Lucid Energy, 2013).

Tablo 1. Bazı hidrokinetik türbinlerin teknik özellikleri (Yuce ve Muratoglu, 2015), [1].

Türbin tipi	Boyutlar (m) *	Nominal güç (kW)	Nominal hız (m/s)	Başlangıç hızı (m/s)	Kanat sayısı
Yatay eksenli türbinler					
SeaGen	18	1200	3.4	0.7	2
Verdant Power	5	35	2.2	0.7	3
Tidal Stream	20	1000-2000	-	1	2
TidEl System (çift pervane)	18.5	2x500	2.3	0.7	2
Hammerfest Strom	20	-	2.5	-	2
Tidal Stream Turbine	18	1000	3.5	2.5	3
Open hydro (çift pervane)	15	1520	2.57	0.7	Multi
Amazon AquaCharger	1.8	0.5	1.5	0.45	3
Dikey eksenli türbinler					
EnCurrent Hydro (Kanalsız)	16x0.8	12.5	4	2	Multi
Davis Hydro	6.1	250	3	1.5	4
Exim Tidal	1x3	44	2	0.7	2
Ponte Di Archimede	6x5	25	2	-	3
Sarmal türbinler					
GCK Gorlov	1x2.5	180	7.72	0.5	Multi
Lucid Energy	1.2,3	40-150-360	4.5	0.5	Multi
Kanal tipi türbinler					
UEK (Underwater Electric Kite)	4	400	3	1.54	Multi
Rotech Tidal	25	2000	3.1	1	Multi
Clean Current	18	1700-5000	3.5	1	Multi
EnCurrent Hydro	3x1	18	2.8	1.5	Multi
Clean Current	1.7, 2.9, 4	16,44,84	3	1.5	3
Hydroreactor Stream Accelerator	1,1.5,2	16,37,67	2.5	0	Multi

*Çarpı işareti ile ayrılan karakterler sırasıyla türbinin çap ve uzunluğunu göstermektedir. Virgül ile ayrılan değerler ise, aynı türbin teknolojisinin farklı boyutlarını ifade etmektedir.

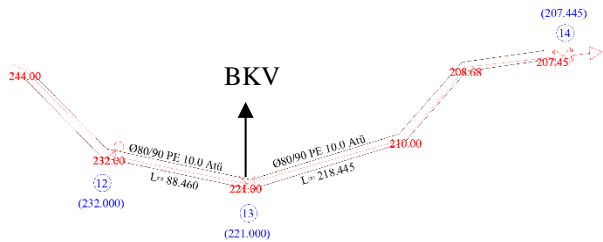
Kanal tarzı türbinler (Şekil 3.2.d), türbin kanatları etrafındaki basıncın düşürülüp hızın artırılması sureti ile verimin Betz limit üzerine çıkartılması mantığında dayalı olarak çalışmaktadırlar. Dolayısıyla bu türbinlerde teorik güç katsayısı olan 0.59 (Betz limit) rahatlıkla aşılabilmektedir (Khan ve diğerleri, 2009; Kirke; 2005).

4. YÖNTEM ve ÖRNEK UYGULAMA (Method and Experimental Study)

Boru içi türbinde enerji üretilmesi için bazı değerlerin önceden ölçülmesi ve/veya hesaplanması gerekir. Hidrolik modelleme ile basınç ve debi değerleri bulunabilir. Bu çalışmada Tarım ve Orman Bakanlığı 11. Bölge Müdürlüğü'nün sorumluluk alanında bulunan Vezirsuyu Tabiat Parkı'na ait Samsun Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (SASKİ) tarafından su isale hattı yaptırılmıştır. Tablo 2. ve Şekil 3.3'te bu projeye ait BKV (Basınç Kırıcı Valf) konulacak yer planda ve borudaki değerler tablo gösterilmiştir.

Tablo 2. İsale Hattı 12 - 13 ve 13 - 14 Düğüm Noktaları Arası Yer Alan Bilgiler

Boru Hattı			12 - 13	13 - 14
Uzunluklar	Hakiki Uzunluk	M	88.46	218.445
	İzafi Uzunluk	L	88.46	218.445
DEBİLER	İzafi Debi	lt/sn	0.121	0.299
Boru çapı			0.09	0.09
Boruda	Metrede Kayıp	m/m	0.003559	0.003559
	Hız (V)	m/sn	0.51	0.51
	Kayıp (JxL)	m	0.31	0.78
Düğüm Noktaları			13	14
Kotlar	Piyezometre Kotu	m	291.682	245.22
	Zemin Kotu	m	221	207.445
	İşletme Basıncı	m	70.682	37.775
	Statik Basınç	m	73.512	38.555



Şekil 8. Planda 12, 13 ve 14'üncü Düğüm Noktaları

13 nolu düğüm noktasına projede 60 m.'yi geçtiği için BKV konulmuştur. BKV yerine konulması düşünülen boru içi türbinde basınç değeri süreklilik (2) ve Bernuolli (5) denklemleri ile hesaplanabilir.

$$Q = V_1.A_1 = V_2.A_2 \quad (2)$$

(2)'de Q; borudaki debi, V_1 ; borudaki hız, A_1 ise borunun kesit alanıdır. V_2 , türbindeki hız ve A_2 , türbinin iç kesit alanıdır. Q, V_1 ve A_1 değerleri projede verilmiş olup A_2 değeri türbinden alınmıştır. V_2 değeri (3)'teki gibi bulunabilir.

$$V_1.\pi.D_1^2/4 = V_2.\pi.D_2^2/4 \quad (3)$$

Eşitlik düzenlenirse (4) elde edilir.

$$V_2 = V_1.(D_1/D_2)^2 \quad (4)$$

$$P_1 + (\rho/2).V_1 + z = P_2 + (\rho/2).V_2 + z \quad (5)$$

Burada P_1 ; borudaki işletme basıncı, ρ ; suyun özgül kütlesi (9807 N/m^3), P_2 ; türbindeki basınç, z; boru ve türbin kotudur. (5)'teki denklemden kotlar eşit olduğundan ifade (6) gibi yazılabilir.

$$P_1 + (\rho/2).V_1 = P_2 + (\rho/2).V_2 \quad (6)$$

V_2 yerine (3)'te ifade yazılıp (6) düzenlenirse P_2 değeri hesaplanabilir.

$$P_2 = P_1 + \rho/2.(V_1^2 - V_2^2) \quad (7)$$

Türbindeki basınç (P_2) ve hız (V_2) değerleri (4) ve (7)'den bulunur.

$$\Delta P = P_2 - P_1 \quad (8)$$

Herhangi bir yatay düzlemde, D_2 çaplı türbinin açısal hızı (9)'da verilmiştir.[13]

$$\omega = (\sqrt{2\Delta P / \rho}) (2/D_2) \quad (9)$$

Denklem (9)'da tam bir dönmenin 2π radyan 'a karşılık geldiği dikkate alındığında türbinin dönme hızı, dakikadaki devir sayısı (n) olarak da ifade edilebilir.

$$n = 60 \omega / (2\pi) \quad (10)$$

Yerçekimi beslemeli yapı durumunda boru içi hidroelektrik sistemindeki çıkış gücü ($P_{güç}$) aşağıdaki formül kullanılarak tahmin edilebilir. [2]

$$P_{güç} = Q \rho g H \eta \quad (11)$$

Aşağıdaki şekilde tork (τ) (N/m) hesaplanır:

$$\tau = P_{güç}/\omega \quad (12)$$

Türbin üzerindeki basınç düşüşü ne kadar fazlaysa, sistem o kadar fazla tork üretecektir. [2]

Tablo 2.de verilen değerler ile Tablo 3.deki değerler bulunur.

Tablo 3. BKV'e konulması düşünülen türbinden elde edilen değerler

(Boru Çapı) D_1	0.090	m
(Türbin İç Çapı) D_2	0.120	m
(Borudaki Su Hızı) V_1	0.510	m/s
(Borudaki Su Basıncı) P_1	70682.000	Pa
(Borudaki Suyun Debisi) Q	0.121	m ³ /s
(Türbindeki Su Hızı) V_2	0.287	m/s
(Türbindeki Su Basıncı) P_2	70769.746	Pa
(Açısal Hız) ω	0.158	rad/s
(Türbinin Çıkış Gücü) $P_{güç}$	41561.967	w
(Tork) T	262755.433	N/m
(Dakikadaki Devir Sayısı) n	1.511	

Sonuç değerlere uygun dişli kutusu ve senkron veya asenkron jeneratör seçilirse elektrik üretilebilir.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA (Results and Discussion)

Hidrokinetik teknoloji, diğer yenilenebilir enerji sistemlerine nazaran yeni doğmuş bir alan olma özelliğini taşımaktadır. Akım ve dalga enerji dönüştürücü sistemler suyun doğal akış ortamında veya boru hatlarında bulunan bir miktar enerjiyi, minimum çevresel etki ile elektrik enerjisine dönüştürmektedirler. Bu sistemlerin dezavantajlarının başında, düşük güç katsayıları, kavitasyon riski ve yüksek hidrodinamik kuvvet ve dengesizlikler gelmektedir. [1]

Boru içi türbin ile vanaların memba kısmına yerleştirilen türbin yardımıyla hem enerji üretilmiş olunmakta hem de vanalarda kırılacak basınç büyüklükleri düşürülerek vanaların aşınma ve yıpranması da önlenmiş

Kerim, A., ORCID: 0000-0002-4216-5765, Süme, V., ORCID: 0000-0001-8251-2461, Türk Hidrolik Dergisi: İçmesuyu Şebekelerinden Enerji Elde Edilmesi; Boru İçi Türbin Modeli Cilt (Vol) : 5, Sayı (Number) : 1, Sayfa (Page) : 8-17(2021)

olunmaktadır. Oluşan bu basınçların kırılması hat üzerinde seçilecek uygun birden fazla yere uygulanarak da çözüm sağlanabilmektedir. Aşırı basınçlar nedeniyle hatta oluşacak sızıntılar da engellenmektedir. Bu nedenle kolayca erişilemeyen yerlerde uygulanması daha yararlı olacaktır. Ayrıca sistemde enerji üretmekle kalmayıp, memba ve mansap su karakteristiklerini (basınç, su sıcaklığı, hız, vs.) sensörler yardımıyla kayıt altına alarak sistemde oluşan sızıntı ve kayıplara hızlı bir müdahale de mümkün olacaktır. Burada asıl önemli olan isalede akan sudan, çevreye hiçbir zarar vermeden enerji üretilmesidir. Barajlarda ve çevirmeli hidroelektrik santrallerinde istenirse de balık ölümleri ve diğer çevresel zararlar oluşabilmektedir. Ancak bu sistem ile çevreye hiçbir zarar verilmeden %100 temiz enerji üretilmesi mümkün olmaktadır. Bu sistem içme suyu hatlarında, termoelektrik santrali suyollarında, atık su boru hatlarında, endüstriyel atık boru hatlarında ve yeterli debi ve basınç koşulu sağlanması durumunda diğer su iletim hatlarında kullanılabilir. [10]

Boru içi türbinin boru hatlarında belirlenen kısımlarına yerleştirilmesi ile üretilen elektrik, sokak aydınlatmasına entegre edilerek tasarruf sağlanabilir. Ayrıca elektrikli araçlar için oluşturulan şarj istasyonlarına elektrik temin etmesiyle de elektrikli araçların düşük maliyetle şarj edilmesine olanak sağlayacaktır.

KAYNAKLAR (References)

- [1] Muratoğlu A., Yüce M., Alternatif bir enerji üretim yöntemi olarak hidrokinetik enerji türbinleri, abduallah.muratoglu@batman.edu.tr, yuce@gantep.edu.tr 4. Su Yapıları Sempozyumu.
- [2] Hani Muhsen, Mariam Ibrahim, Ahmad Alsheikh, Mohammed Qanadilo, and Abdallah Karadsheh, Turbine Design and Its Impact on Energy Harvesting from In-Pipe Hydro Systems, International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research Vol. 8, No. 5, German Jordanian University, Amman, Jordan, September 2019.
- [3] Muhammetoğlu H., Muhammetoğlu A., İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü El Kitabı, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Temmuz 2017.
- [4] Akdeniz T., Muhammetoğlu H., Antalya İçme Suyu Şebekesinin Bir Bölümünün Online İzleme (SCADA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Araçları Kullanılarak Hidrolik Modellemesi, Su Vakfı, 2019.

- [5] Pathak V., Parekh P., Mistry V., In-Pipe Spherical Turbine for Energy Extraction, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) e-ISSN: 2395 -0056, Volume: 03 Issue: 05, Gujarat, India, 2016
- [6] Karadirek İ., Kara S., Özen Ö., O., Beştaş E., Boyacılar M., Muhammetoğlu A., Güngör A., Muhammetoğlu H., Muğla Journal of Science and Technology, Vol 2, No 1, Pages 70-76, 2016
- [7] Arabacı, E. Dursun Ş., İçme Suyu Altyapı Sistemlerinde Hidrolik Modelleme: Konya örneği, Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, Sayı 2(4): 177-185, Konya , 25-27 Mayıs 2019
- [8] Kumar P., Shahid M., Harvesting Electricity from Water Mains Hydropower System Generates Power from Water Pipelines, International Journal of Advance Research in Science and Engineering, Vol. No.6 Issue No. 08 August 2017
- [9] Casini M., Harvesting Energy From In-Pipe Hydro Systems At Urban And Building Scale, Marco International Journal of Smart Grid and Clean Energy, Manuscript, marco.casini@uniroma1.it Rome, Italy. September 15, 2015.
- [10] Çavuş U., Mermer Parça Atıklarının Taşkın Koruma ve Akarsu Yatakları Islah Yapılarında Kullanımı, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta.
- [11] Mutlu Y., Çakan M., In-Pipe Turbine Design for Turbo Solenoid Valve System ,IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering www.iosrjournals.org (IOSR-JMCE), e-ISSN: 2278-1684,p-ISSN: 2320-334X, Volume 14, Issue 2 Ver. VII, PP 33-41 Mar. - Apr. 2017
- [12] Guney M., Guler B., Utilization of River Flows and Vertical Axis Hydrokinetic Turbines, International Journal of Scientific and Technological Research www.iiste.org, ISSN 2422-8702, Vol 3, 2017
- [13] Yunus A. Cengel, John M. Cimbala, McGraw-Hill, BASINÇ VE AKIŞKAN STATİĞİ, Akışkanlar Mekaniği: Temelleri ve Uygulamaları, 2nd Edition 2010

Kale HES'in Enerji Üretimine Katkısı Güneysu / Rize

Contribution of Kale HEPP to Energy Generation Güneysu / Rize

Cihat UNSUR

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Rize, Türkiye

Geliş Tarihi: **01.01.2021**; Kabul Edildiği Tarih: **14.04.2021**; Yayımlandığı Tarih: **28.06.2021**

Türk Hid. Der. (Tur. J. Hyd.), Cilt (Vol) : **5** Sayı (Number) : **1** Sayfa (Page) : **18-24 (2021)**

e-ISSN: **2636-8382**

SLOI: <http://www.dergipark.gov.tr>

Sorumlu yazar e-mail: cihad_unsur@hotmail.com

Özet: Türkiye elektrik ihtiyacını ithal eden ülke konumundadır. Kale Hidroelektrik Santrali, Türkiye'nin Rize ilinin Güneysu ilçesinde bulunanmakta olup, yakın bölgedeki yapıların ve fabrikaların elektrik ihtiyacını karşılamak için yapılmıştır. Kendi elektriğini yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılamak için birçok şehrinde yapılmış elektrik santralinden bir tanesi de Kale HES'tir. Rize'de bulunan HES sayılarının her geçen gün daha da arttığı görülmekte olup, şu an Rize'de 15 tane aktif, 10 tane üretim lisansı alan, 3 tane de yapım aşamasında olan toplam 28 adet hidroelektrik santrali (HES) bulunmaktadır. 2020 yılı itibarı ile ön lisans aşamasını geçip planlanan 3 tane daha hidroelektrik santrali çalışması devam etmektedir. Bu çalışmada öncelikle bölgenin enerji ihtiyacına katkısı üzerinde durulmuştur. Ayrıca Rize'nin Güneysu ilçesinde yapılan ve şu an aktif olarak kullanılan hidroelektrik santralinin yapılış-bitiş tarihleri, kullanım amacı, bu santralin ne tür bir santral olduğu, kaç çalışan olduğu, standart olarak ne kadar enerji ürettiği aynı zamanda maksimum olarak ne kadar enerji üretebileceği vb. konularda da bilgi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hidroelektrik santral; Kale deresi; Güneysu; Rize; Enerji

Abstract: Turkey is a country that imported electricity needs. Castle Hydroelectric Power Plant, located in Turkey's Güneysu is being district of the province Rize, were made to meet the electricity needs of nearby buildings and factories in the region. Kale HEPP is one of the power plants built in many cities to meet its own electricity with renewable energy sources. It is seen that the number of HEPPs in Rize is increasing day by day, and there are a total of 28 hydroelectric power plants (HEPPs) in Rize, 15 active, 10 having production licenses and 3 under construction. As of 2020, 3 more hydroelectric power plants planned after passing the pre-license stage are continuing. In this study, first of all, its contribution to the energy needs of the region is focused on. In addition, the construction and end dates of the hydroelectric power plant built in the Güneysu district of Rize and which is currently actively used, the purpose of use, what kind of power plant this plant is, how many employees, how much energy it produces as a standard and how much energy it can produce as a . information was given on the subjects.

Keywords: Hydroelectric power plant; Kale creek; Güneysu; Rize; Energy

1. GİRİŞ (Introduction)

Enerji, evrende, kalkınma ve gelişmeyle birlikte refah seviyesi ve hayat kalitesinin artması için gerekli en temel ihtiyaçlarımızdan birisidir. Gelişmekte olan ülkelerde ekonomik ve sosyal ilerlemeyi desteklemek ve daha iyi bir yaşam kalitesi oluşturmak için dünyanın enerjiye gereksinimi vardır. Elektrik enerjisi, insanoğlunun yaşamını devam ettirmede gittikçe daha da artan bir öneme sahiptir. Yaşamımızın birçok alanında temel ihtiyaçlardan biri haline gelmiştir. Özellikle sanayide ve evlerde amaçlarımız için vazgeçilmez olduğu ve yerine başka bir kaynağın konulamadığı bir konuma gelmiştir.

Ulaşılan refah seviyesinin sürdürülebilmesi ve daha da yukarıya taşınması için elektriğe ihtiyacımız bulunmaktadır. Günümüz koşullarında yaşamı enerji olmadan değerlendirmek neredeyse imkânsızdır. Gelişen teknoloji ve yukarıda bahsettiğimiz sebeplerden dolayı artan enerji ihtiyacı ve açığı bütün dünyada olduğu gibi Türkiye’de de yeni enerji kaynakları üretilmesini bu konuda daha fazla çalışmayı ve bir an önce hayata geçirmeyi zorunlu hale getirmiştir. Enerji ihtiyacı ülkelere göre farklılıklar göstermekle birlikte, dünyada sürekli olarak artmaktadır. Dolayısıyla bu ihtiyacı karşılamak için sürekli araştırmalar ve yatırımlar yapılmaktadır. Dünya ülkeleri bu anlamda gelişmişlik düzeylerine göre sınıflandırılmakta ve özellikle gelişmemiş ülkelerde bu anlamda çok daha büyük yatırımların yapılacağı kaçınılmazdır [1].

Hidroelektrik santraliye su gücü kullanılarak elde edilen enerjidir. Yüksek kottan alçak kota düşürülen sudan veya akan sudan elde edilen kinetik enerji kullanılarak türbin ve jeneratör grupları yardımıyla elektrik üretimi gerçekleştirilmesine hidroelektrik enerji denir. Bu üretimin yapıldığı tesise hidroelektrik santrali denir ve HES olarak kısaltılabilir. HES yapıları barajlı ve barajsız olarak sınıflandırılabilir. Barajlı HES yapısında suyun belirli bir yüksekliğe ulaşana kadar birikmesi için bir yapı inşa edilir, bu yapı sayesinde suyun kazandığı

potansiyel enerji ile elektrik üretimi yapılır. Barajsız HES yapılarındaysa su seviyesini yükseltecek bir yapı mevcut değildir. Regülatör ile akan su kabartılır ve kabarmış akan suyun enerjisi enerji üretiminde kullanılır. Barajsız HES yapılarına nehir tipi HES yapıları da denilmektedir. Bu yapılar dünyanın çeşitli yerlerinde elektrik üretiminde kullanılmaktadır [2].

2. HİDROELEKTRİK SANTRALLERİNE GENEL BAKIŞ (Overview of Hydroelectric Power Plants)

2.1. Dünya’da Hidroelektrik Santralleri

(Hydroelectric Power Plants in the World)

Dünya üzerinde altmıştan fazla ülke elektrik üretiminin yarısından fazlasını HES’lerden elde etmektedir. Dünya’da hidroelektrik enerji üretiminde 1232 TWh üretim ile Çin ilk sırada, ikinci sırada 389 TWh üretim ile Brezilya, üçüncü sırada ise 386 TWh üretim ile Kanada yer almaktadır [3]. Çin’de Hubei eyaletinde bulunan Üç Geçit Barajı (Three Gorges Dam) Dünyanın en büyük santralidir ve 22.5 MW güce sahiptir. Dünya’nın en büyük nehir tipi hidroelektrik santrali ise ABD’de bulunan Chief Joseph hidroelektrik santralidir ve 2.620 MW güce sahiptir [4].

2.2. Türkiye’de Hidroelektrik Santrali

(Hydropower Plant In Turkey)

Türkiye’de nehir tipi ve depo tipi HES kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynağı olan hidroelektrik santrallerde yakıt faktörünün olmaması, kurulum maliyetinin düşük olması ve çevreye zarar mekanizmasının çok az olması ülkemizde HES’lerin avantajlı yönleri olma konusunda önem arz eden hususlardır. Hidroelektrik kaynaklarından elde edilen enerji toplam üretilen enerjinin %29,22 kadardır [5]. Enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynakları arasında en yüksek paya sahip olması HES’lere daha da önem kazandırır. Türkiye’nin 2023 yılı elektrik tüketiminin 450 milyar kWh civarında olacağı öngörülmektedir.

Bu sebeple HES'ler tüm dünyada olduğu gibi ülkemiz içinde elektrik üretimi kapsamında değerli bir kaynak olarak düşünülebilir. Bu kaynağı ülkemiz adına değerlendirmek için yetkili makamlarca çeşitli çalışmalar yapılmış ve halen yapılmaya devam edilmektedir. 1932 yılında Türkiye'nin enerji talebini tahmin etmek, su kaynakları potansiyeli ile diğer enerji kaynaklarının potansiyellerini belirlemek ve geliştirmek için araştırma ve incelemeler yapmak maksadıyla EİE kurulmuştur.

1954 yılında DSİ'nin kurulmasından sonra hidroelektrik kapasitesi 10 yıl içinde toplam enerji üretiminin %44'ünden sorumlu olan 412 MW (toplam kurulu kapasitenin %34'üne eşdeğer) değerine ulaşmıştır. Türkiye'nin hidroelektrik üretimi, 1980'lerde %60'lar civarında enerji üretiminden pay alırken, sonraki yıllarda doğal gazın elektrik üretiminde kullanılmaya başlanması ve çeşitli yanlış uygulamalar sonucu büyük oranda azalmıştır.

2001 yılında Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) kurulmuş ve hidroelektrik dahil tüm enerji süreçleri için yeni bir dönem başlamıştır. 2003 yılında Su Kullanım Hakkı Anlaşması yürürlüğe girmiş ve özel sektörün enerji yatırımlarında önünün açılarak çok sayıda HES inşa edilmesi sağlanmıştır.

2005 yılında çıkan kanun ile özel sektörün elektrik üretip satmasına izin verilmiştir ayrıca 2011 yılında düzenlenen kanun ile küçük HES kurulumu sağlanmış ve mini ve mikro HES'lerin kurulumu için başvuru il özel idareleri tarafından alınmaya başlamıştır. Doğu Karadeniz Bölgesi de dahil işletmeye alınan HES'lerin olduğu tüm şehirlerde sanayi açısından ihtiyaç duyulan enerji gereksinimine katkı sağladığı görülmüştür. Türk hükümetinin,

2023 yılına kadar hidroelektriğin önemli bir konumda olacağı, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde ettiği enerjiyi %30 seviyesine çıkarmayı amaçlayan planı vardır. Bu planlamanın oluşmasında Avrupa Birliği (AB) topluluğunun yeşil

enerjiyi desteklemeyi benimsemesi ve Türkiye'nin de üyelik adımları atması etkili olmuştur [6].

Türkiye'de küçük ölçekli hidroelektrik santraller hidroelektrik enerji üretiminde önemli bir potansiyele sahiptir. Türkiye'nin teorik olarak brüt küçük hidroelektrik potansiyeli 50000 GWh/yıl, ekonomik ve teknik olarak yapılabilir hidroelektrik potansiyelleri ise sırasıyla 20000 GWh/yıl ve 30000 GWh/yıl olarak belirlenmiştir.

Türkiye'de ilk hidroelektrik üretim 1902 yılında Tarsus'ta küçük ölçekli hidroelektrik santral ile başlamıştır. Bu tarihten itibaren, ülkemizin pek çok bölgesinde hükümet birimleri, yerel belediyeler ve özel sektör tarafından çok sayıda küçük ölçekli hidroelektrik santral inşa edilmiştir. Sonrasında enerji ihtiyacının giderek artması sebebiyle büyük hidroelektrik santral inşasına daha çok yer verilmiştir. Son 30 yıl içerisinde küçük ölçekli hidroelektrik kapasitesindeki artış %5 ile %10 arasında değişmektedir [6].

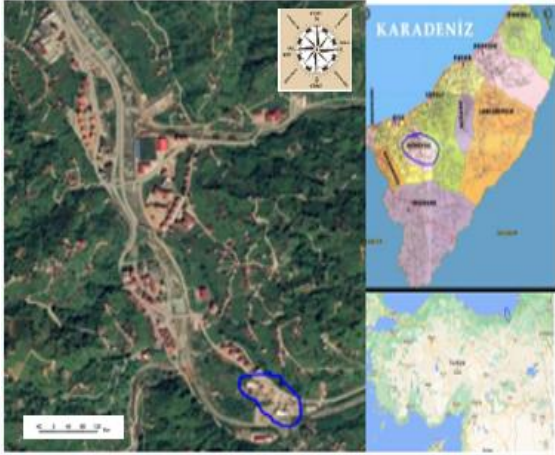
2.3. Rize'de Hidroelektrik Santralleri (*Hydroelectric Power Plants in Rize*)

Türkiye'nin Doğu Karadeniz bölgesinde bulunan Rize'nin (Şekil 1) elektrik santrali kurulu gücü 332 MW'dır. Rize'nin yıllık elektrik tüketimi ortalama 740 GWh'tır. Toplam 15 adet elektrik enerji santrali bulunan Rize'deki elektrik santralleri yıllık yaklaşık 982 GW elektrik üretimi yapmaktadır. Türkiye tüketimi oranı % 0.32 dir. Rize'de bulunan hidroelektrik santraller aşağıda verilmiştir (Tablo 1), [7].

Bunların yanında 3 tane yapım aşamasında olan ayrıca 10 tane üretim lisansı alan hidroelektrik santrali projesi vardır. 2020 yılı itibarı ile de ön lisans aşamasını geçip planlanan 3 tane daha hidroelektrik santrali çalışması devam etmektedir. Rize'deki incelemeler sonucunda yapılan bu HES'lerden aktif olarak çalışan 3 tanesi ilin güneyinde bulunan Güneysu ilçesindedir.

2.4. Coğrafi Durum ve Hidroelektrik Santalları (*Güneysu Geography and HEPP's*)

Güneysu ilçesi; Rize il merkezinin güneydoğusunda Taşlıdere'nin Karadeniz'le birleştiği noktadan güneye doğru gidildikçe dokuzuncu kilometrede yer alan ve 107 km² alana sahip, 16750 nüfusu bünyesinde bulunduran Rize'nin iç kesim ilçelerinden biridir. Şehir merkezinin, kıyıya uzaklığı 14 km. olup şehir merkezi rakımı 152 metredir [8].



Şekil 1. Çalışma Alanı (Güneysu).

Güneysu'da yazları serin, kışları ılıman ve her mevsimi yağışlı bir iklim görülür. Elli yıl boyunca yapılan rasat sonuçlarına göre Güneysu'nun yıllık sıcaklık ortalaması 14 °C'yi biraz geçer. Bu süre içinde kaydedilen en düşük sıcaklık -7 °C olup 23 Mart 1962'de, en yüksek sıcaklık ise 38.2 °C olup 21 Mayıs 1980'de kaydedilmiştir. En soğuk ay olan Ocak ayının sıcaklık ortalaması 6.7 °C; en sıcak ay olan Temmuz ayının sıcaklık ortalaması ise 22.2 °C'dir. Ocak minimumunun -5.6 °C, Temmuz Maximumunun 32.5 °C olduğu Güneysu'da yıllık sıcaklık (salınımı) 25,8 °C'dir. Güneysu'da aylık ortalama sıcaklık eğrisi bütün yıl 5 °C'nin üzerinde seyretmekte olup, sadece 4 ayın sıcaklık ortalaması 10 °C'nin altındadır. Diğer bütün ayların sıcaklık ortalaması 10 °C'nin üzerindedir. Sıcaklık ortalaması 20 °C'yi geçen ay sayısı ise 2'dir. Bütün bunlardan Rize'nin oldukça istikrarlı bir

sıcaklık rejimine sahip olduğu sonucunu çıkarmak mümkündür.

İlçede bulunan yöre halkının sosyal yaşamı geleneksel ve kısıtlıdır. İl merkezine yakınlığı ile ön plana çıksa da; etkin olan yaşam köy yaşamıdır. İlçenin büyük bir kısmı gelirini çay tarımından sağlamaktadır. 2'si kamu 40 tanesi özel şirket olmak üzere 42 tane çay fabrikası bulunmaktadır. Bu tesisler ilçedeki halka iş istihdamı sağlamaktadır. İlçede bulunan santrallerde 50 kişi istihdam edilmektedir. Kale HES bünyesinde ise 10 teknisyen 1 tane mühendis aktif olarak çalışmaktadır. Ayrıca ilçenin Nüfus yoğunluğu kilometrekare başına yaklaşık 42 civarında olup Türkiye ortalamasının (88 kişi/km²) altındadır [9]. Bunun sonucunda Türkiye genelinde olduğu gibi kırsal bölgelerden kente göç olgusu yaşanmaktadır [10].

Türkiye'nin en çok yağış alan Rize'nin Güneysu ilçesinde yıllık toplam yağış miktarı 2300 mm'nin üzerinde olup, yağışlar her mevsime dengeli olarak dağılmıştır. Bu nedenle Güneysu'da kurak mevsim yoktur. En az yağış alan ilk baharın toplam yağış miktarı kuraklık sınırının çok üzerindedir (367.9 mm) [11].

Bunların sonucunda Kale Deresi'nin debisi ocak ayında 1.78 m³/sn ile minimum seviyeye, nisan ayında ise 3.73 m³/sn ile maksimum seviyededir. Akarsu debisi ekim ayından itibaren azalma eğilimine girmekte, ocak ayında ise en düşük seviyededir. Karların erimesi sonucunda bahar aylarında tekrar en yüksek seviyeye ulaşmakta ve yazın tekrar azalma eğilimine geçmektedir. Akarsudaki suyun en düşük olduğu dönem kış (aralık-ocak-şubat) dönemidir [12].

Bu ilçede Kale HES, Adacami HES, Yeşilköy HES, ve Gürgen HES olmak üzere 4 tane santral bulunmaktadır. Bu santrallerin toplam kurulu gücü 44,65 MW ile çevredeki elektrik ihtiyacını karşılamaktadır.

2.4.1. Kale Hidroelektrik Santrali

(Kale Hydroelectric Power Plant)

Kale Hidroelektrik Enerjisi Projesi; Karadeniz Bölgesi'nde, Rize İli, Güneysu ilçesi sınırları içerisinde yer alan Kale Deresi üzerinde bulunmaktadır. Kale Deresi üzerinde 2 adet HES bulunmaktadır. Toplam 12 MW kurulu güce sahip bu hidroelektrik santraller ile Türkiye'deki HES'lerden üretilen elektriğin yüzde 0,044 oranı, toplam elektrik tüketiminin ise yüzde 0,013 oranı karşılır [13].

Tablo 1. Rize'de ki Hidroelektrik Santraller

Sayı	İsmi	Türü	Şirket	Güç
1	<u>Cevizlik</u>	HES	<u>Sanko</u>	91 MW
2	<u>Uzundere 1</u>	HES	Eksim	62 MW
3	<u>Yokuşlu</u> <u>Kalkandere</u>	HES	<u>Sanko</u>	40 MW
4	<u>Adacami</u>	HES	Çalık	29 MW
5	<u>İncirli</u>	HES	Adah	25 MW
6	<u>Uzundere 2</u>	HES	Koçoğlu İnşaat	20 MW
7	<u>İkizdere</u>	HES	Zorlu	19 MW
8	<u>Kale</u>	HES	<u>Bahser</u> Enerji	9,57 MW
9	<u>Ambarlı 1-2</u>	HES	<u>Ambarlık</u> Elektrik	9,00 MW
10	<u>Hamzabey</u>	HES	Şar Enerji Elektrik	8,82 MW
11	<u>Melikom</u>	HES	<u>Melikom</u> Elektrik	7,60 MW
12	<u>Cığdemli</u>	HES	Kaçkar	6,29 MW
13	<u>Avvasıl</u>	HES	Koçoğlu İnşaat	4,44 MW
14	<u>Yeşilköy</u>	HES	Yeşilköy Elektrik	3,72 MW
15	<u>Gürgen</u>	HES	Gürgen Enerji	2,36 MW

Kale Hidroelektrik Santrali Bahser Enerjiye bağlı ortağı olan Asa Enerji Elektrik Üretim Sanayi A.Ş.

tarafından işletilen santral Türkiye'nin 778. Rize'nin ise 8. büyük enerji santralidir (Şekil 2).

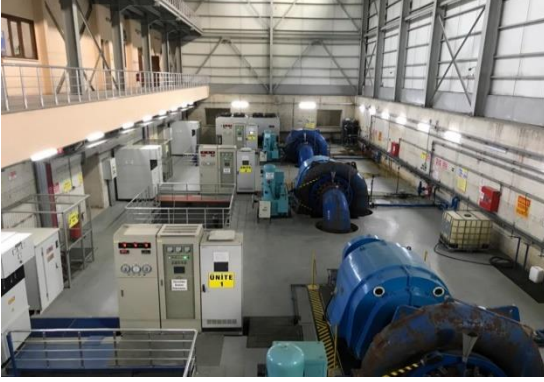
Tesis ayrıca Türkiye'nin 350. büyük Hidroelektrik Santrali'dir. Kale HES elektrik üretimi ile 8.522 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu (konut, sanayi, metro ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması gibi) tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilir. Kale HES sadece konut elektrik tüketimi dikkate alındığında ise ortalama 9300 konutun elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek elektrik üretimi yapmaktadır. Bölge şartları ve projenin diğer parametreleri göz önüne alınarak en uygun ızgara ve regülatör tasarım işi başarı ile tamamlanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Kale HES'den Genel Görünüş

Gürgen deresindeki hidroelektrik santralinin başlangıç tarihi 20/12/2008 bitiş tarihi ise 10/02/2010 dur. Santralde salyangoz tipi türbin kullanılmaktadır (Şekil 3). Bu türbinler Çin malıdır, üretilen enerji direk trafo merkezine verilip oradan konutlara dağılım yapılmaktadır.

