

## Dezenfeksiyon ünitesi risk analizi: içme suyu arıtma tesisi

### Risk analysis in disinfection unit: drinking water treatment plant

Cihan Özgür<sup>1,\*</sup> 

<sup>1</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sütçüler Prof. Dr. Hasan Gürbüz Meslek Yüksekokulu, 32950, Isparta Türkiye

#### Özet

Bu çalışmada içme suyu arıtma tesisi dezenfeksiyon ünitelerinde meydana gelebilecek tehlike ve tehlikelerin doğal sonucu olarak ortaya çıkan risk faktörlerinin, risk analizi ve risk değerlendirme çalışması gerçekleştirilmiştir. İçme suyu arıtma tesislerinde, kaynak olarak kullanılan su kütlelerine göre farklı prosesler uygulanmaktadır. Ülkemizde ve dünya genelinde en yaygın kullanılan dezenfektanlar klor, kloramin ve ozondur. Ülkemizde atıksu arıtma tesislerinde gerçekleştirilmiş risk analizi çalışmaları mevcuttur ancak içme suyu arıtma tesislerinde özellikle dezenfeksiyon ünitelerinde gerçekleştirilmiş bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada içme suyu arıtma tesisi dezenfeksiyon ünitelerinde çalışma ortamından, dezenfektan türünden ve çalışanlardan ileri gelen riskler belirlenmiştir. Tüm riskler 5x5 matris risk analiz yöntemine göre yorumlanmıştır. Dezenfeksiyon ünitelerinde temel sorun kişilerin yetersiz eğitim alması, uygun kişisel koruyucu donanım kullanılmaması ve dezenfektan maruziyeti olduğu tespit edilmiştir. İşçilerin bilinçlendirilmesi ve düzenli aralıklarla verilecek eğitimlerle dezenfeksiyon ünitelerinin hem işçi hem de ortam sağlığı açısından oldukça güvenilir bir yer olması kaçınılmazdır.

**Anahtar kelimeler:** Dezenfeksiyon, İçme suyu, İş sağlığı ve güvenliği, L matris, Risk analizi

#### Abstract

In this study, risk analysis and risk assessment study of risk factors arising as a natural result of hazards and hazards that may occur in disinfection units of drinking water treatment plants were carried out. Different processes are applied in drinking water treatment plants according to the water bodies used as sources. The most widely used disinfectants in our country and worldwide are chlorine, chloramine and ozone. There are risk analysis studies carried out in wastewater treatment plants in our country, but there is no study carried out in drinking water treatment plants, especially disinfection units. In this study, the risks arising from the working environment, disinfectant type and employees in the drinking water treatment plant disinfection units were determined. All risks were interpreted according to the 5x5 matrix risk analysis method. It has been determined that the main problem in disinfection units is the inadequate training of people, the use of appropriate personal protective equipment and the disinfectant exposure. It is inevitable that disinfection units will be a very reliable place in terms of both worker and environmental health with trainings to be given at regular intervals.

**Keywords:** Disinfection, Drinking water, L matrix, Occupational health and safety, Risk analysis

#### 1 Giriş

İnsanlar için içilebilir su, yüzeysel su kaynaklarından, doğal su kaynaklarından ve yeraltı sularından sağlanmaktadır [1]. Artan çevre kirliliği ile birlikte var olan su kaynaklarının kirlenmesi, su kaynaklarının arıtma proseslerine tabi tutulduktan sonra son tüketiciye ulaştırılmasına neden olmaktadır. Su kaynaklarının içerdiği kirlilik miktarına göre, farklı arıtma proseslerinin kullanılması ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Ancak suların kirlilik düzeyi ne olursa olsun tüm su kaynakları içme suyu şebekelerine verilmeden önce dezenfeksiyon prosesine maruz kalmalıdır [2].

İçme suyu kaynaklarının fiziksel, kimyasal ve biyolojik karakterizasyonu sonrası, suyun tipolojisine göre farklı su arıtma prosesleri uygulanmaktadır. Su karakterine göre su kaynakları üç farklı sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar sadece fiziksel arıtmanın uygulandığı (A1) su sınıfı, konvansiyonel arıtma proseslerinin uygulandığı (A2) su sınıfı ve ileri arıtma proseslerinin uygulandığı (A3) su sınıfıdır [3]. Tüm su sınıflarında uygulanan son proses dezenfeksiyondur. İçme suyu dezenfeksiyonunda klor, kloramin, ozon, UV ışınları en yaygın kullanılan dezenfektanlardır [4].

Özellikle klor kullanımı ile birlikte içme suyu arıtma tesislerinde birçok tehlikenin ortaya çıkması söz konusudur ve bu yüzden dezenfeksiyon ünitelerinde risk analizi hazırlanmalıdır [5]. İş Sağlığı ve Güvenliği Risk

Değerlendirmesi Yönetmeliği'ne (2012) göre tehlike "işyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek, çalışanı veya işyerini etkileyebilecek zarar veya hasar verme potansiyeli" şeklinde ifade edilmektedir [6]. İlgili yönetmeliğe göre hem çalışan hem de toplum sağlığı açısından içme suyu arıtma tesisi risk analizi yapılması gereken önemli iş kollarından biridir. Ülkemizde birçok sektörde hazırlanmış risk analizi çalışmaları mevcuttur. Ancak içme suyu arıtma tesislerinde gerçekleştirilen bir risk analizi çalışması mevcut değildir. Özellikle dezenfeksiyon ünitelerinde meydana gelebilecek kazalar büyük tehlikeler yaratabilecek kazalar olabileceği gibi aynı zamanda ölümcül sonuçlar meydana getirebilecek türdedir.

