

KLORLAMA REHBERİ
(İÇME VE KULLANMA
SULARININ KLORLANMASI)

Uzm. Dr. Recai OĞUR
Doç. Dr. Ömer Faruk TEKBAŞ
Prof. Dr. Metin HASDE

Gülhane Askeri Tıp Akademisi
Halk Sağlığı Anabilim Dalı

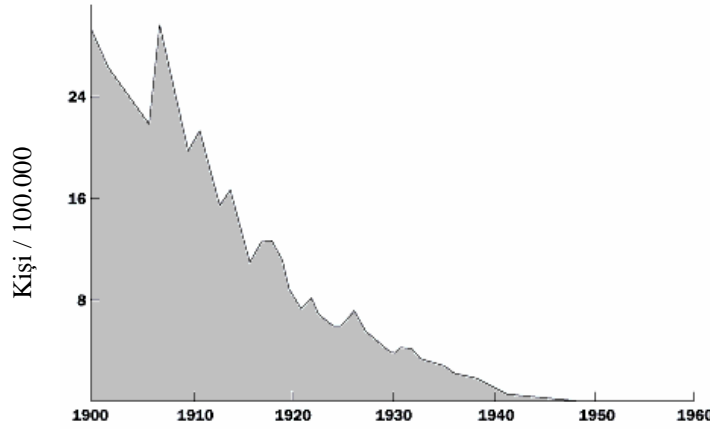
Ankara
2004

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|--|
| Giriş | |
| Topluma Temiz ve Güvenilir İçme ve Kullanma Suyu Sağlama | |
| İçme ve Kullanma Suyu Dezenfeksiyon Yöntemleri | |
| Dünyada ve Türkiye’de Klor Kullanımı | |
| Klorlama İle İlgili Temel Terimler | |
| Klorla Su Dezenfeksiyonu | |
| Klorla Su Dezenfeksiyonunun Üstünlükleri | |
| Klorla Su Dezenfeksiyonunun Mekanizması | |
| Klorla Dezenfeksiyona Etki Eden Başlıca Faktörler | |
| Rezidüel (İkincil veya Artık) Klorlama | |
| Serbest Klorlu Rezidüel Klorlama | |
| Bağlı Klorlu Rezidüel Klorlama | |
| Dezenfeksiyon Yan Ürünleri | |
| Dezenfeksiyon Yan Ürünlerinin Oluşumunun Engellenmesi | |
| Depo Sularının ve Depodan Çıkan Suların Klorlanması | |
| Su Depoların Temizlenmesi | |
| Kuyuların ve Kuyu Sularının Klorlanması | |
| Yüzme Havuzlarının Klorlanması | |
| Sebze ve Meyvelerin Klorla Dezenfeksiyonu | |
| Arazi Şartlarında Bireysel Klorlama | |
| Olağanüstü Durumlarda Dezenfeksiyon Ve Dekontaminasyon | |
| %5 Klor Solüsyonu İle Yüksek Düzeyde Dezenfeksiyon | |
| Aletlerin Dekontaminasyonu ve Mekanik Temizlik | |
| Yüzeysel Dekontaminasyon | |
| Suların Dezenfeksiyonu | |
| Sudaki Klor Düzeyinin Ölçülmesi | |
| Suda Mikroorganizma Tespit Edildiğinde Yapılması Gerekenler | |
| Klorlama İle İlgili Dikkat Edilmesi Gerekenler | |
| Klor Zehirlenmesi | |
| Klor Zehirlenmelerinde İlk Yardım | |
| Su Arıtım ve Dezenfeksiyonunda Kullanılacak Malzemelerin Temini | |
| Sonuç ve Öneriler | |
| Kaynaklar | |

GİRİŞ

Teknolojideki ve tıp alanındaki gelişmelere rağmen, halen insan sağlığını ve yaşamını tehdit eden en büyük doğal tehlikelerden birisi hastalık yapıcı mikroorganizmalardır. 1900'lü yıllara kadar büyük çaplı salgınlar yaygın olarak görülmekte ve bunların başında da su kaynaklı salgınlar gelmekteydi. 1900'lü yıllardan itibaren içme sularının klorlanmaya başlanması ile su kaynaklı bulaşıcı hastalıkların görülme sıklığında önemli derecede azalma meydana gelmiştir. Örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nde tifo vakası sayısı 1900 yılında yaklaşık 25 bin iken ülke genelinde klorlamanın başlaması ile bu sayı hızla düşmüştür (Şekil 1) (1).



Şekil 1. Amerika Birleşik Devletleri'nde Tifoya Bağlı Ölüm Sıklığı (1).

Şebeke sularının klorlanmadığı bazı Latin Amerika ve Afrika ülkelerinde kolera ve tifoya bağlı ölümler halen yaygın olarak görülmektedir. Oysa içme sularının etkin olarak klorlandığı ülkelerde yenidoğan mortalite hızı belirgin şekilde düşmekte ve su kaynaklı hastalıklar hemen tamamen ortadan kalkmaktadır. Bu nedenle, tarihte hiçbir kimyasal maddenin insan sağlığına bu kadar büyük katkı sağlamadığı söylenebilir. Bu katkıya bir minnettarlık ifadesi olarak "içme sularının arıtılması ve klorlanması" toplum sağlığı açısından ikinci bin yılın en önemli gelişmesi olarak son 1000 yılın en önemli olayları arasında yerini almıştır (2).

TOPLUMA TEMİZ VE GÜVENİLİR İÇME VE KULLANMA SUYU SAĞLAMA

Geçmişte suyun lezzeti, tadı ve sertliğinin azlığı suyun kaliteli, sağlıklı ve temiz olduğu hakkında yeterli sayılırdı. Fakat zamanla olanaklar arttıkça bu özelliklerin temiz ve sağlıklı su hakkında yeterince güvence sağlamadığı anlaşıldı. Suların kullanıcıya ulaşmadan önce zararlı olabilecek her türlü etkenden kurtarılması gerektiğinin anlaşılması ile suların arıtma işlemi ayrı bir uğraşı alanı olarak ortaya çıkmıştır.

Topluma temiz ve güvenilir içme suyu sağlanabilmesi için uygun yasal düzenlemelerin gerçekleştirilmesi, su kaynaklarının korunması, suyun uygun şekilde arıtılması/işlenmesi ve güvenli bir şebeke sistemi ile kullanıcıların musluğuna ulaştırılması gerekir.