Kasım ayında yapılan ziyarette şantiye şefi ile yapılan söyleyişide şu anda suyun durumuna göre bir türbin çalıştığını bir saat de 3.1 MWh üretildiğini ifade etmiştir. Regülatörün planlama aşamasında akarsu ortamındaki sucul yaşamın devamı için bırakılacak kritik su miktarı/can suyu miktarı 0.35 m³/sn (350 lt/sn) olarak hesaplanmıştır. Mansaba bırakılacak su miktarı için deredeki son 10 yılın yıllık ortalama akışın/debinin %10'u esas alınmıştır.



Şekil 3. Francis Tipi Türbinler

Santralde 3 türbin olduğunu toplam da maksimum bir saat de 9.3 MWh üretildiği ifade edilmiştir. Net düşü 125 metre olan santral de ortalama yıllık enerji üretimi 28 GWh olarak ifade edilmiştir. Bu enerji üretimi yıllık 705,77 MWh enerji tüketimi olan ilin %3'üne karşılık gelmektedir [14].

3. BULGULAR (Results)

Elektrik üretim firmasından alınan verilere göre, yaz aylarında ortalama 50 MWh enerji, kış aylarında ise 90 MWh enerji aydınlatmada tüketilmiştir. Bunun yanında fabrikalar ve işletmeler de enerji tüketiminde büyük rol oynamıştır. 8000 konutun elektrik ihtiyacını karşılayan kale HES, ilin %3 lük kısmının elektriğini karşılandığı anlamına gelmektedir.

Güneysu ilçesinde tarla tarımı yok denecek kadar azdır. HES inşaatı aşamasında akarsu yatağındaki çalışmalar ile yine regülâtöre iletim borularının toprak altı inşaatı sırasında ortaya çıkan toprak hafriyatın yer yer küçük alanlara doldurulması ile akarsu kıyısı boyunca oluşan lokasyonlarda küçük ölçüde ziraat tarımı da (mısır, fasulye, lahana, kabak) yapılmaktadır. Ayrıca kale HES'nin kuruluşundan itibaren yöre halkından yardıma muhtaç olanlarla ilgili, muhtarlıklardan alınan bilgiler doğrultusunda yardımlar yapılmış ve yöre halkında ki öğrencilere burs olanağı sağlanmıştır. Recep Tayyip Erdoğan üniversitesi inşaat mühendisliği ve teknikerliği bölümünde okuyan öğrenciler için de staj ve gözlem olanağı sağlanmaktadır. Ayrıca yörede yaygın olan yol betonlama çalışmalarına hazır beton ve yahut çimento ve çakıl olarak yardımlar yapılmaktadır. İnşaat aşamasında birçok köye dere dolgu malzemesi kendi

kamyon ve iş makineleri ile gönderilmiş, fazla talepte ise il özel idareden ya da özel şirketlerden kiralama yolu ile köylülerin çalışmalarına destek verilmektedir [15].

4. SONUÇLAR (Conclusion)

Güneysu ilçesi HES'te üretilen elektrik enerjisi konutlarda ve sanayide ihtiyacı karşılamak için kullanılmaktadır. Güneysu ilçesi HES'ler için uygun akarsulara sahiptir. Güneysu'da bu amaçla kale deresi üzerinde yapılan Kale HES enerji üretimine katkı sağlamaktadır.

Kale HES'in kurulu gücü olarak 9,57 MW, üretim kapasitesi ise, yılda 39.55 GWh'tır [11]. Kale HES'te regülâtör tipi olarak tirol kullanılmaktadır. İletim kanalı olarak modifiyeli atnalı, kaplamasız boru tipi kullanılmıştır.

Kış aylarında deredeki suyun azlığından dolayı bir türbin çalışmaktadır. Kale regülâtöründe üretilen elektrik, ilin %3'lük kısmının elektriğini karşılamaktadır [14]. 2021 yılı Mart ayı Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından belirlenen elektrik fiyatı 0,3976 TL/kWh'dir [16]. Bu kapsamda kale HES yıllık 11.132.800 TL diğer bir ifadeyle 1.546.222 dolar değerinde enerji üretilip dışa bağıllığı bir nebze azaltmıştır. Ayrıca 2007'de özel şirket ile yapılan 49 yıllık anlaşmadan sonra yenilenebilir bir enerji kaynağı olduğundan verim kaybı yaşamadan uzun yıllar hizmet edebilir.

TEŞEKKÜR (Acknowledgment)

Bu çalışmanın hazırlanmasında verdikleri bilgiler nedeniyle Kale HES'e ve akademik yazım yönlendirici bilgileriyle Doç. Dr. Veli Süme'ye teşekkür ederim.

KAYNAKLAR (References)

- [1] Sepetçioğlu, M., 2020. Gap Özelinde Türkiye Su Kaynaklı Yenilenebilir Enerji Projeleri Görünümü . Türk Hidrolik Dergisi, 4 (1), 1-10. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/turhidder/issue/54829/743914>
- [2] Süme, V., Fırat, S.S., 2020. Hidroelektrik Santraller ve Trabzon İlinde Bulunan Hidroelektrik Santrallerin Şehir ve Doğu Karadeniz Havzası İçin Önemi . Türk Hidrolik Dergisi, 4 (1), 10-24. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/turhidder/issue/54829/712392>

- [3] <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2020#hydroelectricity> (Erişim: 18.02.2021, 15:35).
- [4] Süme, V., Fırat, S.S., 2020. Hidroelektrik Santraller ve Trabzon İlinde Bulunan Hidroelektrik Santrallerin Şehir ve Doğu Karadeniz Havzası İçin Önemi. *Türk Hidrolik Dergisi*, 4 (1), 10-24. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/turhidder/issue/54829/712392>
- [5] <https://www.enerjiatlas.com/elektrik-uretimi/> (Erişim: 18.02.2021, 15:35).
- [6] Özölçer, İ.H., Aksoy, B., DüNDAR, O., 2020. Kızılcapınar İçmesuyu Barajında Hidroelektrik Potansiyeli Değerlendirilmesi. *Türk Hidrolik Dergisi*, 4 (1), 25-30. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/turhidder/issue/54829/705970>
- [7] <https://www.enerjiatlas.com/sehir/rize/> (Erişim: 04.12.2020, 20:10).
- [8] <https://www.enerjiatlas.com/akarsular/kale-deresi.html>. (Erişim: 11.12.2020, 22:00).
- [9] **TÜİK, 2010.** (Erişim: 24.03.2021, 02:29).
- [10] <https://docplayer.biz.tr/17390856-Kale-hidro-elektrik-santrali-rize-guney-su-akarsu-habitat-raporu-hazirlayanlar.html> (Erişim: 24.03.2021, 02:29).
- [11] <https://rize.tarimorman.gov.tr/Menu/12/CografıYapı> (Erişim: 11.12.2020, 21:00).
- [12] <https://docplayer.biz.tr/17390856-Kale-hidro-elektrik-santrali-rize-guney-su-akarsu-habitat-raporu-hazirlayanlar.html> (Erişim: 24.03.2021, 02:29).
- [13] <https://tr.wikipedia.org/wiki/G%C3%BCneysu>
- [14] <https://www.enerjiatlas.com/hidroelektrik/kale-regulatoru-hes.html>. (Erişim: 12.12.2020, 19:00).
- [15] <https://docplayer.biz.tr/17390856-Kale-hidro-elektrik-santrali-rize-guney-su-akarsu-habitat-raporu-hazirlayanlar.html>. (Erişim: 13.12.2020, 19:00).
- [16] <https://www.enerjiatlas.com/elektrik-fiyatlari/>

Taşkın Koruma ve Kontrol Yapılarının Değerlendirilmesi

Assessment of Flood Protection and Control Structures

Mehmet Umutcan AKMAN

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Rize, Türkiye

Geliş Tarihi: **04.01.2021**; Kabul Edildiği Tarih: **10.04.2021**; Yayınlandığı Tarih: **28.06.2021**

Türk Hidrolik Dergisi (Tur. J. Hyd.), Cilt (Vol) : **5**, Sayı (Number) : **1**, Sayfa (Page) : **25-31 (2021)**

e-ISSN: **2636-8382**

SLOI: <http://www.dergipark.gov.tr>

Sorumlu yazar e-mail: mehmetumutcan_akman19@erdogan.edu.tr

Özet

Taşkınlar genel olarak çok büyük hacimli akımların akarsu yatağına sığmaması olayı olarak tanımlanır. Taşkın ve sellerin oluşturan faktörler; bölgenin topografyası ve jeolojik yapısı, aşırı yağışlar, bölgenin iklim koşulları, akarsu yataklarının doğal dengesinin bozulması sel riski bulunan bölgelerde kontrolsüz kentleşme ve yapılaşma, doğal ve insan (heyelan vb.) kaynaklı faktörler gibi nedenlerdir. Taşkınların oluşmasında en büyük etken, insanlardan kaynaklanan faktörlerdir. Yanlış ve plansız arazi kullanımı, yeşil alan, orman ve tarım alanlarının tahrip edilmesi, çarpık kentleşme, dere yatakları ve taşkın bölgelerinde yapılaşma gibi oluşumlar taşkınların oluşmasında insan faktörünün etkili olduğu durumlardır. Bu nedenle taşkınların oluşmasının ve insanlara zarar vermesinin önlenmesi için birtakım önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu önlemler yapısal ve yapısal olmayan önlemler olarak sınıflara ayrılabilir. Bu çalışmada ülkemizde taşkın kontrolü için yapılan uygulamalar incelenecektir.

Anahtar Kelimeler: Taşkın; Taşkın kontrolü; Kontrol yapıları

Abstract

Floods are generally defined as the event that very large volume flows do not fit into the stream bed. Floods and factors forming floods; Topography and geological structure of the region, excessive rainfall, climatic conditions of the region, disruption of the natural balance of the river beds, uncontrolled urbanization and construction in regions with flood risk, natural and human (landslide etc.) factors. The biggest factor in the occurrence of floods is the factors caused by people. Incorrect and unplanned land use, destruction of green areas, forests and agricultural areas, unplanned urbanization, creek beds and settlements in flood areas are situations where the human factor is effective in the formation of floods, therefore, some measures should be taken to prevent floods from occurring and harming people. These measures can be divided into structural and non-structural measures. In this study, applications for flood control in our country will be examined.

Keywords: Flood; Flood control; Control structures

1. GİRİŞ (Introduction)

Dünya nüfusunun yaklaşık yarısı şehirlerde yaşamaktadır. Bu rakamın 2030 yılında 9.5 milyarın üzerine çıkması ve şehirleşme oranının % 60'a ulaşması beklenmektedir. 1950 yılında dünya nüfusunun % 30'unun şehirlerde yaşadığını göz önünde bulundurursak, dünyadaki şehirleşme oranının ne kadar fazla arttığını anlayabiliriz. Ülkemizde 1960'lı yıllardan sonra meydana gelen hızlı nüfus artışı ve şehirleşme, atık suların ve yağmur sularını planlı bir biçimde şehirden uzaklaştırma ihtiyacını doğurmuş ve şehir hidrolojisine verilen önem artmıştır.

Dünya genelinde ki doğal afetler ele alınca, 31 çeşit doğal afetin 28 tanesini meteorolojik afetlerin oluşturduğu görülür. Doğal afetlerin çeşitleri ve önem sıraları ülkeden ülkeye de değişmektedir. Örneğin, Akdeniz Bölgesinde doğal afetler kuraklık, seller, orman yangınları, heyelan, dolu fırtınaları, çığlar, donlardır. Ülkemizde ise en sık görülen meteoroloji karakterli doğal afetler ise dolu, sel, taşkın, don, orman yangınları, kuraklık, şiddetli yağış, şiddetli rüzgâr, yıldırım, çığ, kar ve fırtınalardır. Dünya Meteoroloji Örgütü'ne (WMO) göre sadece 1980'li yıllarda dünyada 700,000 kişi meteorolojik afetlerden dolayı hayatını kaybetmiştir

Doğal riskler arasında yer alan ve geçmişte olduğu gibi gelecekte de önemini koruyacak olan taşkınlar, büyük oranlarda can ve mal kaybına neden olmasının arkasında yatan en önemli neden - ülkemiz açısından - kentsel gelişmenin biçimidir. Bu bağlamda, göç ve nüfus artışı baskısı altında çoğu kez çok hızlı bir biçimde büyüyen kentlerimiz, her türlü risk faktörünün felakete dönüşmesini kolaylaştırmaktadır [1].

Taşkınlar birçok bölge ve ülkede insanların ekonomik ve sosyal hayatını etkileyen önemli doğal afetlerden birisidir. Su miktarının, doğal ve yapay olarak geçmesi istenen yatakların kapasitesini aşması seller, su basmalarına ve taşkınlara sebep olur. Belirli bir akarsuyun doğal yatak kapasitesi üzerindeki miktarları geçirememesi nedeniyle suların yataktan çıkarak çevresindeki canlılara, yerleşim yerlerine, tarım arazilerine zarar vermesi, yerleşmiş yaşantı düzenini bozması ve aksatması durumuna taşkın denir. Akarsuların yukarı havzalarında bitki örtüsünün tahribi, orman ve mera alanlarının hidrolojik niteliklerinin bozulması ve yanlış arazi kullanımı nedeniyle sel ve taşkınların sayıları ve etki alanları büyürken; aşağı havzalarda ise akarsu yataklarına yakın, taşkına maruz alanların tarım, sanayi ve yerleşim alanı olarak kullanılması ile, ülkemizde ve tüm dünyada sel ve taşkın zararları gittikçe artmaktadır. Taşkınların yol açacağı zararları azaltmak için uygulanabilecek yapısal taşkın

kontrol yöntemleri, biriktirme haznelere, seddeler, derivasyonlar, yatak düzenlemeleri, drenaj yapıları olarak sayılabilir [5].

Taşkın zararlarının azaltılması çalışmalarında yapısal çalışmaların yanı sıra en etkin ve ekonomik çözüm; taşkın yaşanmadan önce havza genelindeki insan faaliyetlerini düzenleyen ve çoğunlukla yapısal olmayan, halkın eğitiminden ağaçlandırma faaliyetlerine kadar birbirini tamamlayan çoklu tedbirlerin, bir plan kapsamında, projeden yararlananlar ve yerel yönetimler de dahil olmak üzere, ilgili kurum ve kuruluşların katılımları ile birlikte alınmasının sağlanmasıdır [3].

2. YÖNTEM (Method)

2.1. Taşkın ve Taşkın sınıflandırılması

Ani sağanak yağışlar ve kar erimeleri sonucu meydana gelen taşkınlar, suyun getirdiği süprüntü maddelerinin zarar verdiği tarım ve yerleşim alanları fazla su nedeniyle bataklık haline gelmekte ve tarım alanlarındaki toprağın alkalileşmesine neden olmaktadır [2].

2.1.1. Türüne göre Taşkınlar

A. Nehir Taşkınları

1. Mamba ve ani Taşkınlar
 - a) Süzülme hızı düşük
 - b) Süre kısa, şiddetli yağışlar
 - c) Can kaybı çok
2. Mansap Taşkınları
 - a) Süre uzun
 - b) Bu süre zarfında yüksek yağış

B. Kıyı Taşkınları (Okyanus, Deniz, Göl vb.) [2].

2.1.2. Yağışlara Bağlı Taşkınlar

- 1) Akdeniz - Doğu Karadeniz' de görülen orografik yağışlar sonucu meydana gelen taşkınlar.
- 2) İç ve Güneydoğu Anadolu' da görülen konvektif yağışlar sonucu meydana gelen taşkınlar.
- 3) Batı Karadeniz - Ege'de görülen cephesel yağmurlar sonucu meydana gelen taşkınlar [2].

2.1.3. Kar-Buzul Erimesine Bağlı Taşkınlar

Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerindeki yüksek kesimlerde, çoğunlukla Nisan ayı sonları ile Mayıs ayı başlangıcı ile kar üzerine gelen yağışlarla veya hava sıcaklığının artmasıyla eriyen kar tabakası, mansap yerleşimlerinde taşkınlara sebep olan bir etkiye sahiptir [2].

2.1.4. Oluşma Sürelerine Göre Taşkınlar

1. Yaz Taşkınları (Yazın sağanak halindeki yağışlar sonucu oluşan taşkınlar)
2. Kış Taşkınları (Kasım-Mart arası oluşan taşkınlar)
3. İlkbahar Taşkınları (Nisan-Mayıs aylarında kar erimesi sonucu oluşan taşkınlar) [2].

2.1.5. Oluşma Sürelerine göre Taşkınlar

1. Bir hafta veya daha uzun sürede oluşan taşkınlar.
2. 6 saat içinde oluşan (ani) taşkınlar [2].

2.1.6. Oluşum Yerlerine Göre Taşkınlar

1. Dere ve nehir taşkınları
2. Dağlık alan taşkınları
3. Şehir taşkınları
4. Kıyı taşkınları [2].

2.1.7. Taşkın Zararlarının Sektörel Sınıflandırılması

1. Tarımsal ve hayvansal % 45
2. Binalarda ve altyapı % 32
3. Taşınabilir mal ve araçlar % 74. Diğer % 16 [2].

2.1.8. Sebeplerine göre Taşkınlar

1. Doğal Etkenler
 - a. Arazinin fiziki Yapısı
 - b. Arazinin suya doygunluk miktarı- Akarsuyun debisi
2. İnsan Etkenleri
 - a. Çarpık şehir yapılanması
 - b. Ağaçlandırmanın yapılmaması ve ağaçların kesilmesi
 - c. Akarsu yatağına çekilen bent/baraj vs. gibi yapıların yıkılması ve küresel ısınma [2].

3. TAŞKINLARIN NEDENLERİ VE ZARARLARI

3.1. Taşkınların Nedenleri

Taşkınlar, yaşandığı bölgenin iklim koşullarına, jeolojik ve topoğrafik özelliklerine göre gelişen tabii bir olaydır. Ancak, taşkınların oluşumunda insan faaliyetlerinin de önemli bir etkisi bulunmaktadır. Özellikle, sel riski bulunan sahalarda, önceden tedbir alınmaksızın süregelen kontrolsüz şehirleşme faaliyetleri ve dere yataklarına yapılan bilinçsiz müdahaleler, taşkın, feyezan

afetinin en önemli sebepleri arasında bulunmaktadır. Taşkınların başlıca nedenleri;

- İklim değişikliği dolayısı ile yağış şiddetlerindeki artış, yağışın zamansal ve mekânsal dağılımındaki değişiklikler,
- Yanlış arazi kullanımları ve bitki örtüsü tahribinin neden olduğu heyelanlar,
- Yukarı havzadan gelen katı maddelerin (bitki kök ve dalları, kaya parçası vb.) sürüklenerek akarsu yataklarının hidrolik kapasitelerini azaltması, geçiş yapılarını tıkaması,
- Dere yataklarına yapılan uygunsuz müdahaleler,
- Dere yataklarından düzensiz kum çakıl alınması,
- Kapasiteleri yetersiz ve tekniğine uygun olmayan sanat yapıları (köprü ve menfezler),
- Dere yataklarından izinsiz ve tekniğine uygun olmayan şekilde enine boru hattı (içmesuyu, doğalgaz, kablo vb.) geçişleri,
- Yol yapım çalışmaları ile dere yataklarının daraltılması, hafriyat dökülmesi,
- Dere yataklarının ve taşkın kontrol tesislerinin üzerinin kapatılması,
- Her türlü atıkların dere yatakları ve civarına atılması,
- Yapılaşma için uygunsuz yer seçimleri, yanlış mekânsal planlamalar ve uygulamalardır [3].

3.2. Taşkınların Zararları

Ülkemizde, özellikle iklim değişiminin de etkisiyle, yağış şiddetlerindeki artışlara bağlı kadastrofal yağışlar ve devamında yaşanan taşkınların sayısında artışlar olmuş ve ayrıca, daha önce taşkınlar yaşanmamış yerlerde de taşkın felaketi görülmeye başlanılmıştır.

Taşkınların başlıca zararları;

- Can kayıpları,
- Ekili tarım arazisi zararları,
- Yerleşim alanları ve konutlardaki zararlar,
- Üretim tesislerindeki zararlar,
- Su yapılarındaki zararlar,
- Ulaşım tesislerindeki zararlar,
- Altyapı tesislerindeki zararlar,
- Ekonomik faaliyetlerin etkilenmesi sonucu oluşan zararlar,
- Taşkınların neden olduğu toplumsal zararlar olarak ifade edilebilir [3].

3.3. Taşkın Gerçeği

Taşkın afetlerini yalnızca meteorolojik oluşumlara bağlı olarak ifade etmek mümkün değildir. Özellikle Türkiye gibi ekonomik gelişme faaliyetinin yoğun bir biçimde

devam ettiği ülkelerde, sanayileşme ve sektör çeşitliliğinin beraberinde getirdiği kentleşme aktivitesi, akarsu havzalarının muhtelif kesimlerindeki insan faaliyetinin çeşitliliğini ve yoğunluğunu da büyük ölçüde arttırmaktadır. Bu durum ise havza bütünündeki hidrolojik dengeyi bozmakta ve sonuçta büyük miktarda can ve mal kaybına yol açan taşkın afetleri yaşanmaktadır. Akarsu havzaları içinde büyüyen yerleşimler, açılan yeni yollar ve kurulan yeni tesisler ile arazi yapısı değişmekte, elverişsiz tarım yöntemleri ile topraklar daha yoğun bir şekilde kullanılmakta, ormanlar ve meralar tahrip edilmekte, tüm bu koşullarda taşkın afetleri giderek daha büyük ve sık olarak görülmektedir.

Taşkınlar, meydana geliş sıklıkları, etkilediği alanların büyüklüğü ve ortaya çıkardığı zararlar bakımından dünya üzerinde en fazla etkiye sahip doğal afetlerden birisidir. Son 30 yıllık sürede taşkınlar dünya genelinde ortalama her yıl 80 milyon kişiyi etkilemiş, yıllık 11 milyon Dolar'ı aşan ekonomik zarara neden olmuştur.

Taşkınlarda bugüne kadar yasanmış olay sayısı açısından incelendiğinde sırasıyla Fırat Havzasında 777 adet taşkın meydana gelmiş ve Kızılırmak havzası 666, Yeşilirmak havzası 460 olayla Fırat havzasını izlemiştir. En az Taşkın Meriç-Ergene, Kuzey Ege ve Küçük Menderes havzalarında yaşanmıştır. Ülkemizdeki yerleşim birimlerinin 2330'u yani yaklaşık % 6.55'i su baskını olaylarından etkilenmiştir. Toplam su baskını olay sayısı 3997'dir. 80 ilde toplam 20,500 afetzede su baskınlarından etkilenmiştir. Su baskını olayları en fazla Sivas (242),Erzurum (224). Van (181), Adana (158) ve Kahramanmaraş 156) illerinde gerçekleşmiştir.

Taşkın gerçeğinin bu kadar kaçınılmaz olduğu ülkemizde planlama çalışmalarına yönelik bilginin yönetimi ve minimize edilmesi açısından teknolojik imkânların ve yaklaşımların kullanılması kaçınılmaz olmaktadır. Taşkın zararlarından korunmak veya en aza indirmek amacıyla alınacak tedbirler için taşkınların nicelik ve niteliklerinin belirlenmesi gereklidir. Taşkın felaketlerinin önlenmesinde Türkiye'nin topografik yapısı ve iklim koşulları değiştirilemeyeceği için, taşkın kontrol çalışmalarına ağırlık verilerek, taşkınlardan meydana gelecek can ve mal kayıplarını önleyecek önlemler alınabilir [1].

4. TAŞKIN VE RÜSUBAT KONTROL ÇALIŞMALARI

DSİ Genel Müdürlüğünün taşkınların önlenmesi ve zararlarının azaltılmasıyla ilgili çalışmalarını,6200 sayılı DSİ Umum Müdürlüğü Teşkilat ve Vazifeleri

Hakkındaki Kanunda tanımlanan görev ve sorumluluklar çerçevesinde;

1) Taşkın Önleyici Faaliyetler:

- Yapısal faaliyetler
- Yapısal olmayan faaliyetler

2) Taşkın Sırasında Yapılan Faaliyetler

3) Taşkın Sonrası Yapılan Faaliyetler başlıkları altında sürdürmektedir.

Bu bildiriye yapısal ve yapısal olmayan taşkın önleyici faaliyetler konusunda yapılan çalışmalara genel olarak değinilmiştir.

4.1. Taşkın Önleyici Faaliyetler

Bir toplum taşkınlara karşı korunmak için değişik önlemler alabilir. Bunlar arasında geçici olarak akan suyu depolayan ve taşkın tepe debisini sönmülemeye yarayan yapılar olarak biriktirme hazneleri, barajlar, göletler, yan duvarlar havza değişikliği gibi çalışmalar gelir.Akıllıca kullanıldığı zaman bunlar taşkın seviyesini önemli miktarda azaltarak su seviyelerinin akarsu yatağının doğal sınırları içinde kalmasını temin eder. Taşkın maruz kalabilecek yerlerde yapılan değişikliklerle taşkın etkinliği azaltılabilir.

4.1.1. Yapısal faaliyetler

Taşkın anında suları taşkın riski taşıyan alandan uzakta tutmaya yönelik akarsu yatağı düzeltme ve düzenlemeleri, duvarlı kanal, sedde, taş tahkimat gibi kontrol amaçlı tesisleri içerirler. Yukarı havza ıslahına yönelik dere eksenine dik olarak tek ya da kademeli olarak inşa edilen tersip bendi, ıslah sekisi, taban kuşağı gibi yapılar ile sel kapanları ve barajlar gibi suyun akış rejimini düzenleyen tesisleri içeren kontrol yapılarını kapsayan tesisler yapısal faaliyetler kapsamında inşa edilen taşkın kontrol tesisleridir.

Bu kapsamda, DSİ Genel Müdürlüğünce, bugüne dek, yerleşim yerlerini, tarım arazilerini taşkınlardan korumaya yönelik, menba ve mansapta 7320 adet taşkından koruma tesisi ve 68 adet taşkından koruma amaçlı baraj inşa edilmiş olup toplamda 7388 adet tesis ile toplam 1 813 620 ha alanda taşkın kontrolü sağlanmıştır.

4.1.2. Yukarı havza ıslahına yönelik yapılar ve çalışmalar

Problemlili yan derelerin yukarı havzalarında sedimentin kontrolü için alınacak önlemler iki şekilde olmaktadır;

- a) Yukarı havzada erozyonu kontrol altına alarak sediment oluşumunu önlemek,
- b) Oluşan sedimenti depolayıcı tesisler inşa etmek. Erozyon ve sellerin kontrol altına alınması için uygulanacak önlemler, teknik ve idari önlemlerden oluşmaktadır. Bu amaçla, dere eksenine dik olarak inşa edilen tek ya da kademeli enine yapılardan mecra ıslahında kullanılan başlıcaları; ıslah sekileri, tersip bentleri, taban kuşaklarıdır (**Şekil 1**).



Şekil 1. Geçirgen Tersip Bendi (Rize)

4.1.3. Mansap ıslahına yönelik yapılar ve çalışmalar

Taşkın kontrol önlemlerinin yukarı havzaya ilişkin olanları dere boğazına kadar olan kesimde son bulur. Boğaz bölgesi çıkışından sonra başlayan taşkın kontrol önlemleri mansap çalışmaları olarak ele alınmaktadır. Taşkın Kontrol Kıyı duvarı, pere kaplama, beton kaplama, taş tahkimat, bitkisel kaplama, sedde, mahmuz v.b. yapılar mansap ıslah tesislerindedir (**Şekil 2**).



Şekil 2. Taşkın Kontrol Kıyı duvarı

4.1.4 Yapısal olmayan faaliyetler

- Hidrometrik ve Meteorolojik Gözlem Çalışmaları
- Taşkın Envanteri (Taşkın Yıllıkları)
- Taşkın Planları (İl, Bölge)
- İmar Planları ile İlgili Taşkın Etütleri, 4373 Sayılı Kanun Çerçevesinde Yapılan Çalışmalar

- 7269 Sayılı Kanun Kapsamında Yapılan Etütler
- Havza Yönetim Heyetlerinin Teşekkülü, Görevleri,

Çalışma Usul ve Esasları Hakkında Esasları Hakkında Tebliğ Kapsamındaki Çalışmalar,

- Eğitim Faaliyetleri,
- Taşkın Tehlike Haritaları Çalışmaları,
- Taşkın Tahini ve Erkan Uyarı Çalışmaları
- Taşkın Arıza ve Müdahale Bilgi Sistemi (TAMBİS)

4.1.5. Hidrometrik ve Meteorolojik Gözlem Çalışmaları

DSİ Genel Müdürlüğü'nün 1304 adet akarsular üzerinde akım gözlem istasyonu, 98 adet göl gözlem istasyonu, 188 adet meteoroloji istasyonu, 249 adet kar istasyonu, 155 adet sediment ölçüm istasyonu olmak üzere, toplam 1994 adet gözlem istasyonu bulunmaktadır. 2016 yılı Temmuz ayı itibarıyla, 705 AGİ anlık (otomatik) olarak izlenebilmektedir.

4.1.6. Taşkın Envanteri (Taşkın Yıllıkları)

Türkiye'de yaşanmış taşkınların envanterini oluşturan Taşkın Yıllıklarının 1970-1997 dönemi taşkınlarına ilişkin doküman 8 cilt olarak yayınlanmış olup, bu tarihten sonra yaşanan taşkınlarla ilgili bilgiler Coğrafi Bilgi Sistemi vasıtasıyla kaydedilmeye devam edilmektedir.

4.1.7. Taşkın Planları (İl, Bölge)

DSİ Genel Müdürlüğü'nün taşra ünitelerince, akarsu havzaları esas alınarak ve havzadaki su developmanına yönelik çalışmaların sonuçlandırılma durumuna göre güncelleştirilerek hazırlanan Bölge Taşkın Planları, il afet planlarına entegre edilmek üzere ilgili Valiliklere gönderilmektedir. Bölge taşkın planlarında; taşkın riski bulunan yerleşim yerleri belirlenmektedir. DSİ teşkilat birimlerinin görevleri, taşkın öncesinde, sırasında ve sonrasında yapılacak işler, taşkında kullanılacak hazır malzeme yerleri, alarm durumunda görevli personel, iletişim bilgileri, taşkın sırasında en seri biçimde iletişimi sağlamak için mülki idare makamları ve diğer kuruluşların telefon numaraları, taşkın sırasında kullanılacak malzeme ocakları, sedde onarımında kullanılacak dolgu toprak alınabilecek yerler ve mesafeleri, taşkın sırasında kullanılacak binek araçları, iş makineleri v.b. bilgiler yer almaktadır [3].

4.1.8. İmar Planları ile İlgili Taşkın Etütleri

DSİ Genel Müdürlüğünce, plan yapma ve yaptırma yetkisine sahip farklı Kurum ve Kuruluşlar tarafından

yürütülen farklı büyüklüklerdeki yerleşim yerlerine ait imar planlarının hazırlık çalışmalarında, talep konusu sahalara, taşkın durumu ve DSİ Genel Müdürlüğü görev alanındadır. Kalan diğer hususlar yönünden etüt edilerek, etüt çalışmaları sonucu belirlenen hususlar, incelenen harita paftaları üzerinde işaretlenmekte ve bu haritalar, görüş ve önerilerle eşliğinde imar planı çalışmalarına altlık oluşturmak üzere talep sahibi ilgili kuruluşlara gönderilmektedir. İmar planı çalışmaları ile ilgili olarak, taşkın durumu etütleri sırasında, incelenen hâlihazır haritada yer alan tüm dere yatakları 500 yıllık akışlar için (Q500 yinelemeli taşkın debisine göre) kapasite olarak yeterli olup olmadıkları yönünde etüt edilmektedir.

Söz konusu etütler sonucunda, yerleşim yerinden geçen kapasite olarak yetersiz bulunan dere yataklarında çalışmalar yapılır. DSİ Genel Müdürlüğünce yapılmış veya gerçekleştirilecek ıslah çalışmaları ile derelerin kapasite olarak yetersiz bulunan taşkın yapan kesimlerinde taşkın alanları işaretlenmekte ve taşkın etkisindeki sahaların iskâna açılmasının düşünülmesi halinde, ilgili kuruluşlarca önceden yapılması önerilen taşkın kontrolü amaçlı ıslah çalışmaları hakkında detaylı olarak bilgi verilmektedir [3].

4.1.9. 4373 Sayılı Kanun Çerçevesinde Yapılan Çalışmalar

4373 sayılı Kanun'un ilgili hükümleri (1. ve 3. Maddesi) çerçevesinde, Ülkemizin değişik yörelerinde yer alan taşkın riski altındaki sahalara, Bakanlar Kurulu Kararı alınarak her türlü yapılaşmaya yasak alan olarak ilan edilmiştir. Bu kapsamda, 1943-1980 döneminde çıkartılan 32 adet "Bakanlar Kurulu Kararı", DSİ Genel Müdürlüğü'nce, "Taşkınlarda Korunma, Kurutma ve Tabii Afetler İle İlgili Kararnameler" adlı kitapta yayımlanmıştır. 1943-1980 yılları arasında 143 adet akarsu, kanun kapsamına alınmış bulunmaktadır.

Bu maddeler doğrultusunda, 4373 sayılı kanunu kapsamında kalan akarsular ile ilgili olarak gelen talepler, Genel Müdürlüğümüzce incelenerek, görüş bildirilmekte ve ayrıca, taşkın sahası ilan edilen alanlarda yasaya aykırı uygulamalar olduğunun tespit edilmesi halinde ilgili Kurum ve Kuruluşlara gereken uyarıda bulunmaktadır. 4373 sayılı Kanuna göre taşkın alanı olarak ilan edilen alanların incelenerek, Kanun kapsamında olmayan ancak, taşkın riski altında bulunan alanların Kanun kapsamına alınması ile akarsuların ıslah edilmesi veya yukarı havzada alınan tedbirlere bağlı olarak Kanun kapsamından çıkartılabilecek alanlar için gerekli çalışmalar yapılmaktadır [3].

4.1.10. 7269 Sayılı Kanun Kapsamında Yapılan Etütler

7269 sayılı kanunun ilgili hükümleri doğrultusunda çalışmalar DSİ Genel Müdürlüğü tarafından yürütülür. Etüt edilen ve etütler sonucunda taşkından korunmasının teknik ve ekonomik nedenlerle mühendislik tedbirleri ile sağlanmasının mümkün olmadığı anlaşılan yerleşim sahaları bu kapsamdadır. Afet Bölgesi olarak ilan edilmek ve daha sonra emniyetli bir yerde yeniden iskân edilmek üzere DSİ Genel Müdürlüğü ve Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) taşkınlar konusunda müşterek çalışmalar sürdürülmektedir [3].

4.1.11. Havza Yönetim Heyetlerinin Teşekkülü, Görevleri, Çalışma Usul ve Esasları Hakkında Esasları Hakkında Tebliğ kapsamında Yapılan Çalışmalar

Orman ve Su İşleri Bakanlığınca havza koruma eylem planlarının, havza, taşkın ve kuraklık yönetim planlarının hazırlanması, uygulanması ve izlenmesi için, kurumlar arası koordinasyonu sağlar. Uygulamaların takibi maksadıyla çıkarılan "Havza Yönetim Heyetlerinin Teşekkülü, Görevleri, Çalışma Usul ve Esasları Hakkında Esasları Hakkında Tebliğ" 20.05.2015 tarih ve 29361 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Tebliğ hükümlerince; Havza Yönetimi Merkez Kurulu, Havza Yönetim Heyeti, İl Su Yönetimi Koordinasyon Kurulu teşekkül edilmiştir. Havza Yönetim Heyetinin sekretarya hizmetlerini koordinatör valilikteki DSİ Bölge Müdürlüğü veya DSİ Şube Müdürlüğü, İl Su Yönetimi Koordinasyon Kurulunun sekretarya hizmetlerini ilgili DSİ Bölge Müdürlüğü veya ilgili DSİ Şube Müdürlüğü yapmaktadır [3].