Klor dünya geneli içme suyu arıtma tesislerinde ve dağıtım şebekelerinde en fazla kullanılan dezenfektan türüdür [7-11]. Klor ucuz olması ve kolay işletilebilir olması açısından tercih edilmektedir. Halk sağlığı açısından patojen öldürme potansiyeli göze alındığında klor çok etkili bir dezenfektandır. Klor içme suyu arıtma tesislerinde gaz klor olarak kullanılması durumunda arıtma tesislerinin kapasitelerine göre seçilmektedir (50-500-1000 kg). 50 kg'lık tüpler dikey konumda, 500 kg ve 1000 kg'lık tüpler ise yatay konumda ve yuvarlanmayı engelleyecek şekilde depolanmaktadır [12]. Sodyum hipoklorit ise sıvı halde bulunan ve %12-15 aktif klor içeren bir klor kaynağıdır. Hem gaz halde hem de sıvı halde kullanılan klor kaynakları,

\* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: cihanozgur@isparta.edu.tr (C. Özgür)

Geliş / Received: 21.05.2020 Kabul / Accepted: 09.10.2020 Yayınlanma / Published: 15.01.2021

doi: 10.28948/ngumuh.741014

suya ihtiyacı olan konsantrasyonlarda klorinatörler vasıtasıyla verilmektedir. Klorinatörler küçük tesislerde tüp üzerine veya duvara monte edilirken, büyük tesislerde ise tüp/tank odasından ayrı bir odada monte edilmektedir. Klor tesisi tüm gerekli vakum vanaları, gaz girişleri, emniyet delikleri, çözelti nakil hatlarıyla donatılıp, sıvı klor gazının klorinatöre girmesini önlemek için sıvı klor kapanı kullanılmaktadır. Katı klor kaynağı olarak kalsiyum hipoklorit ( $\text{Ca}(\text{OCl})\text{Cl}$ ) (kireç kaymağı) kullanılmaktadır. Katı klor içerisindeki klorun uçup gitmemesi için karanlık ve kuru yerlerde kapalı bidonlarda korunmalıdır.

Kloramin klordan 200 kat daha az etkili bir dezenfektandır ve arıtma tesislerinde ön dezenfektan olarak kullanılmaktadır. Birincil (ön) dezenfektan olarak kloramin seçilmesi durumunda maksimum limit olan 4 mg/L'nin insan sağlığı için bir risk teşkil etmediği bilinmektedir [13]. İçme suyu arıtma tesislerinde kullanılan bir diğer dezenfektan ise ozon ( $\text{O}_3$ )'dur. Ozon son derece kararsız bir yapıda olduğundan uygulanacağı yerde üretilmektedir. Ozon su arıtma tesislerinde sadece birincil (ön) dezenfektan olarak kullanılmaktadır ve muhakkak bakiye dezenfektan olma özelliği olan bir başka dezenfektanla birlikte kullanılmalıdır. Ozon toksik, mavimsi, kararsız, patlamaya eğilimli ve bitkiler ve hayvanlar üzerinde zararlı etkilere sahip olan bir gazdır. Ozon gazı alçak basınç, orta basınç ve yüksek basınçlı sistemlerden üretilmektedir. Konvansiyonel alçak basınçlı gaz hazırlama sistemleri; birinci filtre, basınçlandırma ünitesi, soğutuculu kurutucu, nem alıcı kurutucu ve ikinci filtreden oluşmaktadır. İlk filtreler gazdaki tozu, oksitlenmiş metal parçalarını ve diğer hava ile taşınan partikülleri tutmaktadır. İkinci filtre ise nem alıcıların tozunu tutar. Besleme gazı basınçlandırması alçak basınçlı sistemlerde blower, yüksek basınçlı sistemlerde ise kompresör ile yapılmaktadır. Gaz hazırlama sistemi boruları çelik, dikişsiz bakır, paslanmaz çelik veya galvanizli çelik olmalıdır ve sistemdeki maksimum basınca dayanıklı olacak şekilde tercih edilmelidir.

Risk analizi, iş kazaları ve meslek hastalıklarının ortaya çıkmasına neden olan faktörleri belirleyerek, görünmeyen tehlikelerin ortaya çıkmasını engelleyen bir kurallar bütünüdür. Risk analizi hazırlamanın çalışma ortamında yazılı talimatların oluşması, yazılı politikaların belirlenmesi, çalışanların iş sağlığı ve güvenliği konularında bilgi sahibi olmalarının sağlanması, çalışma ortamında tehlikelerin ve alınması gereken tedbirlerin belirlenmesi, güvenlik tedbirlerinin ve güvenlik bilincinin gözden geçirilmesine olanak sağlaması ve çalışma ortamı için gerekli düzeltici ve önleyici faaliyetlerin gerçekleştirilmesi ve tehlikelerin ortadan kaldırılması için yararları bulunmaktadır [14].