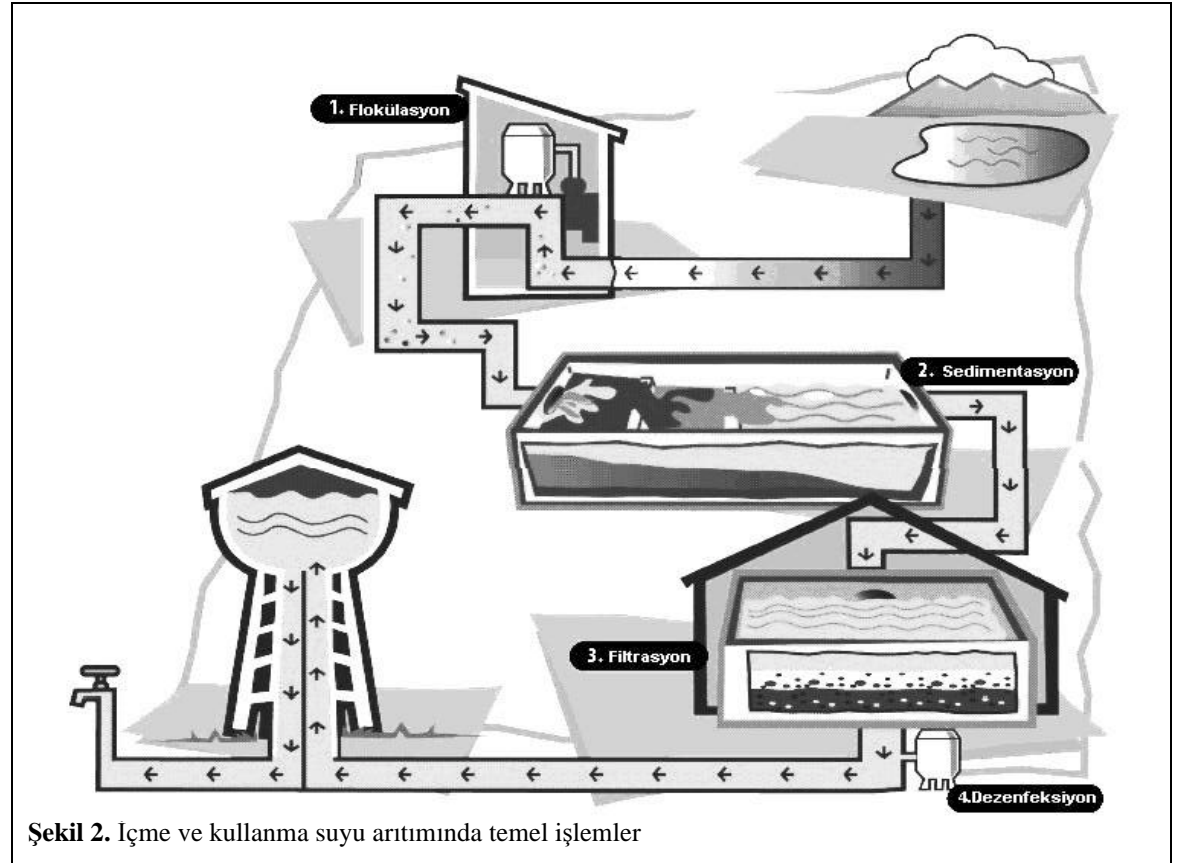
Yasal düzenlemeler tüm bu aşamaların düzenli bir şekilde yürütülebilmesi ve kontrolü için kaçınılmazdır. Temiz ve güvenilir içme ve kullanma suyu sağlamaya yönelik yasal düzenlemeler uygulama ve kontrolde son derece sıkı, bilimsel gelişmelere uygunluk konusunda ise bir o kadar açık ve kolay güncellenebilir olmalıdır.

Su kaynaklarının korunması kavramı; içme ve kullanma suyu kaynağı olarak kullanılacak tüm yüzeyel veya yer altı ham su kaynaklarının korunmasını kapsar. Her yağmur damlası ve kar tanesi buharlaşmadığı sürece bir şekilde yeryüzündeki yüzeyel veya yer altı su kaynaklarına ulaşacaktır. Bu su kaynakları yerkürenin topografik özelliklerden dolayı belirli alanlarda toplanmaktadır ki bu alanlara su havzaları adı verilir. Bu nedenle su kaynaklarının korunması yerine su havzalarının korunması ifadesi de sıklıkla kullanılır. Su havzalarının korunmasının önemi gün geçtikçe artmaktadır ve su havzaları yönetim sistemleri yaygın olarak uygulanmaktadır. Su havzası yönetimi su kaynaklarını kirleticilerden korumanın yanı sıra mevcut su kaynağının devamlılığı için gerekli besleme yöntemlerini ve tüm bölgedeki arazi kullanım düzenlemelerini de kapsar ve sonuçta içme suyu arıtma işlemlerinin en aza indirilmesini sağlar. Yapılan araştırmalar su kaynaklarının korunmasının, sulardaki kontamine maddeleri arıtmaktan 30-40 kat (bazı yerleşim birimleri için 200 kat) daha düşük maliyetle gerçekleştirilebileceğini ortaya koymaktadır. Su kaynaklarının kontaminasyonu sonucu ortaya çıkacak maliyet artışına dahil edilebilecek çok sayıda madde üzerinde durulurken (arıtma maliyetinin artışı, teknolojik imkanların geliştirilmesi, daha uzak ve zor ulaşılabilir su kaynaklarını kullanma zorunluluğu gibi) maliyetinin hesaplaması çok zor olan toplumun sağlık düzeyinde gerileme ve içme suyu

kalitesinde düşme gibi sorunlar da göz ardı edilmemelidir. Bu nedenle su havzası yönetimi maliyet etkinliği son derece yüksek ve süreklilik gerektiren uygulamalardır (3, 4).

Genel bir ifade ile her gün ham sular işlenerek insanların kullanımına hazır hale getirilmektedir. Bazı özel kullanım alanları hariç sular; renk, koku, mikroorganizma ve kimyasal maddeler yönünden dünya genelinde kabul görmüş içme ve kullanma suyu kriterlerine uyumlu hale getirilmeye çalışılmaktadır. Tüm bu çalışmalar içme suyu arıtma işlemleri olarak adlandırılır. İçme suyu arıtımı; Amerikan Mühendislik Akademisi tarafından 20 yy.da insanın yaşam kalitesini arttıran beş büyük gelişmeden birisi olarak kabul edilmiştir (5).

Su kaynaklarının işlenerek içilmeye hazır hale getirilmesinde çeşitli yöntemler kullanılmakla birlikte, temel prensipler aynıdır. Kullanılacak yöntem belirlenirken suyun kalitesi, bulanıklığı (partikül miktarı), su sıcaklığı, pH düzeyi ve suda bulunan patojen mikroorganizmaların türü dikkate alınmalıdır. Yüzeysel sular için uygulanan genel su arıtma işleminin aşamaları şu şekilde özetlenebilir (Şekil 2): (a) flokülasyon (veya koagülasyon); suya şap (alüminyum sülfat) veya metal tuzları ilave edilerek sudaki partiküllerin bir araya gelmesi sağlanır, (b) sedimentasyon; ilk aşama sonunda bir araya gelen parçacıkların yer çekiminin etkisi ile suyun içinde bulunduğu tankın dibine çökmesi işlemidir (bu ilk iki işlem arıtma sonunda oluşabilecek dezenfeksiyon yan ürünlerinin miktarını da azaltır), (c) filtrasyon; yavaş veya hızlı kum filtreleri ile veya aktif kömür filtreleri ile sedimentasyon sonucunda halen uzaklaştırılmayan katı partiküller sudan uzaklaştırılır, (d) dezenfeksiyon; sudaki mikroorganizmaları etkisiz hale getirmek için uygulanan işlemlerdir. Ayrıca arıtılan suya, dağıtım sistemine verilmeden önce rezidüel koruma için klor veya kloramin ilave edilir (Rezidüel koruma; su sisteme verildikten sonraki mikrobiyolojik bulaşmalar sonucu suya geçebilecek mikroorganizmaların üremesinin engellenmesi için suda dezenfektan madde bulundurulmasıdır). Bunun yanı sıra dağıtım sistemi içerisinde belirli aşamalarda (depolama gibi) yeniden klorlama gerekebilir. Yer altı sularının arıtılmasında yine aynı işlemler uygulanır ancak özellikle kontamine madde miktarı ve dolayısı ile bulanıklık doğal nedenlerden dolayı daha az olacağından kullanılacak malzeme azalacak ve suyun işlenme süresi kısılacaktır (6).



Şekil 2. İçme ve kullanma suyu arıtımında temel işlemler

Su arıtım işlemlerini takip eden depolama ve dağıtım (şebeke sistemi) aşamalarında da sular her türlü kontaminasyondan özellikle de mikrobiyolojik kontaminasyondan korunmalıdır. Dışarıdan gelebilecek mikroorganizmaların yanı sıra su depoları ve dağıtım borularının içerisinde de sıklıkla biyofilm adı verilen mikroorganizmalardan oluşan çok ince bir tabaka gelişir. Arıtılmış suyu tüm bu mikrobiyolojik kontaminasyon kaynaklarından korumak için kullanılan en etkili yöntem dağıtım öncesi klorlamadır. Klorlama dışında henüz etkinliği ispatlanmış bir rezidüel koruma yöntemi mevcut değildir (3). Özellikle su dağıtım şebekesinin bütünlüğünün tam olarak sağlanamadığı ve şebekeden su kaçaklarının mevcut olduğu bölge ve ülkelerde klorlama hayati öneme sahiptir.