4.1.12. Eğitim Faaliyetleri

DSİ Genel Müdürlüğünce Kurum içi eğitim faaliyetleri kapsamında bu eğitimler verilir. Bu amaçla Taşkın ve rüsubat kontrolü faaliyetlerine ve taşkın yönetimine yönelik düzenlenen seminerlerin yanı sıra taşkın konusunda ilgililerin, mahalli/mülki idareciler ve temsilcilerinin, yetkili ve uzman kişilerin, araştırmacı, teknik eleman ve akademisyenlerin, kamu ve özel kurum/kuruluş temsilcilerinin bir araya geleceği bir zemin oluşturur. Toplumsal duyarlılık ve farkındalığı artırmak ve halkımızı bu konuda bilinçlendirmek amacıyla Ulusal Taşkın Sempozyumları da düzenlenmektedir [3].

5. SONUÇLAR (Conclusion)

En önemli sebebi insan olan taşkınların oluşmasının engellenmesi; oluşan taşkınlarda can ve mal kaybının önlenmesi için eğitimler yapılarak halkın

bilgilendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca kanunlar ile akarsu yataklarında yerleşimin önüne kesin olarak geçilmelidir. Mevcut akarsu yataklarının ıslahı uygun projeler ile konunun uzmanı kişiler tarafından gerçekleştirilmelidir.

- Nehirde sel ve taşkın önleme için yeni setlerin bakımının düzenli olarak yapılması gerekmektedir. Her yıl nehirler tarafından yıkılan bu setlerin kritik yerlere eklenmesi gerekiyor.
- Derelerin etrafındaki toprak dolgusu nedeniyle dere yatağının daralması, dere yüksek olduğunda yatağa sığmayarak derenin taşmasına neden olur. Bu nedenle yatağa daha fazla dolgu yapılmamalıdır.
- Dere ağzının daralması ve kalınlaşması ile dere birikmesine neden olur. Bu nedenle sel kontrolünün akış yatağı ile temizlenmesi faydalı olacaktır.
- Vadi tabanında biriken malzeme temizlenmeli ve Q 100, 300 ve 500 yıllık debi hesaplanarak büyük bir kanala götürülmelidir.
- Fındık bahçeleri, mera veya ormanlık alanlarda budama ve atık anında temizlenen yabani otlar dere yatakları veya bahçe kenarlarında bırakılmamalıdır. Bu atıklar kurutulmalı veya gömülmelidir.
- Nehir üzerinde yapılacak yeni köprüler yüksek ve etap alanları açık olmalıdır. Aksi takdirde köprünün altından taşınan malzemelerle küçük bir set doldurulacak ve sele davet çıkarılacaktır.
- Yağışa ve akıntı seviyesine duyarlı erken uyarı sistemleri belirli aralıklarla havza içine kurulmalıdır.
- Olası sel hasarını azaltmak için bölge sakinleri sel ve sel konusunda bilgilendirilmeli, imar uygulamaları yakından takip edilmeli ve riskin yüksek olduğu alanlardan kaçınılmalıdır [4].

TEŞEKKÜR (Acknowledge)

Bu çalışmada yardımlarını esirgemeyen değerli akademisyen Doç. Dr. Veli SÜME'ye teşekkür ederim.

KAYNAKLAR (References)

- [1] Bağdatlı, M. C., Albut, S. , Taşkın Kontrolü Çalışmalarında CBS'nin Kullanım Etkinliğinin Değerlendirilmesi, <https://www.researchgate.net/publication/3120249>
- [2] Kerim, A., Süme, V., Taşkınlar, Taşkın Koruma ve Kontrol Yapıları, Rize İlinde Örnek Çalışmalar, Türk Hid. Der. (Tur. J. Hyd.), Cilt (Vol) : 3, Sayı (Number) : 1, Sayfa (Page) : 01-13 (2019)
- [3] Selek, B., Deniz, S., Türkiye'de Taşkın Kontrolü Faaliyetlerinin Genel Değerlendirilmesi ve Yeni Çalışmalar, DSİ Teknik Bülteni Sayı: 123, Ocak 2017

[4] Şenol, C. (2019). The situation of the spatial change in the lower part of the Melet River Basin is affected by potential flooding. International Journal of Geography and Geography Education (IGGE), 40, 439-453.

[5] Temel, İ., Doğan, A., Berktaş, A., (2018), Taşkın Koruma Yapılarının Önemi ve Uşak Örneği, Su Kaynakları, 3, (1) 43-50,

Osmanlı Su Mimarisi ve İstanbul'daki 19. Yüzyıl Su Yapıları

Ottoman Water Architecture and 19th Century Water Structures in Istanbul

Selim Sani Güngör

Department Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Mimari Restorasyon Programı.

Geliş Tarihi: **10.04.2021**; Kabul Edildiği Tarih: **11.05.2021**; Yayınlandığı Tarih: **28.06.2021**
Türk Hidrolik Dergisi (Tur. J. Hyd.), Cilt (Vol) : **5**, Sayı (Number) : **1**, Sayfa (Page) : **32- 48 (2021)**
e-ISSN: **2636-8382**

SLOI: <http://www.dergipark.gov.tr>

Sorumlu yazar e-mail: selim.sani.gungor@msgsu.edu.tr

Özet

Su, yalnızca insanlığın değil tüm canlıların temel ihtiyacıdır. İlk uygarlıkların akarsu yakınlarına kurulması, gelişen kentleşme ve nüfus artışı nedeniyle suya olan ihtiyacın artması ve dünyanın her yanında sayısız su yapısı yapılması, suya verilen önemin yeni olmadığını göstermektedir. İstanbul'da, ilk olarak Roma Döneminde gelişmiş su yapıları görülmeye başlanmıştır. İmparatorluğun yeni merkezi olan İstanbul'da sayısız su yapısı yapılmış, fetihten sonra şehrin Osmanlı toprağı olmasıyla birlikte, özellikle Mimar Sinan döneminde, bu su yapıları altın çağını yaşamıştır. Su yolları, kemerler, maksemeler, çeşmeler, sarnıçlar ve bentlere her dönem yenileri eklenmiş, eskileri de zaman zaman yapılan onarımlarla günümüze kadar gelebilmiştir. Bu çalışmamızda, su yapılarının mimari gelişimiyle birlikte İstanbul'daki Osmanlı Devri su yapıları incelenmiş, Osmanlı'nın son dönemleri olan 19. yüzyılda yapılmış su yapıları tespit edilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Su Yapıları; Osmanlı Su Mimarisi; 19. Yüzyıl Osmanlı Su Yapıları.

Abstract

Water is the basic necessity of all living things, not only humanity. The establishment of the first civilizations near the streams, growing need for water due to urbanization and population growth, countless water structures all over the world, proves that the value given to water is not new. In Istanbul, the water structures developed during the Roman period started to be seen. Numerous water structures were built in Istanbul, the new center of the empire. After the conquest, the city became the Ottoman land, especially during the period of Mimar Sinan, these water structures lived the golden age. Previously built waterways, arches, maqsems (places of divisions), fountains, cisterns and dams were added to the new ones, previously built constructions, came to the present day with repairs. In this study, the architectural development of the water structures and the Ottoman water structures in Istanbul were examined, water structures built in the last period of the Ottoman Empire 19th century were tried to be identified.

Keywords: Water Constructions; Ottoman Water Architecture; 19. Century Ottoman Water Constructions.

1. GİRİŞ (Introduction)

Canlıların yaşam kaynağı olarak olan su, aynı zamanda uygarlıkların gelişimine de en büyük katkıyı sağlayan etkenlerdendir. Tarihi devirler boyunca yerleşimlerin hep akarsu, göl gibi su kaynaklarının yakınlarına kurulması bunun en büyük göstergesidir.

Yapılan ilk su yapıları, basit sulama kanalları ve su alma yapıları gibi su tesisleridir. Bu su tesisleri de tarımsal faaliyetlerin hızlanmasına yol açmıştır. Ancak uygarlık ilerledikçe ve nüfus arttıkça insanlığın suya olan ihtiyacı daha da artmış, yetersiz su kaynakları, su yapılarının önemini artırmıştır. Kentlerin gelişmesindeki en önemli etkenlerden biri de altyapıdır. Su yapılarının da bir altyapı olduğunu düşünürsek, gelişmiş kentlerin, iyi projelendirilmiş su şebekesine sahip olduğunu söylemek mümkündür [1].

MÖ 3000 yıllarında ilk önemli örneklerine rastlanan su yapılarının, özellikle birçok uygarlığa ev sahipliğini yapmış olan Anadolu'da önemli örnekleri bulunmaktadır. Hitit Döneminden kalan barajlar, Doğu Anadolu'da Urartu Döneminden kalan barajlar, kanallar, kehrizler, Batı ve Güney Anadolu'da Helenistik, Roma ve Erken Bizans Dönemlerinden kalan barajlar, uzun mesafeden su getirmek için yapılan su yolları ve su kemerleri, açık ve kapalı sarnıçlar, Selçuklu ve Osmanlı Dönemlerinden kalan barajlar, bu döneme ait su yolları ve su kemerleri, Türkiye'yi su yapıları açısından önemli bir açık hava müzesi haline getirmiştir [2].

2. TARİHİ DEVİRLER BOYUNCA SU YAPILARININ GELİŞİMİ (Development of Water Structures Throughout Historical Periods)

Antik dönemlerde uygarlıkların gelişmesinin, verimli toprakların varlığına bağlı olduğu bilinmektedir. Akarsu yakınlarına kurulan kentlerde yaşayanlar, bu akarsuların yalnızca yararlarından faydalanmak için değil, zararlarından da korunmak için çeşitli su yapıları inşa etmek zorunda kalmışlardır. Dünyadaki ilk baraj, kanal gibi su yapıları Mısır ve Ortadoğu'da görülmektedir [3].

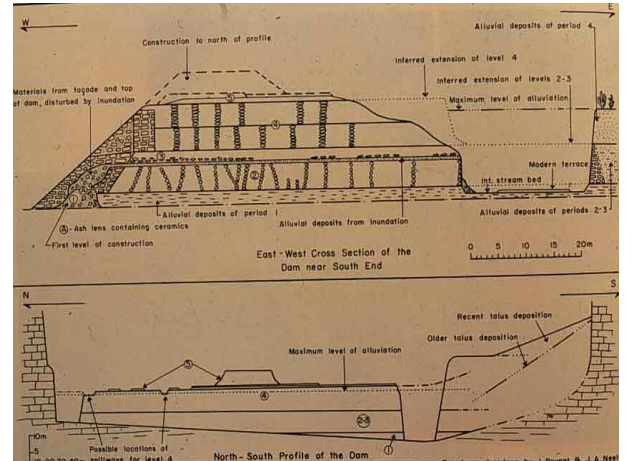
İlk olarak, ekili topraklarda suyun daha verimli bir şekilde kullanılabilmesi için kanallar yapılmıştır. Yapılan araştırmalarda, MÖ 3200 yılında Mısır'da yapılmış ilk kanallara ait belgelere rastlanmıştır. Aynı dönemlerde, kurak geçen mevsimlerde susuz kalmamak için su bentleri ve barajlar da inşa edilmeye başlanmıştır [2]. Mısır'da Kosheis Barajı'nın MÖ 3000 yıllarında, Seddel Kefere Barajı'nın MÖ 2950- 2750 yıllarında yaptırıldığı bilinmektedir. Sümer kenti Nippur'da yaklaşık 5000 yıl önce yapılmış sulama kanallarının planları olduğu belirlenen tabletler bulunmuştur. Bugün Ürdün'de bulunan Jawa Barajı'nın da yaklaşık MÖ 3000 yıllarında yaptırıldığı kaynaklarda geçmektedir [4]. Basit tekniklerle inşa edilen bu yapılar sonraki yıllarda yapılacak bir çok su yapısının temelini oluşturmuştur.



Şekil 1. Ürdün'de kalıntıları bulunan Jawa Barajı [5].

MÖ 2750 yıllarına gelindiğinde pişmiş toprak borular ve kargir galerilerle temiz suyun getirilmesi ve kirli suyun uzaklaştırılması sağlanmıştır. Bu tür tesislerin ilk örneklerine İndus havzasındaki Mohenjodaro'da, Girit'teki Knossos Sarayı'nda rastlanmaktadır [2].

Sonraki yıllarda da farklı uygarlıklar birçok baraj ve su yolu yapmıştır. Bu yapıların en bilinenleri arasında harçsız, muntazam dolgu taşları ile örülmüş, kargir savaklarla donatılmış Sedd-el-Arim Barajı, MÖ 700 civarında inşa edilmiş Meksika'daki Purron Barajı, Asurluların başkentleri Ninova'ya su getirmek için, MÖ 690 yıllarında Dicle Nehri'nin bir kolu olan Khosr ve Gomel ırmakları üstünde yaptırdığı kargir Kayın, Ajilah, Bavian barajları sayılabilir.



Şekil 2. Meksika Purron Barajı'nın kesit çizimi [7].

Su yapılarının gelişimi Roma Dönemine kadar, genel olarak su yolları, kanallar ve barajlarla sınırlı kalmıştır. Roma dönemine gelindiğinde su yollarının yapımı gelişen inşaat teknikleriyle hızlanmış ve uzak mesafelerden suyun getirilmesi için su kemerleri, suyun depolanması için sarnıçlar yapılmaya başlanmıştır. Ayrıca su terazileri ve maksemeler de suyun iletiminde yardımcı su yapıları olarak kullanılmaya başlanmıştır. İlk banyo yapılarına da Roma döneminde rastlanmaktadır.

Titi ya da Titus Banyoları, 110 yılında tamamlanan Thermae Traiani ve Diocletianus hamamı en önemli örneklerden sayılmaktadır [6].

Bu dönemde su yapıları daha çok imparatorluğun yeni merkezi olmaya başlayan İstanbul'da görülmektedir. Yeni merkez olmanın dışında, devletin ana merkezi olan Roma'da suya ulaşımın nispeten daha kolay olmasının da etkisi büyüktür.

Bizans Döneminde, özellikle İstanbul'da, gelişen nüfusla birlikte suyun depolanmasına önem verilmiş, farklı boyutlarda birçok sarnıç yapılmıştır. Ayrıca Ma'zul Kemer, Valens Su Kemerı gibi önemli kemerler de bu dönemde yapılmıştır. Kemerler ve sarnıçlar dışında Bizans dönemindeki Konstantinopolis'te, kaynaklara göre 5. yüzyılda 150 küçük, 8 büyük hamam bulunmaktaydı. Bu 8 büyük hamamın, tasarım bakımından Roma'daki hamamlara benzedikleri görülmektedir [8]. Zeuxippos Hamamı dönemin en bilinen hamam yapısıdır. Günümüze ulaşamamış bir çok çeşme ve ayazmanın varlığından da bahsedilmektedir.

Osmanlı Dönemi'nde yapılan su tesisleri ise dönemin en iyi örnekleri arasındadır. İstanbul'daki ilk Osmanlı su tesisleri, Üsküdar'da yapılmış olmakla beraber bunlar genellikle yamaçlara açılan galeriler ile çeşmelerdir [9]. Daha büyük çaptaki su tesisleri İstanbul'un fethinden sonra, özellikle Mimar Sinan döneminde yapılmaya başlanmıştır. Zamanla hem sur içini besleyen tesislerin yapımına devam edilmiş hem de Beyoğlu ve Üsküdar'a su getiren yeni tesisler yapılmıştır.

2.1. Roma ve Bizans Döneminde İstanbul'daki Su Yapıları (Water Structures in Istanbul in the Roman and Byzantine Periods)

Tarihteki ilk önemli su tesisleri Roma döneminde yapılmaya başlanmıştır. Büyüyen sınırlarla birlikte önemli bir sorun haline gelmeye başlayan suyun temini ve depolanması için birçok su yolu ve sarnıç yapılmıştır. Toplam uzunluğu 240 km. olan ve İstanbul'a Istranca dağlarının güneyinden su taşıyan, antik dönemdeki dünyanın en uzun kabul edilen su yolu en önemli su yapıları arasında sayılabilir [10].

Özellikle imparatorluğun yeni merkezi Konstantinopolis'te su kaynaklarının yetersizliği nedeniyle, kemer ve tonoz yapısının gelişmesiyle de birlikte görkemli su yolları inşa edilmeye başlanmıştır. Kuşatmalarda tahrip edilmemesi için su yolları yer altına alınmış, su kemerleri, kanallar ve galeriler de inşa edilmiştir. Bu dönemde, suyun şehrin dışından getirilmesi için yapılan su yapıları arasında su terazileri ve maksemeler de yer almaktadır. Maksemelerin daha önceki yıllarda görülmemesi nedeniyle ilk kez Roma döneminde kullanıldığı söylenebilir [10]. Bu yapılar, getirilen suyun çeşme ve diğer yapılara dağıtılmasını sağlayan, kubbeli veya tonozlu yapılardır. Su terazileri ise altın çağını Osmanlı Dönemi'nde yaşamış olsa da yine ilk kez Roma döneminde görülmektedir. Su yolları

üzerinde inşa edilen teraziler bu su yollarındaki basıncın ayarlanması için inşa edilmiştir. Şehrin batısında, Trakya bölgesinden getirildiği düşünülen ilk su yolunun İmparator Hadrianus tarafından yaptırıldığı düşünülmektedir [11]. Altuğ'a göre ise, İmparator Hadrianus döneminde sular, Kağıthane Deresi ve Alibey Deresi'nden toplanmış ve Haliç kenarındaki mahallelere kadar bir su yolu ile ulaştırılmıştır [12]. İmparator Valens tarafından Halkalı taraflarından Beyazıt'a kadar gelen ikinci bir su yolu yapıldığı, Maz'ul Kemer ile Valens Kemerı'nin bu amaçla inşa edildiği bilinmektedir. İmparator Valens tarafından Belgrad Ormanları'nda Büyük Bendin yerinde bir bent inşa ettirildiği, İmparator Theodosius (378-395) tarafından da Maz'ul Kemer ve Bozdoğan Kemerı kullanılarak üçüncü bir su yolu yapıldığı ve aynı dönemde Belgrad Ormanlarından Sultanahmet'e kadar ulaşan dördüncü bir su yolunu yaptırdığı da bilinmektedir [13].

Günümüzde İstanbul'un yalnızca Fatih ilçesinde, kültür envanterine kayıtlı 200'den fazla sarnıcın varlığı, bu dönemde suya verilen önemi göstermektedir. Bu sarnıçlardan, Yerebatan Sarnıcı, Binbirdirek Sarnıcı, Sultan Sarnıcı, Şerefiye Sarnıcı, Zeyrek (Pantokrator) Sarnıcı, Aetius Sarnıcı, (Karagümrük Stadı), Aspar (Fatih-Çarşamba) Sarnıcı, Mokios Sarnıcı (Fındıkzade Çukurbostanı) İstanbul'da günümüze ulaşmış, bilinen en önemli sarnıçlardandır. Bu sarnıçlar Osmanlı dönemine kadar etkin bir şekilde kullanılmış, şehirdeki su sorununu büyük ölçüde çözmüştür. Gelişen inşa teknikleri, suyun şehir dışından getirilmesini kolaylaştırdıktan sonra sarnıçlar unutulmaya başlamıştır.



Şekil 3. Zeyrek (Pantokrator) Sarnıcı'nın içi (2015).

2.2. Osmanlı Devrinde İstanbul'daki Su Yapıları (Water Structures in Istanbul in the Ottoman Periods)

Osmanlı döneminde çeşme, sebil ve şadırvan gibi su yapıları öne çıkmaktadır. Özellikle Mimar Sinan döneminde Edirne ve İstanbul'da inşa edilen su iletim sistemleri oldukça önemli su yapıları arasındadır [10].

Sinan döneminde yapılan üç su yolu sistemi Edirne Taşlı Müsellim, İstanbul Süleymaniye ve Kırkçeşme,

ülkemizdeki tarihi su yapıları açısından önemli bir yer tutmaktadır. Edirnekapı'da 1565 yılında yapılan Mihrimah Sultan Camii ve külliyesine su ileten Mihrimah su yolu, 1548 yılında tamamlanan Üsküdar Mihrimah Sultan Camii ve külliyesi, 1583 yılında inşa edilen Toptaşı Atik Valide ve külliyesini besleyen su yolları yine Sinan'ın bilinen önemli su yapıları arasındadır [14].

Osmanlı döneminde İstanbul'un Rumeli yakasını besleyen Halkalı su sisteminin yapımına Fatih Sultan Mehmet devrinde başlanmış, 18. yüzyıl ortalarına kadar devam etmiş, yer yer bir araya gelen ve toplam uzunluğu 130 km. olan 16 farklı su yolundan oluşmuştur. Bu dönemde yapılan Halkalı isale hattı, Fatih, Turunçlu, Mahmutpaşa ve Laleli, Bayazıt, Kocamustafapaşa, Süleymaniye, Mihrimah, Ebussuut, Cerrahpaşa, Sultan Ahmet, Saray çeşmeleri, Köprülü, Beylik, Hekimoğlu Alipaşa, Kasımağa ve Nuruosmaniye su yollarından oluşmaktadır. İstanbul'un Anadolu yakasında ise, özellikle 16. yüzyıl sonlarından 19. yüzyıl başlarına kadar yeni su sistemleri inşa edilmiştir. Toplam uzunluğu 23 km. olan Taksim sistemi 1731 yılında inşa edilmiştir. Bu su yolu üzerinde, Büyükdere kemeri, Derbent ters sifonu ve çeşitli su terazileri bulunmaktadır. 19. yüzyıl sonlarında bölgeye en önemli su yollarından olan Hamidiye su yolu inşa edilmiştir [14].

Osmanlı döneminin en önemli barajları arasında, İstanbul'un Kırkçeşme sistemini besleyen Topuz (1620), Büyük Bent (1724), Ayvat Bendi (1765), Kirazlı Bent (1818) sayılabilir. Diğer bir önemli isale hattı olan Taksim sistemini besleyen barajlar ise, Topuzlu Bent (1750), Valide Bendi (1796), Yeni Bent (1839)'tir. Küçükçekmece yakınındaki Şamlar Bendi (1826), Anadolu Hisarı yakınında bulunan Elmalı Barajı (1893) diğer önemli barajlardır. Kirazlı Bent ve Büyük Bent'ten gelen suların Kırkçeşme Su yolu'na aktarıldığı Çifte Havuz da günümüze ulaşmış önemli su yapılarından biridir.



Şekil 4. Belgrad Ormanları içerisinde kalan Çifte Havuz [15].

Antik Roma'da ilk örneklerine rastlanan su terazileri de en yaygın biçimde Osmanlı döneminde kullanılmıştır. Bu dönemde, pişmiş toprak borulardan oluşan su iletim sistemleri üzerinde yer alan su terazileri, özellikle boru

hatlarının farklı basınçlara maruz kalmasını önlemek üzere tasarlanmış olup günümüze kadar ulaşmayı başarmış yapılardır. Şehzadebaşı Camii yanında, Taksim Elmadağ'da yol kenarında, Sultanahmet Million Taşı yanında bu su terazilerinden örnekler görülebilmektedir.

İstanbul Anadolu yakasında 158 çeşme, 19 sebil, 56 kuyu, 11 maslak, 35 su terazisi vakıf derferlerinde kayıtlıdır. Tarihi Yarımada, Haliç'in kuzeyi, Üsküdar ve Kadıköy'de bulunan su yapıları toplamı yine vakıf defteri kayıtlarına göre 1553'tür. Bu sayıya Hamidiye Su Yolu'na ait 126 çeşmenin dahil olmadığı da belirtilmektedir [16]. Buna göre İstanbul'daki çeşme, sebil, kuyu, maslak vb. su yapıları sayısı Vakıf Defterleri kayıtlarına göre 1679'dur. Bu su yapılarının 279 tanesi Anadolu yakasında bulunmaktadır. Tüm bu bilgiler, Osmanlı Dönemi'nde de suya ve su yapılarına verilen önemi göstermektedir.

3. İSTANBUL'DA GÖRÜLEN SU YAPILARI (Impression Water Structures in Istanbul)

3.1. Bentler - Barajlar (Dams)

Antik dönemlerden günümüze gelene kadar, insanlar yağışlı mevsimlerdeki suları biriktirerek kurak mevsimlerde kullanmak için barajlar yapmışlardır. Ülkemizde bilinen en eski baraj, Hititlerin Alacahöyük yakınlarında inşa ettikleri bentlerdir. Su yollarının başlangıç noktası olan bentler, akarsularla gelen suyu depoluyor, buralarda biriken sular yaz kuraklığında şehre iletiliyordu [17].

En önemli örneklerinin bulunduğu İstanbul'un Belgrad Ormanı'ndaki bentler, Kırkçeşme Suyu tesislerinde 4 ve Taksim Suyu tesislerinde 3 olmak üzere toplam 7 tanedir. İstanbul'un Kırkçeşme sistemini besleyen barajlar, Topuz (1620), Büyük Bent (1724), Ayvat Bendi (1765), Kirazlı Bent (1818)'tir. Taksim sistemini besleyen barajlar ise, Topuzlu Bent (1750), Valide Bendi (1796), Yeni Bent (1839)'tir. Küçükçekmece yakınındaki Şamlar Barajı (1826), Sakarya Maden Deresi üzerinde bulunan baraj, Anadolu Hisarı yakınında bulunan Elmalı I Barajı (1893) diğer önemli barajlardır.



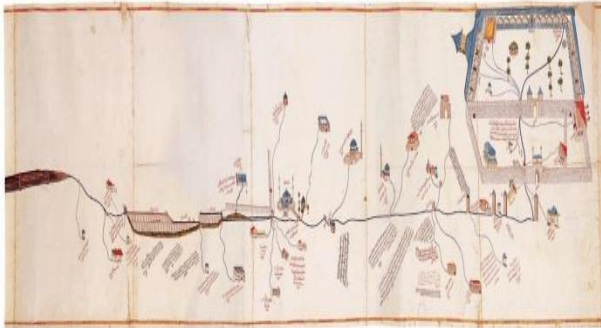
Şekil 5. 1839 yılında inşa edilen II. Mahmud Bendi (Yeni Bent) [18].

3.2. Su Yolları - Galeriler (Waterways - Galleries)

Şehrin su ihtiyacını karşılamak amacıyla ilk olarak 2. yüzyılda Roma döneminde yapılmaya başlayan su yolları, şehir dışından su getirilmesi amacıyla tasarlanmışlardır. Özellikle yeterli su kaynağı bulunmayan İstanbul'a sur dışından suyun getirilmesi için birçok su yolu yapılmıştır. Bizans döneminde, Roma su yolları çeşitli onarımlar yapılarak kullanılmış, Osmanlı döneminde eski su yollarına yeni kaynaklar ve su yolları eklenmiştir.

İstanbul'daki ilk su yolunun İmparator Hadrianus tarafından yaptırıldığı düşünülmektedir. İmparator Valens tarafından, Halkalı'dan Beyazıt'a kadar ikinci bir su yolu yapıldığı, İmparator Theodosius tarafından da üçüncü bir su yolu ile su getirildiği ve aynı dönemde Belgrad Ormanlarından Sultanahmet'e kadar ulaşan dördüncü bir su yolu yapıldığını daha önce belirtmiştik.

Sinan döneminde yapılan üç su yolu sistemi Edirne Taşlı Müsellim, İstanbul Süleymaniye ve Kırkçeşme, ülkemizdeki tarihi su yapıları açısından oldukça önemlidir. Fatih, Turunçlu, Mahmutpaşa ve Laleli, Bayazıt, Kocamustafapaşa, Süleymaniye, Mihrimah, Ebussuut, Cerrahpaşa, Sultan Ahmet, Saray çeşmeleri, Köprülü, Miri/Beylik, Hekimoğlu Alipaşa, Kasımağa ve Nuruosmaniye su yolları şehrin önemli su yolları arasında sayılmaktadır.



Şekil 6. Beylik su yolları haritası [19].

3.3. Su Kemerleri (Aqueducts)

Su yatağının eğimine göre hareket eden suyun, vadilerden debisini kaybetmeden geçebilmesi için inşa edilen kemerlerden İstanbul'daki en bilineni, şehrin içinde olması nedeniyle, Valens (Bozdoğan) Su Kemeridir.

İstanbul'da bulunan kemerlerin çoğu Kırkçeşme, bir kısmı ise Halkalı su yolunun üzerindedir. Roma döneminde yapılmış ve günümüze kadar ulaşabilmiş su kemerlerinin en eskileri, Maz'ul Kemer, Kara Kemer, Ali Paşa Kemer ve Bozdoğan Kemeridir. Kırkçeşme su yolunda da 33 adet su kemer bulunmaktadır [20]. İstanbul sınırları içinde Avasköy Kemer, Mağlova (Alibeyköy) kemeri, Güzelce Kemer (Cebeciköy), Eğri

(Kovuk) Kemer (Kemberburgaz), Uzun Kemer (Göktürk), Büyükdere Kemer (Bahçeköy) en bilinen kemerlerdir.



Şekil 7. Valens (Bozdoğan) Kemer ve su taşıyan künkler (2015).

3.4. Sarnıçlar (Cisterns)

Yeraltı sularını ve yağmur sularını biriktirmek için inşa edilen sarnıçlar, içme suyu temininde veya tarımda sulamada kullanılmışlardır. Yerleşik hayata geçişle birlikte doğal su kaynaklarına uzak verimli toprakların sulanması yapılmaya başlanan sarnıçlar, nüfusun artmasıyla birlikte içme suyu biriktirmek amacıyla da kullanılmaya başlanmıştır. Antik dönemlerden itibaren çeşitli şekillerde ve boyutlarda yapılan sarnıçların en anıtsal örneklerine ise Roma ve Bizans dönemlerinde rastlanmaktadır. Açık veya kapalı olarak inşa edilen bu su depoları, su yolları ve kemerlerle getirilen suların depolanması ve dinlendirilmesi için kullanılmıştır. İstanbul'un 1453 yılındaki fethine kadar aktif olarak kullanılan sarnıçlar, Osmanlı Dönemi'ne gelindiğinde durgun suyun dini açıdan uygun olmaması nedeniyle unutulmuş veya başka işlevler verilerek kullanılmıştır. Yerebatan Sarnıcı, Binbirdirek Sarnıcı, Sultan Sarnıcı, Şerefiye Sarnıcı, Zeyrek (Pantokrator) Sarnıcı, Nakilbent Sokağı Sarnıcı, Yavuz Sultan Selim Camii altında bulunan sarnıçlar, Aetius Sarnıcı, (Karagümrük Stadi), Aspar Sarnıcı (Fatih-Çarşamba Çukurbostanı), Mokios Sarnıcı (Fındıkzade Çukurbostanı) günümüze kadar ulaşmış en bilinen sarnıçlardan bazılarıdır.



Şekil 8. Günümüze ulaşmış sarnıçlardan Yavuz Sultan Selim Camii altındaki II. Sarnıç (2015).

3.5. Ayazmalar (Holy Spring of Orthodox Greeks)

İncil’de “mübarek, kutsal yer” anlamına gelen ayazma, içinde kutsallaştırılmış su bulunan yerleri ifade etmek için kullanılmıştır. Suyunun şifalı olduğuna inanılan bazı ayazmaların hristiyanlarla birlikte müslümanlarca da ziyaret edildikleri ve dertlere deva beklendiği bilinmektedir. Başlangıçta az sayıda olan ayazmaların, Osmanlı döneminde çoğaldığı belirtilmektedir. İstanbul’da yaklaşık 150 ayazmanın varlığından bahsedilmektedir [21]. Ayazmanın mimari bakımdan bir özelliği yoktur.

Hodegetreia Ayazması (Topkapı Sarayı yakını), Studios Ayazması (Yedikule), Zoodokhos Pighi (Balıklı) Ayazması, Blakhernai Ayazması (Ayvansaray), İstanbulun bilinen ayazmalarındandır. Ayrıca Evliya Çelebi’nin de bahsettiği Küplüce Ayazması yine İstanbul ayazmaları arasındadır.



Şekil 9. Zoodokhos Pighi (Balıklı) Ayazması [22].

3.6. Hamamlar (Baths)

Arapça’da “ısıtmak – sıcak olmak” anlamındaki Hamm kökünden gelen hamam kelimesinin sözlük anlamı “ısıtan yer”dir. Hamamlar, her dönem farklı şekillerde karşımıza çıkabilmektedir. Ancak Roma döneminde yaygınlaşan hamamlar, yıkanma dışında eğlence mekanı olarak da kullanılmıştır. İslam dünyasında ise hamamlar yerleşim yerlerinin vazgeçilmez birer parçası olmuştur [23].

Mimari anlamda hamam örneklerine ilk olarak Roma devrinde rastlanmaktadır. MÖ I. yüzyılda yaşayan Sergius Orata, ilk kez sıcak hava ile merkezi ısıtma sistemini yapmış ve bu sistem Roma hamamlarında uygulanarak yaygınlık kazanmıştır [24].

Selçuklular Anadolu’da yerleştikten sonra, buldukları bölgelere, İslam dininde temizliğe verilen önem nedeniyle birçok hamam inşa etmişlerdir. Anadolu’nun hemen her yerinde rastlanan hamamlar, soyunmalık, ılıklik, sıcaklık, halvet, külhan, su deposu gibi mekanlardan oluşmaktadır. Ayasofya Hürrem Hamamı, Çağaloğlu Hamamı, Bursa Kervansaray Hamamı, Çemberlitaş Hamamı, Ankara Karacabey Hamamı, Süleymaniye Hamamı, Kılıç Ali Paşa Hamamı,

Galatasaray Hamamı, Tarihi Şengül Hamamı (Ankara), Üsküdar Çinili Hamam, Trabzon Sekiz Direkli Hamam Anadolu’daki en önemli hamam yapıları arasındadır.



Şekil 10. Kılıç Ali Paşa Hamamı (2020).

3.7. Kuyular (Draw Wells)

Su kaynağına varıncaya kadar kazılan, genellikle silindirik şeklinde, çevresine duvar örülerek inşa edilmiş su yapılarıdır. Kuyu bileziği adı verilen ve ağız kısmını kapatan bir elemana sahip kuyular genellikle evlerin bahçelerinde görülmektedir. Küçük yerleşimlerde ortak kullanım kuyuları da görülebilmektedir. Osmanlı döneminde, kullanılmayan sarnıçların yakınlıklarına ve üzerilerine de su almak için kuyular açıldığı bilinmektedir. Kuyular birer mimari öğe kabul görmese de su yapıları arasında sayılabilir. İstanbul’da bilinen en önemli kuyu, Topkapı Sarayı altında Dolap Ocağı olarak adlandırılmış kuyulardır.



Şekil 11. Topkapı Sarayı altındaki Dolap Ocağı adı verilen kuyulardan biri [25].

3.8. Su Terazileri (Water Towers)

Maksemelerden kente dağıtılan suyun 0,6 bardan daha yüksek bir basınçta olmaması ve borular içindeki basıncın düşürülmesi için su yolları üzerine su terazileri inşa edilmiştir. Su terazileri içinde, suyu yukarı çıkartıp tekrar aşağı indiren borular vardır. En üstte ise “castellum plumbeum” denilen basıncın kırıldığı su tankı bulunur [26].

Su terazilerinin, su basıncını sınırlama veya düşük basıncı yükseltme, debi ölçümü yaparak dağıtım yapılması ve suyun kullanılmadığı zamanlarda künkler

içinde yığılan havanın akışa engel olmasını önlemek gibi önemli görevleri bulunmaktadır [27]. Günümüze ulaşan yaklaşık 30 adet su terazisinden Eminönü Ebubekir Ağa Külliyesi Su Terazisi, Şehzadebaşı Su Terazisi, Sultanahmet Alemdar Mahallesi Su Terazisi, Eyüp La'li Mustafa Efendi Çeşmesi Su Terazisi, Halkalı Su Terazisi, Merter Su Terazisi, Esenler Su Terazisi, Üsküdar Kısıklı Su Terazisi en önemli örneklerdendir.



