

Venturilerin Ozon Enjeksiyon Performansının Araştırılması

Yakup CUCİ¹, Mehmet ÜNSAL^{*2}, Hatice Kübra KIRMACI¹

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye.

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye.

ÖZET: Bu çalışmada, 0,50 daralma oranına ve farklı uzunluklara sahip venturi havalandırıcıların ozon enjeksiyon performansı incelenmiştir. 0,50 daralma oranına sahip venturi havalandırıcı sisteme eklenerek, hava giriş oranı performansları ve suya ozon enjeksiyonu amaçlı kullanımı sırasındaki verimlilikleri araştırılmıştır. Venturilerin daralan boğaz bölgelerine açılan hava deliğinden hava hızı ölçümlerinin ardından, bu deliklerde oluşan atmosfer basıncından daha düşük basınç etkisiyle, ekstra güç kullanmadan suya ozon gazı enjeksiyonu gerçekleştirilmiştir. Venturiden sonra sisteme eklenen 25, 50 ve 75 cm uzunluğundaki borular ile 0,50 daralma oranına sahip venturinin suya ozon gazı enjeksiyonu sırasındaki performansları belirlenerek birbirleri ile kıyaslanmıştır. Yapılan ölçümler ve hesaplamalar sonucunda, 0,50 daralma oranına sahip venturinin suya ozon enjeksiyonunda oldukça verimli ve etkili olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak venturi havalandırıcıların suya ozon gazı enjeksiyonunda verimli şekilde kullanılabileceği gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ozon, ozon enjeksiyonu, venturi, havalandırma

Investigation Performance Of Venturi In Ozone Injection

ABSTRACT: In this study, it was aimed investigation of solubility performance of ozone gas in water with venturi tubes that having different constriction rates and lengths. Venturi having 0.50 range of constriction were added to construction and yield of performance of range of air into system and ozone injection to tap water were examined. Ozone injection was provided without extra effort due to occurring a nozzle that makes negative pressure on venturi at getting thin of the tube. After velocity of air was measured in the nozzle hole ozone gas were injected to the system. In exact flow rate, it was compared when ozone injected into tap water for each 25, 50 and 75 cm length tubes being added to system and having different range of constriction. The relation between the Reynolds number and dissolved ozone concentration was obtained. In result of measurements and calculations, it was observed that venturi having 0.50 range of constriction was effective in dissolved ozone into water.

Keywords: Ozone, ozone injection, venturi, aeration

1. GİRİŞ

1.1. Ozon

Artan canlı nüfusuna karşın su kaynaklarının sınırlı olması su arıtımının önemini artırmaktadır. Suların arıtılmasında çeşitli yöntemler ve kimyasallardan yararlanılmaktadır. Bu amaçla kullanılan kimyasal maddelerden bir tanesi de ozon gazıdır.

Kısa sürede, hiçbir atık bırakmadan ana hammaddesi olan oksijene dönüşen ozon gazı, bu özelliğinden dolayı su dolmuş tesislerinde zehirli kimyasallar ihtiva eden atık sularda etkili bir dezenfeksiyon sağlarken, insan ve doğa için koruyucu bir görev üstlenmektedir. Su dezenfeksiyonunda ozonun kullanımı sayesinde sudaki bulanıklık giderilebilmekte, ağır metaller uzaklaştırılabilmekte ve suda bulunan organik maddeler temizlenebilmektedir. Bulanıklığı giderilmiş ve

filtrelenmiş suların dezenfeksiyonu için ise 0.5-1 mg/L arası ozon yeterlidir [1].

Ozon yapısında üç oksijen atomu bulunan ve oksijenin allotropu olan bir gaz molekülüdür. Normal sıcaklıklarda açık mavi renkli olan gaz, keskin ancak hoş olmayan bir kokuya sahiptir. Ozon kararsız bir yapıya sahip olduğundan dolayı, oksijen gazı oluşturacak şekilde kısa sürede bozunur. Bu bozunma, sıcaklığa ve ortamda bir katalizör bulunmasına bağlı olarak artar. Ozon gazının genel özellikleri Tablo 1-1'de görülmektedir.