İçme suyu arıtma tesislerinde dezenfektan olarak kullanılan klor, kloramin ve ozon gibi kimyasalların, canlılar ve insanlara maruziyeti neticesinde sağlık üzerinde olumsuz etkiler yarattığı bilinmektedir. Benzer şekilde klor tanklarından ve ozon jeneratörlerinden ileri gelebilecek tehlikeler de bilinmektedir. Risk analizi uygulamalarının işletmeler ve çalışanlar üzerinde olumlu etkileri olduğu gibi, uygulama esnasında birçok problem de meydana gelebilmektedir. Risk analizi sonuçları çoğu zaman objektif değil sübjektiftir. Kalitatif risk analizinde risk sayısal veriler

yerine sözel tanımlarla ifade edilmektedir. İşletmeye uygun doğru risk analizi yönteminin belirlenememesi neticesinde işletme hem zaman hem de maddi kayıplar yaşayabilmektedir. Tüm işletmelerde farklı tehlikeler mevcut olduğundan her işletmeye adapte olan bir risk analizi metodolojisi mevcut değildir. Son olarak risk analizini gerçekleştirecek personelin tecrübesi risk analizi sonucunu etkileyebilmektedir [15].

Bu çalışmada da içme suyu arıtma tesislerinde özellikle dezenfeksiyon ünitelerinde kullanılan dezenfektanlardan ileri gelebilecek riskler belirlenmiş, olasılık ve şiddetleri de analiz edilmiştir. Tüm içme suyu arıtma tesislerinde uygulanması zorunlu olan dezenfeksiyon prosesi üzerine gerçekleştirilen risk analizinin bu alanlarda çalışma yapan uzmanlara yol gösterici özellikte olması hedeflenmektedir.

## 2 Materyal ve metod

İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik'te su kaynakları iyi kaliteden kötü kaliteye doğru A1-A2-A3 olmak üzere üç kategoriye ayrılmıştır. A1 su sınıfı basit bir fiziksel arıtma ardından dezenfekte edilen suları, A2 su sınıfı fiziksel ve kimyasal arıtma ardından dezenfekte edilen suları, A3 su sınıfı ise fiziksel, kimyasal arıtma ardından ileri arıtma teknikleri uygulandıktan sonra dezenfeksiyona maruz kalan su sınıflarını temsil etmektedir. A1 su sınıfına ait bir su kaynağının arıtılmasına dair proses akış şeması Şekil 1'de, A2 su sınıfına ait bir su kaynağının arıtılmasına dair proses akış şeması Şekil 2'de, A3 su sınıfına ait bir su kaynağına dair proses akış şeması ise Şekil 3'te gösterilmektedir.

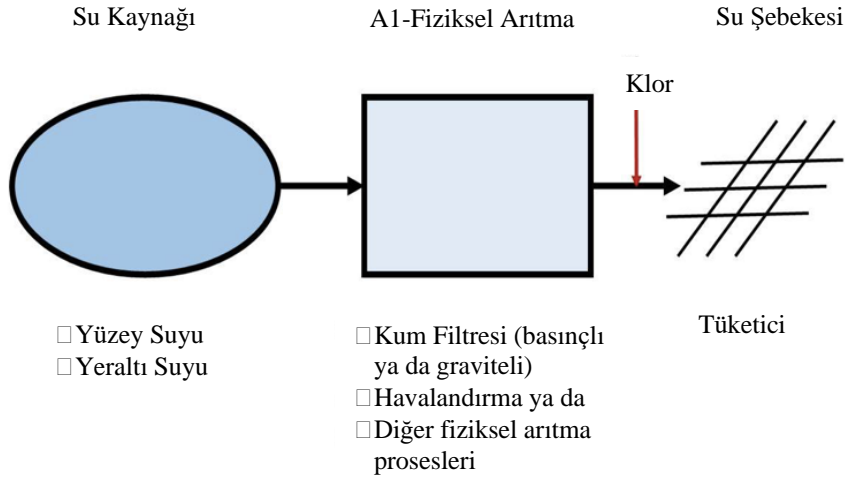
Çalışma kapsamında, farklı su tiplerinin arıtıldığı içme suyu arıtma tesislerinin laboratuvarlarında ve işletme aşamasında çalışan teknik personeller ile sözlü görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca benzer sistemlerin kullanıldığı yüzme havuzlarında çalışan teknik personeller ile de görüşmeler sağlanmıştır. Çalışmada kolay uygulanabilirliği nedeniyle hemen her işletmede sıklıkla uygulanabilen 5x5 risk analizi yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde meydana gelebilecek tehlikelerden kaynaklanabilecek olasılık ve şiddet parametreleri dikkate alınmaktadır. Her bir parametre 1-5 aralığında değer almaktadır. Olasılık ve şiddet parametreleri için değerler tablosu sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmektedir.