Şekil 12. Şehzadebaşı Camii avlusunda bulunan su terazisi (2020).

3.9. Maksemeler (Water Management Structures)

Şehir dışından getirilen suların dağıtımını sağlamak için, lülelerden dağıtım teknelerine yollayan bir düzeneğe sahip, üstü kubbe veya tonoz ile örtülü su yapılarıdır. Yer üstünde (Taksim, Eyüp, Harbiye maksemeleri gibi) ve yer altında (Hacı Osman Bayırı Maksemi gibi) olmak üzere iki tipte inşa edilmişlerdir. Bentlerden gelen sular burada toplanır ve evlere, çeşmelere, hamamlara dağıtılırdı [28].



Şekil 13. Edirnekapı'dan Ayvansaray'a inen yol üzerindeki Eğrikapı Maksemi (2020).

Makseme gelen su, tekne veya sandık denilen küçük bir havuza alınır, lüle adlı kısa borular vasıtasıyla debi ölçülürdü. Sandığın içerisindeki su seviyesini sabit tutmak için lülelerin bulunduğu cephenin üzerinde savaklar yer alır, yağmurların fazla olduğu mevsimlerde savaklardan taşan sular dağıtılan yerlere giderdi [42]. Harbiye Maksemi, Taksim Maksemi, Eğrikapı (Savaklar) Maksemi, Beykoz Maksemi, Silahşör Şakir

Bey Maksemi, Tezgaççılar Maksemi, Üsküdar Salacak Maksemi, Şerefabad Maksemi günümüze ulaşmış önemli maksemelerdendir.

3.10. Şadırvanlar (Mosque Fountains)

En bilindik haliyle şadırvan, cami avlularında, ortasındaki havuzun çevresinde muslukları bulunan, üzeri kapalı ve ya açık olabilen abdest alma yerleridir. İslamiyet'in ilk devirlerinden itibaren camilerde insanların abdest alabilmesi için havuz, kuyu veya çeşme gibi çeşitli su tesisleri yapılmış, zaman içinde de bu su yapıları şadırvanlara dönüşmüştür. Bir meydan veya çarşının içine tek başına yapılan, çeşme gibi kullanılan şadırvanların yanında kervansaray veya hanların avlularında da görülmektedir [29].



Şekil 14. Nusretiye Camii şadırvanı (2020).

Osmanlı devrinde inşa edilen şadırvanlar genellikle sade yapılarıdır. Ancak ileri gelen devlet adamları ve padişahların yaptırdığı oldukça süslü şadırvanlara da rastlanmaktadır. Bu şadırvanların havuzları, sütunları, direkleri ve kubbelere desenler işlenmiştir. Şadırvanlar genellikle iç avluya yerleştirilmiş olup avluyu tamamlayan bir öğe olarak yapılmıştır. Ayrıca Bursa Ulu Camii'nde görüldüğü gibi cami içine yapılan şadırvanlar da mevcuttur.

Bilinen en eski şadırvan Harran Ulu Camii'nin şadırvanıdır. Osmanlı mimarisinde şadırvan diye adlandırılan ilk yapı ise İstanbul Fatih Camii avlusunda, 1470 yılında inşa edilmiştir [29]. Yapıldıkları döneme göre farklı üsluplarda inşa edilmiş olan şadırvanların İstanbul'daki en güzel örnekleri arasında Atik Valide Camii şadırvanı, Nusretiye Camii şadırvanı, Kılıç Ali Paşa Camii şadırvanı, Ayasofya şadırvanı, Laleli Camii şadırvanı sayılabilir.

3.11. Çeşmeler (Fountains)

İstanbul'da en fazla görülen su yapısı olan çeşmelerin kökeni Antik Yunan mimarisine dayanmaktadır. Bizans döneminde genellikle kilise ve manastırların atriumlarında inşa edilirdi [30].

Osmanlı döneminde ise imparatorluğun başına gelen hemen hemen bütün sultanlar, devlet adamları şehrin

çeşitli bölgelerine çeşmeler yaptırmışlardır. Çeşmeler, dönem özelliklerini yansıtmaları açısından önemli su yapılarıdır. Genel olarak dönemin kullanılan su yolları üzerine yapılan çeşmeler, özel kaynakları da kullanabilmekteydi.

Kaynaklarda, IV. Murat dönemi İstanbul’unda on binden fazla çeşme bulunduğunu belirtilmiştir. Ancak bunlardan günümüze sadece 1500 kadarı ulaşabilmiştir. Çeşme mimarisi, yüzyıllar içinde biçim, üslup ve malzeme açısından farklılıklar gösterir. 15 ile 17. yüzyıllar arasındaki çeşmeler klasik kemer içinde sade bir ayna taşı, kitabe ve tekneden oluşur. 18. yüzyıldan itibaren bu form, dekoratif kemerler ve barok üsluba uygun istiridye kabuğu motifli kemerler şeklinde görülmektedir. Ayrıca sebiller ve çeşmelerin birlikte yer aldığı yapılar ve anıtsal meydan çeşmeleri de bu dönemde görülmeye başlanır [20].

Çeşmeler suyun depo edildiği hazne, üzerinde sürekli akan (salma) veya kesilebilen (burma) muslukların yer aldığı, genellikle ait olduğu döneme ait süslemelerle bezeli ve çoğunlukla kemerli bir niş içerisinde bulunan ayna taşı, bu taşın üzerinde yer alan kitabe, musluktan gelen suların toplandığı tekne ve teknenin iki tarafındaki bekleme sekilerinden oluşmaktadır [31].

İstanbul’da anıtsal yapı olarak nitelendirilebilecek bir çok çeşme bulunmaktadır. Bu çeşmeler arasında Sultanahmet III. Ahmet Çeşmesi, Üsküdar III. Ahmet Çeşmesi, Tophane Çeşmesi, Alman Çeşmesi, Mihrişah Valide Sultan Çeşmesi (Üsküdar), Saliha Sultan Çeşmesi (Azapkapı), Beykoz İshak Ağa Çeşmesi sayılabilir.



Şekil 15. Osmanlı Devri çeşmeleri arasında önemli bir yere sahip olan Tophane Çeşmesi (2020).

3.12. Sebiller (Sabils)

Türk mimarisine özgü yapılar olan sebiller, parasız içme suyu verilen, bayram, kandil gibi özel günlerde şerbet dağıtılan yapılarıdır.

Sebiller, özellikle İstanbul’un en eski yerleşimleri olan Eminönü, Fatih ve Üsküdar bölgesinde yoğun olarak görülmektedir. Genel olarak külliye yapıları arasında yapılan sebiller taş süslemeleri, şebekeleri ve kalemişi gibi mimari öğeleri ile dikkat çekmektedir [32].

Osmanlı sebilleri büyük çoğunluğu Kahire, İstanbul ve Kudüs’te bulunmaktadır. Sebilleri içinde Hüsnü Paşa (1535), Beşir Ağa (1719), Abdurrahman Kethüda (1744), Rukiyye Dudu (1761) ve Silahtar Süleyman Ağa (1837-1839) sebilleri günümüze ulaşan en güzel örnekler arasındadır. Kaynaklara göre 125-130 civarında olan İstanbul’daki sebillerden günümüze 67 tanesi ulaşabilmiştir. Bilinen ilk sebillerin, 1496-1503 yılları arasında şeyhülislamlık yapan Efdalzade Hamidüddin Efendi’nin inşa ettirdiği, ancak günümüze ulaşamayan sebiller olduğu belirtilmektedir. Mevcut sebillerin en eskisi ise Vefa’da medresenin köşesinde yer alan 1565 tarihli Ekmekçizade Kayserili Ahmed Paşa Sebili’dir [33].

Sebiller buldukları yerlere ve biçimlerine göre müstakil yapı, köşe, cephe ve pencere sebilleri diye gruplandırılabilir. Bunların arasında sebiller denilince ilk akla gelenler müstakil yapı türünde olanlardır ve genellikle dörtgen, çokgen veya yuvarlak planlı tasarlanmış, etek denilen mermer alçak duvar üzerinde sütunlar, sütunlar arasında bronz yahut mermer şebekeler, kornişler, kitabeler ve saçaklardan meydana gelmiştir [33].



Şekil 16. Gülhane’den Sultanahmet’e çıkan yol üzerindeki I. Abdulhamit Sebili (2020).

Mimar Sinan Sebili (1587), Çarşıkapı Mehmet Ağa Sebili (1585), Hatice Turhan Valide Sultan Sebili (1663), Kuyucu Murat Paşa Sebili (1606), Ayasofya Sebili, Damat İbrahim Paşa Sebili (1719), III. Ahmet Sebilleri (1728), Nurosmaniye Sebili (1755), I. Abdulhamit Sebili (1777), II. Mahmud Sebili Eminönü bölgesindeki sayılabilecek önemli sebilleri arasında yer almaktadır. Günümüzde sebillerin bir kısmına, büfe, kırtasiye, satış yeri gibi farklı işlevler verilmiştir.

4. 19. YÜZYILDA OSMANLI MİMARİSİ (Ottoman Architecture in the 19th Century)

18. ve 19. yüzyıllar Osmanlı Devleti'nde birçok sahada değişimlerin yaşandığı dönemlerdir. Tanzimat'ın ilanıyla beraber, Osmanlı sanatı, 18. yüzyıldan itibaren Batı'yla karşılıklı kültürel ilişkilerin gelişmeye başlaması, yabancı sanat adamlarının Osmanlı'ya ve özellikle İstanbul'a yaptıkları uzun süreli yolculuklar, Avrupa'nın çeşitli ülkelerine eğitim amacıyla gönderilenlerin birikimleri sonucu önemli değişimlere uğramıştır [34].

Batılılaşma sürecine giren Osmanlı'da geleneksel yapımlar sistemleri batılı üsluplarla birleşmiştir.

Tanzimatın etkisiyle değişim hızlanmış, sivil mimaride yapı boyutları ve malzemede değişikliğe gidilmiş, kentsel ölçekte bakıldığında ise hem şehir planlamasında hem yönetiminde yenilikler yapılmıştır.

19. yüzyıl ortalarına doğru mimari, barok formların etkisine girmiş ve Avrupa mimarisinde olduğu gibi yeni işlevlerin ve mimari yaklaşımların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Osmanlı mimarisini, kışlalar, meydanlar, dükkanlar, konutlar, pasajlar, iş hanları, mağazalar, bürolar, oteller, pansiyonlar ve lokantalar gibi son dönem klasik Osmanlı mimari tiplerinden fonksiyon ve biçimlenişler açısından farklılıklar gösteren yapılarla devam etmiş, bu klasik yapılarla yangın kuleleri, saat kuleleri, fabrikalar ve hastaneler gibi yeni bina türleri eklenmiştir [34].

Fransız Anton Ignaz Melling'in Hatice Sultan Sarayı'nı inşa etmesinden sonra yabancı mimarların Osmanlı mimarisini üzerindeki etkisi artmaya başlamıştır. Yine bu dönemde William James Smith Taksim'deki İngiliz elçilik binasını yapmıştır. İtalyan bir mimar olan Gaspare Fossati, 19. yüzyıl ortalarında Yunan ve Rönesans mimarisini formlarında, resmi ve özel binalar, konaklar ve köşkler yapmıştır. 19. yüzyıl Osmanlı mimarisine büyük ölçüde etki etmiş diğer bir grup ise Balyan Ailesi olmuştur [34].

Balyan Ailesi batılılaşma hareketini geleneksel Osmanlı mimarisini ile bağdaştırarak yabancı mimarlardan farklı bir yol izlemişlerdir.

19. yüzyılda Osmanlı sarayının da yeri değişmiştir. Saray önce Dolmabahçe'ye taşınmış daha sonra Sultan Abdülhamit devrinde Yıldız'a taşınmıştır. Saray yapıları dışında Boğaz'da Cemile Sultan Sarayı, Münire Sultan Sarayı, Göksu Kasrı, Beylerbeyi Sarayı, Çırağan Sarayı, İhlamur Köşkü ve Kağıthane Kasrı inşa edilmiştir.

Bu yapılar ahşap yapımlardan farklı olarak kargir yapı malzemeleriyle yapılmıştır. Ebniye nizamnamelerinde yer alan ve yangınları önlemek için yaygınlaştırılmak istenen kargir yapımların tekniğiyle, kentin yeni gelişen bölgelerinde yeni apartmanlar da yapılmıştır. İstanbul'da yaşayan Avrupalılar ve gayrimüslimler başta Tarabya,

Adalar, Kadıköy çevresinde, Osmanlı yöneticileri ise Altunizade'den Çamlıca'ya doğru ve Kadıköy'de Göztepe'ye doğru büyük bahçe içerisinde yer alan köşkler inşa ettirmişlerdir [35].

Bazı yapı tipleri ise, dönemin getirdiği yeni şartlarla birlikte ihtiyaç duyulan veya yeni tanışılan nitelikte yapımlar olarak ortaya çıkmıştır [35].

Bu yeni türdeki yapımlar genel olarak İstanbul'da ilk olarak görülmekteydi. Rami, Topçu ve Davutpaşa Kışlaları, Eyüp'teki Feshane, Cibali Tütün Fabrikası, Sultanhamam'daki Hamdi Bey Geçidi, Hocopoulo Hanı, Taksim'deki Çiçek Pasajı, Karaköy Osmanlı Bankası, Kadıköy Hasanpaşa, Yedikule ve Dolmabahçe Gazhaneleri, Üsküdar'daki Zeynep Kamil Hastanesi bu devirde yapılmış olan önemli sayılabilecek yapımlardır.

1868'de Teşkilat-ı Vilayet Nizamnamesi'nin yürürlüğe girmesiyle birlikte, şehir merkezlerinde kamu yöneticilerinin işlerini yürüteceği hükümet binaları yapılmaya başlanmıştır. Hükümet konakları genel olarak bir orta hol etrafında gelişen, simetrik planlı, neo-klasik mimari üslupta ve iki katlı yapımlar olarak inşa edilmişlerdir [35].

Daha sonra bu yapımlar arasına adliye, postane, müze gibi yapımlar da eklenmiştir.

Avrupa'dan gelen misafir sayısının bu dönemde artması nedeniyle, yüzyıllar boyunca konaklama denilince akla gelen hanlar yerini otel yapımlarına bırakmaya başlamıştır. Özellikle gayrimüslüm nüfusunun fazla olduğu Galata-Pera, Büyükdada gibi semtlerde başlangıçta 23-30 odalı, 19. yüzyıl sonlarına doğru ise 150 odaya varan oteller inşa edilmiştir. Pera Palas ve Bristol Tokatlıyan Oteli bu tür yapımlara örnek olarak verilebilir [36].

Osmanlı kültüründe meddahlık ve orta oyunları tiyatro oyunu olarak sayılırken, 19. yüzyılda batıya özgü tiyatro kültürü de İstanbul'da görülmeye başlamıştır. Tanzimat sonrası bilinen ilk tiyatro yapısı 1840'ta kurulan Naum Tiyatrosu'dur. Kristal Palas (Palais de Crystal) adıyla bilinen Fransız Tiyatrosu da erken dönem tiyatro yapımlarındandır. İlerleyen yıllarda İstanbul'un değişik semtlerinde de yeni tiyatro yapımları yapılmıştır [37].

Bunlara örnek olarak Verdi Tiyatrosu ile Gedikpaşa ve Bağlarbaşı'nda açılan tiyatro yapımları gösterilebilir.

19. yüzyıl Osmanlı kentlerinde yapılmaya başlanılan bir diğer yapı tipi saat kuleleridir. Üzerlerinde bulunan saatlerle kentlilere saati göstermek amacıyla inşa edilen saat kuleleri, kare veya dairesel plan üzerinde yükselen kulelerdir. Zaman göstermek dışında kent merkezini odaklamak ve siyasi iktidarın kentsel alandaki göstergesi olarak düşünülmüş ve inşa edilmiştir. Osmanlı döneminde, farklı illerde yaklaşık 30 adet saat kulesi yapıldığı bilinmektedir [38].

Daha önceki dönemlerde inşa edilen su yapıları şehrin su ihtiyacını büyük ölçüde karşılasa da artan nüfus, 19. yüzyılda yeni su yolları, bentler, çeşmeler ve sebiller yapılmasını gerektiriyordu.

Şamlar Su Bendi (1826), Kirazlı Bendi (1818), II. Mahmud Bendi (Yeni Bent, 1839) bu dönemde yeni yapılan bentlerdir.

Ayrıca 1926 yılında büyük ölçüde onarılıp kargir hale getirilen Anadolu Hisarı yakınındaki Elmalı I Barajı da ilk olarak 1893 yılında Anadolu yakasına su temini amacıyla toprak dolgu olarak yapılmıştır [14].

Bu bentlerin beslediği Selimiye Su Yolu (1802), Mihrişah (İhsaniye) Su Yolu (1802), Altunizade Su Yolu (1865), Paşa Limanı (Cevri Kalfa) Su Yolu (1874) dönemin önemli yapıları arasındadır. Bu bentler ve su yolları İstanbul'da hem daha önce yapılan hem de yeni yapılan çeşmeleri beslemektedir.

Bu dönemde yine çeşmeler şehrin her yanında yapılmaya devam edilmiştir. Daha çok ampir üslupta olup, desensiz, sade yapılardır. Selimiye Beylik Çeşmesi gibi alması örgü örnekler dışında, genelde kesme taş veya mermerden yapılmıştır.

5. 19. YÜZYILDA İSTANBUL'DA İNŞA EDİLEN SU YAPILARI (Water Structures Built in Istanbul in the 19th Century)

Osmanlı'nın batılılaşma etkisiyle geçirdiği son dönemlerinde su yapılarına, eski yapıların bozulması ve nüfusun artması nedeniyle yenilerinin eklenmesi gerekmiştir. Önceki dönemlerde inşa edilmiş su yapılarının onarımı yanında yeni bentler ve çeşmeler de yapılmıştır.

1818'te II. Mahmud tarafından yaptırılan Kirazlı Bendi ve yine II. Mahmud tarafından 1839'da yaptırılan Yeni Bent, II. Mahmut tarafından 1826-1828 yıllarında Küçükçekmece yakınında bulunan Sazlıdere'nin büyük kollarından birisi olan Şamlar Deresi'nin üzerine yapılan Şamlar Su Bendi, 1891-1893 yılları arasında yapılan Elmalı Bendi dönemin önemli su yapılarıdır.

19. yüzyılın sonlarında, İstanbul'un Avrupa yakasında, Yıldız Sarayı gibi özel yerlere su götürmek için de çalışmalar yapılmıştır.

Yine de, bu dönemde su sıkıntısı devam etmiş, bunun üzerine bir komisyon kurularak Kemerburgaz'ın güneydoğusundaki Karakemer ve Kovukkemer civarındaki suların getirilmesine karar verilmiştir.

Resmi kabulü 1902 yılında yapılan ve Haliç'in kuzeyindeki bölgeye su veren bu tesisler, Hamidiye

Suları'dır. Hamidiye Suları'nın, 20 kadar maslakta toplanıp, özellikle Yıldız Sarayı ve Beşiktaş bölgesindeki 126 çeşmeye su verdiği bilinmektedir [39].

19. yüzyılın sonlarında, suyun iletimi ve dağıtımı için Anadolu yakasında da yeni isale hatları yapılması yönünde kararlar alınmıştır. Bu kararın ilk adımı olarak imtiyaz hakkı, 1888 yılında bir Fransız şirketinin temsilcisi olan Karabet Sivacıyan'a verilmiştir.

Yabancı sermayeli "Üsküdar-Kadıköy Su Şirketi", Göksu'da Elmalı Deresi Üzerinde 1. Elmalı Barajı'nı 1893'te inşa ederek Anadoluhisarı'ndan Bostancı'ya kadar olan bölgede su şebekesi kurmuştur [16].

Su yolları ve bentlerle birlikte şehrin farklı bölgelerine birçok çeşme ve sebil de inşa edilmiştir. İstanbul'da yapılan en son sebil olarak bilinen Nermidil Kalfa Sebili (1896) de yine bu dönemde inşa edilmiştir [40].

Batılılaşma etkisinde tasarlanan son dönem camilerinde şadırvan çok fazla görülmemesine rağmen Nusretiye Camii'nde dönemin en güzel örneklerinden birine rastlanmaktadır.

Bu yüzyılda yapılan yeni yapıların yanı sıra Cezayirli Gazi Hasan Paşa Çeşmesi (tamir tarihi 1897), Hüsrev Mehmet Paşa Çeşmesi (tamir tarihi 1843), Süheyl Bey Çeşmesi (Müşahip Mehmet Ağa Çeşmesi) (tamir tarihi 1873), Sultan IV. Mehmed Çeşmesi (tamir tarihi 1835) gibi önemli yapıların onarıldığı da yapıların kitabelerinden anlaşılmıştır.

19. yüzyıla ait su yapıları için detaylı bir literatür araştırması yapılmış ve kataloglanmıştır. Bu su yapılarının yapım tarihleri, yaptıran kişi, yapının üslubu, suyun hangi kaynağı kullandığı ve günümüzdeki durumları tespit edilmeye çalışılmıştır.

Buna göre İstanbul'da; 4 adet bent, 4 su yolu, 178 adet çeşme, 28 adet sebil, 2 adet maksem, 4 adet şadırvan ve Kilyos'taki 3 adet su terazisi, toplamda 223 adet su yapısı 19. yüzyılda inşa edilmiştir.

Yapılan 4 adet bendin üçü II. Mahmud tarafından yaptırılmıştır. Şadırvanların da 3 tanesi daha önce yapılmış olan şadırvanların yerine yapılan şadırvanlardır. Bu dönemde yapılmış su yapılarından sayıca en fazla olanları çeşmeler ve sebiller olup çoğu özgünlüğü ve işlevlerini kaybetmiş durumdadır.

19. yüzyıl su yapılarına ait liste ve detaylı bilgiler, aşağıda yer alan katalog tablolarında verilmiştir. Sırasıyla ilk tablo su yolları, bentler, sebiller, şadırvan, maksem ve su terazilerine, ikinci ve üçüncü tablo ise yine bu dönemde inşa edilen çeşmelere aittir.

Tablo 1. 19. yüzyıl su yapıları katalog tablosu.

XIX. YÜZYILDA İSTANBUL'DA YAPILAN SU YAPILARI													
	Sıra No	Bölüm No	YAPININ ADI	YAPIM TARİHİ	YERİ	YAPTIRAN	TESCİL DURUMU	ÜSLUP	KAYNAĞI	ÖZELLİK	SAĞLAMLIK BÜTÜNLÜK	FİZİKSEL ÖZGÜNLÜK	KULLANIM DURUMU
(A) SU YOLLARI	1	1	Selimiye Su Yolu	1802	Harem-Üsküdar	III. Selim	-	-	?	Anadolu Yakası	?	-	?
	2	2	Mihrişah (İhsanîye) Su Yolu	1802	Kısıklı-Üsküdar	III. Selim	-	-	?	Anadolu Yakası	?	-	?
	3	3	Altunizade Su Yolu	1965	Üsküdar	Altunizade İsmail Zühdi Paşa	-	-	Büyük Çamlıca	Anadolu Yakası	?	-	?
	4	4	Paşa Limanı (Cevri Kalfa) Su Yolu	1874	Üsküdar	Hüseyin Avni Paşa?	-	-	Büyük Çamlıca	Anadolu Yakası	?	-	?
(B) BENDLER	5	1	Kirazlı Bendi	1818	Bahçeköy	II. Mahmud	?	-	Kirazlı Deresi	7x11x60 m.	Sağlam	Özgün	Aktif
	6	2	Şamlar Su Bendi	1826-1828	Bağaçşehir	II. Mahmud	?	-	Sazlıdere	12x10x7 m.	Sağlam	Özgün	Aktif
	7	3	II. Mahmud Bendi (Yeni Bend)	1839	Bahçeköy	II. Mahmud	?	-	Arabacı Deresi	7x15x100 m.	Sağlam	Özgün	Aktif
	8	4	Elmalı Bendi	1891-1893	Beykoz	?	?	-	Göksu Deresi	4x19x180 m.	Sağlam	Ekleme Yapılmış	Aktif
	9	1	Şah Sultan Sebili	1800	Eyüp	Şah Sultan	Tescilli	Barok	Kırkçeşme	Üç Pencere	Sağlam	Restore Edilmiş	Farklı İşlev
	10	2	Eyüp Sultan Camii Sebili	1800	Eyüp	III. Selim ?	Tescilli	Klasik	Kırkçeşme	Üç Pencere	Sağlam	Restore Edilmiş	Farklı İşlev
	11	3	Müftü Sebili	1800	?	Müftü ?	-	?	?	Bilgi Yok	Kayıp	-	Kayıp
	12	4	Ahmet Ağa Sebili	1804	?	Ahmed Ağa	-	?	?	Bilgi Yok	Kayıp	-	Kayıp
(C) SEBİLER	13	5	Molacıkzade Sebili	1811	Üsküdar	Muhtar Ahmet Efendi	?	?	Mihrimah II	Miskimler Tekkesi yakınında	Kayıp	-	Kayıp
	14	6	Nakşidil Sultan Sebili	1818	Fatih	II. Mahmud	Tescilli	Barok	Kırkçeşme	Dört Pencere	Sağlam	Restore Ediliyor	Farklı İşlev
	15	7	Galata Mevlevihanesi Sebili ve Çeşmesi	1819	Beyoğlu	Halet Efendi	Tescilli	Yok	Taksim Suyu	Sebilin son örneği	Sağlam	Özgün	Farklı İşlev
	16	8	Cevri Kalfa Sebili	1819-1820	Sultanahmet	II. Mahmud	Tescilli	Ampir	Kırkçeşme	Çeşme-Sıbyan Mektebi	Sağlam	Restore Edilmiş	Farklı İşlev
	17	9	II. Mahmud (Nusretîye) Sebili	1825	Tophane	II. Mahmud	Tescilli	Barok-Ampir	Taksim Suyu	Taşınmış	Sağlam	Restore Edilmiş	Boş
	18	10	Benlizade Sebili	1828	Çarşamba-Fatih	Kazasker Ahmet Raşit Efendi	Tescilli	Yok	Kırkçeşme	Dört Pencere	Harap	Özgün	Harap
	19	11	Arapzade Sebili	1839	Üsküdar	Arapzade Mehmed Amir	Tescilli	?	?	Miskimler Tekkesi yakınında, ilk hali alıngımsız	Kayıp	-	Kayıp
	20	12	II. Mahmud Türbe Sebili ve Çeşmesi	1840	Çemberlitaş	Sultan Abdülmecid	Tescilli	Ampir	Kırkçeşme	Balyan Yapısı	Sağlam	Restore Edilmiş	Boş
	21	13	Züleyha Kadın Sebili	1846	Üsküdar	Hacı Züleyha Kadın	-	?	Altunizade	Ahıncı Camii yakınında	Kayıp	-	Kayıp
	22	14	Çinilihamam (Langa Mustafa Paşa) Sebili	1847	Karaköy	Langa Mustafa Paşa	Tescilli	Ampir	Taksim Suyu	Metro Köprüsü Altında	Orta	Özgün	Boş
	23	15	Yenikapı Mevlevihanesi Sebili (FSM Üni.)	1848	Merkezefendi	Abdurrahman Nafiz Paşa	Tescilli	Ampir	Halkalı-Kırkçeşme	2007 yılında restorasyon tamamlandı	Sağlam	Restore Edilmiş	Farklı İşlev
	24	16	Halit Efendi Sebili	1850	Yedikule	Malîye Nazım Halit Efendi	-	?	?	Uşaklı Camii girişindeymiş	Kayıp	-	Kayıp
	25	17	Rifat Paşa Sebili	1854	Kocamustafapaşa	Sadrazam Rifat Paşa	Tescilli	Ampir-Barok	Kırkçeşme	İki Pencere-Üstü Açık	Harap	Özgün	Restore Ediliyor
	26	18	Peretevniyal Valide Sultan Sebilleri ve Çeşmesi	1854-1871	Aksaray	Peretevniyal Valide Sultan	Tescilli	Karma	Kırkçeşme	Montani-Balyan Yapısı	Sebil Kayıp Çeşme Sağlam	Özgün	Kullanılmıyor
	27	19	Şeyhülislam Arif Hikmet Bey Sebili	1858	Nuhkuyusu-Üsküdar	?	Tescilli	Ampir	Altunizade	Kanaltı Egrisel Plan	Sağlam	Restore Edilmiş	Farklı İşlev
	28	20	Hacı Hüseyin Paşa Sebili	1865	Üsküdar	Hacı Hüseyin Hayri Paşa	Tescilli	Sade	Altunizade	Kubbeli-üç pencere	Sağlam	Restore Edilmiş	Boş
	29	21	Ziya Bey Sebili	1866	Üsküdar	Matbaa Müdürü Ziya Bey	Tescilli	Sade	Altunizade	Türbeyle tek çatıda	Sağlam	Restore Edilmiş	Farklı İşlev
	30	22	Ali Paşa Sebili	1869	Beyazıt	Sadrazam Ali Paşa	Tescilli	Ampir	Kırkçeşme	Üç Pencere	Sağlam	Restore Edilmiş	Farklı İşlev
	31	23	Olanlar Tekkesi Sebili	1871	Aksaray	Mehves Hanım	Tescilli	Barok-Ampir	Kırkçeşme	Taşınmış	Sağlam	Yalnızca ön cephe özgün	Farklı İşlev
	32	24	Muradiye Sebili ve Çeşmesi	1876	Sirkeci	Mirican Mehmet Ağa	Tescilli	NeoKlasik	Kırkçeşme	Altıgen Planlı	Sağlam	Özgün	Farklı İşlev
	33	25	Gedik Abdi Paşa Sebili	1890	Kasmpaşa	Gedik Abdi Paşa	Tescilli	Rokoko	Kırkçeşme	Sekizgen Planlı	Sağlam	Özgün	Farklı İşlev
	34	26	Bala Tekkesi Sebili ve Çeşmesi	1891	Silivrikapı	Şeyh Mehmed Sadıkdin - Perestü Kadın	Tescilli	Barok-Rokoko	Kırkçeşme	Üç Cephe-Çeşmeli	Orta	Özgün	Proje Hazırlanıyor
	35	27	Nermidil Kalfa (Pazar Tekkesi) Sebili	1896	Topkapı	Nermidil Kalfa	-	?	?	İstanbul'da inşa edilen son sebil	Kayıp	-	Kayıp
	36	28	Emine Hanım Sebili	19. yy	Kocamustafapaşa	Hacı Emine Hanım	Tescilli	Ampir	Kırkçeşme	Üç Pencere	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
(D) ŞADRIVAN	37	1	Eyüp Sultan Camii Şadırvanı	1800	Eyüp	III. Selim	Tescilli	Barok	Kırkçeşme	Sekizgen-Kubbeli	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
	38	2	Tophane Nusretîye Camii Şadırvanı	1826	Tophane	II. Mahmud	Tescilli	Barok	Taksim Suyu	Balyan Yapısı	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
	39	3	Galata Arap Camii Şadırvanı	1868-1869	Karaköy	Adile Sultan	Tescilli	Barok	Taksim Suyu	Sekizgen-Sarmçlı	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
40	4	Güzelce Kasım Paşa Camii Şadırvanı	1870	Kasmpaşa	Başyoklama Osman Efendi	Tescilli	Barok	Taksim Suyu	Sekizgen-Kubbeli	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif	
(E) MAKSEM	41	1	Silahşör Şakir Bey Maksemi	19. yy	Üsküdar-Salacak	Silahşör Şakir Bey	Tescilli	Yok	?	Dikdörtgen-Tonozlu	Orta	Özgün	Kullanılmıyor
	42	2	Beykoz Maksemi	19. yy	Yalıköy	?	Tescilli	Yok	?	Kırma Çatılı	Orta	Özgün	Kullanılmıyor
(F) SU TERAZİSİ	43	1	Kilyos Su Terazisi 1	19. yy	Kilyos	?	Tescilli	Yok	Kilyos Kalesi Sarmacı	Dikdörtgen Prizma	Bakımsız	Özgün	Kullanılmıyor
	44	2	Kilyos Su Terazisi 2	19. yy	Kilyos	?	Tescilli	Yok	Kilyos Kalesi Sarmacı	Kargir	Sağlam	Özgün	Kullanılmıyor
	45	3	Kilyos Su Terazisi 3	19. yy	Kilyos	?	Tescilli	Yok	Kilyos Kalesi Sarmacı	Dikdörtgen Prizma	Bakımsız	Özgün	Kullanılmıyor

Tablo 2. 19. yüzyıl su yapıları katalog tablosu.