Gaz formunda kullanımından ileri gelen atıksuyun hacmini artırmama ve çamur meydana getirmeme, ozonun en büyük avantajları arasında yer almaktadır. Ayrıca, ozon suda tat ve koku bırakmamaktadır. Ozonla temizlenmiş su klor gibi gözleri yakıp tahriş etmemektedir. Ozonlu su ile temasta, saç veya elbise rengi bozulması gibi bir etki de görülmemektedir [2].

Ozon en etkili olarak Avrupa ve Amerika'da içme suyu dezenfeksiyonunda kullanılmaktadır. Çoğu şişelenmiş su ve bunlara ait cihazlar, kuyu suları ozonla dezenfekte edilmektedir. Ayrıca atık su ve toksik atıkları temizlemede, havuzlara hayat vermede, otel odalarında, gemilerde, arabalarda sigara veya yangından hasar görmüş yapıları temizleme ve kokuları gidermede, şahsı-ticari havuz ve kaplıcalarda, et kombinelerinde oluşan bakteri deaktivasyonunda, hayvan çiftliklerinde, tekstil yıkama makinelerinde (deterjan kullanımını azaltmaktadır), ortamların hava yolu ile temizlenmesinde, kokuların giderilmesinde, sağlık ve kozmetik sektöründe, terapi ve steril amaçlı olarak ayrıca kan yıkamada ozon kullanılmaktadır [3].

Tablo 1-1 Ozon gazının genel özellikleri [4] (General features of ozone gas)

Özellik	
Molekül ağırlığı	48 g/mol
Sudaki çözünürlüğü	1,09g/L(0°C),
Donma noktası	0,57g/L(20°C)
Kaynama noktası	-192,5 °C
Kritik sıcaklık	-111,9°C
Kritik basınç	-12,1°C
Isı kapasitesi (gaz)	54,6 atm
Buharlaştırma ısısı	33,3 j/g.mol°C, -173°
Yükseltgenme potansiyeli	C
Absorbsiyon dalgaboyu	15,19kj/mol,-112° C
Renk	2,07 V (asidik), -
Test	1,24V (bazik ortam)
	2537Angström
	Açık mavi
	Keskin, taze, hoş
	olmayan, sert

Ozon tekstil atıksularının arıtılmasında kullanılan kimyasal oksidasyon maddelerinden biridir. Ozonlama ile suda çözünmeyen dispers boyalar dışındaki bütün boyaların rengi giderilebilir. Fakat ham tekstil atık suyunda ozonlama yeterince verimli olmadığından dolayı son uygulama olarak veya en azından kimyasal koagülasyonu takiben kullanımı daha verimli olur. Ozonlama sonucunda kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) çok azalır ve biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) artar. BOİ/ KOİ oranı biyobozunabilirliğin bir göstergesidir ve ozonlama sonunda bu oran artmakta, yani atık suyun biyobozunurluğu yükselmektedir [5]. Çıkış sularının ozonlandıktan sonra tekrar kullanılabilmesi arıtım tesisi için kimyasal madde ve su tasarrufu sağlamaktadır [6].

Ozon, su arıtımında kullanılan diğer oksidanlara oranla çok daha kuvvetli bir etkiye sahiptir. Diğer dezenfektanlara göre daha iyi ve hızlı sonuç vermektedir. Tek kademe ozonlama ile iki kademe klorlamadan daha iyi sonuç elde edilebilmektedir. Ozon ile dezenfeksiyon sırasında, ozon klor gibi suyun pH'sından ve NH₃ mevcudiyetinden etkilenmez. Ozona dayanıklı bir mikroorganizma çeşidi olmadığı için suda bakiye ozon tam bir dezenfeksiyonun ispatıdır.