**Tablo 1.** Olasılık parametreleri için ölçü değerleri [17]

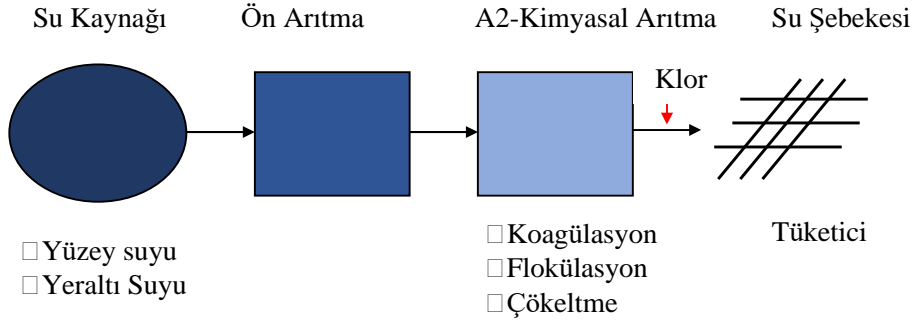
Olasılık	Açıklama
1	Hemen hemen hiç
2	Çok az (Yılda bir)
3	Az (Yılda birkaç kez)
4	Sıklıkla (Ayda bir)
5	Çok sıklıkla (Haftada bir, her gün)

**Tablo 2.** Şiddet parametresi için ölçü değerleri [17]

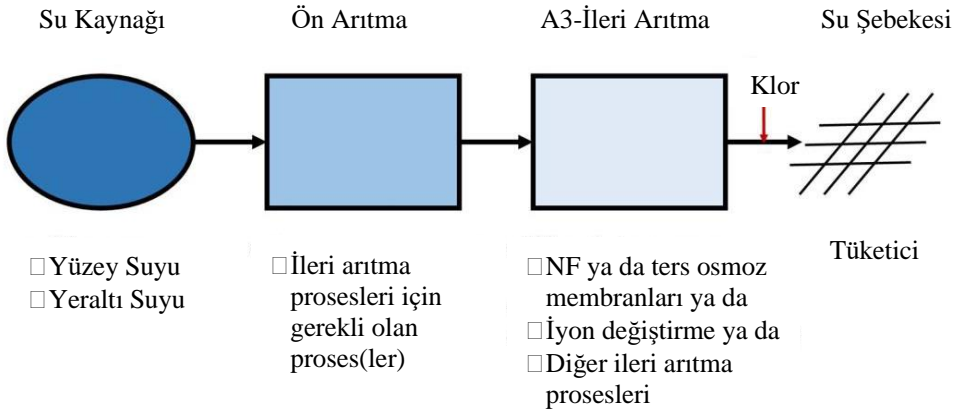
Şiddet	Açıklama
1	İş saati kaybı yok, hemen giderilebilen, ilk yardım gerektiren
2	İş günü kaybı yok, kalıcı etkisi olmayan
3	Hafif yaralanma, kısa süreli tedavi
4	Ciddi yaralanma, uzun süreli tedavi, meslek hastalığı
5	Ölüm, sürekli iş göremezlik



Şekil 1. A1 tipi içme suyu arıtma tesisi [16]



Şekil 2. A2 tipi içme suyu arıtma tesisi [16]



Şekil 3. A3 tipi içme suyu arıtma tesisi [16]

5x5 risk analizi yöntemiyle her bir tehlikenin risk değerlendirme puanı **Denklem 1**'e göre hesaplanmaktadır.

$$\text{Risk Değerlendirme Skoru (RDS)} = \text{Olasılık} * \text{Şiddet} \quad (1)$$

Hesap yapılırken tehlikenin olasılığı göz önüne alınarak 1-5 arası puanlanır. Aynı şekilde şiddet tablosundan da

tehlikeye göre 1-5 arası bir puan seçilir ve her iki değerin çarpımı ile RDS hesaplanır. RDS sonucuna göre 1-6 arası değer alanlar "Mevcut durumda iş sağlığını ve güvenliğini tehlikeye sokacak risk az miktarda, koruyucu ekipman ve eğitimle risk azaltılabilir" olarak sınıflanır. RDS sonucu 8-12 arası değer alanlar "Emniyet tedbirlerinin alınması gerekmektedir. İlk fırsatta bu tedbirler uygulamaya

geçirilerek risk minimize edilmelidir” olarak sınıflanır. RDS skoru 15-25 arası puan alanlar ise “Acil olarak emniyet tedbirleri alınmalı, yeterli kontrol tedbirleri alınmaya kadar çalışma durdurulmalı, insanlar uzak tutulmalı ve yönetim bilgilendirilmelidir” şeklinde sınıflandırılmaktadır.

### 3 Bulgular ve tartışma

İçme suyu arıtma tesisi dezenfeksiyon ünitelerinde gerçekleştirilen risk analizi çalışmaları bu alanda çalışan teknik personeller ile yapılan sözlü görüşmeler neticesinde ve daha önce benzer alanlarda uygulanan çalışmalar baz alınarak tamamlanmıştır. Dezenfeksiyon ünitelerinde çalışanların ve tesisin zarar görmemesi için uygulanması gereken ideal fiziki şartlar şu şekildedir: (1) “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” uyarınca içme suyu şebekelerinde en son tüketiciye ulaşan suda 0,5 mg/L bakiye klor olacak şekilde klorlama yapılması gerekmektedir. (2) Dezenfeksiyon ünitelerinde klorlama odası, klor tüpü tankları depolama odası, klor kumanda-kontrol odası, yedek malzeme odası, tuvalet-duş olmalıdır. (3) Klorlama ünitesi son derece kaliteli bir şekilde dış ortamdan izole edilmiş ve iyi bir şekilde aydınlatılmış olmalıdır. (4) Bölümlerin her biri dışarıya açılan bir kapıya sahip olmalıdır. (5) Klor gazı korozif ve tahriş edici bir gaz olduğundan herhangi bir kaçak durumunda göz yıkama duşları ve acil duşları düzenli aralıklarla kontrol edilmelidir. (6) Sulardaki bakiye klor miktarını ölçen analizörlerin kalibrasyonu sık sık kontrol edilmeli ve cihazın ölçüm yaparken kullandığı çözümler kontrol edilerek yenilenmelidir. (7) Klor ünitesi sürekli ısıtılmalı veya soğutulmalı ve ortam sıcaklığının 10°C'nin altına düşmesi engellenmelidir.