İÇME VE KULLANMA SUYU DEZENFEKSİYON YÖNTEMLERİ

İçme ve kullanma sularının dezenfeksiyonundaki amaç sağlık açısından zararlı olabilecek patojen mikroorganizmaların etkisiz hale getirilmesidir. Dezenfeksiyon fiziksel ve kimyasal olarak ikiye ayrılır. Suların dezenfeksiyonunda bireysel olarak kullanılabilen çok sayıda yöntemin (kaynatma, iyot gibi) bulunmakta, ancak toplumsal amaçlı uygulamalarda genelde az sayıda dezenfeksiyon tekniği kullanılabilmektedir (Tablo 1). Diğer dezenfeksiyon yöntemleri kısaca aşağıda açıklanmıştır:

Kaynatma: Su 100°C'de yirmi dakika kaynatılmalıdır. Kaynayan su tatsız/yavan olur. Sudaki tatsızlığı ortadan kaldırmak için kullanılmadan önce havalandırılmalıdır. Özellikle kuyu sularında azotoksitler bulunabilmektedir; bunların yeni doğanlar methemoglobinemi'ye neden olabileceği düşünülerek, kuyu suları kaynatmak yerine hızla ısıtılıp soğutulmalı (60°C'ye kadar ısıtılıp hemen buzlu su içine konulabilir) ve bebek mamaları böyle sularla hazırlanmalıdır (bu şekilde sudaki azotlu bileşiklerin yoğunluğu artmamış olur). Genelde suyun kaynatılarak kullanılması hem ekonomik, hem de pratik bir yöntem değildir. Ancak özel durumlarda az miktarda sular için bu yöntemden yararlanılabilir.

İyot: Bir litre suya iki damla iyot damlatıp, yarım saat sonra kullanılması suyu dezenfekte eder. Fakat kokusu dolayısıyla kullanılması uygun olmayabilir.

Brom: Yüzme havuzlarının dezenfeksiyonu için kullanılabilir.

Bakırlı dezenfektanlar: Yüzme havuzlarının dezenfeksiyonu için kullanılabilir. Gözlerde yanma en sık rastlanılan yan etkisidir. Özellikle yosunları ve algleri yok etmek amacıyla kullanılmaktadır.

Basınçlı Isı: 0.7 atm/kg basınç altında 120°C'de içme ve kullanma suyu dezenfeksiyonu sağlanabilir. Bu yöntem de az miktarda sular için kullanılabilir.

Tablo 1. Toplumsal Amaçlı İçme Suyu Dezenfeksiyonunda Kullanılan Başlıca Dezenfektanlar (3)

| Kimyasal Dezenfektanlar | |
|-------------------------|----------------|
| - | Klor |
| - | Klor + amonyak |

-
- Klor + hipoklorit
 - Klor + klor dioksit
 - Klor + klor dioksit + amonyak nitrojen
 - Hipoklorit
 - Klor + hipoklorit + amonyak nitrojen
 - Klor + klor dioksit + hipoklorit
 - Ozon

Fiziksel Dezenfektanlar

- Ultraviyole Radyasyon
-

Ozon (O₃): Ozon su arıtma tesislerinde kullanımdan hemen önce üretilir. Ozon jeneratörleri kuru oksijen veya havayı yüksek voltaja sahip elektrodların bulunduğu ortamdan geçirerek ozon üretirler. Ozon en güçlü dezenfektan ve oksidanlardan birisidir. Aktivitesinin son derece yüksek olmasına karşın çözünürlüğünün düşük olması kullanımını güçleştirmektedir. Ayrıca son derece korozif ve toksik olması nedeniyle işlenmesi sırasında da çeşitli sorunlara neden olabilir. Ozon dezenfeksiyon etkinliğinden ziyade oksidasyon amacıyla kullanılan bir bileşiktir (3).

Ultraviyole radyasyon (UV): UV fiziksel bir dezenfeksiyon yöntemidir ve cıva arklı lambalar aracılığı ile üretilir. Penetre olduğu mikroorganizmanın genetik materyalini etkileyerek canlıyı parçalar veya çoğalmasını engeller. İçme ve kullanma sularının dezenfeksiyonunda kullanımı sınırlıdır (3).

Kullanılacak dezenfeksiyon yönteminin seçimi sırasında dezenfekte edilecek suyun ve suyun dağıtımının yapılacağı şebeke sisteminin başlıca özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmalıdır. Örneğin şebeke bütünlüğünün tam olduğu ve sürekli kontrol altında olduğu bölgelerde içme ve kullanma amacıyla yer altı suları dezenfekte edilecekse, seçilecek dezenfektanda aranılacak temel özellik birincil bakterisid etki olmalıdır. Ancak aynı bölgede yüzeysel su kaynakları kullanılıyorsa seçilecek dezenfektanın bakterisid etkinliğinin yanı sıra parazit ve virüslere karşı da etkili olması, ayrıca renk ve koku giderici etkinliğinin bulunması istenmelidir. Şebeke bütünlüğünün tam olmadığı, su kaçaklarının ve tesisat arızalarının yaygın olduğu bölgelerde ise estetik parametreler ikinci planda olmalı ve öncelikle birincil dezenfeksiyon etkinliği ve rezidüel koruyucu etkinliği yüksek dezenfektanlar seçilmelidir (Tablo 2).

Tablo 2. En sık Kullanılan Dezenfektanların Temel Özelliklerinin Karşılaştırılması (7)

| Dezenfektan | Dezenfeksiyon Etkinliği | Rezidüel koruma | Dezenfeksiyon yan ürünleri oluşumu | Renk giderici özelliği | Koku giderici özelliği |
|---------------|-------------------------|-----------------|------------------------------------|------------------------|------------------------|
| Klor | İyi | İyi | Normal miktarda | İyi | İyi |
| Kloraminler | Orta-iyi | Çok İyi | Az miktarda | Yok | Çok iyi |
| Klor dioksit* | Çok iyi | Yok | Normal miktarda | İyi | İyi |
| Ozon | Çok iyi | Yok | Az miktarda | Mükemmel | Mükemmel |
| Ultraviyole | İyi | Yok | Yok | Yok | Yok |

*Klor dioksit Avrupa’da rezidüel koruma için kullanılmaktadır.

Yine dezenfektan seçiminde dikkate alınması gereken “dezenfeksiyon yöntemlerinin başlıca avantaj ve dezavantajları” aşağıda özetlenmiştir.

1) Kloraminler

a) Avantajları

- i) Rezidüel koruma yeteneği çok iyidir (bu nedenle özellikle gelişmekte olan ülkelerin sorunlarından biri olan su dağıtım sistemlerinin güvenli olmaması, karışım riski durumlarında güvenle kullanılabilir bir dezenfektan olması)
- ii) Tat ve koku kontrolü iyidir.
- iii) Suya tat ve koku katma özelliği klordan daha düşüktür.
- iv) Trihalometan ve haloasetik asit oluşumunun az olması
- v) Bromürü bromine okside etmez ve sonuçta brominatlı yan ürünler meydana gelmez.
- vi) Dağıtım sistemlerinde biyolojik birikimin az olması

b) Dezavantajları

- i) Okside etme yeteneği serbest klorla göre daha düşüktür.