Ozon gazı reaksiyona gireceği madde, bakteri, virüs vs. olmadığı tamamen steril olmuş yerlerde dahi bozularak oksijene dönüşür. Ozon gazı bu nedenle depolanamaz, kullanılacağı yerde üretilmeli ve zamanında uygulanmalıdır.

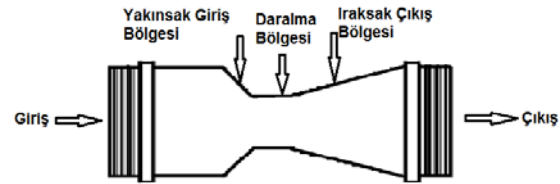
Bugün sadece Fransa'da 70 kadar kentin içme suları ozonla dezenfekte edilmekte, dünya genelinde ise yaklaşık 1000 adet içme suyu arıtma tesisinde ozon kullanılmaktadır. Ozon suda az çözündüğünden, oksijen ve hava içeren ozon kabarcıklarının su ile iyi temas ettirilmesi gerekmektedir [7]. Çalışmada, bu amaçla kullanılacak etkili bir sistem olan venturi havalandırıcıların suya ozon enjeksiyonundaki performansı araştırılmıştır.

1.2. Venturi

Venturi aygıtı, bir boru boyunca deşarj edilen akışkan akımının debisini ölçmek için uzun yıllardan beri kullanılan bir aygıttır. Boru içindeki akışkan akımının hızını artırmak için girişteki boru kesitinden daha küçük kesit alanına sahip bir boğaz bölgesinde daralma yapılmıştır (Şekil 1-1).

Venturi akışkanın hızını artırarak statik basıncının azalmasını sağlayan bir yapıdır. Yapısal özelliği sayesinde, dar kesit ve giriş konisi arasında uygun basınç farkı oluşturularak akışkanın hız ve debi değişimlerinin incelenmesine imkan vermektedir.

Venturiler, yuvarlak profili olan, daralan bir kısım ile buna bağlı silindirik şeklinde bir boğaz ve konik olarak genişleyen kısımdan meydana gelmektedir. Venturi aygıtı giriş silindiri, giriş konisi, silindirik dar kesit ve çıkış konisi olmak üzere dört bölümde incelemek mümkündür [8].



Şekil 1-1 Venturi aygıtının genel görünümü (General view of venturi)

Venturinin içerisinden akışkan geçerken daralma bölgesinde akışkanın hızı artmakta, buna bağlı olarak bu bölgede negatif basınç oluşmaktadır. Oluşan bu atmosfer basıncından düşük basınç sayesinde vakum etkisi meydana gelmektedir. Bu vakum etkisinden yararlanılarak, ekstra güce ihtiyaç duyulmadan akışkana sıvı veya gaz madde enjeksiyonu gerçekleştirilebilmektedir.

Venturiler her türlü maddeden yapılabileceği gibi; genellikle cam, pleksiglas (mika), pirinç ve bronzdan yapılmaktadır. Büyük ölçekli venturiler dökme demirden yapılabilir fakat giriş konisi ve dar kesit pirinç, bronz veya paslanmaz çelikle kaplanmalıdır [8].

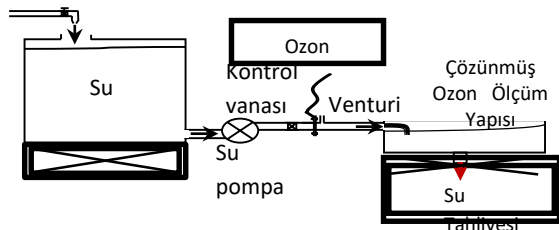
İçme suyu ve atıksu tesislerinin havalandırma ünitelerinde kullanılan klasik havalandırıcılara göre venturi aygıtı ile havalandırma daha verimli, daha ekonomik ve işletimi daha kolay olmaktadır [9]. Su-atıksu teknolojilerinde kullanılan havalandırma ünitelerinde venturi kullanılması durumunda havalandırma verimi 1,9 kat artmaktadır [10].