XIX. YÜZYILDA İSTANBUL'DA YAPILAN SU YAPILARI												
Sıra No	Bölüm No	YAPININ ADI	YAPIM TARİHİ	YERİ	YAPITIRAN	TESCİL DURUMU	ÜSLUP	KAYNAĞI	ÖZELLİK	SAĞLAMLIK DURUMU	FİZİKSEL ÖZGÜNLÜK	KULLANIM DURUMU
46	1	Benizade Ahmet Raîsî Çeşmesi	1800	Büyük Çamlica	Mekke Kadın Ahmet Raîsî Efendi	Tescilli	Sade	Altınzade	Settsüî Çeşmesi	Sağlam	Yeri Değiştirilmiş	Kullanılmıyor
47	2	Mihrişah Valide Sultan Çeşmesi	1801	Eyüp	Mihrişah Valide Sultan	Tescilli	Ampir	Kırkçeşme	İkiz Çeşme	Sağlam	Özgün	Aktif
48	3	Daya Hatun Çeşmesi	1802-1804	Harem-Üsküdar	III. Selim	Tescilli	Yok	Selimiye	Depolu - Beşik Çatılı	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
49	4	III. Selim Çeşmesi	1802	Harem-Üsküdar	III. Selim	Tescilli	Sade Ampir	Selimiye	Taş-Tuğla-Mermer	Sağlam	Özgün	Aktif
50	5	Selimiye Sokakı Çeşmesi	1802-1804	Harem-Üsküdar	III. Selim	Tescilli	Sade Ampir	Selimiye	Köşe Çeşmesi	Sağlam	Özgün	Suyu Yok
51	6	Başçı Mahmud Efendi Çeşmesi	1803	Haseki	Başçı Hacı Mahmud Efendi	Tescilli	Klasik	?	Meydan Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Kullanılmıyor
52	7	Ahmed Efendi Çeşmesi	1803	Cihangir	Ruzanmeh-e Evvel Sehalifesi Ahmed Efendi	Tescilli	Klasik	Taksim Suyu	Dört Cephe	Sağlam	Restore Edilmiş	Kullanılmıyor
53	8	Beyhan Sultan Çeşmesi	1804	Arnavutköy	Beyhan Sultan	Tescilli	Barok	Kaynak	Sökülen-Toplanmış	Sağlam	Özgün	Kullanılmıyor
54	9	Kethüda İbrahim Çeşmesi	1804	Büyükdere-Sarıyer	Kethüda İbrahim Bey	?	?	?	Yeri Değiştirilmiş	?	?	?
55	10	Mihrişah Valide Sultan Çeşmesi	1805	Yeniköy	Mihrişah Valide Sultan	Tescilli	Barok	?	Yeri Değiştirilmiş	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
56	11	Mihrişah Sultan Çeşmesi	1806	Küçüksu Kasrı	III. Selim	Tescilli	Barok	?	Meydan Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
57	12	Hatice Sultan Çeşmesi	1806	Eminönü	Hatice Sultan	Tescilli	Barok	Kaynak	Süslü-Saçaklı	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
58	13	Fesahat Usta Çeşmesi	1807	Kasmpaşa	Fesahat Usta	Tescilli	Rokoko	Taksim Suyu	Depolu	Sağlam	Özgün	Aktif
59	14	Mustafa Paşa Çeşmesi	1808	Eyüp	Mustafa Paşa	Tescilli	Barok	Kırkçeşme	Dört cephe	Sağlam	Restore Edilmiş	Kullanılmıyor
60	15	Nefise Hanım Çeşmesi 1	1809	Draman-Fatih	Nefise Hanım	?	?	Kırkçeşme	Yol Kotu Altında	?	Restore Ediliyor	?
61	16	Nakşidil Valide Sultan Çeşmesi	1809	Sargazi	Nakşidil Valide Sultan	?	Sade	?	Duvar çeşmesi	Kötü	Özgün	Kullanılmıyor
62	17	Hafız İsa Ağa (Miskinler Tekkesi) Çeşmesi	1811	Üsküdar	Hafız İsa Ağa	Tescilli	Sade Ampir	Selimiye	?	Sağlam	Restore Edilmiş	Kullanılmıyor
63	18	II. Mahmud Çeşmesi 1	1811	Beylerbeyi	II. Mahmud	Tescilli	Barok	?	Deniz kenarında	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
64	19	Seyyid Halil Ağa Çeşmesi	1811	Fatih	Seyyid Halil Ağa	Tescilli	Klasik	Kırkçeşme?	Üç Cephe Köşe Çeşmesi	Sağlam	Özgün	Suyu Yok
65	20	Mehmed Ağa (Kethüda Seyyid) Çeşmesi	1811	Cankurtaran	Seyyid Mehmed Ağa	Tescilli	Barok	?	Duvar Çeşmesi	Sağlam	Özgün	Suyu Yok
66	21	Def-i Gam Hatun Çeşmesi	1811	Topkapı Sarayı	Def-i Gam Hatun	Tescilli	Sade	Sarmıç	Avlu Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
67	22	Sirkeci Mescidi Karşındaki (Paşa Baba) Çeşme	1812	Sırselviyer	?	Tescilli	Sade	Taksim Suyu	Teraslı Çeşme	Sağlam	Özgün	Kullanılmıyor
68	23	Ali Ağa (Berberbaşı) Çeşmesi	1812	Edirnekapı	Berberbaşı Ali Ağa	Tescilli	Sade	Kırkçeşme	Sar Duvarına Bitişik	Sağlam	Restore Edilmiş	Kullanılmıyor
69	24	Bostancıbaşı Abdullâh Paşa Çeşmesi	1813	Üsküdar	Sadrâzâm Abdullâh Paşa	-	?	?	Yalnızca Kitabesi var	Kayıp	-	Kayıp
70	25	Ali Efendi Çeşmesi	1813	Süleymaniye	Ali Efendi	Tescilli	Yok	?	Köşe Çeşmesi	Kötü	Sivanmış	Harap
71	26	Mehmed Ağa (Seyyid Hacı) Çeşmesi	1813	Tahtakale	Yağcı Seyyid Mehmed Ağa	?	Yok	?	Balkapanı Han Avlusunda	Harap	-	Harap
72	27	Mustafa Ağa (Kays) Çeşmesi	1813	Yedikule	Kays Mustafa Ağa	Tescilli	Sade	?	Kesme Taş-Tuğla	Sağlam	Restore Edilmiş	Kullanılmıyor
73	28	Karağadı Sokakı Çeşmesi	1813	Eyüp	?	?	Yok	?	Duvar Çeşmesi	Orta	Özgün	Kullanılmıyor
74	29	Salih Ağa Çeşmesi	1814	Kasmpaşa	Sahaf Muhiiddin Efendi	Tescilli	Sade	Taksim Suyu	Cami duvarında	Kötü	Özgün	Harap
75	30	Ömer Ağa (Başçuhadar Seyyid) Çeşmesi	1814	Ayasofya	Seyyid Ömer Ağa	Tescilli	Ampir	Kırkçeşme	Duvar Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
76	31	Mahmud Han Çeşmesi	1814	Kireçburnu	II. Mahmud	Tescilli	Ampir	?	Üç Cephe	Sağlam	Restore Edilmiş	Kullanılmıyor
77	32	II. Mahmud Çeşmesi 2 (Eleni Rum Kilisesi)	1815	Taksim	II. Mahmud	?	?	Taksim Suyu	Kilise Duvarında	Harap	Özgün	Harap
78	33	Kasapbaşı Hasan Paşa Çeşmesi	1815	Edirnekapı	Kasapbaşı Hasan Paşa	Tescilli	Klasik	Kırkçeşme	Meydan Çeşmesi	Orta	Özgün	Suyu Yok
79	34	İmaret Çeşmesi	1817	Fatih	Nakşidil Valide Sultan	Tescilli	Klasik	Kırkçeşme	Külliyet çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
80	35	Ömni Güllük Çeşmesi	1817	Çavuşdere-Üsküdar	Serdar İbrahim Paşa	Tescilli	Barok	Mihrişah	Taşınmış-Üç Cephe	Sağlam	Özgün	Suyu Yok
81	36	Ahmed Ağa Çeşmesi	1817	Unkapanı	Kapanı Hacı Hafız Ahmed Ağa	Tescilli	Ampir	Kaynak	Meydan Çeşmesi	Sağlam	Özgün	Suyu Yok
82	37	Nefise Hanım Çeşmesi 2	1817	Cerrahpaşa	Çavuşbaşı Ali Ağa	Tescilli	Barok	Kırkçeşme	Duvar çeşmesi	Orta	Özgün	Kullanılmıyor
83	38	Dördüncü Kadın Çeşmesi	1818	Sirkeci-Hocapaşa	II. Mahmud'un 4. Kadını	?	Rokoko	?	Duvar çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Kullanılmıyor
84	39	Derviş Paşa Çeşmesi	1818	Topkapı Sarayı	Vezirâzâm Derviş Paşa	Tescilli	Ampir	?	Hazneli Köşe Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
85	40	II. Mahmud Çeşmesi 3 (Emin Sinan Camii)	1819	Çemberlitaş	II. Mahmud	Tescilli	Klasik	Kırkçeşme	Hazneli-Beşik Çatılı	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
86	41	İsmail Ağa Çeşmesi	1819	Fatih	Surre Eminî İsmail Ağa	Tescilli	Klasik	Kırkçeşme	Duvar çeşmesi	Orta	Özgün	Kullanılmıyor
87	42	Refia Hanım Çeşmesi	1819	Aksaray	Refia Hanım	?	Yok	Kırkçeşme	Hazneli- Dört Cephe	Harap	Özgün	Harap
88	43	Mehmed Ağa (Kasapbaşı Elhac Seyyid) Çeşmesi	1821	Ayyansaray	Hacı Seyyid Mehmed Ağa	Tescilli	Yok	Kırkçeşme	Taşınmış	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
89	44	Hafız İsa Ağa Çeşmesi 2 (Gazanfer Ağa)	1822	İhsaniye-Üsküdar	Hafız İsa Ağa	Tescilli	Klasik	Mihrişah	Küçük Duvar Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
90	45	Berberbaşı Ali Efendi Çeşmesi	1822	Çubuklu	Berberbaşı Ali Ağa	Tescilli	Ampir	?	Memer- Üç Cephe	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
91	46	Hırka-i Saadet Dairesi Çeşmesi	1822	Topkapı Sarayı	II. Mahmud	Tescilli	Barok	Sarmıç	Koruma Altında	Sağlam	Restore Edilmiş	Kullanılmıyor
92	47	Merzifonlu Kara Mustafa Paşa Çeşmesi	1823	Kazlıçeşme	Kara Mustafa Paşa	?	Yok	Kırkçeşme	Cami duvarında	Kayıp	-	Kayıp
93	48	Hafız İsa Ağa Çeşmesi 3	1824	İhsaniye Camii	Hafız İsa Ağa	?	Yok	Mihrişah	Şadırvan olarak kullanılıyor	Sağlam	Şadırvan	Aktif
94	49	İhsaniye Çeşmesi	1824	İhsaniye-Üsküdar	?	TT: 1973	Neoklasik	Mihrişah	1.30x3.70x4.65 m.	Sağlam	Özgün	Suyu Yok
95	50	Sine-i Perver Valide Sultan Çeşmesi	1825	Karagömrük	Sine-i Perver Valide Sultan	Tescilli	Ampir	Kırkçeşme	Tekneli Üç Gözülü	Orta	Özgün	Suyu Yok
96	51	II. Mahmud Çeşmesi 4	1825	Kocamustafapaşa	II. Mahmud	Tescilli	Barok	?	Fevziye Camii Yanı	Orta	Özgün	Suyu Yok
97	52	Hatice Hanım Çeşmesi 1	1825	Çengelköy	Hatice Hanım	Tescilli	Ampir	?	Kubbeli Hazneli	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
98	53	Mehmed Tahir Efendi Çeşmesi 1	1826-1827	Harem-Üsküdar	Defendar Tahir Efendi	Tescilli	Yok	Kaynak	Düz Duvar Çeşmesi	Kayıp	-	Kayıp
99	54	Mehmed Tahir Efendi Çeşmesi 2	1826	Harem-Üsküdar	Defendar Tahir Efendi	Tescilli	Yok	Kaynak	Duvar çeşmesi	Kötü	-	Harap
100	55	Hatice Hanım Çeşmesi 2	1827	Alibeyköy	Hatice Hanım	?	-	?	Yok Olmuş	Kayıp	-	Kayıp
101	56	Hacı Hasan Ağa Çeşmesi	1828	Bağlarbaşı	?	?	?	?	Yok Olmuş	Kayıp	-	Kayıp
102	57	II. Mahmud Çeşmesi 5	1828	Bezanıt	II. Mahmud	Tescilli	Yok	Halkalı veya Kırkçeşme	İkiz Çeşme	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
103	58	Hafize Hanım Çeşmesi	1828	Balat	Hafize Hanım	Tescilli	Sade	Kaynak	Yusuflar Semaatinin Ambarı Camii Girişi	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
104	59	II. Mahmud Çeşmesi 6	1829	Beylerbeyi	II. Mahmud	?	Sade Ampir	?	Beylerbeyi Sarayı Tünelinde	Sağlam	Özgün	Kullanılmıyor
105	60	II. Mahmud Çeşmesi 7	1830	Tarlabası	II. Mahmud	Tescilli	Ampir	Taksim Suyu	Koruma Altında	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
106	61	II. Mahmud Çeşmesi 8 (Kamovola Çeşmesi)	1830	Beğözü	II. Mahmud	?	?	Taksim Suyu	Bulanamadı	?	?	Suyu Yok
107	62	II. Mahmud Çeşmesi 9 ve Sebili	1830	Fatih Mahla Çarşısı	II. Mahmud	Tescilli	Sade Ampir	?	Sebili ile Birlikte	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
108	63	Ahmed Hulusi Paşa ve Nefise Hanım Çeşmesi	1830	Aksaray	Ahmed Hulusi Paşa	Tescilli	Yok	Kırkçeşme	Cami duvarında	Sağlam	Özgün	Aktif
109	64	II. Mahmud Çeşmesi 10	1831	Çengelköy	II. Mahmud	Tescilli	Ampir	Kaynak	Köşe Çeşmesi	Sağlam	Bozulmuş	Aktif
110	65	II. Mahmud Çeşmesi 11	1831	Bostancı	II. Mahmud	Tescilli	Sade Ampir	?	Yalalık Menzili Çeşmesi-Nispetiye	Sağlam	Taşınmış-Bozulmuş	Aktif
111	66	II. Mahmud Çeşmesi 12	1831	Tarabya	II. Mahmud	Tescilli	Ampir	Taksim Suyu	Dört Köşe Sütun	Sağlam	Özgün	Suyu Yok
112	67	Hacı Hanım Çeşmesi	1831	Çengelköy	Ayşe Hanım	Tescilli	Klasik	?	Moloz Taş-Mermer	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
113	68	Ruhi Bey Çeşmesi	1831	Cibali	Zeynelabidin Efendi	Tescilli	Klasik	Kırkçeşme	Duvar Çeşmesi	Harap	Özgün	Harap
114	69	II. Mahmud Çeşmesi 13	1832	Çamlica	II. Mahmud	Tescilli	Ampir	Altınzade	Meydan Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
115	70	Rıza Bey Çeşmesi	1833	Dolapdere	Rıza Bey	?	Sade Ampir	Taksim Suyu	Duvar Çeşmesi	Harap	Özgün	Harap
116	71	II. Mahmud Çeşmesi 14	1835-1836	Büyük Çamlica	II. Mahmud	Tescilli	Sade Ampir	Çamlica Suyu	IV. Mehmed Çeşmesi yanındadır	Kötü	Özgün	Kullanılmıyor
117	72	Hatice Hanım Çeşmesi 3	1835	Yedikule	Hatice Hanım	?	Sade	?	Fevziye Küçük Efendi Camii Avlusunda	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
118	73	Ali Bey Meydan Çeşmesi	1836	Yıldız-Beşiktaş	Ali Bey	Tescilli	Klasik	Taksim Suyu	Meydan Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
119	74	İsmail Efendi (Hacı) Çeşmesi	1836	Eyüp	Hacı İsmail Efendi	?	?	Kırkçeşme	Tuğla Tonozlu	Harap	Özgün	Harap
120	75	Evliya Çeşmesi	1837	Çapa	Evliya Mehmed Efendi	Tescilli	Klasik	?	İhya edilmiş çeşme	Orta	Özgün	Suyu Yok
121	76	Kavacak Çeşmesi ??	1837	Kanlica	Hasan Tahsin Bey	?	Sade Ampir	?	45 cm. lik dört yataklı	Sağlam	Özgün	Suyu Yok
122	77	II. Mahmud Çeşmesi 15	1837	Boyaçköy	II. Mahmud	Tescilli	Sade Ampir	Taksim Suyu	Hekim Aca Cad. Meydan Çeşmesi	Orta	Özgün	Suyu Yok
123	78	II. Mahmud Çeşmesi 16	1838	Nispanca-Eyüp	II. Mahmud	Tescilli	Klasik	Kırkçeşme	Nispanca Mustafa Paşa Camii duvarında	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
124	79	I. Abdülhamid Çeşmesi	1838	Boyaçköy	II. Mahmud	Tescilli	Sade Ampir	Taksim Suyu	Kesme Taş üç cephe	Orta	Restore Edilmiş	Kullanılmıyor
125	80	İntaniye Hastanesi Duvarındaki Çeşme	1839	Kadıköy-Üsküdar	Abdülmecid Han	?	?	?	Bulanamadı	?	Toprağa gömülmüştür	?
126	81	Bezmialim Valide Sultan Çeşmesi 1	1839	Teşvikiye	Bezmialim Valide Sultan	Tescilli	Ampir	Taksim Suyu-Hamidiye	Meydan Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
127	82	Amber Ağa Camii Çeşmesi	1839 veya 1860	Beşiktaş	?	Tescilli	Klasik	Taksim Suyu	Duvar çeşmesi	Sağlam	Bozulmuş	Suyu Yok
128	83	Hoşyar Kadın Çeşmesi	1840	Kasmpaşa	Hoşyar Kadın	Tescilli	Sade Ampir	Taksim Suyu	Yarı yer altında, boyanmış	Orta	Restore Edilmiş	Kullanılmıyor
129	84	Abdullah Ağa (Karağöze) Çeşmesi	1840	Hasköy	Abdullah Ağa	?	Yok	Taksim Suyu	Mezarlık içinde	Bulanamadı	?	?
130	85	Beylik Çeşmesi	1841	Harem-Üsküdar	Sultan Abdülmeccid	Tescilli	Yok	Selimiye	Yalalık Meydan Çeşmesi	Sağlam	Özgün	Kullanılmıyor
131	86	Bezmialim Valide Sultan Çeşmesi 2	1841	Silivrikapı	Bezmialim Valide Sultan	Tescilli	Klasik	Kırkçeşme	Hazneli Çeşme	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
132	87	Bezmialim Valide Sultan Çeşmesi 3	1841	Kasmpaşa	Bezmialim Valide Sultan	Tescilli	Klasik	Taksim Suyu	Sahaf Muhiiddin Camii yanında	Sağlam	Restore Edilmiş	Kullanılmıyor
133	88	Serife Suddika Hanım Çeşmesi	1841	Süleymaniye	Serife Ayşe Suddika Hanım	Tescilli	Ampir	Kaynak	Kınarlı Mescid Camii duvarında	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
134	89	Mustafa Paşa Çeşmesi	1841	Paşabağçe	Mustafa Paşa	?	Sütun	?	Sitimeri yapkare mermer	Orta	Özgün	Aktif

Tablo 3. 19. yüzyıl su yapıları katalog tablosu.

XIX. YÜZYILDA İSTANBUL'DA YAPILAN SU YAPILARI												
Sıra No	Bölüm No	YAPININ ADI	YAPIM TARİHİ	YERİ	YAPTIRAN	TESCİL DURUMU	ÜSLUP	KAYNAĞI	ÖZELLİK	SAĞLAMLIK BOYUTLARI	FİZİKSEL ÖZGÜNLÜK	KULLANIM DURUMU
135	90	Fatma Atıye Hamm Çeşmesi	1842	Emirgan	Fatma Atıye Hamm	?	?	Taksim Suyu	Bulunamadı	?	?	?
136	91	Hazinead Hosnadi Usta Çeşmesi	1842	Eyüp	Hazinead Hosnadi Usta	Tescilli	Klasik	Kırkçeşme	Hazneli klasik çeşme	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
137	92	Ali Paşa (Harbiye Müşiri) Çeşmesi	1842	Yeniimahalle-Bakırköy	Ali Paşa	?	?	?	Bulunamadı	?	?	?
138	93	Abdülmecid Han Çeşmesi	1842	Yeşilköy	Sultan Abdülmecid	Tescilli	Ampir	?	Namazgahlı Çeşme	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
139	94	Sultan Abdülmecid Çeşmesi	1842-1843	Taksim	Sultan Abdülmecid	Tescilli	Ampir	Taksim Suyu	Köşe Meydan Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Kullanılmıyor
140	95	Kaptan-ı Derya Hüseyin Mehmet Paşa Çeşmesi 1	1843	Halıcıoğlu	Hüseyin Mehmet Paşa	Tescilli	Ampir	?	Tamir çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Kullanılmıyor
141	96	Taksim Çeşmesi (Macar Çeşmesi)	1843	Taksim	Sultan Abdülmecid	Tescilli	Ampir	Taksim Suyu	Hazneli Köşe Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
142	97	Ali Rıza Paşa Çeşmesi	1843	Halıcıoğlu	Ali Paşa	?	?	Taksim Suyu	Tuğla örgütlü duvar çeşmesi	Sağlam	Bozulmuş	Suyu Yok
143	98	Bezmiâlem Valide Sultan Çeşmesi 4	1843	Topkapı	Bezmiâlem Valide Sultan	Tescilli	Rokoko	Kırkçeşme	Mezarlık Yanında	Sağlam	Taşınmış - Restore Edilmiş	Suyu Yok
144	99	Hasan Rıza Paşa Çeşmesi 1	1844	Rami	Serasker Hasan Rıza Paşa	Tescilli	Ampir	Kırkçeşme	Küçük-Yalaklı	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
145	100	Baba-Oğul Çeşmesi	1844	Acıbadem	Darülsade Ağası Tayfur Ağa-Oğul Besim Ağa	Tescilli	Ampir	Altunizade	Hazneli Meydan Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
146	101	Hakkı Bey Çeşmesi	1844	Ortaklar-Eyüp	Yahya Bey	Tescilli	Klasik	Kırkçeşme	Klasik Meydan Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
147	102	Hasan Rıza Paşa Çeşmesi 2	1845	Kadıköy	Hasan Rıza Paşa	Tescilli	Ampir	?	Su Terazili	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
148	103	Gureba Hastanesi Çeşmesi (Bezmiâlem)	1845	Vatan Caddesi	Bezmiâlem Valide Sultan	Tescilli	Ampir	Kaynak	Hastaneye birlikte yapılmış	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
149	104	Ahmed Ağa Çeşmesi	1845	Aksaray	Ahmed Ağa	?	?	?	Bulunamadı	?	?	?
150	105	Bezmiâlem Valide Sultan Çeşmesi 5	1846	Serencebey-Beşiktaş	Bezmiâlem Valide Sultan	Tescilli	Ampir	Taksim Suyu	Valide Çeşmelerinin en büyüğü	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
151	106	Besim Ağa (Musahib) Çeşmesi	1846	Cerrahpaşa	Besim Ağa	Tescilli	Klasik	?	Cavuşade Mesidi yanında	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
152	107	Özbekler Tekkesi Çeşmesi	1848	Sultanıpe-Üsküdar	Şeyh Mehmet Recep	?	Yok	Mihrîşah?	Camii duvarında	Sağlam	?	Aktif
153	108	Abdülmecid Han (Zübeyde Hanım) Çeşmesi	1850	Beşiktaş	Abdülmecid Han	Tescilli	Ampir	Taksim Suyu	Zübeyde Hanım tamir ettirmiş	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
154	109	Hasan Rıza Paşa Çeşmesi 3	1852	Kadıköy	Rıza Paşa	Tescilli	Ampir	?	3 cepheli	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
155	110	Arif Ağa (Hacı) Çeşmesi	1852	Haydar-Fatih	Hacı Arif Ağa	?	Ampir	Kırkçeşme	Duvar Çeşmesi	Orta	Özgün	Kullanılmıyor
156	111	Halid Efendi (Kethüda) Çeşmesi	1852	Aksaray	Halid Efendi	Tescilli	Rokoko	?	Duvar Çeşmesi	Kötü	Özgün	Kullanılmıyor
157	112	Acı Çeşme (Kaymakam Emin Bey Çeşmesi)	1854	Üsküdar	Kaymakam Emin Bey	?	?	?	Bulunamadı	?	?	?
158	113	Yaver Selahattin Sokak Çeşmesi	1854	Reşitpaşa	?	Tescilli	Ampir	Taksim Suyu	Duvar Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
159	114	Ahmed Efendi Çeşmesi	1854	Çengelköy	Kavuşbaşlı Ahmed Ağa	?	Sade Ampir	?	Meydan Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
160	115	Hasan Rıza Paşa Çeşmesi 3 (Serasker-i Eshak)	1854	Beşiktaş	Hasan Rıza Paşa	?	Ampir	Taksim Suyu	Hazneli-Çatılı	Harap	Sıvalı	Harap
161	116	İnce Alendazade Mehmed Paşa Çeşmesi	1856	Sultanahmet	Mehmed Bey	Tescilli	Klasik	Sarıç	Duvar Çeşmesi	Orta	Restore Edilmiş	Kullanılmıyor
162	117	Perternyal Valide Sultan Çeşmesi 1	1856	Eyüp	Perternyal Valide Sultan	Tescilli	Barok	?	Hazneli Meydan Çeşmesi	Sağlam	Restore edilmiş	Suyu Yok
163	118	Süleyman Ağa Çeşmesi	1856	Bitükekmece	Yakup Alendaz Ağa	Tescilli	Klasik	?	Fatih Camii önünde	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
164	119	Şeyhülislam Arif Hikmet Bey Çeşmesi	1858	Nuhkuyusu-Üsküdar	?	Tescilli	Ampir	Mihrîşah	Köşe Çeşmesi	Sağlam	Özgün	Aktif
165	120	Hüseyin Paşa Kültüphanesi Çeşmesi	1858	Eyüp	Sadrazam Hüseyin Paşa	?	Ampir	?	Sitanıvari yekpare memur	Sağlam	Parçalan Kayıp	Suyu Yok
166	121	Rayet Keşan Kalfa Çeşmesi	1858	Eyüp	Rayet Keşan Kalfa	Tescilli	Klasik	Kırkçeşme	İlk yapılmış 16. yy	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
167	122	Kazım Bey Çeşmesi	1859	Cerrahpaşa	Kazım Bey	Tescilli	Ampir	?	Canbazıye Camii duvarında	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
168	123	Ramiz Ağa Çeşmesi	1861	Beşiktaş	Ramiz Ağa	Tescilli	Ampir	Taksim Suyu	Terash Çeşme	Sağlam	Özgün	Kullanılmıyor
169	124	Abdülaziz Han Çeşmesi	1861	Edirnekapı	Abdülaziz Han	Tescilli	Ampir	Kırkçeşme	Gümüşsuyu Hastanesinden taşınmış	Sağlam	Taşınmış	Suyu Yok
170	125	Reşit Paşa Meydan Çeşmesi	1861	Emirgan-Reşitpaşa	Reşit Paşa	Tescilli	Ampir	Taksim Suyu	Meydan Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
171	126	Hacı Eyüpzade Şikri Bey Çeşmesi	1862	Zeyrek-Fatih	?	Tescilli	Ampir	Kırkçeşme	Meydan Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
172	127	Alibey Köyü Çeşmesi	1862	Alibeyköy	Süleyman Paşa	Tescilli	Klasik	Kırkçeşme	Hacıoğlu Sultan Camii duvarında	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
173	128	Hasan Rıza Paşa Çeşmesi 4	1863	Moda-Kadıköy	Hasan Rıza Paşa	Tescilli	Ampir	Kaynak	Üç Cepheli Köşe Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
174	129	Perternyal Valide Sultan (Kilise) Çeşmesi 2	1863	Karagörmük	Perternyal Valide Sultan	Tescilli	Ampir	Halkalı-Kırkçeşme	Karabulut Sokak Köşe Çeşmesi	Kötü	Özgün	Kullanılmıyor
175	130	Yusuf Ziya Paşa Çeşmesi	1863	Çengelköy	Yusuf Ziya Paşa	Tescilli	Ampir	?	Çengelköy Hanım Çeşmesi diye bilinir	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
176	131	Ahi Çelebi Camii Çeşmesi	1864	Eminönü	?	Tescilli	Sade Ampir	Kaynak	Ahi Çelebi Camii duvarında	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
177	132	Emin Efendi (Seyyid) Çeşmesi	1865	KüçükAyasofya	Tevfik Bey	?	Yok	Sarıç	Üçler Hanamı Sk. Kitabesi katında	Harap	Özgün	Harap
178	133	Zehra Hanım Çeşmesi	1867	Eyüp	Zehra Hanım	Tescilli	Klasik	Kırkçeşme	Klasik Köşe Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
179	134	Perternyal Valide Sultan Çeşmesi 3	1867	Aksaray	Perternyal Valide Sultan	Tescilli	Yok	?	Duvar içi çeşmeleri	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
180	135	Damat İbrahim Paşa Çeşmesi	1869	Rumelihisarı	İbrahim Paşa	Tescilli	Klasik	Taksim Suyu	Duvar çeşmesi	Orta	Özgün	Kullanılmıyor
181	136	Şerife Zelha Hanım Çeşmesi	1870	Cağaloğlu	Şerife Zelha Hanım	Tescilli	Ampir	?	Sıvalı Köşe Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
182	137	Tomtom Çeşmesi	1870	Boğazkesen-Tophane	?	Tescilli	Klasik	Taksim Suyu	Abidevi-kitabesiz	Orta	Restore Edilmiş	Suyu Yok
183	138	Perternyal Valide Sultan Çeşmeleri 4	1871	Aksaray	Perternyal Valide Sultan	Tescilli	Karma	?	Birbirinin aynısı dört çeşme	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
184	139	Tiryal Hanım Çeşmesi	1871	Biyyük Çamlıca	Tiryal Hanım	Tescilli	Ampir	Çamlıca Suyu	Duvar Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
185	140	İbrahim Efendi (Pirinci) Çeşmesi	1871	Tophane	Pirinci İbrahim Efendi	Tescilli	Sade	Taksim Suyu	Bogazkesen'de kitabesi restorasyonda kayıp	Sağlam	Restore Edilmiş	Kullanılmıyor
186	141	Ahmet Bey Çeşmesi	1871	Kumkapı	Silâhdar Ahmed Bey	?	Klasik	?	Üstüne bina yapılmış	Orta	Özgün	Kullanılmıyor
187	142	Mehmed Said Efendi Çeşmesi	1871	Kandıllı	Kazasker Mehmed Said Efendi	?	?	Paşal İman?	Bulunamadı	?	Tamamen Değilmiş	Kullanılmıyor
188	143	Kamuni Sultan Süleyman Han Çeşmesi	1872	Kumkapı	?	Tescilli	Barok	Kırkçeşme?	Üstüne bina yapılmış	Sağlam	Restore Edilmiş	Kullanılmıyor
189	144	Server Ağa (Başmusahib) Çeşmesi	1872	Mahmutpaşa	Server Ağa	Tescilli	Ampir	?	Hacı Küçük Camii Karşısı	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
190	145	Hüseyin Avni Paşa Çeşmesi	1874	Üsküdar-Kuzguncuk	Sadrazam Hüseyin Avni Paşa	Tescilli	Barok	Paşal İman?	Yalaklı Duvar Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Ksmi Aktif
191	146	Mercan Mahallesi Çeşmesi	1874	Beyazıt	Mehmed Ağa	?	Yok	?	Çeşmeli Han Girişi	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
192	147	Olanlar Tekkesi Çeşmesi	1874	Aksaray	Mehvuz Hanım	Tescilli	Barok-Ampir	Kırkçeşme	Tekke girişinin yanında	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
193	148	Bulgurlu Çeşmesi	1875	Üsküdar	Teberrud Mehmed Ağa	Tescilli	Sade Ampir	Mihrîşah	Bulgurlu Camii yanı	Sağlam	Özgün	Kullanılmıyor
194	149	Veli Efendizade Çeşmesi	1875	Kocamustafapaşa	Mehmed Efendi	Tescilli	Klasik	?	Sağ Kaşım Dede Türbesi Karşısı	Sağlam	Restore Edilmiş	Kullanılmıyor
195	150	Raif Ağa Çeşmesi	1876	Teşvikiye	Mehmed Raif Ağa	?	Yok	Taksim Suyu	Hacı Mehmet Raif Ağa Camii duvarında	Kitabesi katlıms	Bozulmuş	Kullanılmıyor
196	151	Hüsmen Ağa Çeşmesi	1876	Kumkapı	Yeznedar Hüsmen Ağa	Tescilli	Klasik	?	İbrahim Paşa Yokuşu duvar çeşmesi	Orta	Özgün	Kullanılmıyor
197	152	II. Abdülhamid Han Çeşmesi 1	1877	Demirkapı-Sirkeci	II. Abdülhamid	Tescilli	Barok	?	Taya Hanın sar. duvarında	Sağlam	Restore Edilmiş	Kullanılmıyor
198	153	Kamil Paşa Çeşmesi	1877	Edirnekapı	Şeyh Ahmet Kamil	Tescilli	Ampir	Halkalı-Kırkçeşme	Şeyh Ahmet Kamil Efendi Tekkesi giriş	Sağlam	Restore Ediliyor	?
199	154	Abbas Ağa Çeşmesi	1879	Cağaloğlu	Abbas Ağa	?	Yok	?	Okul bahçe duvar köşesi	Kötü	Bozulmuş	Kullanılmıyor
200	155	Mehmed Tefrik Efendi Çeşmesi	1880	Silivrikapı	Mehmed Tefrik Efendi	Tescilli	Klasik	?	Duvar Çeşmesi	Orta	Özgün	Kullanılmıyor
201	156	Mahmut Aziz Bey Çeşmesi	1882	Kanlıca	Mahmut Aziz Bey	?	Yok	Kaynak	Yok olmuş duvar çeşmesi	Kayıp	-	Kayıp
202	157	Dayı Ömer ve Nafia Hanım Çeşmesi	1882	Cerrahpaşa	Nafia Hanım	Tescilli	Klasik	?	Meydan Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Kullanılmıyor
203	158	Eğriçinar Sokak Çeşmesi	1884	Beşiktaş	?	Tescilli	Klasik	Taksim Suyu	Meydan Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
204	159	II. Abdülhamid Han Çeşmesi 2	1887	Yıldız-Beşiktaş	II. Abdülhamid	Tescilli	Eklektik	Taksim Suyu	Altıngeni Planlı	Sağlam	Boyarılmış	Aktif
205	160	Hamidiye Çeşmesi	1888	Ertiğül Sitesi-Beşiktaş	?	Tescilli	Klasik	Taksim Suyu	Geniş sapsaklı meydan çeşmesi	Sağlam	Özgün	Aktif
206	161	Mustafa (Beylükçi Hacı) Çeşmesi	1888	Beyazıt	Hacı Mustafa Efendi	?	Ampir	?	Tiyatro Ar. Sokak duvar çeşmesi	Orta	Restore Edilmiş	Kullanılmıyor
207	162	Ahmed Galib Paşa (Su Nazırı) Çeşmesi	1888	Edirnekapı	Ahmed Galip Paşa	Tescilli	Klasik	Kırkçeşme	Sur Duvarına Bitişlik	Kötü	Özgün	Kullanılmıyor
208	163	II. Abdülhamid Han Çeşmesi 3 (Cemal Çeşmesi)	1889	Topkapı Sarayı	II. Abdülhamid	Tescilli	Klasik	?	Eski çeşme yerine yapılmış	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
209	164	Hasan Hüsnî Paşa Çeşmesi 1	1889	Hasanpaşa-Kadıköy	Hasan Hüsnî Paşa	Tescilli	Sade	?	Beggen Çephe	Orta	Bozulmuş	Harap
210	165	Mehmed Sadık Efendi (İhracçı) Çeşmesi	1889	Cibali (Gül Camii)	Sadık Efendi	Tescilli	Klasik	Kırkçeşme	Gül Camii karşısında	Orta	Restore Edilmiş	Kullanılmıyor
211	166	Gazi Osman Paşa Çeşmesi	1891	Beşiktaş	Gazi Osman Paşa	Tescilli	Barok	Taksim Suyu	Küçük Duvar Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Suyu Yok
212	167	Beitülmülk Sokak Çeşmesi	1892	Kabaataş	?	?	Yok	Taksim Suyu	Duvar Çeşmesi	Orta	Bozulmuş	Suyu Yok
213	168	Tunuslu Hayrettin Paşa Çeşmesi	1892	Eyüp	Tunuslu Hayrettin Paşa	Tescilli	Sade	?	Küçük Meydan Çeşmesi	Sağlam	Restore Edilmiş	Kullanılmıyor
214	169	Bodrum Çeşmesi	1893	Küçükpazar	?	?	Yok	?	Kible Çeşme Sk. Köşe Çeşmesi	Orta	Bozulmuş	Kullanılmıyor
215	170	Veli Dayı Sokak Çeşmesi	1893	Yakacak	?	Tescilli	Sade	?	Kesme Taşlı Köşe Çeşmesi	Orta	Orta	Suyu Yok
216	171	Hayreddin Paşa Çeşmesi	1894	Eyüp	Hayreddin Paşa	Tescilli	Yok	?	Mihrîşah Kölliyesi arkasında	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
217	172	Hasan Hüsnî Paşa Çeşmesi 2	1895	Yakacak-Kartal	Hasan Hüsnî Paşa	Tescilli	Eklektik	Kaynak	Meydan Çeşmesi	?	?	?
218	173	Perestu Kadın Çeşmesi	1895	Silivrikapı	Abdülmecid'in 6. Kadını	Tescilli	Barok	?	İlköğretim duvarında	İyi	Özgün	Kullanılmıyor
219	174	Mehmed Ağa (Kasabaşlı Elhac Seyyid) Çeşmesi	1896	Kadrga	Kasabaşlı Eğriñi Mehmed Ağa	Tescilli	Ampir	?	Şehsavar Bey Çakmazı köşesinde	Orta	Özgün	Kullanılmıyor
220	175	Galib Paşa Camii Çeşmesi	1898	Bağdat Caddesi	Galip Paşa	?	Ampir	Altunizade?	Galip Paşa Camii avlu köşesinde	Orta	Restore Edilmiş	Suyu Yok
221	176	Sinan Ağa Çeşmesi	1899	Ayvanısaray	Sinan Ağa	Tescilli	Klasik	Kırkçeşme	Esnaf Loncası Sokak	Orta	Özgün	Kullanılmıyor
222	177	Bostancıbaşı Abdullah Paşa Çeşmesi	19. yy	Çengelköy	Sadrazam Abdullah Paşa	Tescilli	Klasik	Şehir Suyu	Sadrazam yanı	Sağlam	Restore Edilmiş	Aktif
223	178	Kaptan-ı Derya Hüseyin Mehmet Paşa Çeşmesi 2	19. yy	Eyüp	Sadrazam Hüseyin Paşa	?	Yok	?	Ev duvarına gömülü	Kötü	Bozulmuş	Kullanılmıyor

(G) ÇEŞMELER

G

6. SONUÇLAR (Results)

19. yüzyılda Osmanlı Devleti'nde tanzimatın ilanıyla birlikte birçok sahada değişimler yaşanmış, mimarlıkta da bir batılılaşma etkisi başlamıştır. Yapı boyutları ve yapı malzemelerinde değişikliklere gidilmiş, daha önce görülmeyen kışla, apartman, tiyatro, otel, yangın ve saat kuleleri gibi farklı işlevlerde yeni yapılar türleri ortaya çıkmıştır. Özellikle başkent İstanbul'da yabancı mimarlar yanında gayrimüslimler de köşkler, saraylar, oteller, elçilik binaları gibi önemli yapıların tasarımında söz sahibi olmuşlardır.