Klor, kloramin ve ozonun “Malzeme Güvenlik Bilgi Formları” incelendiğinde her üç kimyasalın insanlara teması sonucunda ciltte, gözde ve solunum sisteminde ciddi hasarlara sebep olduğu görülmektedir. Ayrıca bu kimyasalların insanlar üzerinde toksik özellik göstermeleri dezenfeksiyon ünitelerinde çalışan insanların iyi bir şekilde korunma gereksinimi ortaya çıkarmaktadır.

Çalışmada tehlike ve riskler belirlenirken herhangi bir işletmede oluşabilecek elektrik, aydınlatma gibi riskler dikkate alınmazken, sadece dezenfeksiyon ünitelerine özgü tehlike ve riskler üzerinde durulmuştur. Tablo 3, 4 ve 5'te bulunan tehlike ve riskler 5x5 risk analiz yöntemine göre analiz edilmiştir. Her bir riskin olasılık değeri Tablo 1, şiddet değeri ise Tablo 2'ye göre belirlenmiştir.

Tablo 3, 4 ve 5'te içme suyu arıtma tesisleri dezenfeksiyon ünitesi için belirlenen 29 adet tehlike gösterilmektedir. Bu tehlikeler Risk Değerlendirme Skorlarına (RDS) göre sıralanmıştır. Bu tabloya göre (1) puan alan tehlikeler “Çok Hafif Seviyeli”, (2-6) puan alan tehlikeler “Düşük”, (8-12) puan alan tehlikeler “Orta”, (15-20) puan alan tehlikeler “Yüksek”, (25) puan alan tehlikeler ise “Tolere Edilemez” olarak tanımlanmaktadır. Çalışma bulgularına göre çalışmada ortaya çıkan tehlikelerin %17'si “Düşük”, %63'ü “Orta”, %20'si ise “Yüksek” olarak tanımlanmıştır.

Tablo 3, 4 ve 5'e göre (15-20) arası puan alan tehlikelerin genellikle çalışanların kimyasallara temas etmesi neticesinde ortaya çıktığı görülmektedir. Bu sorun hemen her sektörde

çalışanların kişisel koruyucu donanımları kullanmaya yönelmemesi ile ilgilidir. Ancak klor, kloramin, ozon gibi dezenfektanlarla çalışan kişilerde uzun süreli maruziyet sonrası üst solunum yollarında ciddi hasarlar ve uzun dönemde meslek hastalıklarına yakalanmaları sorunu ortaya çıkmaktadır [18]. (8-12) arası puan alan tehlikeler ise çalışılan kimyasalların Malzeme Güvenlik Bilgi Formlarının yeterince incelenmemesi sonucu ortaya çıkabilecek hataları kapsamaktadır. Dezenfeksiyon ünitelerinde çalışanların zaman içerisinde işletme körlüğüne yakalanmaları ve kendilerine duydukları özgüven ile birlikte kimyasalların kullanımına yeterince özen göstermedikleri görülmektedir. Bu sorun dezenfeksiyon ünitelerinde çalışanların düzenli aralıklarla eğitimlere tabi tutulması ile çözülebilir. (2-6) arası puan alan tehlikeler ise dezenfeksiyon ünitelerinde kullanılan ekipmanların iyi bir şekilde sabitlenmemesi ve ekipmanların çalışanlar veya diğer ekipmanlar üzerine düşmesi sonucu ortaya çıktığı görülmüştür. Bu durum dezenfeksiyon ünitesi içindeki tüm ekipmanların iyi bir şekilde sabitlenmesi ve etiketlenmesi ile çözülebilir.

Çalışma kapsamında içme suyu dezenfeksiyon ünitelerinde meydana gelebilecek 29 farklı risk belirlenmiştir. Bu risklere karşı uygulanabilecek önlem planları, pratik uygulamalar oluşturulabilmesi amacıyla 3 grupta incelenmiştir. Bu gruplar dezenfeksiyon ünitelerinin doğal ortamından kaynaklanabilecek riskler, kullanılan dezenfektandan kaynaklanabilecek riskler ve çalışanlardan ileri gelebilecek riskler olarak gruplanmıştır. Tablo 3 dezenfeksiyon ünitelerinin doğal çalışma ortamından ileri gelebilecek riskleri göstermektedir ve bu tabloda toplam 9 risk belirlenmiştir. Tablo 4 kullanılan dezenfektanlardan kaynaklanabilecek riskleri göstermektedir ve 6 risk içermektedir. Tablo 5 ise çalışanlardan kaynaklanabilecek riskleri göstermektedir ve 14 farklı riski kapsamaktadır.