Venturiler kullanım amaçlarına göre çok çeşitli çap oranları ve imalat özelliklerinde üretilebilmektedir. Ayrıca, hareketsiz parçalardan oluşması, bakım ve işletiminin kolay olması, ilk yatırım maliyetinin düşük olması, sistemde enerji tasarrufu sağlaması ve yüksek sıcaklıklara dayanıklı olması nedeniyle mühendislik uygulamalarında çeşitli kullanım alanlarına sahiptir. Mühendislik alanında kullanımı genellikle ziraat mühendisliğinde sulama sistemlerine sıvı gübre ve ilaç enjeksiyonu, makine mühendisliğinde sisteme hava ve yağ enjeksiyonunda, inşaat ve çevre mühendisliğinde ise bacalarda kirli hava vakumlanması ya da sıvıya gaz veya sıvı enjeksiyonu amacıyla gerçekleştirilmektedir [11-12]. Suların klor ve ozon gazı ile dezenfekte edilmesinde kullanım alanına sahiptir. Ozon gazı suda az çözüldüğü için ozonun suyla homojen ve etkili şekilde karışmasını sağlamak amacıyla venturilerden yararlanılabilmektedir [13].

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada 0,50 daralma oranına ve farklı uzunluklara sahip venturiler kullanılarak ozon gazının sudaki çözünürlüğü araştırılmıştır. Deney düzeneği Şekil 2.1'de görülmektedir.

Çalışmada şebeke suyu kullanılmıştır. Sisteme suyun temini için su deposu, suyun depodan venturiye iletilmesi için su pompası, istenilen debi değerlerinin ayarlanmasında kontrol vanası ve elektronik debimetre, ozon gazının temini için ise ozon jeneratörü kullanılmıştır.

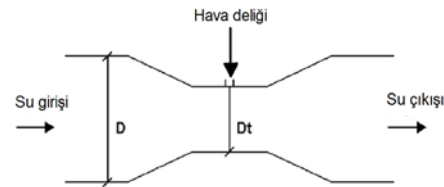


Şekil 2.1 Deney düzeneğinin şematik gösterimi

Deneylere 0,50 daralma oranına sahip venturinin sisteme eklenmesi ve hava emme performanslarının ölçülmesiyle başlanmıştır. Sistemde, deneylerde kullanılacak suyu temini amacıyla su tankına dışarıdan sürekli su girişi sağlanmış ve tank doldukça akım bağlanmıştır. Su tankındaki şebeke suyunun çözünmüş ozon konsantrasyonu ölçümü gerçekleştirilmiş ve suyun ozon ihtiva etmediği gözlenmiştir. Su tankından çıkan su için kontrol vanası ve su pompası yardımıyla belirlenen debiler elektronik debimetre ile okunmuştur. Buradan venturi havalandırıcılara gelen suyun, venturi hava

deliğindeki anlık hava hızı ölçümü (m/sn) gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bu hava deliğinden ozon jeneratörü vasıtasıyla üretilen ozon gazının sisteme enjeksiyonu sağlanmıştır. Her deney setinde çıkış suyu ozon konsantrasyonu (mg/L) ölçümü gerçekleştirilmiştir.

Deneylerde kullanılan venturi, giriş ve çıkış çapı 28 mm, hava deliği çapı ise 5 mm olarak üretilmiştir. Venturi boğaz bölgesi çapı (Dt), giriş ve çıkış çaplarının (D) 0,5 katı olarak alınmıştır. Bu durum Dt/D=0,5 olarak ifade edilmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Venturinin şematik görünümü (The schematic view of venturi)

Deneyler yapılırken venturi çıkış ucuna venturi ile aynı çapta borular eklenmiştir. Deney düzeneğinde ilk olarak venturilerden sonra önce hiç boru eklemesi olmadan (L=0 cm) sonra farklı uzunluklara sahip (L=25, 50 ve 75 cm) boruların venturiden sonra sisteme eklenmesiyle hava emme performansı ve çözünmüş ozon değerlerinde meydana gelen değişiklikler incelenmiştir.