- ii) Sağlık etkileri tam olarak bilinmeyen dezenfeksiyon yan ürünleri oluşumu
- iii) Doğrudan çeşme suyu kullanan diyaliz makinelerinde çeşme suyunda bulunan klor hastanın dolaşımına geçerek eritrositleri okside etmektedir.
- iv) Yüksek dozda klor gözlerde irritasyona neden olabilmektedir.
- v) Gerekli temas süresi uzundur.
- vi) Virüs ve parazitler üzerindeki etkileri yeterince incelenmemiştir.
- vii) Amonyak oluşumuna bağlı olarak dağıtım sistemlerinde alglerin büyümesi indüklenbilir.
- viii) İçerdiği amonyak nedeniyle akvaryumlardaki balıklara zarar verebilir.

2) Klor dioksit

a) Avantajları

- i) Virüs etkisi çok yüksektir.
- ii) Klorinatlı amin oluşumuna neden olmaz.
- iii) Trihalometan oluşumuna neden olmaz, trihalometan prokürserlerini (%30 kadar) parçalar.
- iv) Tat ve koku sorunlarına neden olan fenoller parçalar.
- v) Dezenfeksiyon yan ürünleri oluşumu daha azdır.
- vi) Giardia ve Cryptosporidiumlara karşı son derece etkilidir.
- vii) Klorla karşılaştırıldığında Giardiaları 5 kat daha hızlı inaktive eder.
- viii) Demir ve manganezi hızla okside ederek ortamdan uzaklaştırılmasını sağlar.
- ix) Bromid ile reaksiyona girmediğinden bromat veya diğer bromatlı yan ürün meydana getirmez.
- x) Uygun şartlar sağlandığında suyun bulanıklığını azaltır.
- xi) Dezenfeksiyon etkinliğini etkileyen tek parametre pH'dır, o da kısmen etkiler.

xii) Manganaz oksidasyonuna neden olur, klora dirençli bazı mikroorganizmaların varlığında ilk alternatiftir.

b) Dezavantajları

- i) Doğal organik maddelerle etkileşerek inorganik yan ürünler oluşumuna neden olur (klorit ve daha az miktarda klorat iyonları)
- ii) Rezidüel etkinliği yok denilebilir, çünkü suda kısa sürede uçarak buharlaşır.
- iii) Nadiren diğer dezenfektanlarda görülmeyen koku ve tat ortaya çıkabilir.
- iv) Kullanıma hazır hale getirmek için özel ekipman gerekir.
- v) İşletme maliyeti yüksektir.

3) Ozon

a) Avantajları

- i) Virüs etkisi çok yüksektir.
- ii) Dezenfeksiyon ve oksidasyon için gereken temas süresi kısadır.
- iii) Klorlamaya bağlı oluşan dezenfeksiyon yan ürünlerinin hiç birisi oluşmaz.
- iv) Uygun şartlar sağlandığında suyun bulanıklığını azaltır.
- v) Giardia ve Cryptosporidiumlara karşı son derece etkilidir (Cryptosporidium için daha yüksek dozlarda kullanılmalıdır).
- vi) Tat ve kokunun giderilmesinde etkilidir.

b) Dezavantajları

- i) Çeşitli dezenfeksiyon yan ürünleri oluşur (aldehitler, ketonlar, karboksilik asitler, bromoform gibi bromatlı trihalometanlar, brominatlı asetik asit, bromat (bromid varlığında), kuinolonlar, peroksitler)
- ii) Sekonder dezenfektan kullanılan durumlarda trihalometan oluşumu artar.
- iii) Rezidüel koruma sağlamaz (bu nedenle su dağıtım sistemi güvenli olmayan gelişmekte olan ülkeler için uygun bir dezenfeksiyon yöntemi olarak kabul edilmez).

- iv) Meydana gelen dezenfeksiyon yan ürünleri, dezenfeksiyon işlemi sırasında azaltılmadığından ilave düzenlemeler yapılmalıdır (granüler aktiviteli karbon filtreleri gibi).
- v) Kurulum maliyeti yüksek olduğundan küçük işletmeler tarafından kullanılamaz.
- vi) Ozon, kompleks organik bileşikleri parçalayarak küçük bileşikler haline getirdiğinden sudaki mini canlılar için besin ortamı sağlar.

4) Ultraviyole radyasyon

a) Avantajları

- i) Kimyasal madde kullanılmadığından, kimyasal maddelerin kullanımına ait sorunlar olmaz (taşıma, depolama, işleme gibi)
- ii) Dezenfeksiyon yan ürünleri oluştuğu saptanmamıştır.
- iii) Birçok virüs, spor ve kisti inaktive edebilir.
- iv) Cryptosporidiuma karşı etkilidir.

b) Dezavantajları

- i) Rezidüel koruma sağlamaz
- ii) İşletme gideri yüksektir.
- iii) Kurulum maliyeti yüksektir
- iv) Enerji tüketimi yüksektir.
- v) Tüm su kaynaklı mikroorganizmalara etkinliği konusunda yeterli bilgi yoktur.
- vi) Reovirüs ve rotavirüslere karşı etkinliği çok düşüktür.
- vii) UV sonucu üreme yeteneği kaybolan mikroorganizmalar zamanla tekrar eski hallerine dönebilirler (foto-reaktasyon).
- viii) Etkinliğinin ölçülmesi güçtür.
- ix) Suyu istenilen kaliteye getirebilmek için ilave dezenfektanlar gerekebilir.
- x) Oksidasyon özelliği yoktur.
- xi) Tat ve koku kontrolü yapmaz.
- xii) Kullanılan cıvalı lambalar daha sonra içme suyu ve çevre kirliliğine neden olabilir.

DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE KLOR KULLANIMI

Klor 1774 yılında İsveçli kimyager Scheel tarafından bulunmuş fakat yeni bir element olduğu 1810 yılında Humprey Davy tarafından ispat edilerek “yeşil” anlamına gelen “kloron” adı verilmiştir. Klor ve bileşiklerini ilk defa beyazlatmak için kullanan da James Watt olmuştur. 1700’lerin sonunda potasyum hipoklorit Fransa ‘da koku giderici ve dezenfektan olarak kullanılıyordu. Klor, 1846 yılında ilk olarak Viyana Genel Hastanesinde germisit olarak kullanılmaya başlanmıştır. Klor çevre sağlığı konusunda ilk olarak lağımlarda kullanılmıştır. 1897 yılında ortaya çıkan bir tifo salgınından sonra ilk olarak İngiltere’ de Sims Woodhead kireç kaymağı kullanarak içme ve kullanma sularını dezenfekte etmeye başlamıştır. 1905 yılında yine İngiltere’de meydana gelen bir tifo salgınından sonra Lincoln, %10 sodyum hipoklorit kullanarak içme ve kullanma sularını 1ppm (part per million = milyonda kısım = mg/L) aktif klor dozunda düzenli olarak klorlamaya başlamıştır (8).

Amerika Birleşik Devletleri’nde klorun su dezenfeksiyonunda ilk kullanımına 1896 yılında Louisville’de başlanmış, sürekli kullanıma ise 1908 yılında Boonton’da geçilmiştir. Boonton’da hipoklorit kullanılmakta iken 1909 yılında sıvı klor (daha yaygın bilinen adıyla klor gazı) ticari olarak üretilmeye başlanmıştır. Sıvı klor ilk kez 1912’de Niagara şelalerinden elde edilen suyun klorlanmasında kullanılmıştır. 1920’lerde likid klor, su dezenfeksiyonunda diğer klor formlarının yerini almıştır (9).

Ülkemizde ise ilk olarak 1932’de İstanbul’da Terkos içme ve kullanma suyu tesislerinin Kağıthane’deki arıtma istasyonunda kireç kaymağı ile klorlama başlamıştır. Ankara’da ise 1935 yılında Çubuk Barajı’ndan getirilmeye başlanan içme ve kullanma suyu 1936 yılında Ziraat Fakültesinin arkasındaki arıtma tesislerinde gaz klorla sistematik olarak klorlanmaya başlamıştır. 1940’dan sonra da Türkiye çapında klorlama yaygınlaşmıştır (10) .