Tablo 3 incelendiğinde RDS skorlarının 5-16 arasında değiştiği görülmüştür. 1 ve 2 numaralı tehlikeler “Düşük” tehlikeli sınıfına girmektedir.

Kırık malzemelerin kullanımlarının engellenmesi ve daha fazla yangın söndürme tüpünün tesise kazandırılması ile bu tehlikeler önenebilir. 3-4-5-6-7 numaralı tehlikeler ise “Orta” tehlikeli sınıfa girmektedir.

Kullanılan makine ve ekipmanların bakımlarının ve kontrollerinin düzenli yapılması, uygun sağlık ve güvenlik işaretlerinin tesis içine yerleştirilmesi ve ne ifade ettiklerinin açıklanması gerekmektedir. İçme suyu arıtma tesislerinde dezenfektanlar hibrit olarak kullanılabilir. Klor öncesi ozon kullanımı hem klorun konsantrasyonunu azaltmakta hem de klorun etkinliğini arttırmaktadır. Ozon jeneratörü kullanılan tesislerde düzenli aralıklarda ozon konsantrasyonu kontrol edilmelidir. Tesis içerisinde sürekli havalandırmanın çalıştığından emin olunmalıdır. 8-9 numaralı tehlikeler “Yüksek” tehlikeli sınıftadır. Havalandırmadan kaynaklı patlama meydana gelmemesi için havalandırma sistemi kontrol edilmeli ancak yine de patlama ihtimaline karşı acil durum planlarının hazırlanması gerekmektedir. Ayrıca çalışanlar toksik inhalanlara maruz kaldığı için düzenli aralıklarla sağlık kontrollerinden geçirilmelidir.

**Tablo 3.** Dezenfeksiyon ünitelerinin doğal çalışma ortamından kaynaklanabilecek tehlikeler ve riskler

Tehlike ve Oluşturduğu Risk	Olasılık	Şiddet	RDS
1 Laboratuvarda çatlak veya kırık malzeme kullanımına bağlı kesik veya batma sonucu yaralanmalar	5	1	5
2 Yeterli sayıda, uygun kapasitede ve yanıcı madde kaynağına uygun yangın söndürme cihazının bulunmaması neticesinde maddi hasar oluşması	2	3	6
3 Klorinatörün çalışmaması sonucu doğru klor dozlaması yapılamaması sonucu su kalitesinin bozulması	2	4	8
4 Bakiye klor ölçüm cihazının çalışmaması sonucu sudaki klor konsantrasyonunun doğru ölçülememesi	2	4	8
5 Sağlık ve güvenlik işaretlerinin olmaması, hatalı davranış veya çalışma yöntemi ve dikkatsizlik sonucu yaralanma	3	3	9
6 Ozon jeneratörü odasının ısı kontrolünün yapılmaması sonucu istenilen konsantrasyonda ozon üretilmemesi	3	3	9
7 Çalışma ortamının havasız olması neticesinde solunum rahatsızlıkları	3	4	12
8 Havalandırmanın sağlanamaması sonucu depolama alanında gaz sıkışması meydana gelmesi	3	5	15
9 Havalandırmanın sağlanamaması sonucu çalışanlarda üst solunum yollarında, deride ve gözde iritasyon görülmesi	4	4	16

**Tablo 4.** Dezenfektandan kaynaklanabilecek tehlike ve oluşturduğu riskler

Tehlike ve Oluşturduğu Risk	Olasılık	Şiddet	RDS
1 Dezenfektan (klor, kloramin, ozon) kullanımı sonucu yaralanmalar	3	4	12
2 Dezenfektanın (klor, kloramin, ozon) cilt ile temas etmesi sonucu yanıklar ve yaralanmalar	3	4	12
3 Ozon odasında çelik dışı metal kullanımı neticesinde ekipmanlarda kullanılan vanaların sızdırmazlık halkaları, contalar, numune pompalarının diyaframlarının ozon teması ile tahriş olması	4	3	12
4 Dezenfektanların (klor, kloramin, ozon) yeni kaplara aktarılması sonucu yaralanmalar	5	3	15
5 Dezenfektan (klor, ozon) hazırlanması sırasında oluşan gazlar neticesinde solunum rahatsızlıkları sonucu yaralanmalar	5	4	20
6 Gaz, sıvı veya katı formdaki klor kaynağının çalışma ortamına temas etmesi sonucu dezenfeksiyon ünitesinde çalışan kişilere teması ile vücutta tahriş veya zehirlenme görülmesi	5	4	20