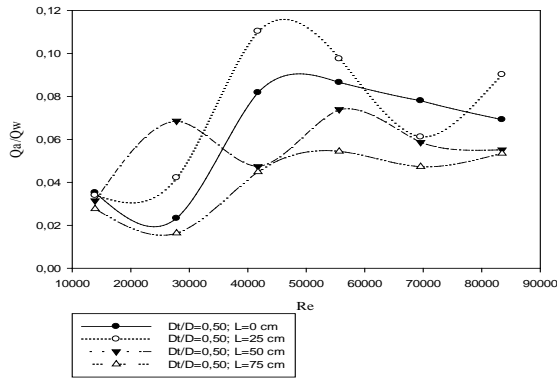
Çalışma sonucunda, Reynolds sayısı (Re) ile hava debisinin su debisine oranı (Qa/Qw) arasındaki ilişki ve Re ile çözünmüş ozon konsantrasyonu (mg/L) arasındaki ilişki incelenmiştir.

3. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Hava enjeksiyon sonuçları

Ozon gazının çözünürlük performansından önce, farklı daralma oranlarına sahip venturiler için farklı uzunluklarda oluşan hava emme performansları incelenmiştir. Bu amaçla hava debisinin su debisine oranı (Qa/Qw) ile Reynolds Sayısı (Re) arasındaki ilişki grafiksel olarak ifade edilmiştir.

Daralma oranı 0,50 olan venturinin farklı uzunluklarda hava girişi performansı Şekil 3.1'de görülmektedir. Bu venturi için en iyi hava girişi, boru boyunun 25 cm olduğu durumda, daha sonra ise boru boyunun 0 cm olduğu durumda gözlenmiştir. Boru boyunun artmasıyla (L=75 cm) hava girişi performansında düşüş meydana gelmiştir.



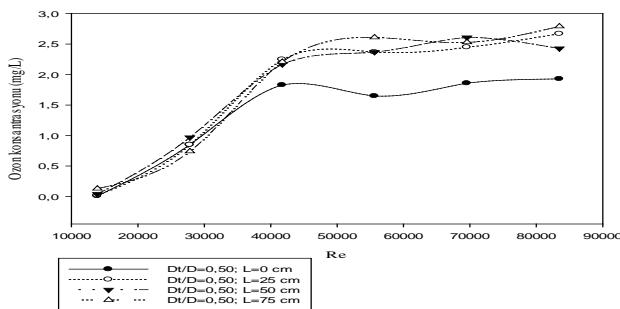
Şekil 3.1 $D_t/D=0,50$ için farklı uzunluklarda Reynolds sayısı ile hava giriş oranının (Q_a/Q_w) değişimi

Daralma oranı 0,50 olan venturide tüm boru boylarında; farklı debi değerleri için Re sayısının artışına paralel olarak hava giriş oranlarında da belirli bir noktaya kadar artış olduğu, Re sayısı 40000-50000 değerleri arasında iken hava giriş oranı maksimuma ulaşmış sonra düşüşe geçmiştir.

3.2. Ozon Enjeksiyon Sonuçları

0,50 daralma oranına sahip venturi havalandırıcı için elde edilen çözünmüş ozon konsantrasyonu değerleri grafiksel olarak ifade edilmektedir. En yüksek çıkış ozon konsantrasyonu 2,77 mg/L ile boru uzunluğunun 75 cm olduğu durumda, daha sonra ise 2,71 mg/L ile boru uzunluğunun 25 cm olduğu durumda gözlemlenmiştir.