Klorun içme ve kullanma sularının dezenfeksiyonunda kullanımı ile ilgili tarihsel gelişmeler Tablo 3’de özetlenmiştir.

Tablo 3. Klorun İçme ve Kullanma Sularının Dezenfeksiyonunda Kullanımı İle İlgili Başlıca Gelişmeler

| Yıl | Gelişme |
|-----|---------|
|-----|---------|

| Yıl | Gelişme |
|---------------------|---|
| 1870-1880'li yıllar | Mikroorganizmaların hastalıklara neden olabileceği bilimsel olarak ispatlandı. |
| 1896 | Klor ilk olarak ABD'nde Louisville şehrinde kullanıldı. |
| 1897 | Klor İngiltere'de içme sularının dezenfeksiyonunda kullanıldı. |
| 1905 | İngiltere'de içme suları düzenli olarak klorlanmaya başlandı. |
| 1908 | Klor ABD'nin New Jersey (Boonton) ve Chicago şehirlerinde içme sularının dezenfeksiyonunda sürekli olarak kullanılmaya başlandı. |
| 1909 | 1909 yılında sıvı klor ticari olarak üretilmeye başlanmıştır. |
| 1912 | Sıvı klor ilk kez Niagara şelalerinden elde edilen suyun klorlanmasında kullanılmaya başlandı. |
| 1915 | ABD ilk içme suyu bakteriyel standardını yayınladı. |
| 1917 | Kloraminli bileşikler ilk olarak ABD ve Kanada'da kullanılmaya başlandı. |
| 1918 | Klor kullanımı ABD'nin 1000'den fazla şehrinde kullanılmaya başlandı. |
| 1920'li yıllar | Sıvı klor, su dezenfeksiyonunda diğer klor formlarının yerini aldı. |
| 1925 | İçme suyu bakteriyel standartları netleştirildi ve ABD'nde yasal olarak uygulanmaya başlandı. |
| 1932 | Ülkemizde ilk olarak İstanbul'da Terkos içme ve kullanma suyu tesislerinin Kağıthane'deki arıtma istasyonunda kireç kaymağı ile klorlama işlemi başladı. |
| 1936 | Ankara'da Çubuk Barajı'ndan getirilen içme ve kullanma suyu Ziraat Fakültesinin arkasındaki arıtma tesislerinde (Süzgeç) gaz klorla sistematik olarak klorlanmaya başlandı. |
| 1940'lı yıllar | Türkiye çapında klorlama işlemi yaygınlaşmaya başladı. |
| 1960'lı yıllar | Başta gelişmiş ülkeler olmak üzere dünya genelinde klorla su dezenfeksiyonu yaygın hale geldi. |
| 1970 | Klordioksit içme ve kullanma sularının dezenfeksiyonunda diğer klorlu bileşiklere göre daha yaygın olarak kullanılmaya |

| Yıl | Gelişme |
|------------|--|
| | başlandı. |
| 1974 | Klorla su dezenfeksiyonu sonucu sularda halojenli dezenfeksiyon yan ürünleri oluştuğu saptandı. |
| 1991 | Uluslararası Kanser Araştırma Kurumu klorla bağlı gelişen halojenli bileşiklerin insanlar için karsinojen olmadığını açıkladı. |

KLORLAMA İLE İLGİLİ TEMEL TERİMLER (7, 11)

Ön Klorlama (Prechlorination): İçme ve kullanma sularının arıtımına başlamadan önce tesisin girişinde suların klorlanmasıdır. İnorganik maddeleri (demir, manganez, sülfürler gibi) okside etmek, tat ve kokuyu ortadan kaldırmak, koagülasyon işleminin verimini arttırmak ve tesiste alg oluşumunu azaltmak amacıyla gerçekleştirilir. Bakteri ve alg yükünün azaltılması yoluyla filtrasyon işleminin düzenlenmesi, koagülasyonun kolaylaşması, çökeltme havuzlarında oksidasyon ve bozulmaların geciktirilmesiyle tat, koku ve renk meydana getiren cisimlerin azaltılması, en önemlisi de çok kirli suların klor artığını en az miktarda tutarak dağıtım şebekesinde yeterli güven hissi veren dezenfeksiyonun sağlanmasıdır. Ancak, klorlama bütün bu nedenlerin çözümü değildir. Ön klorlamada genel olarak, mümkün mertebe uzun bir temas süresinin sağlanması istenir. Bunun için klor, arıtma tesislerini besleyen noktadan suya katılır.

Son Klorlama (Postchlorination): Suya arıtma işleminin sonunda ve su dağıtım sisteminin başlangıcında klor katılmasına son/art klorlama (postklorinasyon) denir. En yaygın son klorlama (postklorinasyon) şekli, filtrasyonun hemen arkasından dezenfeksiyon için yapılan ve dağıtım şebekesinin bir kısmında veya tamamında aktif rezidüel klor bulundurandır. Temas süresi yukarıda da bahis konusu edildiği gibi gözönünde tutulması gerekli önemli maddelerden biridir. Klor filtre çıkış suyuna veya temiz su deposuna katılır.

Primer Dezenfeksiyon (Primary Disinfection): Ham suda bulunabilecek patojenleri etkisiz hale getirmek için suya klor ilave edilmesidir. Uygulama sonrası suda kalan klor miktarı (C) ve klorla mikroorganizmaların temas süresi (T) patojenlere karşı etkinliğin incelenmesinde kullanılır: $C \cdot T$ (mg*dk/L) ile elde edilen değer belirli patojenlere karşı dozajlama ile ilgili düzenlemelerde kullanılır.

Klorlama Kırılma Noktası (Breakpoint Chlorination): Suda bulunan amonyak ve diğer klor bağlayan maddeleri okside etmek için kullanılan klor miktarıdır, kullanılan doz aynı zamanda suda minimum serbest klor saptanmaya başlanılan dozdur.

Aslan Payı (Chlorine Demand): Klor dezenfeksiyon etkisinin yanı sıra suda bulunabilen organik ve inorganik maddelerle (indirgenmiş metaller, sülfürler, brom iyonları, organik ve inorganik nitrojenli bileşikler gibi)

reaksiyona girerek onları okside eder. Bu oksidasyon işlemi sırasında tüketilen ve mikroorganizmaları etkisiz hale getirmek için gereken klor miktarının toplamına "aslan payı" denir ve bu aşamada meydana gelen ürünlere "dezenfeksiyon yan ürünleri" adı verilir.

Rezidüel Klorlama (Residual Chlorination): Suyun dağıtım sistemine verilmesinden sonra da suda bir miktar klor bulunabilmesi amacıyla yapılan klorlama işlemidir. Biyofilm oluşumu, çapraz kontaminasyon, dağıtım şebekesindeki arızalar veya benzeri durumlarda şebekedeki suyun mikrobiyolojik kalitesinin bozulmaması için uygulanmaktadır.

Süperklorlama (Superchlorination): Kısa süre için çok yüksek miktarlarda klorlama yapılması işlemidir, sürenin hemen sonunda deklorlama (sudaki klorun alınması) yapılmalıdır. Sudaki rengi, demiri, manganezi, belirli bazı vertebrasız büyük canlıları yok etmek veya etkisiz hale getirmek gibi amaçlarla yapılır. Bazı olağanüstü durumlarda 2 ppm gibi dozlarda yapılan klorlama işlemine yüksek dozda klorlama denir, süperklorlama değildir. Süperklorlama en az 5 ppm dozunda yapılır.

Tesis (Depo, Şebeke) Dezenfeksiyonu: Yeni kullanıma açılan veya bakıma alınan eski depoların veya dağıtım sistemlerinin kısa süre için çok yüksek miktarlarda klor kullanılarak dezenfekte edilmesi işlemidir. Bu işlem mikrobiyolojik su kalitesinin değişken olduğu tesislerde de düzenli olarak tekrarlanmalıdır.