**Tablo 5.** Çalışanlardan ileri gelebilecek riskler

Tehlike ve Oluşturduğu Risk	Olasılık	Şiddet	RDS
1 Sıvı klorun yanlış depolanması sonucu sodyum hipokloritin aktif klor içeriğinin azalması ve dezenfektan olarak kullanılamaması	2	1	2
2 Klor tüplerinin düzgün depolanmaması neticesinde 50 kg'lık tüplerin çalışanların üzerine düşmesi	2	3	6
3 Klor tüplerinin düzgün depolanmaması neticesinde tüplerin devriliş diğer makine teçhizata zarar vermesi	2	3	6
4 Çalışanların ekipmanlar veya kimyasal malzemeleri kullanarak şakalaşmaları sonucu yaralanmalar	4	2	8
5 Klor tüplerinin düzgün depolanmaması neticesinde tüplerin düşmesi sonucu doldurma ünitelerinin hasar görmesi ve gaz kaçaklarının meydana gelmesi	2	4	8
6 Kimyasal maddelerin ve numunelerin taşınması esnasında düşürülmesi veya dökülmesi sonucu yaralanmalar	3	3	9
7 Kimyasal çözeltilerin hazırlanması esnasında hatalı davranış veya çalışma yöntemi sonucu yaralanmalar	3	3	9
8 Kimyasal maddelerin uygun depolanmaması sonucu yangın veya patlama	2	5	10
9 Laboratuvar tezgahlarındaki şişe ve kapların dikkatsizlik sonucu devrilme, kayma ve düşmesi neticesinde yaralanmalar	5	2	10
10 Çalışan personelin ağız ile sıvı çekmesi sonucu sıvının yutulması veya teması sonucu zehirlenme veya yaralanmalar	3	4	12
11 Kimyasal maddelerin bulunduğu şişe ve kapların etiketlenmemesi sonucu yaralanmalar	3	4	12
12 Kimyasal madde bulunan şişe kapaklarının aynı olması veya değiştirilmesi sonucu kullanım sırasında yaralanma	3	4	12
13 Satın alınan kimyasal maddelerin hatalı kayıt edilmesi sonucu yaralanmalar	3	4	12
14 Çalışan personelin kullanılan kimyasal malzemeyi koklaması veya tatması sonucu zehirlenme ve yaralanmalar	4	4	16

**Tablo 4** incelendiğinde 1-2-3 no'lu risklerin “Orta” tehlikeli sınıfta olduğu görülmektedir. Dezenfektanlarla çalışanlara eğitimler düzenlenmeli, malzeme güvenlik bilgi formları dağıtılmalı ve tesis içerisine uyarı işaretçiler yerleştirilmelidir. Ayrıca çalışanlara uygun olacak şekilde tam yüz maskesi, klora karşı koruyucu giysi, PVC veya kauçuk eldiven temin edilmelidir. Ozon jeneratörü ile çalışan tesislerde de kontroller sürekli olarak gerçekleştirilmelidir. 4-5-6 no'lu riskler ise “Yüksek” tehlikeli sınıftadır. Çalışanlara temin edilen uygun kişisel koruyucu donanımların (KKD) doğru kullanıldığından emin olunmalı ve yenilenmesi gereken durumlarda ivedilikle yeni KKD'ler temin edilmelidir.

**Tablo 5** incelendiğinde 1-2-3 no'lu risklerin “Düşük” tehlikeli sınıfta yer aldığı görülmektedir. Kullanılan tüm dezenfektanların saklama koşulları malzeme güvenlik bilgi formları doğrultusunda gerçekleştirilmelidir. Ayrıca klor tüplerinin doğru yöntemlerle duvara sabitlendiğinden emin olunmalıdır. 4-5-6-7-8-9-10-11-12-13 no'lu riskler “Orta” tehlike risklerdir. Tesiste çalışan herkese düzenli aralıklarla eğitimler verilmeli ve tesis güvenliğinde çalışanların rolünün çok önemli olduğu vurgulanmalıdır. Tesis kuralları kesin ve net ifadelerle belirtilmeli, uygun noktalara bu kurallar yerleştirilmeli ve tesiste görevli tüm çalışanların bu kuralları okuduğundan emin olunmalıdır. 14 no'lu risk “Yüksek” tehlikeli olarak sınıflanmaktadır. Tesis içerisinde verilen eğitimlerde çalışanların psiko-sosyal durumları da irdelenmeli ve bu konuda güven vermeyen çalışanların yalnız çalışmalarına müsaade edilmemelidir.

#### 4 Sonuçlar

İçme suyu arıtma tesisinde dezenfeksiyon ünitelerinde kullanılan dezenfektanların, çalışanlar ve ortam üzerinde yarattığı olumsuz etkilerin boyutlarının belirlenebilmesi bir ihtiyaçtır. Bu çalışmada tüm iş kollarında kabul görmüş olan 5x5 ya da başka bir ifadeyle L matris değerlendirmesi uygulanmıştır. Ülkemizde içme suyu arıtma tesisleri, tesis içerisinde kullanılan su kütesinin kaynağına göre temel olarak 3 sınıfa ayrılmaktadır. Ancak tüm tesislerde son aşamada dezenfeksiyon prosesi uygulanması zorunludur. Dezenfeksiyon prosesi temel olarak İçme suyu şebekesinin son noktasına serbest klor ulaştırmakla yükümlüdür. Bu yüzden son dezenfektan olarak klor kullanımı zorunludur. Ancak bazı tesislerde klor kullanımını desteklemek amacıyla klor öncesi kloramin ya da ozon da kullanılabilir. Ancak klor öncesi kloramin ya da ozon da kullanılabilir.