Re sayısında meydana gelen artışa paralel olarak, çıkış suyu ozon konsantrasyonunun arttığı gözlemlenmiştir. En yüksek çözünmüş ozon konsantrasyonu 75 cm uzunlukta gözlemlenmiştir (2,8 mg/L). Boru boyundaki azalmayla birlikte çözünmüş ozon konsantrasyonunda azalma gözlemlenmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 $D_t/D=0,50$ için Reynolds sayısı ile çözünmüş ozon konsantrasyonunun (mg/L) değişimi

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada 0,50 daralma oranı ve farklı uzunluklara sahip venturinin hava giriş oranı ve ozon çözünürlüğü verimine etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Bu incelemede, etkili olan faktörler venturi boyunun uzunluğu ve venturi daralma oranıdır. Hava girişi ve ozon çözünürlüğü ile ilgili çalışmanın sonuçları aşağıda değerlendirilmiştir.

Hava girişi sonuçları:

0,50 daralma oranına sahip venturide en yüksek hava giriş oranı 25 cm uzunlukta gözlemlenmiştir. Uzunluğun az olduğu durumlarda daha iyi hava giriş performansı elde edilmiştir. Boru boyunun artmasıyla hava girişi performansında düşüş meydana gelmiştir.

Ozon enjeksiyonu sonuçları:

Ozon gazı enjeksiyonunda, venturiden sonra sisteme eklenen boru boylarının artmasıyla ozon enjeksiyon veriminin arttığı gözlemlenmiştir. Bunun nedeni, venturiden sonraki uzunluğun artmasıyla ozonun suyla karışabileceği su temas süresinin de artmasıdır. Venturi hava deliğinden sonraki uzunluğun akışkana ozon gazı enjeksiyon verimini etkileyen önemli bir faktör olduğu söylenebilir.

5. KAYNAKLAR

- [1]. Akçay, M. U., Ozon ve Biyofiltrasyonla Doğal Organik Madde Giderimi ve Dezenfeksiyon Yan Ürünleri Oluşum Potansiyellerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
- [2]. Von Gunten, U., Ozonation of Drinking Water: Part I. Oxidation Kinetics and Product Formation., Water Research, 37, 1443-1467, 2003.
- [3]. Çağdaroğlu, Ç., Farklı Seviyelerde Ozon Kullanımının Erzurum İli İçme Suyunun Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011.
- [4]. Atgüden, A., İçme Sularının Ozonla Dezenfeksiyonunun Mikrobiyal Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
- [5]. WU, J. and Wang, T., "Ozonation of Aqueous Azo Dye in a Semi-Batch Reactor", Water Research., 35(4):1093-1099, 2001.
- [6]. Perkins, W.S., Walsh, W.K., Reed, I.E. and Nambodri, C.G., "A Demonstration of Reuse of Spent Dye bath Water Following Color Removal with Ozone", Textile Chemist and Colorist, 28(1): 31-37, 1995.
- [7]. Oğuz, E. ve Çelik, Z., "Suların Ozonlanmasındaki Gelişmeler", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt:7, Sayı:3, 367-372, 2001.
- [8]. Kuş, R., Venturi Tüpü Tasarımı ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1997.
- [9]. Kaya, T., Farklı Tip Venturi Savaklarında Hava Giriş Oranlarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
- [10]. Bağatur, T. ve Baylar, A., "Venturi Aygıtının Çok Amaçlı Kullanılması", I.Türkiye Su Kongresi, İstanbul, Cilt 2, 431-438, 8-10 Ocak 2001.
- [11]. Özkan, F., Basınçlı Su Borularında Hava İletimi ve Oksijen Transferinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.

- [12]. Tuncay, Ö., Venturimetrelerde Sıvı Enjeksiyon Verimini Etkileyen Parametrelerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.
- [13]. Kırmacı, H. K., Venturi İle Ozon Enjeksiyonu, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013.