Aralıklı Klorlama (Intermittent Chlorination): Dağıtım sistemi borularındaki ve ana hatlardaki mikrobiyolojik üremeyi kontrol altına almak için aralıklı olarak sisteme klor ilave edilmesidir. Aralıklı klorlama, dezenfeksiyon için klor kullanmayan arıtma tesislerinde de zaman zaman kullanılmaktadır.

Tekrar Klorlama (Rechlorination): Yapılmakta olan klorlama işlemi dışında şebekenin bir veya birkaç noktasında suya ayrıca klor katılmasına tekrar klorlama denir. Bu uygulama filtre çıkışında katılan klorun, borulardaki biyolojik faaliyeti kontrole ve suyun hareketsiz kaldığı noktalarda renklenme olaylarını önlemeğe yetmediği ve dağıtım şebekesinin uzun ve kompleks olduğu hallerde yapılır.

Klordan Arıtma (Dechlorination): Süperklorinasyon işlemi görmüş olan su, estetik yönden sakıncalı şekilde klor bulundurur. Bu itibarla klor artığının tüketici için uygun dereceye indirilmesi zorunluluğu vardır. Bunun için, uzun süreli ve güneş ışınlarına açık depolama ve aktif kömür

absorpsiyonu elverişlidir. Kükürt dioksit, sodyum tiyosülfat, sodyum bisülfid gibi kimyasal maddelerde fazla kloru alıcı olarak kullanılır. Kükürt dioksit kullanıldığında, her bir ppm klor için 1 ppm kükürt dioksite ihtiyaç vardır.

KLORLA SU DEZENFEKSİYONU

İçme suyu dezenfeksiyonunda kullanılacak yöntemler teknik ve ekonomik olarak su arıtma uygulamalarına uygun olmalıdır. Klor dezenfeksiyonu ve gerektiğinde amonyak ilavesi, diğer yöntemlere göre daha basittir ve işletmeye yönelik gereksinimleri ayrıntılı olarak incelenmiş ve mekanizmaları tam olarak ortaya konabilmiştir. Klorla dezenfeksiyon işlemi kapasitelerine bakılmaksızın tüm içme suyu arıtma tesislerinde uygulanabilmektedir. Klor dışındaki yöntemlerle su dezenfeksiyonu yapılan işletmelerde de acil durumlar için yedek klorlama ekipmanı bulundurma zorunluluğu bulunmaktadır.

Klor suya genelde elementer klor (klor gazı), sodyum hipoklorür solüsyonu (çamaşır suyu) veya katı kalsiyum hipoklorür şeklinde uygulanmaktadır. Bu uygulamaların her biri suda serbest klor oluşumuna neden olan uygulamalardır ve klorla dezenfeksiyon denildiğinde bu üç uygulamadan birisi akla gelir.

Elementer klor en yaygın kullanılan klor formudur. Basınçlı tanklarda sıvılaştırılmış gaz halinde taşınırlar ve depolanırlar. Arıtma tesislerinde genelde ortalama 50 ve 75 kg.lık klor tankları kullanılır. Çok büyük çaplı arıtma tesislerinde kullanılmak üzere 1 tonluk klor tankları da üretilmektedir.

Sodyum hipoklorür veya çamaşır suyu sodyum hidrokside elementer klor ilave edilerek üretilir. Sodyum hipoklorür solüsyonları genel olarak %5-15 oranında klor içerir.

Kalsiyum hipoklorür genelde küçük kapasiteli su arıtma tesislerinde kullanılan bir klor formudur. Beyaz ve katıdır. Yaklaşık %65 oranında klor içerir. Ticari olarak granüler veya tablet şeklinde temin edilebilir.

Yaygın olmamakla birlikte bazı işletmeler tarafından kullanılan hipoklorür jeneratörleri tuzlu su ve klor kullanarak zayıf (~%0.8) hipoklorür solüsyonları üretmektedir. Bu jeneratörler arıtma tesislerinde bulunmakta ve taşıma ve depolama masraflarını düşürmeyi hedeflemektedir.

Her bir klor formunun kendine özgü avantaj ve dezavantajları Tablo 4'de özetlenmiştir.

Tablo 4. Klorun Farklı Formlarının Avantaj ve Dezavantajları

| Kullanılan Klor Formu | Avantajları | Dezavantajları |
|------------------------------|--------------------|-----------------------|
|------------------------------|--------------------|-----------------------|

| Kullanılan Klor Formu | Avantajları | Dezavantajları |
|------------------------------|--|---|
| Elementer Klor | <ul style="list-style-type: none"> • Klor formları içinde en ucuz olanıdır. • Raf ömrü yoktur, yani sonsuza dek depolanabilir. | <ul style="list-style-type: none"> • Klor gazı tehlikeli bir gaz olduğundan kullanımı sırasında dikkatli olunmalı ve tecrübeli personel çalıştırılmalıdır. |
| Hipoklorür Solüsyonu | <ul style="list-style-type: none"> • Elementer kloru göre daha az zararlı ve daha az tehlikelidir. • Çalışan personelin kısa süreli eğitimi yeterlidir. | <ul style="list-style-type: none"> • Raf ömrü sınırlıdır. • Suyu katıldığında inorganik yan ürünler (klorat, klorür ve bromat) oluşabilir. • Korozif etkisi fazladır ve bir çok kimyasala göre daha fazla özen gösterilmesi gerekir. • Elementer kloru daha pahalıdır. |
| Kalsiyum Hipoklorür | <ul style="list-style-type: none"> • Sodyum hipoklorürden daha dayanıklıdır ve raf ömrü daha uzundur. • Çalışan personelin kısa süreli eğitimi yeterlidir. | <ul style="list-style-type: none"> • Kullanım öncesi hazırlama aşamasında daha çok işlem gerektirir. • Hazırlanan stok solüsyonlarda oluşabilen partiküller doz ayarlamasını güçleştirebilir. • Elementer kloru daha pahalıdır. • Yangın ve patlama tehlikesi olabilir. • Suyu katıldığında inorganik yan ürünler (klorat, klorür ve |

| Kullanılan Klor Formu | Avantajları | Dezavantajları |
|-------------------------------|--|--|
| | | bromat) oluşabilir. |
| Zayıf Hipoklorür Solüsyonları | <ul style="list-style-type: none"> • Depolanan ve taşınan kimyasal madde miktarında azalma meydana gelir. | <ul style="list-style-type: none"> • Bakım ve idamesi daha zordur. • Kurulum maliyeti yüksektir. • İşletme maliyetleri genelde ticari hipoklorür solüsyonlarından yüksektir. • Tuz miktar ve kalitesinin sürekli kontrolü gerekir. • Üretilen zayıf hipoklorür solüsyonları nedeniyle suya daha fazla kimyasal madde verilir. • Suda oluşan dezenfeksiyon yan ürünlerinin takibi zordur. • Tüm sistemin kontrol ve yürütülmesi daha zor ve pahalıdır. |

Yukarıda açıklanan klor formlardan başka kloro dayalı diğer dezenfeksiyon yöntemleri de içme ve kullanma sularının dezenfeksiyonunda kullanılabilir. Bu dezenfektanlar kloraminler ve klor dioksittir (Tablo 2 ve Tablo 3).

Kloraminler belirli miktarlardaki klor ve amonyakın sulu ortamda birleştirilmesi ile elde edilirler. Kloraminler kloro göre daha güçsüz olduklarından genelde primer dezenfektan olarak kullanılmazlar.

Kloraminlerin en önemli özelliklerinden birisi ortamda uzun süre bozunmadan kalabilmeleridir. Bu nedenle kloraminler sıklıkla uzun dağıtım şebekelerinde serbest klor ihtiyacını karşılamak üzere ikincil (rezidüel) dezenfektan olarak kullanılırlar. Kloraminlerin diğer bir tercih nedeni de dezenfeksiyon sonrasında oluşan yan ürünlerin klorlamaya göre daha az olmasıdır. Yine tat ve koku giderici özelliklerinden dolayı da tercih edilirler (3).