Ebniye ve Teşkilat-ı Vilayet Nizamnameleri ile yapılar kargir malzemeyle yapılmaya başlanmış, sokak, cadde ve yapı boyutlarına belli standartlar getirilmiştir. Avrupa'da etkili olan barok formlar Osmanlı mimarisinde ve geleneksel sanatında da görülmeye başlamıştır. Rami Kışlası, Topçu Kışlası, Karaköy'deki Osmanlı Bankası, Yedikule ve Dolmabahçe Gazhaneleri, Pera Palas, Naum Tiyatrosu, Hatice Sultan Sarayı, İngiliz Konsolosluk Binası, Yıldız Hamidiye Saat Kulesi, 19. yüzyılda batılılaşma etkisiyle inşa edilmiş önemli yapılar arasındadır.

Su yapılarına baktığımızda ise, İstanbul'da nüfusun artmasıyla eski su yolları yetersiz kalmış, yeni yapılan 4 adet bend ve 4 adet su yolu ile şehrin su ihtiyacının giderilmesi amaçlanmıştır. Hem Avrupa yakasında hem Anadolu yakasında bir sorun haline gelen suyun temini için komisyonlar kurulmuş, yeni isale hatları için imtiyaz hakları ilk kez yabancılar verilmiştir. Sarayın 1877 yılında Yıldız'a taşınmasından sonra yapılaşma yer değiştirmiş, yeni su yolları yapılmasını zorunlu hale getirmiştir. 19. yüzyılın sonunda, bu bölge suyun temini için Hamidiye Suyu tesislerinin temeli atılmış, ancak 1902 yılında hizmete girebilmiştir.

İstanbul'da; 4 adet bent, 4 su yolu, 178 adet çeşme, 28 adet sebil, 2 adet maksem, 4 adet şadırvan ve Kilyos'taki 3 adet su terazisi, toplamda 223 adet su yapısı 19. yüzyılda inşa edilmiştir. Bu dönemde yapılan su yollarının tamamı Anadolu yakasında olup Üsküdar ve çevresine su temini için yapılmıştır. Dönemin su bentlerinden Kirazlı ve Yeni Bent, Bahçeköy'de, Şamlar Bendi ise Başakşehir'de Avrupa yakasına su temin etmek için inşa edilmiştir. Yalnızca Beykoz'daki Elmalı Bendi Anadolu yakasındadır. Avrupa yakasındaki bentleri II. Mahmud yaptırmış olup özgün halleriyle günümüze ulaşmıştır.

19. yüzyılda yapıldığı tespit edilen 28 adet sebilden 8 tanesi günümüze ulaşamamış olup, 2 tanesi de harap durumdadır. 12 adet sebilin çeşitli onarımlar geçirdiği, 8 tanesinin ise özgün durumda olduğu görülmüştür. Sebillerin 5 tanesinin günümüzde herhangi bir işlevi bulunmamaktadır. Diğer sebillere genelde farklı işlevler verilmiştir. Yalnızca Emine Hanım Sebili özgün işlevinde kullanılmaktadır. 20 adet sebilin Avrupa yakasında olduğu görülürken yalnızca 6 tanesi Anadolu

yakasındadır. 2 adet sebil hakkında ise yapılış tarihleri dışında bir bilgiye ulaşılamamıştır.

Şadırvanlar arasında yalnızca Nusretiye Camii'ndeki şadırvan camisiyle birlikte 19. yüzyılda yapılmıştır. Diğer üç şadırvan, daha önce yerlerinde bulunan şadırvanların yıkılması nedeniyle bu dönemde yapılmıştır. Şadırvanların tamamının barok üslupta olması dikkat çekicidir. Maksemelerin yapılış tarihleri belirlenememiş olup ikisi de Anadolu yakasındadır. Su terazilerinin ise üçü de Kilyos'tadır. Özgün ancak bakımsız durumdaki bu su terazileri, Kilyos Kalesi'ndeki sarnıçtan gelen suları dağıtmak ve basıncını ayarlamak için yapılmıştır [41].

19. yüzyılda 178 adet yapıldığı tespit edilen çeşmelerin 47 tanesi Anadolu yakasında, 131 tanesi ise Avrupa yakasındadır. Avrupa yakasında çeşmelerin ise 67 tanesi suriçinde, 64 tanesi ise Eyüp, Sarıyer, Taksim, Beşiktaş gibi semtlerde bulunmaktadır. Çoğunlukla ampir üslupta inşa edilmiş olan çeşmeler büyük bir kısmı restore edilmiştir. Yaklaşık olarak 50 adet çeşme özgün olarak günümüze ulaşmış durumdadır. Günümüze kadar gelebilen çeşmelerin büyük çoğunluğunun suyu yoktur. Yalnızca 36 tanesinin su akmakta olup halen kullanılmaktadır. Üsküdar'da bulunan çeşmeler birkaç farklı su yolundan beslenirken, Beşiktaş civarı Taksim su yolundan, Suriçi ise genelde Kırkçeşme su yolundan beslenmektedir.

19. yüzyıl su yapılarının geneline baktığımızda, Anadolu yakasında 60, Suriçi adı verilen Fatih ilçesinde 80, Avrupa yakasının diğer bölgelerinde ise 81 adet su yapısı olduğu tespit edilmiştir. Müftü Sebili (1800) ve Ahmet Ağa Sebili (1804) hakkında bir bilgiye ulaşılamadığından yeri hakkında bir fikrimiz yoktur.

Toplamdaki 223 yapının 165 tanesi tescilli yapıdır. Bu yapıların 44 tanesi sultan yapısı, 113 tanesi ise sadrazam veya paşa yapılarıdır. 43 yapının ise banisi kadın olup bunlar genelde Valide sultanlardır. Bu dönemde en fazla su yapısını II. Mahmud'un yaptırdığı, kendi adıyla anılan 16 adet çeşmeden görülebilmektedir. Ayrıca 4 adet bendin üçünü yine II. Mahmud yaptırmıştır. Üslup olarak döneme hakim olan ampir ve barok su yapılarında da kendini göstermektedir. 67 adet ampir üslupta, 23 adet barok su yapısı tespit edilmiş olup diğer yapılar klasik veya süslemesizdir. Rokoko süslemelere sahip yalnızca 5 adet yapıya rastlanmıştır.

140 adet su yapısı günümüzde sağlam durumda olup 33 tanesinin durumu orta haldedir. 21 yapı ise kötü veya harap şekilde kalmıştır. Bu yapıların 67 tanesi özgün olup 127 tanesi çeşitli onarımla günümüze ulaşmıştır. 223 yapının yarısından fazlası günümüzde kullanılmamaktadır. Yalnızca 60 adet yapının kullanıldığı tespit edilmiş olup, sebillerin genelde farklı işlevlerde kullanıldığı da görülmüştür. 25 adet yapı ise ya günümüze gelememiştir ya da bulunamamıştır.

Türk Hidrolik Dergisi / Journal of Turkish Hydraulic

Bu çalışmadaki yapılaş tarihleri belirlenebilen su yapıları dışında, 19. yüzyıla ait olabilecek yapılar da görülmüş, ancak tam tarih tespiti yapılamadığı için bu yapılar

çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır. Detaylı bir araştırma ve inceleme ile bu yapıların da inşa edilmiş tarihleri belirlenebilir.

Tablo 4. 19. yüzyılda inşa edilmiş su yapılarının katalog sonuç tablosu.

XIX. YÜZYILDA İSTANBUL'DA YAPILAN SU YAPILARININ KATALOG SONUÇ TABLOSU			
Bulunduğu Yer	Anadolu Yakası:	60	
	Avrupa Yakası (Suriçi):	80	
	Avrupa Yakası (Surdışı):	81	
Tescil Durumu	Tescilli:	165	
	Tescil Kaydına Ulaşılamayan:	58	
Yaptıran	Sultan:	44	
	Kadın:	43	
	Sadrazam-Paşa-Ağa:	113	
	Bilinmeyen:	23	
Yapının Üslubu	Ampir:	67	
	Barok:	23	
	Rokoko:	5	
	Klasik:	37	
	Sade:	16	
	Karışık:	7	
	Eklektik:	2	
	Süslemesiz:	41	
	Tespit Edilemeyen:	25	
Yapıyı Besleyen Kaynak (Çeşme, Sebül ve Şadırvanlar için)	Kırkçeşme:	53	
	Taksim Suyu:	42	
	Selimiye:	5	
	Altunizade:	8	
	Mihrişah:	7	
	Diğer (Mihrimah II, Paşa Limanı, Çamlıca, Sarnıç):	23	
	Tespit Edilemeyen:	72	
Sağlamlık Durumu	Sağlam:	140	
	Orta:	33	
	Kötü-Harap:	21	
	Kayıp/Bulunamayan:	25	
Özgünlük Durumu	Özgün:	67	
	Bozulmuş/Restore Edilmiş:	127	
	Kayıp/Bulunamayan:	25	
Kullanım Durumu	Kullanımda Olan:	60	
	Kullanılmayan:	134	
	Kayıp/Bulunamayan:	25	

Kaynaklar (References)

- [1] Bildirici, M. Tarihi Su Yapıları: Konya, Karaman, Niğde, Aksaray, Yalvaç, Side, Mut, Silifke. Devlet Su İşleri 40. Kuruluş Yılı Yayını, Ankara (1994).
- [2] Öziş, Ü. Su Yapılarının Tarihi Gelişmesi, Tarihi Su Yapıları Konferansı, İzmir (2008).
- [3] Bildirici, M. Hitit Öncesi ve Hititler Dönemi Tarihi Su Yapıları, Tarihi Su Yapıları Konferansı, İzmir (2008).
- [4] Bildirici, M. Antik Çağda Yapılmış Barajlar, Tarihi Sulama, Su Depolama, Taşkın Koruma Tesisleri, Ankara (2009).
- [5] Ammar Khammash, Jawa-The Dawn of Water Engineering, The Jordan Times Weekender, 2003. <http://www.khammash.com/research/jawa-dawn-water-engineering>, [Erişildi: 18.12.2017].
- [6] Zeuksippos Hamamı, Antik İstanbul, <http://fduzguner.blogspot.com.tr/2010/11/antik-istanbul-ii.html>, [Erişildi: 11.11.2018].
- [7] Yapa Kashyapa, Purrion Dam, An Encounter With The Engineers Of The Past, 2000. <http://kyapa.tripod.com/encounter/encounterwithengneers.htm>, [Erişildi: 22.11.2018].
- [8] Özel, B. Bizans Dönemi Su Yapıları, s. 17.
- [9] Osmanlı Dönemi Su Yapıları, <http://www.restoraturk.com/index.php/mimarlik/319-osmanli-donemi-su-yapilari>, [Erişildi: 20.12.2018].
- [10] Kozanoğlu, H. Helenistik-Roma-Bizans Dönemleri Su Yapıları, Anadolu'da Suyun İzi, Aski Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara (2013).
- [11] Crow, J. The Water Supply of Byzantine Constantinople, Oxbow Books, London (2008).
- [12] Altuğ, V. Tarihi Su Tesisleri: Bendler-Kemerler, Yeni Kitap Basımevi, Konya (1946).
- [13] Oğuz, B. Bizans'tan Günümüze İstanbul Suları, Simurg Kitapçılık ve Yayıncılık, İstanbul (1998).
- [14] Arısoy, Y. Selçuklu ve Osmanlı Dönemleri Su Yapıları, Tarihi Su Yapıları Konferansı, İzmir (2008).
- [15] <http://wikimapia.org/35548346/tr/%C3%87ifte-Havuz> [Erişildi: 02.04.2020].
- [16] Çeçen, K. İstanbul'un Vakıf Sularından Taksim ve Hamidiye Suları, İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, İstanbul (1992).
- [17] Acar, Ş. Belgrad Ormanı'ndaki Bentler, <http://www.yapidergisi.com/makaleicerik.aspx?MakaleNum=34>, [Erişildi: 02.12.2019].
- [18] <https://www.flickr.com/photos/sinandogan/7132654565> [Erişildi: 09.05.2020].
- [19] Osmanlı Döneminde İstanbul'un Su Kaynakları ve İsale Hatları, <http://abihayatsergisi.com/?portfolio=osmanli-doneminde-istanbulun-su-kaynaklari-ve-isale-hatlari>, [Erişildi: 18.12.2017].
- [20] Sim, Ş. Su Medeniyeti; İstanbul, İsmek El Sanatları Dergisi, Sayı: 12, (2015).
- [21] Eyice, S. "Ayazma", TDV İslam Ansiklopedisi, Cilt: 4, Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, İstanbul (1994).
- [22] Balıklı Rum Kilisesi, <https://gezilecekyerler.com/balikli-rum-kilisesi/>, [Erişildi: 19.03.2020].
- [23] Eyice, S. "Hamam", TDV İslam Ansiklopedisi, Cilt: 15, Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, İstanbul (1997).
- [24] Ertuğrul, A. Hamam Yapıları ve Literatürü, Türkiye Araştırmaları Literatür Dergisi, Cilt: 7, Sayı: 13, (2009).
- [25] Çiğdem Özkan Aygün, "Ayasofya ve Topkapı Tünellerinde Keşif", National Geographic, Sayı: 107, (2010).
- [26] Adam, P. Roman Building Materials and Techniques, B.T.Batsford Ltd., London (1994).
- [27] Çeçen, K. "Su Terazileri", Dünden Bugüne İstanbul Ansiklopedisi, Cilt: 7, Türkiye Ekonomik ve Toplumsal Tarih Vakfı, İstanbul (1994).
- [28] Kozanoğlu, H. Maksemler, Anadolu'da Suyun İzi, Aski Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara (2013).
- [29] Kılıcı, A. "Şadırvan", TDV İslam Ansiklopedisi, Cilt: 38, Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, İstanbul (1997).
- [30] Phiale, [http://en.wikipedia.org/wiki/Phiale_\(building\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Phiale_(building)), [Erişildi: 12.02.2020].
- [31] Pilehvarian, N. K., vd., Osmanlı Başkenti İstanbul'da Çeşmeler, Yem Yayınları, İstanbul (2000).
- [32] Tali, Ş. İstanbul Suriçi Sebilleri, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sanat Tarihi Anabilim Dalı, Erzurum (2005).
- [33] Urfaloğlu, N. "Sebil", Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi, Cilt: 36, Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, İstanbul (1997).
- [34] Anıktar, S. 19. Yüzyıl Batılılaşma Hareketlerinin Osmanlı Mimari Biçimlenişine Etkisi: Vallaury Yapıları Örneği, II. Türkiye Lisansüstü Çalışmaları Kongresi Bildiriler Kitabı V, Bursa (2013).
- [35] Ertuğrul, A. XIX. Yüzyılda Osmanlı'da Ortaya Çıkan Farklı Yapı Tipleri, Türkiye Araştırmaları Literatür Dergisi, Cilt: 7, Sayı: 13, İstanbul (2009).
- [36] Göksel, A. E., Kuneralp, S. Establishment and Development of Hotels in 19th Century in İstanbul, I. Uluslararası Türk-İslam Bilim ve Teknoloji Tarihi Kongresi Bildirileri, Cilt: 3, İstanbul (1981).
- [37] Batur, A. Batılılaşma Döneminde Osmanlı Mimarisi, Tanzimattan Cumhuriyete Türkiye Ansiklopedisi, Cilt: 4, (1985).
- [38] Kaynar, H. Siyasal İktidar ve Şehir: 19. Yüzyıl Osmanlı Şehirlerindeki Mekansal Değişimler Üzerine, Kebikeç, Sayı: 10, Ankara (2000).
- [39] Osmanlı Döneminde İstanbul'un Su Kaynakları ve İsale Hatları, <http://abihayatsergisi.com/?portfolio=osmanli-doneminde-istanbulun-su-kaynaklari-ve-isale-hatlari>, [Erişildi: 14.11.2019].
- [40] Şerifoğlu, Ö. F. Su Güzeli İstanbul Sebilleri, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kültür İşleri Daire Başkanlığı Yayınları, İstanbul (1995).
- [41] Kozanoğlu, H. İstanbul'daki Su Terazileri, Anadolu'da Suyun İzi, Aski Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara (2013).
- [42] Çeçen, K. "Maksem", TDV İslam Ansiklopedisi, Cilt: 27, Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, İstanbul (1997).

Diğer Kaynaklar (Other References)

- [43] Aslanapa, O. Türk Sanatı, Remzi Kitabevi, İstanbul (2011).
- [44] Eyice, S. Türk Sanatında Şebekeler, Sanat Dünyamız Dergisi, Sayı: 6, İstanbul (1976).
- [45] Eyice, S. “Arap Camii”, Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi, Cilt: 3, Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, İstanbul (1991).
- [46] Karakaya, E. “Nakşidil Sultan Külliyesi”, Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi, Cilt: 32, Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, İstanbul (2006).
- [47] Kozanoğlu, H. Selçuklu ve Osmanlı Dönemleri Su Yapıları, Anadolu’da Suyun İzi, Aski Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara (2013).
- [48] Özdeniz, E. İstanbul’daki Kaptan-ı Derya Çeşmeleri ve Sebilleri, Deniz Kuvvetleri Komutanlığı Kültür Yayınları, İstanbul (1995).
- [49] Öziş, Ü., Arısoy, Y., Alkan, A. ve Özdemir, Y., Türkiye’deki Tarihi Su Yapılarının Evrensel Önemi, Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisleri Odası TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, İzmir (2011).
- [50] Şentürk, H. “Bezmalem Valide Sultan”, Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi, Cilt: 6, Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları, İstanbul (1992).
- [51] Çeşmeler, <http://www.besiktas.com.tr/2009/10/27/cesmeler/>, [Erişildi: 21.02.2020].
- [52] Eyüp Şahsultan Külliyesi, <http://www.tas-istanbul.com/portfolio-view/eyup-sahsultan-kulliyesi/>, [Erişildi: 05.01.2018].
- [53] Ramiz Ağa Çeşmesi, <http://www.suvakfi.org.tr/cesme/razmi-aga-cesmesi-h-1278-m-1861/1004/>, [Erişildi: 04.01.2018].
- [54] Küçükusu Mihrişah Sultan Çeşmesi, Beykoz Belediyesi, <http://www.beykoz.bel.tr/beykoz/detay/kucuksu-mihrisah-sultan-cesmesi>, [Erişildi: 17.04.2020].

Ardışık Pik Analizi Yöntemi ile Baraj Sistemlerinde Bir İnceleme; Biçmekaya Barajı Örneği

An Examination of Dam Systems with The Sequential Pic Analysis Method; An Example of Biçmekaya Dam

Selim TAŞKAYA

Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Artvin, Türkiye

Geliş Tarihi: **07.05.2021**; Kabul Edildiği Tarih: **15.05.2021**; Yayınlandığı Tarih: **28.06.2021**

Türk Hidrolik Dergisi (Tur. J. Hyd.), Cilt (Vol) : 5, Sayı (Number) : 1, Sayfa (Page) : 49-58 (2021)

e-ISSN: **2636-8382**

SLOI: <http://www.dergipark.gov.tr>

Sorumlu yazar e-mail: selim_taskaya@artvin.edu.tr

Özet

Barajlar, canlı hayatının en önemli ihtiyacı olan suyun toplanmasının, depolanmasının yanı sıra enerji ihtiyacının karşılanmasında etkin rolü mevcuttur. Toprak, kil, ampirik yöntemlerle yapılan birçok baraj ve gölet tipleri vardır. Sulama ve enerji ihtiyacının karşılanması için genellikle inşa edilen yapay barajlar vadiyi kapatan esas yapı, işletme tesisleri ve yardımcı tesislerden oluşur. Çalışmamız, 2014 yılında Tunceli İli Pertek İlçesine yakın noktada inşaata başlanıp, 2017 yılında faaliyete giren Biçmekaya Barajı baz alınarak yapıldı. 2019 ile 2020 yılları ekim ve mart ayları olarak en fazla, nisan ve eylül ayları olarak en az altışar aylık akarsu mevcut akım değerleri baz alınarak planimetre ile hacmin belirlenmesi için ardışık pik analizi yöntemi ile hacim- verim ilişkisinden aktif hacim hesabı ve gerekli formüller yardımıyla da ölü hacim hesabı yapıldı. .Daha sonra gelmesi muhtemel taşkın debisi göz önüne alınarak rezervuarda taşkın ötelemesi yapıldı ve taşkın üst kotu bulundu. Hava payı da hesaba katılarak gölet üst kret kotu bulundu. Böylelikle ortalama yıllık yağışın en fazla olduğu ve en az olduğu aylarda hacimsel değişim saptanmaya çalışıldı.

Anahtar Kelimeler: Baraj sistemleri; Ardışık pik analizi; Biçmekaya

Abstract

Dams have an active role in meeting the energy needs as well as collecting and storing water, which is the most important need of life. There are many types of dams and ponds built using soil, clay, and empirical methods. Artificial dams, which are generally built to meet the irrigation and energy needs, consist of the main structure, operating facilities and auxiliary facilities that cover the valley. Our study was based on the Biçmekaya Dam, which started construction in 2014 near the Pertek District of Tunceli Province and became operational in 2017. In order to determine the volume with planimeter based on the current flow values of the streams for a maximum of October and March for the years 2019 and 2020, at least six months as April and September, the active volume calculation from the volume-yield relationship and the necessary formulas are also measured. volume calculation was made. Considering the possible flood flow rate to come later, flood displacement was made in the reservoir and the flood upper level was found. The upper crest elevation of the pond was found, taking into account the air share. Thus, the volumetric change was tried to be determined in the months when the average annual rainfall was the highest and the least.

Keywords: Dam systems; Sequential peak analysis; Biçmekaya

1. GİRİŞ (Introduction)

Baraj; sulama, içme suyu, endüstriyel su temini ve elektrik enerjisi üretimi için rezervuar oluşturulması, taşkın kontrolünün yapılması, rekreasyon sahalarının planlanması ile metalurji ve maden sanayinde atık madde stoklanması gibi gayelerle farklı tipte ve farklı malzemelerden inşa edilen büyük ebatlı bir istinat yapısıdır. Gelişmiş batılı ülkelerde rezervuar teşkil etmek amacıyla oluşturulmuş depolama tesisleri, “baraj” kavramı içinde ele alınmaktadır [3].

Barajlar, ileri teknoloji gerektiren büyük yapılardır. Bu yapılar, setleri arkasında devasa su kütlesi barındırdığından, bu suyun kontrollü bir şekilde tutulması çok önemlidir. Günümüzde gerek teknoloji gerekse ekonomik bakımından gelişmiş birçok ülkede dahi baraj kazaları gerçekleşmiştir. Günümüzün yüksek teknolojileri, su yapılarının olası risklerinin tespitine ve bu risklerin ortadan kaldırılmasına olanaklar sağlamaktadır [5]. Suyun debisini hesaplamak ve taşkın debilerini belirlemek için dereler üzerinde akım gözlem istasyonları kurulur ya da müteferrik ölçümler yapılır. Bu ölçümler ne kadar fazla olursa elde edilen sonuçlarda yanılma payı daha da az olur. Elde edilen ölçüm sonuçları hidroloji bölümünde hesaplama yapılarak değerlendirilir [4].

1.1. Barajlar ve Baraj Hazneleri

Her baraj yapısı vadiyi kapatan esas yapı, işletme tesisleri ve yardımcı tesislerden oluşur. Bu tesislerden bazıları, baraj gövdesi, bütün vadiyi kapatarak, yapay bir göl oluşmasını sağlayan masif veya dolgu malzemeden inşa edilen yapıdır. Baraj gölü, baraj gövdesinin membasında suyun depolandığı vadi kesimidir. Su alma yapısı, baraj gölünde depolanan sudan yararlanmak için suyun alınmasına hizmet eden yapıdır. Dip savak, gerektiğinde baraj gölünü tamamen boşaltmak, dolu savak kapasitesini azaltmak, akarsu mansabına bırakılacak suyu salmak amacıyla yönelik tesislerdir. Dolu savak, taşkın sularının baraj gövdesine zarar vermeden mansaba aktarılmasını sağlayan ve barajlarda emniyet görevini üstlenen yapıdır. Derivasyon tesisleri, baraj inşaatının kuru ortamda yapılmasını sağlayan tesislerdir. Derivasyon tüneli ve batardolardan oluşur. Baraj sitesi, büro, atelye, laboratuvar, lojman, ambar, garaj, park yerleri gibi ihtiyaca göre tasarlanmış yapılardır. Diğer tesisler, barajın hizmet amacıyla uygun olarak yapılmış enerji santralleri, içme suyu arıtma tesisleri, balık geçitleri gibi yapılardır [7].

Barajların birçok site olmanı var ise de en çok yapıım olarak kullanılanı dolgu barajlardır. Dolgu barajlar, su basıncını dolgu gövdesinin ağırlığı ile temele aktaran barajlardır. Dolgu barajlar sızma suyu kayıplarını belirli sınırlar içinde kalacak şekilde sıkıştırılmalı ve mümkün olan bütün yüklenme durumlarında yeterli emniyeti sağlamalıdır [8]. Dolgu baraj çeşiti en çok tercih edileni, toprak dolgu barajlardır. Gövde inşaatında kullanılan malzemenin % 50 si çakıl, kum, silt, lem ve kaya parçaları gibi daneli veya kohezyonlu malzemeden oluşan dolgu barajlardır. Taş

dolgu genellikle yalnız memba tarafında ki şev yüzeyini dalga etkisinden korumak ve mansap topuğunun emniyeti kullanılır. Bu tip barajlar işçiliğin ucuz, demir ve çimentonun az olduğu ülkelerde yaygın olarak uygulanır. Toprak barajlar homojen, diyaframlı veya zonlu olarak düzenlenebilir. Homojen dolgu barajlarda bütün gövde aynı malzemeden imal edilir. Baraj inşaatı teknolojik yönden büyük kolaylıklar sağladığından ince daneli malzemenin bol olduğu yerlerde tercih edilir. Diyaframlı dolgu barajlarda dolgu gövdesinin geçirimsizliğini sağlamak amacıyla gövde içinde veya memba yüzeyinde geçirimsiz tabii malzeme (kil, lem), asfaltbeton, beton, çelik veya ahşap malzemeden bir diyafram yerleştirilir. Diyafram düşey veya eğik bir şekilde yerleştirilir. Gövdenin kalan kısımları homojen malzemeden oluşur.

Zonlu dolgu barajlarda ise suda çözülme her türlü kaya ve kohezyonsuz malzeme kullanılabilir. Malzeme merkezde ince, dışta iri kalacak şekilde filtre kurallarına uygun olarak gövdeye yerleştirilir. Bu durumda merkezden memba ve mansap yüzeylerine gidildikçe geçirimsizlik arttığından sızma çizgisi aşağıya düşer, boşluk suyu basıncı azalır ve borulanma büyük ölçüde önlenir. Bu durum dolgu stabilitesi yönünde daha emniyetli bir çözüm oluşturulur. Baraj yerindeki kazılardan (dolusavak, derivasyon, galeri ve temel kazıları) uygun malzemenin elde edildiği baraj yerlerinde tercih edilir. Toprak dolgu barajlarda şev eğimleri, dolgu malzemesinin özellikleri, temel durumu ve baraj yüksekliği göz önüne alınarak kayma sayısı şev eğimine eşit olacak şekilde seçilir. Burada tm en büyük kayma mukavemeti, σ zemin basınç gerilmesidir. Şev eğimi genellikle memba yüzeyinde $\frac{1}{2}$ -5 ile $\frac{1}{3}$, mansap yüzeyinde ise $\frac{1}{2}$ ile $\frac{1}{2}$ -5 arasında alınır [6].

1.2. Baraj Hazne Planlaması

Bir baraj yapılarak oluşturulan göle baraj haznesi, baraj gölü, rezervuar veya biriktirme haznesi gibi isimler verilir. Baraj haznesi planlanırken, akarsuyun debisi ile ihtiyaç debileri dikkate alınarak;

- Haznenin biriktirme kapasitesinin (aktif hacmin) belirlenmesi,
- Barajın ekonomik ömründe haznede birikecek katı madde miktarının(ölü hacmin) belirlenmesi,
- Baraj gölünde oluşacak dalgalara göre hava payının ve baraj yüksekliğinin tespit edilmesi,
- Gelebilecek taşkın hidrografına göre taşkın ötelemesi,
- Taşkın kontrol hacminin belirlenmesi,
- Sızma ve buharlaşma kayıpları dikkate alınarak hazne işletme çalışmalarının hazırlanması çalışmaları yapılır [7].

Hazne özelliklerine bakıldığında, buldukları yerin topografyasına göre baraj haznelerinin özellikleri hacim yüzey eğrilerinden okunur. Hacim yüzey eğrileri oluşturulması ise, baraj gövdesi harita üzerine yerleştirildikten sonra göl alanında dere yatağından itibaren tesviye eğrisinin kapladığı alan planimetre aletiyle ölçülmesiyle olur [7].

2. YÖNTEM (Method)

2.1. Ardışık Pik Analizi Yöntemi

Uzun süreli akım kayıtları kullanılır. Genellikle bilgisayar kullanmak gerekir. Gelen akımlar, çekilecek akımlar, buharlaşma ve sızma kayıpları belirlenir. Gelen akımlar, çekilecek akımlar ve kayıplar toplamı farkı ardışık olarak toplanır ve grafiği çizilir. Grafikte oluşan her bir tepe noktasından (pik) yatay olarak doğrular geçirilir. Doğrularla $\sum(St-Dt)$ arasındaki maksimum farklar belirlenir. Bu farkların en büyüğü aktif hacmi verir [8]. Analitik çözüm için;

$$V_t = \begin{cases} Dt - St + V_t - 1 & (\text{eğer pozitifse}) \\ 0 & (\text{eğer negatifse}) \end{cases} \text{ eşitliği kullanılır.}$$

V_t nin başlangıç değeri sıfır olarak alınır. Maksimum V_t aktif hacmi verir [7]. 1963 yılında ardışık pik yöntemi önerilmiştir [17]. Bu yöntemde $[0, T]$ aralığında girdi ile çıktılar arasındaki farkların toplamı hesaplanır ve işletme zamanına bağlı olarak grafik olarak çizilir. Birinci tepe nokta ile ondan sonraki düşük nokta arasında olan düşey mesafe aktif hacim olarak kabul edilir. Bu iki yöntem talebin sabit ve belirli olduğu zamanlar da kullanılabilen klasik yöntemlerdir. Baraj sayısının ve amaçların birden fazla olduğu yerlerde ve diğer bazı hidrolojik parametreler hazne sistemine girdi ve çıktı gibi katıldığından klasik yöntemlerle en uygun kapasiteyi belirlemek zordur. Dolayısıyla kullanılacak optimizasyon teknikleri ile etkili olabilecek bütün hidrolojik parametreler modele dahil edilir ve uygun çözüme ulaşmaya olanak sağlar. Su kaynakları yönetiminde genel olarak optimizasyon çalışmalarında amaç fonksiyonları ve kısıtlar, karar değişkenlerinin doğrusal fonksiyonu olarak dikkate alınır [18]. Rezervuar depolaması belirlenebilmesi için 2 klasik metot vardır. Bunlar “toplam akımların birikimi metodu” (Ripple metot) ve “ardışık pik analiz metodu” dur. “Ripple metodu, grafiksel analiz metodudur ve bu metodun uygulanmasında kısaca kümülatif akımların zamana göre eğrisi çizilir. Çizilen bu eğri üzerinde rezervuardan talep edilen miktar kümülatif akım eğrisine teğet olacak şekilde çizilir. Teğet çizimler arasında kalan en büyük fark gerekli olan rezervuar depolaması olarak belirlenir. Bu metot yalnızca talep sabit olduğunda kullanılabilir. Ardışık pik analiz metodu ise Ripple metodunun gelişmiş versiyonudur. Bu metotta kümülatif toplam akımların ve taleplerin arasındaki fark zamana karşı çizilir. Başlangıçtaki tepe noktası ile ondan sonra gelen düşük nokta arasındaki düşey mesafe aktif depolama kapasitesi olarak belirlenir. Bu iki metot da rezervuar kapasitesi belirlemek için kullanılabilir. Ama optimum rezervuar işletmesi yapmak, rezervuar kapasitesi belirlenmesinde daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Çünkü rezervuar kapasitesi belirlenmesi sırasında birçok hidrolojik parametre göz önüne alınmalıdır ve bu değerler sabit değildir. Hatta bu parametreler belirlenmemiş olan rezervuar depolamasının bir fonksiyonudur. Problemi çözümü için gerekli optimizasyon modelleri oluşturulmalı ve uygun metotlar seçilerek problem çözümlenmelidir [19].

2.2. Çalışma Alanı

Çalışma Tunceli İli Pertek ilçesi Biçmekaya Köyüne yakın mesafede bulunan Biçmekaya Barajı üzerinde yapıldı. Biçmekaya Barajı 2014 yılında inşaatına başlanılmış ve 2017 yılında ise işletmeye alınmıştır [15]. Barajın yerden yüksekliği 44 metre olup, yaklaşık 2.8 milyon m³ su tutma kapasitesi ve yaklaşık 4.000 dönüm tarım arazisinin sulanmasını sağlayacak büyüklüğe sahiptir [16].



Şekil 1. Baraj Üst Görüntüsü [9].



Şekil 2. Baraj üst gövde görüntüsü [10].



Şekil 3. Barajın üst genel görüntüsü [11].

Şekil 1,2 ve 3 de barajın İHA ile üstten yakın ve uzak çekimi gözükmektedir. Şekil 4.de, barajın kuşbakışı genel görüntüsü gözükmektedir. Tablo 1.de, yıllık bazda 2 yıl boyunca aylara göre gelen su miktarı gelen akım olarak değerlendirilmiştir. Gelen akım miktarı hm³ olarak hesaplandı.

Tablo 1. Yıllık bazda aylara göre gelen akım miktarı [2].

YIL.	AYL.	GELEN AKIM	YIL.	AYL.	GELEN AKIM	TOP
2019	EKİ.	3.6	2020	EKİ.	4.9	8.5
	KAS.	5.8		KAS.	5.3	11.1
	ARA.	4.4		ARA.	7.4	11.8
	OCA.	5.8		OCA.	11.7	17.5
	ŞUB.	11.2		ŞUB.	10.8	22.0
	MART	11.9		MART	16.8	28.7
	NİS.	17.8		NİS.	14.9	32.7
	MAY.	12.2		MAY.	13.9	26.1
	HAZ.	9.2		HAZ.	9.1	18.3
	TEM.	6.9		TEM.	8.0	14.9
	AĞU.	5.8		AĞU.	6.8	12.6
	EYL.	5.3		EYL.	5.8	11.1
TOPLAM	99.90	TOPLAM	115.40			
GENEL TOPLAM: 215.30						



Şekil 4. Barajın kuşbakışı görüntüsü

Tablo 2. Yıllık bazda aylara göre giren akım ile talep edilen akım [1].