İçme suyu arıtma tesisi dezenfeksiyon ünitelerinde uygulanan işlemler benzer olduğundan, bu çalışma tüm içme suyu arıtma tesisleri için örnek olabilecek niteliktedir. Ülkemizde atıksu arıtma tesislerinde gerçekleştirilen çeşitli risk analizi çalışmaları mevcuttur ancak içme suyu arıtma tesislerinde özellikle dezenfeksiyon ünitelerinde gerçekleştirilmiş risk analizi çalışmalarına rastlanmamıştır. Dezenfeksiyon ünitelerinde çalışanların dezenfektanlarla teması, dezenfektanların yanlış kullanımı, dezenfektanların yanlış depolanması gibi tehlikeler mevcuttur. Bu çalışmada toplam 29 farklı tehlike belirlenmiştir. Tespit edilen tehlikeler içme suyu arıtma tesislerinden kaynaklanan tehlikeler, içme suyu arıtma tesisinde kullanılan dezenfektanlardan ileri gelen tehlikeler ve içme suyu arıtma

tesislerindeki çalışanlardan kaynaklanan tehlikeler olarak gruplanmış ve değerlendirilmiştir. Tehlikelerin %20'si (15-20) puan aralığında değer alırken bu tehlikeler çalışanlar üzerinde meslek hastalıklarına veya ciddi sağlık sorunlarına yol açabilecek niteliktedir. Diğer tespit edilen tehlikeler ise tesis içerisinde alınabilecek eğitimler ile kısa sürede çözülebilir durumdadır. Dezenfektan maddeler ile çalışan kişilerin uzun yıllar içerisinde meslek hastalıklarına yakalanma ihtimalleri yüksektir, bu yüzden dezenfeksiyon alanında çalışanlar üzerindeki kontrol mekanizmaları artırılmalıdır.

#### Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

#### Benzerlik oranı (iThenticate): % 11

#### Kaynaklar

- [1] D. T. Williams, F. M. Benoit, G. L. Lebel. Trends In Levels Of Disinfection By-Products. *Environmetrics*, 9, 555-563, 1998. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-095X\(199809/10\)9:5<555::AID-ENV323>3.0.CO;2-W](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-095X(199809/10)9:5<555::AID-ENV323>3.0.CO;2-W).
- [2] C. Cortes and R. Marcos. Genotoxicity of disinfection byproducts and disinfected waters: A review of recent literature. *Mutat Res Gen Tox En* 831, 1–12, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2018.04.005>.
- [3] İSAMKK. İçme Suyu Arıtma Metotları ve Kimyasal Kullanımı, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara, 2017.
- [4] S. Chowdhury. Occurrences and changes of disinfection by-products in small water supply systems. *Environ Monit Assess*, 190:32, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6410-8>.
- [5] S. Musah, C. F. Schlueter, D. M. Humphrey Jr., K. S. Powell, A. M. Roberts, G. W. Hoyle. Inhibition of chlorine-induced airway fibrosis by budesonide. *Toxicology and Applied Pharmacology*, Volume 315, 15 January 2017, Pages 1-11, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2018.08.024>.
- [6] İSGRDY. İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Ankara, 2012.
- [7] F. Al-Otoum, M. A. Al-Ghouti, T. A. Ahmed, M. Abu-Dieyeh, M. Ali. Disinfection by-products of chlorine dioxide (chlorite, chlorate, and trihalomethanes): Occurrence in drinking water in Qatar. *Chemosphere*, Volume 164, December 2016, Pages 649-656, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.09.008>.
- [8] Z. B. Guo, Y. L. Lin, B. Xu, C. Y. Hu, H. Huang, T. Y. Zhang, W. H. Chu, N. Y. Gao. Factors affecting THM, HAN and HNM formation during UVchlor(am)ination of drinking water. *Chemical Engineering Journal* 306 1180,1188,2016. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.08.051>.
- [9] H. Hong, Q. Song, A. Mazumder, Q. Luo, J. Chen, H. Lin, H. Yu, L. Shen, Y. Liang. Using regression models to evaluate the formation of trihalomethanes and haloacetonitriles via chlorination of source water with low SUVA values in the Yangtze River Delta region,

- China. *Environmental Geochemistry and Health* 38 1303–1312, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10653-016-9797-1>.
- [10] A. Jia, C. Wu, Y. Duan. Precursors and factors affecting formation of haloacetonitriles and chloropicrin during chlor(am)ination of nitrogenous organic compounds in drinking water. *Journal of Hazardous Materials* 308 411–418, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.01.037>.
- [11] J. Fu, X. Wang, W. Bai, H. Yang, Y. F. Xie. Azo compound degradation kinetics and halonitromethane formation kinetics during chlorination. *Chemosphere* 174 110-116, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.01.098>.
- [12] İlbank. İçmesuyu Arıtma Tesisi Projesi Proses Şartnamesi, 2013
- [13] USEPA. *Water Treatment Manual: Disinfection*, ISBN: 978-184095-421-0, 2011.
- [14] C. Gökdere. Çevre laboratuvarında risk analizi. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2017.
- [15] B. Ünlü. İş sağlığı ve güvenliği kapsamında çevre projelerinin risk analizi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2010.
- [16] D. Barış. Çok kriterli analiz yöntemi kullanılarak en uygun pestisit arıtma teknolojisinin seçilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 2018.
- [17] E. D. Güner. Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi Çevresel Risk Analizi. *Pamukkale Üniv Muh Bilim Derg*, 24(3), 476-480, 2017. <http://doi.org/10.5505/pajes.2017.16023>.
- [18] İSGÜM. Meslek hastalıkları ve iş ile ilgili tanı rehberi. (Türkiye’de İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Koşullarının İyileştirilmesi Projesi-TR0702.20-01/001, 2012.