Klor dioksit (ClO_2) arıtma tesislerinde kullanımdan hemen önce hazırlanan bir dezenfektandır. Klor dioksit jeneratörlerinin bir çoğu sodyum klorür ile elementer kloru kullanarak klor dioksit oluşturur. Klor dioksit kloro dayalı bir dezenfektan olmakla birlikte hemen tüm özellikleri kloro farklıdır. Sıvı şekli sıvı içerisinde çözülmüş gaz şeklindedir, çözünürlüğü pH'dan fazla etkilenmez, uçucu bir bileşiktir ve içinde çözülmüş halde bulunduğu sıvıdan kolayca ayrılabilir. Güçlü bir dezenfektan olmasının yanı sıra en çok tercih edilen oksidandır; klor dioksit suya ilave edildiğinde oksidasyon özelliğine sahip bir yan ürün oluşmasına neden olur (3).

Bazı tesislerde, filtrasyondan hemen önce klor ilave edilir ve kum filtreleri dezenfeksiyon için bir tür temas havuzu olarak işlev görür. Buna preklorinasyon veya predezenfeksiyon adı verilir. Bu işlemin yapılmasında temel amaç; filtre, boru ve tanklarda biyolojik tabakaların oluşumunu engelleyerek suda oluşabilecek kötü tat ve koku sorununu çözmek, demir veya manganezi okside etmek veya dezenfeksiyon için yeterli temas süresi sağlamaktır (7).

KLORLA SU DEZENFEKSİYONUNUN ÜSTÜNLÜKLERİ

Klor içeren dezenfektanlar bilinen patojen mikroorganizmaların birçoğuna etkilidir ve bunlar tamamen yok eder veya üremelerini engeller.

Klor içerikli dezenfektanlar, suyun işlendiği tesisten kullanıcıya ulaştığı çeşmeye kadar sürekli dezenfeksiyon sağlayan tek yöntemdir. Ozon ve ultraviyole gibi diğer alternatif dezenfeksiyon yöntemleri primer dezenfektan olarak adlandırılırlar ve rezidüel dezenfeksiyon sağlamazlar (6).

Tüm kimyasal dezenfektanlar yan ürün oluştururlar, klorun avantajlarından birisi de yan ürünleri en çok incelenen dezenfektan olmasıdır (3).

Klor tat ve koku kontrolü sağlar, içme sularında kötü koku ve tada neden olabilen çok sayıdaki doğal organik maddeyi (özellikle alglerden kaynaklanan) okside eder. Vejetasyon sonucu meydana gelen sülfidleri ve kokuları ortadan kaldırır (3).

Klor biyolojik büyümeyi kontrol altına alır, boruları ve cihazları tıkayabilecek ve arızalara neden olabilecek veya depolarda gelişebilecek canlıların oluşumunu engeller (3).

Klor kimyasal kontrol sağlar, suda bulunabilecek hidrojen sülfidi, amonyak ve diğer nitrojenli bileşikler parçalar (12).

Klor ekonomik olarak toplumsal kaynaklara önemli miktarda katkı sağlar. Yapılan bir araştırmada farklı nitelikteki suların arıtım ve dezenfeksiyon masrafları ile su kaynaklı hastalıkların maliyeti incelenmiştir. Araştırma sonucuna göre su arıtım ve dezenfeksiyonunun maliyet-yarar oranı küçük yerleşim yerleri (<10 bin) için 3:1, büyük yerleşim yerleri (>500 bin) için ise 8:1 civarındadır (13).

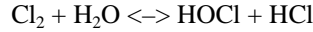
İçme suları dışında rekreasyon amacıyla kullanılan (havuz, kaplıca vb. gibi) suların dezenfeksiyonunda da klorun kullanılabilmesi, klorun diğer dezenfeksiyon yöntemlerine göre en önemli üstünlüklerinden biridir. Bu tür suların meydana getirebileceği başlıca sağlık sorunları; bakteriyel gastroenteritler, Legionella hastalığı, kulak enfeksiyonları, atlet ayağı (mantar) ve dermatitlerdir. Halen dünyadaki özel ve halka açık havuzların %90'ında sanitasyon amacıyla klor kullanılmaktadır. Klorun havuzlarda yaygın olarak kullanılmasının başlıca nedenleri; klorun primer ve rezidüel etkiye sahip bir dezenfektan olması, çok yönlü etki göstermesi (algisit, mikrobisit, oksidizer vb. gibi) ve ekonomik ve kolay uygulanabilir olmasıdır. Yüzme havuzlarında klor kullanımına bağlı olarak geliştiği düşünülen koku,

gözlerde kızarma gibi sorunlar genelde algeri yok etmek amacıyla yüksek dozda bakır içerikli algisit kullanımına bağlı olarak gelişir (12).

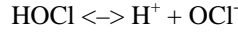
KLORLA SU DEZENFEKSİYONUNUN MEKANİZMASI

Suya klor katılması sonucu meydana gelen reaksiyonlar, bunların mekanizması, görünüşte çok basit görülür. Gerçekte durum böyle değildir. Öncelikle, klor katılan su, sadece saf H₂O değildir, içinde hayvansal, bitkisel ve sentetik yapıları çeşitli organik maddeleri değişik miktarlarda bulunduran, çeşitli elementler ve bunların bileşiklerinin son derece karışık solüsyonlarını kapsayan bir sıvıdır. İkincisi de meydana gelen reaksiyonda, klor su ile basit bir katılma bileşiği vermez. İçinde artık madde bulunduran suların klorlanması ise, çok daha karışık durumlar meydana getirir.

Klor suda orta derecede çözünen ve kontrollü bir şekilde kolayca uygulanabilen bir maddedir. Klor gazı (Cl₂) veya hipoklorit tuzu (OCl⁻) oda sıcaklığında suda çözünür. Klor iyonu suda çözüldüğünde ve reaksiyon en basit şekliyle ele alındığında hipoklorik asit ve hidroklorik asitin bir karışımı meydana gelir:



Oluşan bu serbest asitler daha sonra aşağıdaki reaksiyonla dağılırlar ;



Hipokloröz asit (HOCl) ve hipoklorit iyonlarının (OCl⁻) konsantrasyonuna “serbest klor” adı verilir ve miktarları esas olarak pH tarafından belirlenir. Yukarıdaki denge denklemine göre pH'nın 3'ün üzerinde olması halinde klor moleküler halde (Cl₂) bulunmaz. Hipoklorit asit, 6 – 8.5 değerleri arasındaki pH'larda tamamen ayrışır. pH 6'ya eşit ise klor, “hipoklorit asit” şeklinde bulunur. pH 7.5 değerinin üzerinde ise hipoklorit iyonları (OCl⁻) hakimdir. pH 9.5 değerinin üzerinde ise klor hemen tamamen hipoklorit iyonları (OCl⁻) şeklindedir (8). Su dezenfeksiyonu genel olarak pH 7.0 – 8.0 arasında meydana gelir ve bu aralıkta HOCl OCl⁻'ye dönüşür. Bu pH aralığında HOCl'nin biosidal aktivitesi OCl⁻'den daha yüksektir (11, 7).

Bu reaksiyonlar reversibldir. Denge sağlandığında reaksiyon durur. Ortama klor iyonu veya alkali bir madde eklenirse HOCl + HCl üretimi artar. Hidroklorik asit kuvvetli asittir ve ortamda tamamen dağılır, hipoklorik asit ise zayıf bir asittir ve dağılımı ortamın pH'sı ile belirlenir.