YILLAR	AYLAR	GİREN AKIM St	TALEP Dt	Dt-St	Vt
2019	EKİM	3.6	0.63	-2.97	0
	KASIM	5.8	0.63	-5.17	0
	ARALIK	4.4	0.63	-3.77	0
	OCAK	5.8	0.63	-5.17	0
	ŞUBAT	11.2	0.63	-10.57	0
	MART	11.9	0.63	-11.27	0
	NİSAN	17.8	0.63	-17.17	0
	MAYIS	12.2	0.63	-11.57	0
	HAZİRAN	9.2	0.63	-8.57	0
	TEMMUZ	6.9	0.63	-6.27	0
	AĞUSTOS	5.8	0.63	-5.17	0
	EYLÜL	5.3	0.63	-4.67	0
2020	EKİM	4.9	0.63	-4.27.	0
	KASIM	5.3	0.63	-4.67	0
	ARALIK	7.4	0.63	-6.77	0
	OCAK	11.7	0.63	-11.07	0
	ŞUBAT	10.8	0.63	-10.17	0
	MART	16.8	0.63	-16.17	0
	NİSAN	14.9	0.63	-14.27	0
	MAYIS	13.9	0.63	-13.27	0
	HAZİRAN	9.1	0.63	-8.47	0
	TEMMUZ	8.0	0.63	-7.37	0
	AĞUSTOS	6.8	0.63	-6.17	0
	EYLÜL	5.8	0.63	-5.17	0
TOPLAM				%100 için	C=0

Tablo 2.de 2019 ve 2020 yılları arasında 24 ay boyunca aylara göre alana giren akım miktarı ile talep edilen

akım miktarı 0.63 hm³ olarak sabit alınarak ikisi arasındaki farktan %100 hacim değişimi izlendi.

Tablo 3. Verimlilik ve ortalama çekilebilecek su miktarı [14].

AYLAR	AYLIK VERİM	YILLIK ORT. AKIM	YILLIK VERİM	YILLIK ÇEKİLEBİLECEK SU	AYLIK ÇEKİLECEK SU
EKİM	-	2.24	0.4	0.896	-
KASIM	-	2.35	0.4	0.94	-
ARALIK	-	2.6	0.4	1.04	-
OCAK	-	2.77	0.4	1.108	-
ŞUBAT	-	2.99	0.4	1.196	-
MART	-	4.12	0.4	1.648	-
NİSAN	-	4.61	0.4	1.844	-
MAYIS	-	4.54	0.4	1.816	-
HAZİRAN	6.2	3.35	0.4	1.34	2.48
TEMMUZ	6.86	3.3	0.4	1.32	2.744
AĞUSTOS	7.08	2.4	0.4	0.96	2.832
EYLÜL	3.3	2.31	0.4	0.924	1.32

Tablo 3.de, 2 yıllık bazda ortalama çekilebilecek su miktarı ve aylara göre verimlilik değerleri hm^3 olarak

gösterilmiştir.

2.3. Aktif Hacim

Haznenin aktif hacmi belirlenirken akarsuyun akım değerleri ve ihtiyaç debileri bir arada değerlendirilir. Gelen akım, çekilen akım ve zaman periyoduna bağlı olarak

hazne depolama kapasitesi belirlenir. Eğer baraj haznesinin boyutlandırılması planlama değil de projelendirme safhasında ise veya işletme çalışması yapılıyorsa, baraj haznesindeki buharlaşmalar ve sızmalar kayıplar olarak dikkate alınır [7].

Tablo 4. Ardışık pik analizi yöntemi ile aktif hacim hesap gösterimi

YILLIK	AYLAR	GİREN AKIM (St)	TALEP (Dt)	Dt-St	Vt	St-Dt	TOP Vt
2019	EKİM	3.6	0.00	-3.60	3.54	3.60	23.78
	KASIM	5.8	0.11	-5.69	0	5.69	29.47
	ARALIK	4.4	0.88	-3.52	0	3.52	32.99
	OCAK	5.8	1.16	-4.64	0	4.64	37.63
	ŞUBAT	11.2	2.24	-8.96	0	8.96	46.59
	MART	11.9	2.38	-9.52	0	9.52	56.11
	NİSAN	17.8	3.53	-14.27	0	14.27	70.38
	MAYIS	12.2	2.39	-9.81	0	9.81	80.19
	HAZİRAN	9.2	6.73	-2.47	0	2.47	82.66
	TEMMUZ	6.9	6.86	-0.04	0	0.04	82.70
	AĞUSTOS	5.8	7.08	1.28	1.28	-1.28	81.42
	EYLÜL	5.3	3.30	-2.00	0	2.00	83.42
2020	EKİM	4.9	0.86	-4.04	0	4.04	87.46
	KASIM	5.3	1.05	-4.25	0	4.25	91.71
	ARALIK	7.4	1.48	-5.92	0	5.92	97.63
	OCAK	11.7	2.34	-9.36	0	9.36	106.99
	ŞUBAT	10.8	2.16	-8.64	0	8.64	115.63
	MART	16.8	3.36	-13.44	0	13.44	129.07
	NİSAN	14.9	2.95	-11.95	0	11.95	141.02
	MAYIS	13.9	2.73	-11.17	0	11.17	152.19
	HAZİRAN	9.1	6.71	-2.39	0	2.39	154.58
	TEMMUZ	8.0	7.0	-1.0	0	1.0	155.58
	AĞUSTOS	6.8	7.08	0.28	0.28	-0.28	155.30
	EYLÜL	5.8	3.6	-2.2	0	2.2	157.50
				mak	5.10		

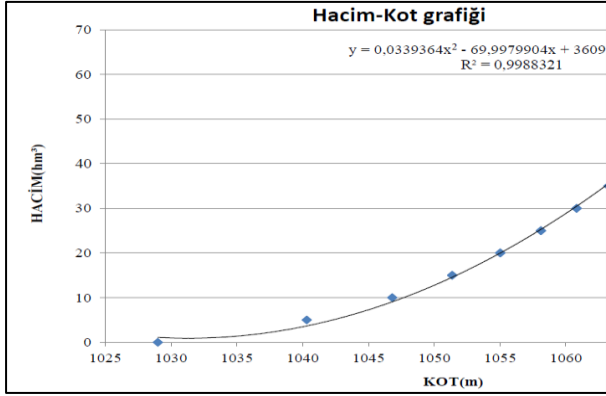
Tablo 4.de, 2019 ve 2020 yılları arasında aylık gelen akım miktarı ile talep edilen akım miktarı arasındaki farktan

yaklaşık maksimum $5.1 hm^3$ lük hacim değişimi izlenmiştir.

Tablo 5. Baraj kot yüksekliğine göre alan ve havzada birikecek toplam su hacmi gösterimi [15].

KOT (m)	ALAN (km ²)	HACİM (hm ³)
1029	0	0
1034	0.06	1.1
1039	0.13	2.7
1044	0.37	6.7

Çizelge 5.de, 1029 m kottan başlayan barajın bulunduğu topoğrafya, 1044 metreye doğru alanın 0.37 km² civarında olduğunu, suyun maksimum tutulacak hacim potansiyelinin ise 6.7 hm³ olduğunu göstermektedir. Şekil 5.de, 1025 kottan itibaren baraj rezervuarının alanını orantılı bir şekilde arttığı gösterilmiştir. Şekil 6.da, hacim kot grafiğinde rezervuarın bulunduğu kottan itibaren hacminin yükseklikle doğru orantılı olacak şekilde arttığı görülmektedir.



Şekil 6. Yüksekliğe göre hm³ olarak baraj rezervuarının hacim kot grafik gösterimi.

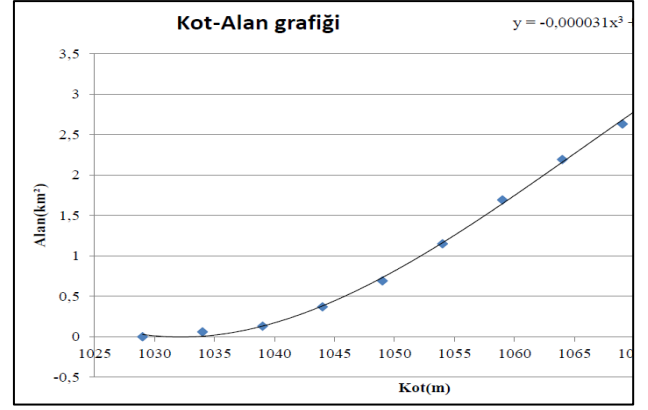
2.4. Ölü Hacim

Bütün doğal rezervuarlar akarsuyun taşıdığı katı maddenin birikmesi ile zaman içerisinde siltlenirler (sedimentle/rüsubatla dolarlar). Akarsu tarafından taşınan katı madde ne kadar çoksa rezervuarın ömrü ona bağlı olarak o kadar çabuk azalır. Ölü hacim, baraj haznelerinin zaman içerisinde (ekonomik ömrü boyunca) katı madde ile dolması beklenen hacimdir [8].

Hazneye gelen katı madde miktarı havzanın büyüklüğüne, bitki örtüsüne, zemin cinsine ve akarsuyun debisine bağlıdır. Bir yılda havzanın birim alanından belirli bir kontrol noktasına ulaşan katı madde miktarı katı madde verimi olarak adlandırılır. Birimi genellikle ton/km²/yıl olarak ifade edilir [7].

Planlama aşamasında pratik olarak ölü hacmin hesabı:

Havzanın 1 km² sinden 1 yılda gelen katı madde miktarı hesaplanır:



Şekil 5. Yüksekliğe göre rezervuardaki alan miktarı.

$$G=1421 \times A^{-0.229}$$

$$A=\text{Havza alanı (km}^2\text{)}$$

$$G=\text{Havzadan gelen katı madde miktarı (m}^3\text{/km}^2\text{/yıl)}$$

$$\text{Haznenin V toplam hacmi seçilir (Vtop=Völü+Vaktif)}$$

$$R=0.0002 \times G^{0.95} (A/V)^{0.80}$$

$$R = \text{bir yılda ortaya çıkacak hacim azalması (\%)}$$

$$G = \text{havzadan gelen katı madde miktarı (ton/km}^2\text{/yıl)}$$

$$A = \text{havza alanı (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{haznenin toplam hacmi (m}^3\text{)}$$

% 0.3-1.3 arasında değişen hacim azalma yüzdesi barajın ekonomik ömrü ile çarpılarak toplam hacim kaybı yüzdesi elde edilir. Bulunan yüzde değeri V toplam hacmi ile çarpılarak ölü hacim bulunur.

Planlama ve projelendirme aşamasında ölü hacmin hesabı:

$$V_o = E \times Q_s$$

$$V_o = \text{faydalı hacimden her yıl eksilen hacim}$$

$$Q_s = \text{hazneye gelen katı madde debisi}$$

$$E = \text{hazne tuzaklama katsayısı (oranı)}$$

Tuzaklama katsayısı (oranı), barajda tutulan katı maddenin, baraja gelen katı madde miktarına oranıdır. Baraj hazne hacminin maksimum kapasitesinin yıllık ortalama akıma oranına bağlıdır.

D.M. Crim'in Tuzaklama Oranı Formülü:

$$E = \frac{C}{I} \div (0.012 + 0.0102x \frac{C}{I})$$

$$C/I = \text{hacim-akım oranı}$$

$$C = \text{rezervuar kapasitesi}$$

$$I = \text{yıllık ortalama akım}$$

$$E = \text{tuzaklama katsayısı}$$

$$Q_s \text{ debisi ölçümlerden elde edilir.}$$

Tablo 6. Baraj nitelik bilgileri.

Baraj Ömrü	100	Yıl	V _{aktif} = 5,1 m ² buna karşılık gelen kot: 1043,84 m' dir.
Havza Alanı	115	Km ²	
V (aktif)	43.35	Hm ³	V _{ölü} = 18,49 m ² buna karşılık gelen kot: 1054,00 m' dir.
V (ölü)	18.49	Hm ³	
V (top)	61.84	Hm ³	
G	474.746	M ³ /km ² /yıl	Dolusavak kret kotu= (1066,84-1054,00)+(1054,00-1029)+1029=1043,84 m' dir.
G	1258.078	Ton/ km ² /yıl	
R	0.30	%	

2.5. Taşkın Kontrol Hacmi

Taşkın hidrografının baraja ve varsa, barajın mansabındaki yerleşim birimlerine ve arazilere zarar vermeden ötelenmesi için taşkın olmadığı durumlarda boş tutulan hacme taşkın kontrol hacmi denir. Taşkın öteleme, bir akarsu veya bir göl boyunca ilerleyen taşkın dalgasının zamana bağlı olarak değişimidir. Başka bir deyişle belirli bir akarsu kesimine giren taşkın dalgasının bu bölümün sonunda ki değişimi taşkın öteleme ile belirlenir. Bu değişiklik en büyük debinin değerinde azalma ve en büyük debinin oluşma zamanında gecikme şeklinde pratik olarak sonuçlanır.

Taşkın öteleme hesabı için giren hidrografa ait değerler alındı. Giren hidrografın pik değerinin düşürüldüğü dolusavak kret uzunluğu 50 m alındı. Belirlenen toplam hacim dikkate alınarak hacim- kot eğrisinden kret üst kotu belirlendi. Taşkın hidrografından taşkın pik debisi bulundu ve taşkın hidrografının grafiği çizildi.

Tablo 7. Saat aralıkları ile taşkın analiz değerleri

dt(saat)	Q	dt(saat)	Q
0	0.00	8.5	78.09
0.5	31.46	9	62.31
1	112.94	9.5	50.72
1.5	247.25	10	42.11
2	414.64	10.5	34.25
2.5	559.86	11	26.37
3	645.36	11.5	21.05
3.5	633.41	12	17.43
4	567.92	12.5	13.79
4.5	480.39	13	10.90
5	385.60	13.5	9.08
5.5	307.76	14	7.26
6	246.85	14.5	5.61
6.5	198.45	15	4.60
7	158.12	15.5	3.59
7.5	127.06	16	2.58
8	100.03	16.5	0.00

Rezervuarda Taşkın Öteleme Adımları

Hacim-Alan eğrisinden, aktif hacmin üst kotundan itibaren taşkın kontrol hacmi için Hacim-Kot (S-H) eğrisi çizilir.

Dolu Savak Debi denkleminde aktif hacmin üst kotundan itibaren farklı kotlar için debiler (çıkan debi) hesaplanır ve dolusavak deşarj eğrisi (Q-H) çizilir.

Hacim – Kot (S-H) ve dolusavak deşarj eğrisinden (Q-H) yararlanarak Debi-Hacim (Q-S) ve (2S/dt+Q)-Q eğrileri çizilir.

Bu eğriler yardımı ile taşkın öteleme tablosu doldurulur.

Dolusavak kret kotu= 1043.84m

Dolusavak uzunluğu (L)=45 m (Q_{max}=645,36 m³/sn=C₀*L*H_{3/2})

Zaman aralığı(dt) = 3600*0,5= 1800 sn H_{3/2}

Bu verilenlerden Q= C₀*L* H_{3/2} formülü ile debi hesaplandı. Hacim- kot eğrisinden hangi kotta ne kadar hacim (S) olduğu belirlendi. Bu verilere göre (2S/d_t + Q) değeri hesaplandı. Buradan Q- S ve (2S/d_t+Q)-Q grafikleri belirlendi. Taşkın öteleme tablosuna veriler girilerek aşağıda belirtilen yöntemlerle tablo değerleri belirlendi.

1. Satır :

6. Kolon için Giren Akım = Çıkan Akım Alınır

2. Satır:

3. Kolona 2. Kolondaki giren akımların 2. Satır ve 1. Satır değerlerinin toplamı

5. Kolona 3. Kolondaki giren akımların toplamı değeri ile 1. Satırdaki 4. Kolonun toplamı yazılır

6. Kolona 5. Kolon değerine karşılık (2S/Dt)+Q - Q Eğrisinden okunan Q değeri yazılır.

Tüm satırlar için:

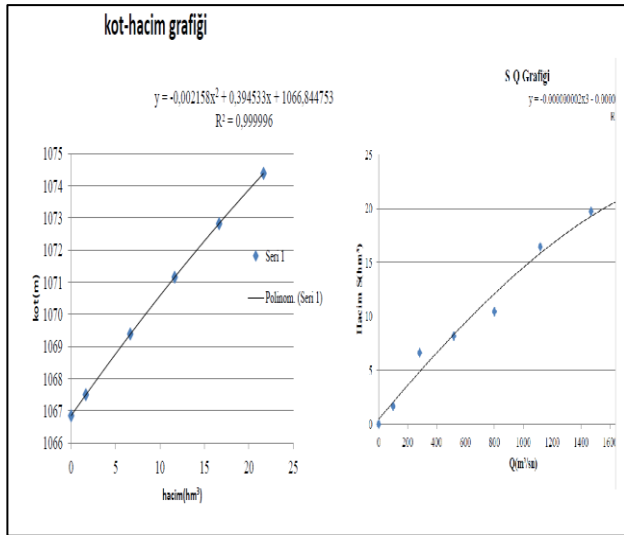
8. Kolon için 7. Kolon değerine karşılık S-K Eğrisinden K Kotu okunur

9. Kolon için 8. Kolondaki Kot değeri dolusavak kret Kotundan çıkarılır.

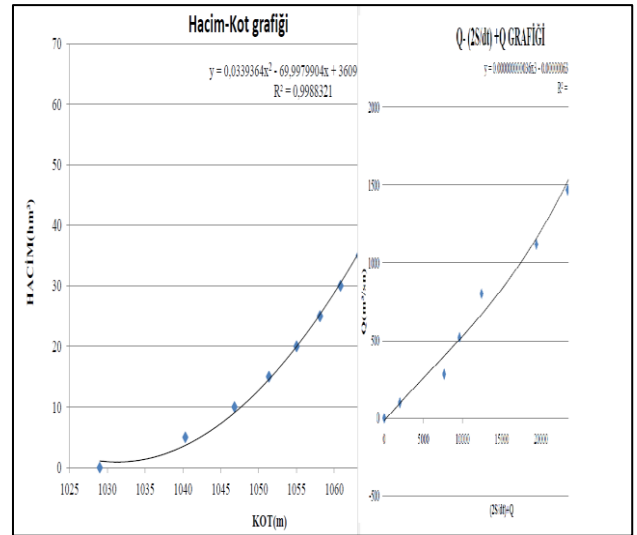
Böylece dolusavak üzerindeki su yükü bulunmuş olur.

Bundan sonraki işlemler diğer satırlar için tekrarlandı. Proje için işlemler sırası ile yapıldı ve taşkın üst kotu 1047,00 m,

Taşkın kontrol hacmi= 29,78 hm³ olarak bulundu.



Şekil 7. Kot Hacim ve S-Q grafiği gösterimi



Şekil 8. Hacim Kot ve Q- (2s/dt) grafiği

Tablo 8. Kapak açıklığı hacim tablosu

KOT (m)	KAP. AÇIL. (m)	Q (m³/sn)	HACİM S (hm³)	(2S/dt)+ Q	dt(sn)
167	0	0	0	0	1800
168	1	60	1.69	1937.778	1800
169	2	169.706	6.63	7536.372	1800
170	3	311.769	8.17	9389.547	1800
171	4	480.000	10.45	12091.111	1800
172	5	670.820	16.47	18970.820	1800

2.6. Hava Payı

Hava payı, maksimum işletme seviyesi ile barajın en üst kotu arasındaki düşey mesafedir. En büyük taşkın barajdan geçerken dolu savak üzerinde oluşan su yükü, su yüzündeki rüzgar kabartı yüksekliği, rüzgarın ortaya çıkardığı dalganın baraj gövdesinde kırılması sonucu ortaya çıkan tırmanma yüksekliği, emniyet payı, taşkınlar sırasında dolu savak üzerinde ortaya çıkan en büyük su yükü, taşkın öteleme hesapları sonunda belirlenir.

Rüzgar kabartı yüksekliği, rüzgarın ve haznenin durumuna bağlı olarak;

$$H_k = V^2 F / K D \times \cos \alpha$$

H_k = rüzgar kabartı yüksekliği

V = su yüzündeki en büyük rüzgar hızı

F = Feç uzunluğu, (baraja doğru esen rüzgarın baraj gölünde aldığı mak. düz mesafe)

D = feç doğrultusunda ortalama göl derinliği

α = feç doğrultusu ile rüzgar yönü arasındaki açı

Tablo 7. de, her yarım saate bir alınan taşkın analizi ile meydana gelebilecek olası hacim ölçülmüştür.

Tablo 8.de, barajın kapakları açıldığında birim zamanda tahliye edilmesi olası su miktarı verilmiştir. Şekil 7. ve

Şekil 8.de, zamansal olarak artan su miktarı ile taşkın önleme analizi yapılmıştır.

Tablo 9.da, 16,5 saat boyunca yarımşar saat arayla tüm giren çıkan akımlar, dolu savak üzerinde ve üzerindeki kretin taşkın riski ortalama yüksekliği bulunmaya çalışıldı.

$K = 63200$ alınabilen bir katsayı

Rüzgar etkisi ile haznenin kabarması için rüzgarın esiş süresi de önemlidir. Örneğin, 3 km feç uzunluğu için 1 saat, 20 km feç uzunluğu için 3 saat süreli rüzgar olmalıdır. Yeni bir haznenin su yüzünden 10 m yukarıda ölçülen rüzgar hızı, göl oluşmadan önceki ölçümlerden daha büyüktür (Şahin, 2003).

Su yüzündeki rüzgar hızını bulmak için: Etkili Feç(km) 1,0 2,0 4,0 8,0 12,0 Rüzgar Hızı Oranı 1,1 1,16 1,23 1,29 1,31 su yüzündeki rüzgar hızının karadakinine oranıdır.

Dalga yüksekliği hesabı için Stevenson Formülü:

$$H = 0.34 \sqrt{F} + (0.76 - 0.26^4 \sqrt{F})$$

H = dalga yüksekliği

F = Feç uzunluğu (Feç uzunluğu 20 km den fazla ise parantez içindeki terimler ihmal edilir)

Tablo 10. Hava payları gösterimi

Feç Uzunluğu (km) 1.6 dan az	Normal Hava Payı (m) 1.2	Min. Hava Payı (m) 0.9	Tablo 10.da, Hava payının teorik hesabı, baraj gölünde oluşacak doğal yüksekliklerinin ve yerel koşulların tam olarak bilinmesi ile olabilir. Bir baraj gölünde oluşan dalgaların yüksekliği rüzgârın doğrultusuna, hızına, süresine, su derinliğine ve göl alanı genişliği gibi faktörlere bağlıdır. Bu etkenlere göre hava payı hesabı oldukça karmaşık hesaplar gerektirmektedir. DSİ hava payı hesabında iki ayrı yöntem kullanılmaktadır. Fakat DSİ barajlar ve HES dairesince 2m alınmaktadır. Hava Payı: 2m, Maksimum Baraj Kret Kotu: 1042.21+2=1044.21 m
1.6	1.5	1.2	
4.0	1.8	1.5	
9.0	2.4	1.8	
16.0	3.0	2.1	

Tablo 9. Rezervuarda taşkın önleme tablosu

Zaman (saat)	Giren Akım (m ³ /sn)	Ortalama I (m ³ /sn)	(2Si/dt)-Q		(2Si/dt)+Q	Çıkan Akım Üzerindeki	Dolu Savak Üzerinde ki	Dolu Savak Üzerindeki	TÜM Savak Üzerindeki
Iort (m ³ /sn)	Su Hacmi K (m)		Su Kotu h (m)		Su Kotu h (m)		Su Yüksekliği		
0	0	0.00	509.4	0	0.45846	1067.02517702	0.18517702		0.18514207
0.5	31.46	31.46	777.099	540.86	9.344467832	0.70779927	1067.12292206		0.28292206
1	112.94	144.40	1160.41	921.50	22.7743093	1.06486855	1067.26243173		0.42243173
1.5	247.25	360.19	1751.49	1520.60	43.60200529	1.61558102	1067.47652042		0.63652042
2	414.64	661.89	2607.26	2413.37	74.0255238	2.41315498	1067.78425555		0.94425555
2.5	559.86	974.50	3688.74	3581.75	112.9622385	3.42153076	1068.16939637		1.32939637
3	645.36	1205.22	4862.56	4893.96	155.8995352	4.51661139	1068.58268252		1.74268252
3.5	633.41	1278.77	5949.9	6141.33	196.366604	5.53163818	1068.96113412		2.12113412
4	567.92	1201.32	6817.29	7151.22	229.1733232	6.34181789	1069.26001758		2.42001758
4.5	480.39	1048.31	7426.99	7865.60	252.5355006	6.91157094	1069.46850856		2.62850856
5	385.60	865.99	7791.05	8292.98	266.6116041	7.25189576	1069.59237599		2.75237599
5.5	307.76	693.36	7954.07	8484.41	272.9462123	7.40431290	1069.64768892		2.80768892
6	246.85	554.60	7974.73	8508.67	273.7504541	7.42363077	1069.65469231		2.81469231
6.5	198.45	445.30	7899.24	8420.02	270.8134187	7.35304717	1069.62909552		2.78909552
7	158.12	356.57	7759.39	8255.80	265.3836819	7.22229747	1069.58162300		2.74162300
7.5	127.06	285.18	7579.47	8044.57	258.419484	7.05410453	1069.52044710		2.68044710
8	100.03	227.09	7376.67	7806.56	250.5976484	6.86454285	1069.45135252		2.61135252
8.5	78.09	178.12	7161.97	7554.79	242.3489919	6.66389158	1069.37804686		2.53804686
9	62.31	140.40	6946.49	7302.38	234.1023011	6.46252960	1069.30430686		2.46430686
9.5	50.72	113.03	6738.84	7059.51	226.1859646	6.26852676	1069.23309629		2.39309629
10	42.11	92.82	6543.71	6831.67	218.7728847	6.08623429	1069.16603610		2.32603610
10.5	34.25	76.36	6362.15	6620.07	211.8979278	5.91664067	1069.10351867		2.26351867
11	26.37	60.62	6192.52	6422.77	205.4941011	5.75821034	1069.04500422		2.20500422
11.5	21.05	47.42	6035	6239.94	199.5639142	5.61110608	1068.99057594		2.15057594
12	17.43	38.47	5891.28	6073.47	194.1667488	5.47689869	1068.94083800		2.10083800
12.5	13.79	31.21	5760.66	5922.49	189.2726855	5.35493523	1068.89557030		2.05557030
13	10.90	24.68	5641.76	5785.34	184.8271543	5.24393118	1068.85431446		2.01431446
13.5	9.08	19.97	5534.41	5661.74	180.820403	5.14370619	1068.81701909		1.97701909
14	7.26	16.34	5437.83	5550.75	177.2218675	5.05354980	1068.78343337		1.94343337
14.5	5.61	12.87	5350.64	5450.71	173.9776296	4.97215472	1068.75308135		1.91308135
15	4.60	10.21	5272.19	5360.85	171.0628054	4.89893159	1068.72575219		1.88575219
15.5	3.59	8.19	5201.85	5280.38	168.4519629	4.83327049	1068.70122574		1.86122574
16	2.58	6.17	5138.5	5208.02	166.103173	4.77414005	1068.67912277		1.83912277
16.5	0.00	2.58	5079.82	5141.07	163.9296	4.71937035	1068.65863638		1.81863638
MAKS			273.75045406	7.42363077	1071.65469231	2.814692	2.847657		

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Toprak dolgu barajlarda, hazne tasarlanmasında akarsu yatakları üzerinde çanak yada derin vadi alanlarda öncelikle uzunca periyotlarla debi ölçümleri yapılması gerekliliği ortaya konmuştur. Hangi saatler, aylarda su miktarı pik noktaya ulaşacağı saptanmalıdır. Buna göre, barajın yükseklik miktarı hesaplanmalıdır. Olası taşkın miktarı kotu bulunarak, meydana gelecek taşma riskine

karşı baraj kapaklarının birim zamanda tahliye edeceği su miktarı bulunmalıdır. Hava payı da rezervuarda taşkın hacmine eklenerek brüt kret kotu bulunmuştur. Barajların ömrünün ne kadar olabileceği ise aktif ve ölü hacim analizi ile bulunmaya çalışılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Akarsu Havzaları,
<http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/HES/hidroloji/havzalar.html>
- [2] Baraj Bilgileri,
<http://www.dsi.gov.tr/baraj/detay.cfm?BarajID=57>
- [3] Karadağ, Abdullah., Dolgu Baraj Tasarımında Türkiye Pratiği Yüksek Lisans Tezi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Mayıs 2018
- [4] Keşkek Hıdır., Baraj Planlama Çalışmalarında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanılması: ELAZIĞ MADEN DURMUŞTEPE GÖLETİ ÖRNEĞİ Yüksek Lisans Tezi İnşaat Mühendisliği 2018.
- [5] Kılıç, Hakan., Dolgu Barajların Stabilitate Analizleri ve Bir Uygulama Yüksek Lisans Tezi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Mayıs 2019.
- [6] Kişi, Ö., Su Yapıları 2 Ders Notu , Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2020.
- [7] Şahin, A., Dolgu Barajlarda Hazne Tasarımı, Şev Stabilitesi ve Sızma Analizi, Bitirme Ödevi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 2003.
- [8] Yurtal, R., Su Yapıları 2 Ders Notu, Çukurova Üniversitesi, Adana, 2020.
- [9]
Url1:<https://twitter.com/MevltAYDIN06/status/1070904630647898112/photo/1>
- [10]
Url2:<https://twitter.com/MevltAYDIN06/status/1070904630647898112/photo/2>
- [11]
Url3:<https://twitter.com/MevltAYDIN06/status/1070904630647898112/photo/3>
- [12]
Url4:<https://www.sabah.com.tr/ekonomi/2020/03/04/tuncelide-dsi-3-baraj-yapti>
- [13] Url5:<https://bolge09.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/998>
- [14] Url6: Akarsu Havzaları;
<http://www.dsi.gov.tr/agibilgi/agibilgi.aspx>
- [15] Url7: <https://bolge09.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/998>
- [16] Url8:
<https://twitter.com/mevltaydin06/status/1070904630647898112>
- [17] Thomas, H. A. and R. P, Burden. 1963. Operation researches in water quality management, Harvard University, Cambridge, M A. www.gams.com.
- [18] Sattari, Mohammad. T.;Salmasi, Farzin.;Öztürk, Fazlı. 2008. Sulama Amaçlı Hazne Kapasitesinin Belirlenmesinde Çeşitli Yöntemlerin Karşılaştırılması, TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ 2008, 14 (1) 1-7 ANKARA ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ
- [19] Erdin, Emre Taha.;Sakarya-Altan, Burcu.A. 2015. Sulama Amaçlı Rezervuarlarda İşletme Çalışması Yapılması ve Optimum Rezervuar Kapasitesinin Belirlenmesi. 4.Su Yapıları Sempozyumu.

Atıksu Arıtma Tesislerinde Karşılaşılan Problemler ve Çözüm Önerileri

Problems and Solution Suggestions of Wastewater Treatment Plants

^{1*}Zemzem KINIK, ²Zeynep AYKAÇ

¹ İller Bankası A.Ş. İzmir Bölge Müdürlüğü Karabağlar, 35100, İzmir, Türkiye

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Erciş Meslek Yüksekokulu İnşaat Bölümü 65080, Van, Türkiye

Geliş Tarihi: **05.04. 2021**; Kabul Edildiği Tarih: **16.05.2021**; Yayınlandığı Tarih: **28.06.2021**

Türk Hidrolik Dergisi (Tur. J. Hyd.), Cilt (Vol) : 5, Sayı (Number) : 1, Sayfa (Page) : 59-65 (2021)

e-ISSN: **2636-8382**

SLOI: <http://www.dergipark.gov.tr>

e-mail: zkinik@ilbank.gov.tr

zeynepaykac@yyu.edu.tr

*Sorumlu yazar e-mail: zkinik@ilbank.gov.tr

Özet

Günümüzde yerleşim alanları hızlı bir şekilde büyümekte ve teknoloji ile birlikte gelişmektedir. Atıksu arıtma tesislerinin kurulması da şehirleşmede önemli bir yere sahiptir. Bu tesislerin yerlerinin belirlenmesi, atıksuların çevreye olası zararlarının azaltılması ve bu tesislerde karşılaşılan problemlerin çözüme ulaştırılması şehir yaşanırılığı açısından önemli bir faktördür. Arıtma tesislerinde karşılaşılan problemlerin sebepleri incelendiğinde bu durumun bazen proje aşamasındaki hatalardan bazen de işletme hatalarından kaynaklandığı gözlenmektedir. Arıtma tesislerinin projelendirme, inşa ve işletme aşamalarında yapılan hatalar nedeniyle, bazen istenilen çıkış suyu kaliteleri elde edilememekte veya işletme maliyetleri beklenenden fazla olabilmektedir. Bundan dolayı gerek proje aşaması gerekse işletme aşamasında dikkat edilmesi gereken hususların belirlenmesi ve geliştirilmesi önemli bir konu haline gelmiştir. Bu çalışmada atıksu arıtma tesislerinde karşılaşılan problemlere değinilmiş ve yapılan araştırmalar sonucunda elde edilen çözüm yöntemleri ve önerileri hakkındaki bilgiler aktarılmaya çalışılmıştır. Burada çıkarılan önerilerin bundan sonra yapılacak veya yapılmakta olan arıtma tesisleri için ön bilgi olarak kullanılması temenni edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Atıksu; Atıksu problemleri; Atıksu arıtma tesisi.

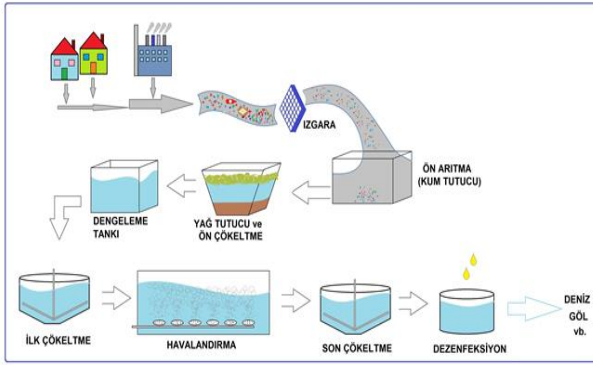
Abstract

Today, residential areas are growing rapidly and developing with technology. Establishment of wastewater treatment facilities has an important place in urbanization. Determining the location of these facilities, reducing the possible damage of wastewater to the environment and solving the problems encountered in these facilities are an important factor in terms of livability of cities. When the causes of the problems encountered in the treatment plants are examined, it is observed that this situation is sometimes caused by errors in the project phase and sometimes from operational errors. Due to the mistakes made during the project, construction and operation phases of the treatment facilities, the desired effluent qualities are sometimes not achieved or the operating costs may be higher than expected. Therefore, it has become an important issue to determine and develop the issues that need to be considered during both the project phase and the operation phase. In this study, the problems encountered in wastewater treatment plants were mentioned and information about the solution methods and suggestions obtained as a result of the researches was tried to be conveyed. It is hoped that the recommendations made here will be used as preliminary information for future treatment facilities.

Keywords: Wastewater; Wastewater problems; Wastewater treatment plant.

1. GİRİŞ (Introduction)

Evsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer faaliyetler sonucunda kirlenmiş veya özellikleri kısmen veya tamamen değişmiş sular ile yerleşim bölgelerinde yüzey veya yüzey altı akışa dönüşmüş yağış sularına atıksu denir. Sınırlı su kaynakları ve artan su talepleri karşısında atık suların geri kazanılması ve yeniden kullanılması konusu, sadece yoğun kentsel alanlarda değil, kırsal alanlarda da önem kazanarak her geçen gün yaygınlaşmaktadır [1]. Arıtma tesisleri ise, fiziksel, biyolojik, kimyasal veya nükleer kirlilik bulaşmış atık suların, alıcı ortamın özelliklerini bozmayacak şekilde zararlı etkilerini tamamen veya kısmen ortadan kaldırmak için kurulan sistemlerdir. Şekil 1'de atıksu arıtma sistemi verilmiştir. Atıksular, evsel veya endüstriyel olabildiği gibi, sulamadan dönen veya yerleşim bölgelerine düştükten sonra yüzeysel ve yüzey altı akışa geçmiş sular da olabilir. Dolayısıyla bu tür sistemler, atık suyun türü, kirleticinin özellikleri, jeolojik ve topoğrafik yapı, ekonomik ve finansal olanaklar gibi faktörler göz önüne alınarak kurulmaktadır.

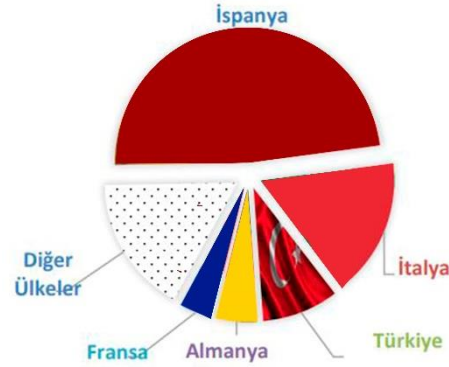


Şekil 1. Atıksu Arıtma Sistemi

Su kirliliğinin, insan başta olmak üzere tüm canlıların sağlığı ve cansız doğal ortam üzerinde direkt ve dolaylı olarak ciddi ve çoğu kez geri dönülemez olumsuz etkileri mevcuttur. İnsan nüfusunun gittikçe artması, insan habitatının ve sulamanın gittikçe daha geniş alanlara yayılması, teknolojik gelişmelere bağlı olarak ihtiyaçların çeşitlenerek artması ve enerjinin daha fazla tüketilmesi beraberinde, hava, su ve toprak kirliliğini getirmektedir [2,3]. Aynı zamanda yukarıda anılan bu durumlar gün geçtikçe su ihtiyacının artmasına neden olmaktadır. Oysa su kaynakları sınırlıdır ve yeryüzünde dağılımı konumsal ve zamansal açıdan homojen değildir [4]. Bu yüzden hâli hazırda birçok ülkede su kıtlığının yaşandığı ve birçok ülkede ise yakın gelecekte yaşanacağı belirtilmektedir [5,6]. Mevcut su kaynaklarının kirlenme riski ve küresel iklim değişikliği de göz önünde tutulduğunda durumun ciddiyetinin gün geçtikçe daha da artacağı açıktır [7]. 5. Dünya Su Forumu Raporu'na (2009) göre şu an birçok toplum kirli su kullanmaktadır [8]. Küresel boyutta konunun bu denli önem arz etmesinin ve tartışılmasının nedeni de budur.

Günümüzde su kıtlığı riskini azaltmak üzere kirlenmiş suların tekrar kullanımı ve doğayı temiz tutmak için de

suların kirliliklerden arındırılması önem kazanmıştır. Her ikisi için de arıtma sistemlerine ihtiyaç vardır. Özellikle ülkeler bazında endüstriyel atık su arıtımı ile ilgili yayınların sayısında artış olduğu gözlemlenmiş ve bu sayı 1998 yılında 120 iken 2019 yılında 895'e yükselmiştir [9]. Doğal olarak güncel literatürde konuya ilişkin sayısız çalışmaya rastlamak mümkündür [3,9]. Bu çalışmada literatürde mevcut çalışmalardan faydalanılarak atıksu arıtma tesislerinde karşılaşılan problem ve çözüm önerileri ele alınmamış, kategorize edilerek değerlendirilmiştir. Bu bağlamda mevcut çalışmalar, beş ana kategoride değerlendirilmiştir. Çalışmaların bir kısmı atıksuların çevresel etkileri üzerinde yapılmıştır [10,11]. Çalışmaların bir kısmı ise daha çok arıtma tesislerinin tasarımına yönelik yapılmıştır [12-15]. Diğer taraftan bir kısım çalışmalarda ise arıtma tesisinin fiziksel aşamasını konu edinmiştir [15-18]. Biyolojik aşaması ile ilgili olarak kaynaklarda bahsedilen bazı çalışmalar anılabılır [18,19,22]. Başka bir kaynakta ise, kimyasal arıtma veya arıtmanın kimyasal aşamasına geniş yer vermiştir [23]. Öneminde binaen konu ile ilgili olarak ayrıca ulusal ve uluslararası çok sayıda akademik tez ve proje yapılmıştır.



Şekil 2. 2025 Yılı için Avrupa ülkelerinde öngörülen atıksu potansiyeli

Dünyada modern manada ilk atık su tesisi, 1842 yılında Hamburg'ta inşa edilmiştir. Bundan 12 yıl sonra 1855'de Chicago'da yapılmıştır. Tasfiye tesislerinin inşası ise 1870 yılından sonradır [18]. Arıtma tesisleri çok pahalı yatırımlardır. Arıtma tesislerinde çok pahalı sistemlerin kullanılması her zaman en iyi verimin elde edileceği anlamına gelmemektedir. Çünkü en iyi verimi elde edebilmek için işletme maliyeti optimum seviyede olmalıdır. Bundan dolayı geçen zaman içinde teknoloji ve arıtma tekniklerinde büyük gelişmeler olmuş, aynı zamanda çevreyle ilgili yeni kavramlar (konseptler) ve yeni mevzuat ve ulusal ve uluslararası standartlar geliştirilmiştir. Yakın gelecekte az enerji tüketen teknolojilere, tekrar kullanma ve geri kazanma gibi tabiattaki mekanizmaları taklit eden sistemlere ağırlık verilmesi beklenmektedir.

Atık suyun kullanımına dair Avrupa ülkeleri için 2025 yılı öngörülen potansiyel bazı parametreler kullanılarak belirlenmiş ve elde edilen verilere göre İspanya 1.213

mm³/ yıl ile en yüksek yüzdeye sahip iken, ülkemiz 234 mm³/ yıl ile üçüncü sırada yer almaktadır (Şekil 2), [24]. Hala gelişmekte olan ülkeler arasında sayılan ülkemiz aynı zamanda devasa çevresel sorunları olan bir ülke konumundadır. Su kirliliği gibi çevresel sorunlar, çarpık ve altyapısız hızlı kentleşme, göç ve benzeri sosyal problemlerin bir sonucu olarak artış göstermiştir. Ülkemizdeki hızlı nüfus artışı, hızlı sanayileşme, fosil kökenli enerji tüketimi, mevzuat ve standartlardaki eksiklik, göçler, sosyal ve politik gerginlikler bu durumun daha uzun süre yaşanacağını göstermektedir. Dolayısıyla çevre kirliliğinin yegane nedeni olarak hızlı sanayileşmenin gösterilmesinin yanlış olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada, küresel boyutta bilim insanları, politikacılar, çevre örgütleri başta olmak üzere sivil toplum örgütleri, öğrenciler, kısaca yaşama dair tüm sektörlerin mensupları arasında bu denli tartışılacak kadar önemli olan atıksu arıtma tesisleri ele alınmıştır. Bu kapsamda konunun ayrıntılarına inilerek yapımdan işletmeye karşılaşılan bazı problemler sunulmuş ve bu problemlerin çözüm yöntemleri için geleneksel ve güncel bazı yöntem ve tekniklere, kavramlara ve mevzuata yer verilmiştir.

2. ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDEKİ PROBLEMLER (Problems of Wastewater Treatment Plants)

Atık su arıtma, atık sudaki katıların kısmen çıkarıldığı ve oldukça karmaşık, çürüyebilir, organik katılardan mineral veya nispeten kararlı organik katılarına ayrıştırılarak kısmen değiştirildiği bir süreçtir [25]. Bir arıtma sisteminin şematik olarak değil, gerçek bir arıtma tesisinden üstten çekilmiş bir fotoğraf görüntüsü olan Şekil 3, bu sistemde yer alan alt sistemleri bir arada (tüm kademeleri ile) ve sırasıyla göstermektedir. Bu bölümde alt başlıklar halinde tüm kademeler hakkında ve her bir alt sistemde karşılaşılan problemler alt başlıklar olarak verilmektedir.



Şekil 3. Arıtma Tesisi Kademeleri

2.1. Fiziksel Arıtmada Karşılaşılan Problemler

Genellikle fiziksel arıtmalarda karşılaşılan problemlerin başlıcaları ızgaralarda, kum tutucularda veya çökeltme

havuzlarında (ön ve son çökeltme havuzları) meydana gelmektedir. Bundan dolayı bu problemlerin ve sebeplerinin tespit edilebilmesi uygulanabilecek çözüm yöntemleri açısından önemlidir.

İzgaralar, atıksular içerisinde bulunabilecek parçaların kullanılan mekanizmalara zarar vermemesi için tesis girişine inşa edilirler. İzgaralarda genelde tıkanma ve mekanik teçhizatın dolayı problemlerle karşılaşılmaktadır. Genel olarak ızgara odasında karşılaşılan problemler üç sebepten dolayı oluşur. Bunlar; beklenmeyen işletme şartları (fazla sürüntü ve tıkaçıcı maddelerin ani gelmesi vs. gibi), ekip hataları, kontrol yetersizliği gibi sebeplerdir. Kum ve yağ tutucular da, atıksu içerisinde kum ve yağ gibi malzemelerin tesis işleyişine zarar vermemesi için kullanılan ünitelerdir. Kumda yüksek miktarda organik madde bulunması ve kumun sürüklenmesi problemleri ile karşılaşılmaktadır.

Ayrıca atık suda bulunan patlayıcı ya da zehirli gazlar kum tutucularda havayla birleşerek zehirli veya patlayıcı bir atmosfer oluşturabilirler. Bu da kum tutucularda büyük sorunlara sebep olabilir. Ön çökeltim havuzları ise büyük kapasiteli arıtma tesislerinde inşa edilen ve genellikle debi değişimlerini dengelemek için kullanılan ünitelerdir. Son çökeltme havuzları da aktif çamurun çökeltildiği ve arıtılan suyun savaklandığı ünitelerdir.

Çökeltme havuzlarında karşılaşılan belli işletme problemleri; yüzücü çamur, siyah ve kokan çamur, aşırı köpüklenme, sıyrıcıların arızalanmasına, çamur toplama çukurları, çamurların sertleşmesi, süspansiyon maddelerin çökelememesi olarak sayılabilir.

2.2 Biyolojik Arıtmada Karşılaşılan Problemler

Nüfusun hızlı artışı ve endüstriyelleşme sonucunda, üretilen atık sular doğanın özümleyebileceği miktarı aşmış ve alıcı ortamları kirlenme tehlikesi ile karşı karşıya bırakmıştır. Doğadaki ekolojik dengeyi olumsuz yönde etkileyebilecek ve diğer faydalı kullanımları engelleyecek bu durumu önlemek için atıkları uzaklaştırmadan önce arıtma zorunluluğu doğmuştur. Bu da biyolojik arıtmayı ön plana çıkarmıştır. Atık sulara tabi tutulacak arıtma derecesi atık suların özelliklerine bağlı olduğu kadar arındıktan sonra verilecekleri ortama da bağlıdır.

Atıksularda yer alan organik kirleticileri uzaklaştırma amacı ile kullanılan en yaygın yöntem olan biyolojik arıtmada karşılaşılan problemlerin çoğu işletme parametre seçimine dikkat edilmemesi ve arıtma sonrası oluşan fazla çamurun işlenmesi sırasında meydana gelen sorunlardan oluşmaktadır.

2.3. Aktif Çamur Havuzlarında Karşılaşılan Problemler

Bu havuzlarda görülen en büyük işletme sorunu yetersiz çözünmüş oksijen miktarı ve yüksek çamur

konsantrasyonu ve şişkin çamur oluşumudur. Yetersiz oksijenin nedeni ya sisteme fazla organik yük girişinden ya da havalandırma sistemindeki arızalardandır.

Küçük tesislerde en çok karşılaşılan neden enerji tasarrufu sağlamak için ya da gürültüden rahatsız olunduğu için blowerin uzun süreler kapalı tutulmasıdır. Bir diğer problem ise bazı endüstriyel atık sularda azot veya fosfor eksikliğinden dolayı istenilen çamur konsantrasyonuna ulaşılmamasıdır. Bu tür problemler; çamurun terfi, taşınma, yoğunlaştırma, ıslah, çürütme ve boşaltma gibi aşamalarından kaynaklanan sorunlardan oluşmaktadır.

2.3.1 Çamurun Terfi Edilmesi

Çamurun bir üniteden diğer bir üniteye nakli tasfiye tesisinin en önemli işlerinden birisidir. Sistem ne kadar güzel projelendirilirse projelendirilsin pompa veya pompa parçalarından ileri gelen mekanik sorunlar ile proses sorunları bu aşamada problem oluşumuna sebep olabilmektedir. Oluşabilecek en yaygın problemlerden biri aşırı pompaj olayıdır. Bu problem, pompanın emme borusunun uzun olmasından veya emme yük kayıplarının fazla olmasından kaynaklanır. Bu durum çamur yoğunlaştığı zaman meydana gelir. Bir diğer pompaj problemi olan aşınma ise genellikle Plunger tipi pompalar da piston gömleği ile silindir arasında oluşur. Aşınmalar arttıkça pompada meydana gelen sızıntılar da artar.

2.3.2 Çamurun Yoğunlaştırılması ve Islahı

Koyulaştırma ve konsolidasyon tanklarının işleyişi çamurun türüne ve katı madde içeriğine bağlıdır. Uzun süre bekletilmiş bir çamur yoğunlaştırma işlemi için uygun değildir ve dolayısıyla (örneğin yüksek hızla bir aktif çamur tesisinden çıkan malzemede olduğu gibi) yüksek hızlı arıtım proseslerinden elde edilen son çökeltme çamuru genellikle bu işlem için uygun nitelikte değildir. Birlikte çökeltilmiş ön çökeltme- son çökeltme aktif çamuru ile çürütülmüş çamur ise bekleme süresinden etkilenmedikleri için yoğunlaşmaya daha yatkındır. Çamur yoğunlaştırma tankında septik şartların oluşması, yoğunlaştırma üzerine çok kötü tesir yapar. Pek çok sebeplerden dolayı çamur septik hale gelir.

Çamur yoğunlaştırma tankındaki septiklik anaerobik faaliyetten oluşan gazdan anlaşılır. Bu durumda çok fazla rahatsız edici koku meydana gelir, çamurun yoğunlaşması azalır ve fazla katı madde ihtiva eden septik süpernatantın tasfiye tesisi girişine verilmesi tesisin fazla yüklenmesine sebep olur. Çamurun yeterli derecede yoğunlaştırılmaması çamur ile ilgili diğer ünitelerin işletilmesinde olumsuz yönde etki yapar.

2.3.3 Çamurun Çürütülmesi

Çamurun çürütülmesi sırasında oluşan problemler; uçucu asitlerin birikmesi, köpük ve kirin oluşması, gaz üretiminde azalma ve çamur sıcaklığında büyük

dalgalanmalardan dolayı oluşabilir. Uçucu asitlerin birikmesinin sebepleri olarak aşırı organik yüklenme; yüksek hızlı çürütücülerde 6.4, standart hızlı çürütücülerde 2.4 den fazla yüklenme, çürütücüde toksik bileşiklerin birikmesi, kum ve tortu birikmesi, organik yüklemden bağımsız olarak sıcaklığın değişmesi sayılabilir. Çürütücüde çözülme ve parçalanmalar sırasında aktif çamurlar köpük yapıcı maddelerini serbest bırakırlar ve bu maddeler çürütücü gazı ile birlikte yükselerek çürütücü yüzeyinde toplanarak köpük veya kir oluşmasına sebep olurlar. Ayrıca, organik yüklenme hızı azalması veya organik yüklenme hızı belli bir değerden daha fazla artırılması da gaz üretiminde azalmaya sebep olarak çamurun çürütülmesi işleminde problemlere sebep olur. Bunlara ek olarak büyük hacimdeki ince çamuru yüksek hızda çürütücüye pompalamak çürütücü sıcaklığını ani düşürür ve verimi etkiler.

2.3.4 Çamur Kurutma Yatakları

Tamamen çürütülmemiş çamurun kurutma yataklarında suyun alınması güçleşir. Çamurla birlikte deşarj olan madeni ve organik yağlar drenajı ciddi biçimde geciktirir ve bu da sorunlara sebep olarak işlemlerin aksamasına yol açar.

2.4. Stabilizasyon Havuzlarında Karşılaşılan Problemler

Yetersiz işletme verimi ve kötü kaliteli çıkış suyuna sebep olan bu problemler şöyle sıralanabilir.

- Genellikle kabaran sızıda, köpükte veya çamurdaki anaerobik şartlardan ileri gelen kokular, böcek üremeleri.
- Sızma sonucu yer altı suyunun kirlenmesi, dalga tesiri ile logunun iç yüzeylerinde meydana gelen oyulmalar.
- Farelerin ve diğer yabani hayvanların yuvalarının sebep olduğu zararlar
- Yer altı sızmalarını, suyun borulanmasında sorun oluşturabilecek iri ağaçların kökleri ve çevresel sebeplerden dolayı meydana gelen zararlar.
- Ayrıca, projelendirme hatalarından biri olan aşırı yüklenme, lagunlarda bekleme süresini kısaltan geri çevrimler ve düşük sıcaklığın göz ardı edilmesi vb. gibi problemler.

Bunlara ek olarak; endüstriyel atıklar özellikle ağır metalle lagunlarda toksik tesir yaparlar. Bu gibi atıklar lagunlara verilmeden evvel kaynaklarında kontrol edilmelidir. Pestisitler ve ilaç endüstrisinden verilen antibiyotikler gibi bazı organik maddeler toksik etki yaparlar bununla beraber lagunların mikroorganizmasal yapısı bu maddeleri belirli bir süreden sonra, parçalanma ve asimile etme kabiliyetine sahiptir. Besin endüstrisinden atılan karbonhidratlar, organik kimyevi madde imalathanelerinden verilen hidrokarbonlar ve kağıt fabrikalarının bazı selülozik atıkları gibi bazı

endüstriyel atıklar azot veya fosfor veya hem azot hem de fosforca fakir olabilir.

Lagunlarda çamur birikmesi sonucu lagunların etkili hacim ve dolayısıyla da verimi azalabilir. Biriken çamurlar daha ziyade kum ve silt gibi inorganik maddelerden meydana geliyorsa bu durum şehir yol ve alanların iyi drenaj yapılmadığını ve bunun sonucu bu tip maddelerin atık su kanallarına girdiğini gösterir. Aşırı buharlaşma veya zemine sızma sonucu lagunların su seviyeleri düşüyorsa, bu problem çevre yüzey drenaj suları veya çevredeki nehir suyu laguna verilmek suretiyle kısa sürede düzeltilir.

Sıcak havalarda fazla derin sularda, aşırı bulanıklık veya alg büyümesi veya lagunların üzerini kaplayan kir tabakası sebebiyle ışığın penetrasyonu azalır. Bunun sonucu alglerin fotosentetik faaliyetlerini engellediği için oksijen üretimi azalır [15]. Havalandırmalı havuzlarda köpüklenme ve köpüklerin dağılması kuvvetli rüzgarlı havalarda meydana gelir. Köpükler ve aerosoller tesisin dışına kadar taşabilir. Bu mesafeler koku kontrolü tampon bölgesinden daha kısa olduğundan bu maksatla ayrı bir tampon bölge düşünülemez.

Bazı lagunlarda yer altı suyu kirlenmesi söz konusu olabilir. Bundan dolayı lagun yerine karar vermeden evvel bu yerde zemin sızma deneyleri yapılmalı ve projelendirme bu deneylere göre olmalıdır. Lagunda aşırı bir sızma olduğu zaman lagun zeminindeki çatlaklara betonite kili tatbik edilerek zemin sızdırmazlığı temin edilmelidir. Sızıntı küçük çapta ise atık sudaki katı maddeler sızdırmazlığı uzun bir zaman süresinde sağlayabilir. Lagun seddelerindeki sızıntı bitki köklerinden ve yaban hayvanlarının faaliyeti sonucunda meydana gelebilir.

3. ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ (Solution Methods)

Bu bölümde bir önceki bölümde bahsedilen problemlerin çözüm yöntemleri için literatür araştırması yapılmış ve bu konu ile alakalı yönetmelikler incelenerek elde edilen çözüm yöntemleri ve önerileri hakkındaki bilgiler maddeler halinde aktarılmıştır.

- Izgaralar da genelde tıkanma ve mekanik teçhizattan dolayı problemlerle karşılaştığı belirtilmişti. Bu tür problemlerin tespiti için ekipmanın normal çalışıp çalışmadığı gözle kontrol edilebilir ve problem olup olmadığı anlaşılabilir. Tıkanma problemine sebep olan parçalar uzaklaştırılabilir veya mekanik aksanlara zarar verme durumu söz konusu ise uzmanlardan destek alınabilir.
- Kum tutucularda, kanalların tümüyle havayla temas içinde oldukları durumlarda bazı önlemlerin alınması gerekmektedir. Bunlar; kum bölgesi her zaman havalandırılmalıdır, bu alan patlamaya hazır ve aynı zamanda zehirli olarak

kabul edilmeli ve ona göre gerekli önlemler alınarak, operatörlerin korunması için gerekli önlemlerin alınmasının yanı sıra operatörler işbaşındayken düzenli aralıklarla izlenmelidir.

- Çöktürme havuzlarının daha verimli çalışabilmesi için; giriş ve çıkış dalgıç perdelerinden oluşan birikintiler devamlı temizlenmeli bu maksatla basınçlı hava ve ahşap küreklerden faydalanılmalı, biriken yüzücü kirler giderilmeli ve tesisteki kapaklar bakım ve onarım haricinde yerinde tutulmalı gibi hususlara dikkat edilmelidir [15].
- Lagunlarda en çok karşılaşılan besi maddesi eksikliği veya ne tip besi maddesi eksikliği olduğu yapılacak laboratuvar analizleri ile belirlenebilir. Tespit edilen besi maddesi eksikliği az miktarda ise az miktarda evsel atık sular laguna verilmek sureti ile giderilebilir. Büyük miktardaki besi maddesi eksiklikleri kimyasal maddeler laguna ilave edilmek suretiyle karşılanır. Ayrıca, Anaerobik lagunlar, sıcaklık değişmelerine karşı çok hassas oldukları için bu bölgelerde çok soğuk havalarda havuzlar paralel çalıştırılabilir.
- Arıtma tesislerinin önemli bir aşamasını oluşturan biyolojik arıtma aşamasında aşağıdaki hususların dikkate alınmasında yarar vardır [15].
- Arıtmada geçen kinetik sabitlerin değişken olabileceği, bunların çalışma koşulları ve seyrelme ile değişebileceği, işletme parametrelerin buna göre seçilmelidir.
- Reaktör tipinin tam karışma, zehirlilik, şok yüklemeler, mikroorganizma türü, kabarma vb. seyrelme açısından önem taşıdığı dikkate alınarak buna göre seçim yapılmalıdır.
- Biyolojik arıtma kuvvetli atıklar, O₂ yetersizliği, besin (azot, fosfor ve eser elementler) ihtiyacı vb. dikkate alınmalıdır.
- Çamur üretimini en aza indirecek sistemlerin seçilmeli ve çamur kabarması ve çamur yükselmesi gibi olayların dikkate alınmalıdır.
- Aktif çamur havuzlarında; tesiste diffüzör sistemi var ise havalandırma göz ile sürekli kontrol edilmeli ve diffüzörlerde oluşacak tıkanma veya başka arızalar giderilmelidir. Çamur konsantrasyonun mümkünse proje değeri dolaylarında ya da sisteme hakim deneyimli bir kişi tarafından tespit edeceği düzeyde korunması tesisteki verimliliği yüksek seviyede tutacaktır.
- Bazı endüstriyel atık sularda azot veya fosfor eksikliği olabilir. Dolayısıyla istenilen çamur konsantrasyonuna ulaşamaz ve gerekli arıtma yapılamaz. Bu durumlarda tesise azot veya fosfor katkısı yapılmalıdır.
- Havalandırma havuzunda karşılaşılan bazı görsel değişiklerden koyu kahve veya gri (siyahlaşma) renk havuzun yeterince havalanmadığını ya anaerobik koşulların oluştuğunu gösterir. Bu

durumda havalandırma sistemi gözden geçirilmelidir.

- Havuzda kirli köpük görülmeye başlar ise, özellikle tesislerin ilk devreye alındığı günlerdekine benzer, geri devirin ve giriş suyu debisinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Havalandırma havuzundaki mikroorganizma konsantrasyonu azalmış olabilir. Bu tesise şok debilerin geldiğinden ve geri devir oranının yüksekliğinden kaynaklanabilir.
- Çamurun çürütülmesi sırasında;
- Kum uygun aralıklarla eski derinliğine getirilmelidir. Her çamur oluşumunda bir miktar kumda çamurla birlikte gider. Eksilen kumu tamamlamak için temiz, sert kum kullanılır. Daha önce kurutmada etkili olmuş kumun mümkün olduğu kadar benzerini kullanmakta yarar vardır.
- Çürütücü cinsine göre tavsiye edilen organik yükleme değerlerini sabit tutmalıdır. Besleme mümkün olduğu kadar sabit yapılmalıdır.
- Çürütücülerden alınan numuneleri analize gönderilmelidir. Ağır metal konsantrasyonları Na, Ca ve Mg gibi kanyonlar ve sentetik organik bileşikler tespit edilmeli, toksik maddelerinin kaynakları belirlenmeli, etkinliği azaltmak veya yok etmek için tedbir alınmalıdır.
- Kum, katı madde ve çökelekler çürütücünün tabanına toplandığı zaman tesis servisten çıkarılıp temizlenmelidir.
- Kir ve köpük gazifikasyon ile arttığından çamur besleme mümkün olduğu kadar üniform olmalıdır.
- Birikmeyi azaltmak için diğer bir metot; çürütücüden alınan çamuru çürütücünün en üstüne geri devir ettirmektir. Bu suretle köpük ve kirlerin üzerine düşen çamur bunların parçalanıp çamura karışmasını sağlar.
- Çamur çürütücüden kurutucu yatağına giden boruda sıkışmayacak bir hızda boşaltılmalıdır. Çok sıkışmış bir malzeme, bu arada kum, hattın girişinde tıkanmaya neden olarak, çubukla ya da geri püskürtme ile temizlenmeyi gerektirebilir. Genellikle vanalar başlangıçta sonuna kadar ya da sonuna yakın bırakılmalıdır. Akış tam gücüne ulaşır ulaşmaz vanalar normal akış hızını koruyacak ölçüde kapatılmalıdır. Böylece daha hafif ve sulu olan çamurun boru girişime gelmesi önlenecektir.
- Çamur çürütücüden çekildikten sonra borular suyla yıkanarak temizlenmelidir. Bu yalnızca hattın tıkanmasını önlemekle kalmayıp, aynı zamanda boruda kalan çamurdan oluşan gazların oluşturacağı yüksek dahili basıncı da önleyecektir.
- Çamur kurutma işlemi sırasında; yatağa serilen çamurun derinliği 21-26 cm arasında olmalıdır. Elverişli kurutma koşullarında bu derinlikteki iyice çürümüş çamur kolaylıkla su kaybedebilecek ve bir iki hafta içinde yataktan kaldırılabilir duruma gelecektir. Katı madde

içeriği yüksek olan çamur daha düşük bir derinlikte serilmediği sürece ancak üç hafta hatta daha uzun bir sürede aynı duruma gelecektir [15].

- Çamurun terfi edilmesi aşamasında, Pozitif yer değiştirmeli pompalarda, emme yüksekliği 3-3.6 m'den az olursa kapasitede bir azalma olmaz. Şayet bu değerden daha büyük emme yüksekliği meydana gelirse pompalar kapasiteleri kadar debiyi deşarj edemezler. Bu sebepten pompaların daha yüksek hızda çalıştırılmaları gerekir [15].
- Arıtma tesislerinde dikkat edilmesi gereken önemli konulardan biri de hava tesiridir. Özellikle bu durumda lagun çıkış suyu kalitesi bozulabilir. Bu durumda; Lagun derinliğini azaltmak (0.9-1.5 m), atık su kanalına yağmur suyunun girmesini önlemek, lagun yüzeyindeki kir tabakasını sıyrıp almak gibi tedbirler düşünülmelidir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER (Conclusions and Recommendations)

Arıtma tesisi kurulum çalışmalarının titizlikle yapılmaması, verimini olumsuz yönde ciddi bir şekilde etkilemektedir. Arıtma tesislerinde çok pahalı sistemlerin kullanılması her zaman en iyi verimi sağlayamayabilir. Dolayısıyla, pahalı değil; uygun sistemlerin seçilmesinin daha uygun olduğu söylenebilir. Bazen, arıtma tesislerinin çok ileri teknolojilerle donatılması tesisin ekonomik olma özelliğini ortadan kaldırmaktadır. Bu nedenle bu tür pahalı yatırımların sürdürülebilir olmasına dikkat edilmelidir.

Ayrıca, Ülkemizdeki arıtma tesislerinin bir kısmı aşırı verimle çalışmakta, dolayısıyla ekonomik ömrü az olmaktadır. Başka bir ifade ile sürdürülebilir bir yatırım olmaktan çıkmaktadır. Bir kısmı ise istenilen verimi sağlayamamaktadır. Dolayısıyla birim arıtılmış suyun üretim giderleri artmaktadır. Bunun bir nedeni; tesisin işletilmesi ve takibi için gerekli laboratuvar imkânlarının bulunmamasıdır. İkinci neden, yeterli bilgi ve tecrübeye sahip personelin istihdam edilmemesidir. Diğer bir neden ise gerek aşama gerekse ekipman ve enstrumantasyon açısından hatalı seçimlerin yapılmasıdır.

Tespit edilen problemler incelendiğinde bunlardan bir kısmının direkt projelendirme hatası olduğunu ya da tesis operatörünün tesis birimleri arasındaki işleyişi yeterince gözlemleyemeyip doğru yaklaşımlarda bulunmadığını açıkça göstermektedir. Bu yüzden arıtma tesislerini işletenlerin mutlaka özel bir eğitimden geçirilmesi, arzu edilmeyen sonuçların elde edilmesine mani olacaktır.

Bu sorunların aşılması için gerek tesislerini dizayn edenlerin gerekse işletenlerin deneyimli kişi ya da kuruluşlarla birlikte çalışması, çalışmaların yapılabilmesi için ihtiyaç duyulan ekipmanların temin edilmesi ve güncel teknolojiye göre yenilenmesi ve geliştirilmesi gerekir.

KAYNAKLAR (References)

- [1] Üstün, G.E., Solmaz, S.K., 2008, Atıksuların geri kazanımı ve tarımsal sulama için tekrar kullanımının değerlendirilmesi, Su Tüketimi, Arıtma, Yeniden Kullanımı, Sempozyumu.
- [2] Aytek, A. ve Toprak, ZF, 2001, Fresh Water-Saltwater Distribution and Freshwater Potential of Turkey, Proc. International Symposium on Water Resources and Environmental Impact Assessment, 233 - 238, Istanbul, Turkey.
- [3] Toprak, Z.F., Hamidi, N., Toprak, Ş., and Şen, Z., 2013, 'Climatic identity assessment of the climate change', Int. J. Global Warming, 5(1), 30-45 (16). DOI: <http://dx.doi.org/10.1504/IJGW.2013.051480>
- [4] Toprak, Z.F., 2013, A Review on the Longitudinal Dispersion in Channels, Invited Speaker to 2nd International Conference on Hydrology and Ground Water Expo, 26 – 27 August, 2013, Raleigh, NC, USA. The presentation of this work was sponsored by: Scientific and Technical Research Council of Turkey (TUBITAK) and Conference organization.
- [5] Songur, M., Hamidi, N., Toprak, Z.F., and Dabanlı A., 2012, Developing Mathematical Model For Losses in Water Distribution Network by Integration of SCADA, GIS and Customer Information System, 3rd World Conference on Information Technology (WCIT 2012), 14-16 November, Barcelona-Spain.
- [6] Songur, M., Hamidi, N., Toprak, Z.F., and Dabanlı A., 2013, A Case Study on Infrastructure Leakage Index as A Regulatory Tool in the Water Distribution Networks, 3rd International Water Congress and Exhibition (3. Uluslararası Su Kongresi ve Segisi), 21-24 March, Bursa.
- [7] Toprak, Z.F., Toprak, Ş., and Hamidi, N., 2011, Global Climate Changes And Meteorological Identity, The 4th International Symposium- Water Resources and Sustainable Development (CIRED'4), 22 – 23 February, 2011, Algiers-Algeria.
- [8] REPORT of 5th World Water Forum, 2009, 16-22 March, Istanbul-Turkey.
- [9] Mao, G., Hu, H., Liu, X., Crittenden, J., & Huang, N. 2021. A bibliometric analysis of industrial wastewater treatments from 1998 to 2019. Environmental Pollution, 275, 115785.
- [10] Toprak Z.F., Songur, M., Hamidi, N., and Gulsever H., 2011, Determination of Losses in Water-Networks Using a New Fuzzy Technique (SMRGT), 3rd World Conference on Information Technology (WCIT 2012), 14-16 November 2012, Barcelona-Spain.
- [11] Eroğlu. V., 2002, Atıksuların Tasfiyesi, Su Vakfı Yayınları,1. Baskı İstanbul.
- [12] Metcalf & Eddy, 2000, Wastewater Engineering, Treatment Disposal Reuse,. McGraw-Hill International Editions.
- [13] Metcalf & Eddy, 1991, Wastewater Engineering, Treatment, Disposal and Reuse, McGraw-Hill international Editions, Third Edition.
- [14] Muslu, Y., 1998, Çevre Mühendisliğinin Esasları, 1. Baskı, İstanbul İTÜ.
- [15] Syed, R.Q., 1985, Wastewater Treatment Plants, Treatment, Design, and Operation, CBS Publishing Japan Ltd.
- [16] İller Bankası Genel Müdürlüğü, Atık su Arıtma Tesisleri Proses, İşletme ve Bakım El Kitabı, 1989, İller Bankası, U.N.D.P ve W.H.O İşbirliği, TUR/89/01/14; Sempozyum Kitabı, Ankara.
- [17] Environmental Protection Agency, EPA, 2003, Wastewater Technology Fact Sheet, Screening and Grit Removal, 832-F-03-011.
- [18] Çevre, 1996, Atık su Arıtma Tesislerinin İşletilmesi Seminer Kitabı, Çevre Tek. Uyg. Der. Yay., İstanbul.
- [19] Muslu, Y., 1994, Kullanılmış Suların Arıtılması, İTÜ Yayınları, Sayı:1535, İstanbul.
- [20] Krinton, C., 1994, Ön Arıtma Olarak Biyolojik Arıtma, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- [21] Derin, O., Artan, N., 1994, Modelling of Activated Sludge Systems, Technomic Publishing Company.
- [22] Tünay, O., 1996., Çevre Mühendisliğinde Kimyasal Prosesler, İTÜ Yayınları, Sayı: 1582, İstanbul.
- [23] Özçiloğlu, M. M., & Durmuş, B. (2021). İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisleri için Mikro Hidroelektrik Santrali ve LED Aydınlatma Uygulanabilirliği ile Enerji Verimliliği: Gaziantep Örneği. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (21), 555-560.
- [24] Sonune, A., & Ghate, R. 2004. Developments in wastewater treatment methods. Desalination, 167, 55-63.