Klor iyonu ortamda bulunan fenol ve amonyak gibi maddelerle de reaksiyona girer. Bu reaksiyonlar sonunda klorofenol, monokloroamin, dikloroamin, nitrojen trikloroamin ve HCl meydana gelir. HCl dışındaki

maddelerin hepsine birden kombine kalıcı klor denir. Bunların arasında dikloramin en yüksek dezenfektan etkiye sahiptir. Eğer ortamda yeterli miktarda amonyak veya amino bileşikleri varsa ortam pH' sı 7'nin altına düştüğünde monokloraminler dikloraminlere dönüşebilir. Ortamda okside olabilecek materyal varlığında klor iyonlarının su ile girdiği reaksiyon sonunda $2HCl + O$ oluşur; ortaya çıkan oksijen güçlü bir oksidandır ve bu reaksiyon pamuk beyazlatmada kullanılır (14).

Suda bulunan inorganik ve organik moleküller, süspansiyon halindeki partiküller ve mikroorganizmalar "klor ihtiyacı" denilen durumu oluştururlar; çünkü tüm bu oluşumlar serbest kloru kullanarak, biosidal aktivitenin ortaya çıkabilmesi için ilave klora gereksinim meydana getirirler. Tüm klor ihtiyacını karşılayan klor düzeyinin sağlandığı konsantrasyon düzeyine "kırılma noktası" adı verilir ve bu andan itibaren eklenen klor "serbest klor" (rezidüel klor) olarak kalır. Serbest klorun suda bulunduğu süre "temas süresi" olarak adlandırılır ve sağlanan dezenfeksiyon işleminin derecesini gösterir.

Klor bakterilerde glikoz oksidasyonunu inhibe ederek bakterisid etki gösterir. Ayrıca sülfidril grubu taşıyan bazı enzimlerin aktivasyonunu da azaltır (10). Bakterilerle karşılaştırıldığında sporlu bakterilerin, virüslerin, protozoonların ve ilkel organizmaların sudan giderilmesi için; suyun, daha yüksek klor dozu ile daha uzun süre temas ettirilmesi gerekmektedir (10).

Serbest klor, özellikle de HOCl, kloraminlere kıyasla çok daha fazla bakterisittir. HOCl elde edilmesi pH ayarı ile sağlanabilir. Serbest ve bağlı klorun bakterisit etkisi sıcaklıkla birlikte yükselir. Düşük sıcaklığa bir de yüksek pH eşlik ederse bakterisit etki azalır. Kloraminlerin, serbest klor kadar bakterisit etki gösterebilmesi için serbest klora nazaran 100 kat daha uzun süre suda kalmalıdır. Eşit temas süresinde, eşdeğer miktarda bakteri yok edilmesi için serbest klora nazaran 25 kat daha fazla kloramine ihtiyaç vardır (8).

ABD'nin Milwaukee şehrinde, 1993 yılında meydana gelen ve yaklaşık 400 bin kişiyi etkileyen Cryptosporidium salgınından sonra, klorun, suda bulunabilecek bir çok mikroorganizmaya karşı etkili olmasına rağmen, Cryptosporidium üzerine etkinliğinin olmadığı düşünülüyordu; ancak yakın zamanda yapılan çalışmalar serbest klor uygulanmasını takiben ortama monokloramin ilave edilmesinin Cryptosporidium ookistleri üzerinde son derece etkili olduğunu ortaya koymuştur (15). Cryptosporidium için diğer dezenfeksiyon yöntemleri de incelenmiştir. Hipokloroz asitin Criptosporidium için hipoklorik asitten daha etkili olduğu, düşük su

sıcaklığında ve yüksek pH seviyelerinde klordan sonra klor dioksit uygulamanın özellikle C. Parvum inaktivasyonunda son derece etkili olduğu gösterilmiştir (16). Ultraviyole ile dezenfeksiyon çalışmalarında Cryptosporidium ve Giardia'nın etkisiz hale getirilebildiği ve deneysel çalışmalarda laboratuvar farelerinde enfeksiyon meydana gelmediği gözlenmiştir (17). Primer dezenfektan olarak ozon kullanıldığında Cryptosporidium oookistlerinin etkili bir şekilde inaktive edildiği (%99.9) ancak sekonder dezenfektan olarak klor veya kloraminlerin kullanılması gerektiği tespit edilmiştir (18, 19, 20).

Klorla Dezenfeksiyona Etki Eden Başlıca Faktörler

pH Derecesi:

Klor, suyun pH'sını düşürür ve alkaliliği azaltır. Hipoklorit kullanılması halinde ise, suyun pH'sı biraz yükselir. Klorun bakterisit etkisi, suda bulunduğu şekillere bağlıdır. Serbest halde hipoklorit asit (pH 6 ile 7,5 değerleri arasında) ve bağlı halde de dikloramin (pH 4,4 ile 6,5 değerleri arasında) en etkili klor bileşikleridir. Sonuç olarak içme suyu olarak kullanılan suların alışlagelen pH sınırları içinde pH'ları yükseldikçe, serbest klor ve kloraminlerin bakterisit güçlerinin azaldığı anlaşılır. Dezenfeksiyon verimi bakımından pH, uygun bir seviyeye getirilebilirse de, koagülasyon, sülfid oksidasyonu, korozyon kontrolü ve başka bazı amaçlarla da pH'ın yükseltilmesi gerekebilir (7).

Sıcaklık:

Serbest ve bağlı klorun bakterisit kapasitesi sıcaklıkla birlikte artar. Yüksek pH ile düşük sıcaklık şartlarının birleşmesi halinde bakterisit özellikte azalma olur (7).

Temas Süresi:

Bakteri ve diğer canlı organizmaların klora karşı gösterdikleri dayanıklılık büyük ölçüde değişir. Yukarıda belirtilen maddeler dışında ve klorun gerek serbest klor, gerek kloramin şeklinde olması hallerinde, patojen ve diğer organizmaların yok edilmesi için temas süresi de yeter olmalıdır. Diğer şartların değişmez olması halinde, serbest klor artışı için gerekli temas süresi, kloramin çeşitlerine nazaran çok daha kısadır. Genel olarak aynı miktarda artık elde etmek ve eşit miktarda bakteriyi

yok etmek için, kloraminler serbest kloru nazaran 100 kat fazla zaman isterler (11).

Klor Cinsi:

Bağlı klor formları ve kloraminler, serbest kloru ve özellikle hipoklorit asite göre çok daha az aktiftirler. Bunun kloraminlerin çok daha düşük olan oksidan kapasiteleri dolayısıyla olduğu ileri sürülmüştür. Eşit temas süresinde, eşdeğer miktarda bakteri yok edilmesi için de serbest kloru nazaran 25 misli daha fazla kloramine ihtiyaç vardır (11).

REZİDÜEL (İKİNCİL VEYA ARTIK) KLORLAMA

Suların arıtma tesislerinde işlenmesi ve dezenfeksiyonu suyun mikrobiyolojik kalitesini uygun düzeye getirir ve kullanıcıların tüketimine hazır hale getirirler. Ancak bu sular kullanıcılara ulaştırılmak üzere dağıtım sistemine verildiğinde veya depolandığında çeşitli nedenlerle tekrar mikroorganizmalarla kontamine olabilir ve mikrobiyolojik olarak sağlığı tehdit edecek derecede kalitesi değişebilir. Arıtma tesisinden suyun çıkmasını müteakip suyun çeşitli nedenlerle tekrar mikrobiyolojik olarak kontamine olmasını engellemek için yapılan klorlama işlemine rezidüel klorlama adı verilir. Klor dışında hiçbir dezenfektanın rezidüel koruyuculuğu yoktur. Rezidüel klorlamada temel yaklaşım suyun dağıtım şebekesinde kaldığı sürece 0.1-0.5 ppm serbest klor içermesidir. Rezidüel klorlamada iki yöntemden bahsedilebilir.

Serbest Klorlu Rezidüel Klorlama

Bilindiği üzere klor, amonyak ve sudaki diğer bazı maddelerle birleşerek kloramin formlarını meydana getirir. Suya, şayet yeter miktarda klor katılırsa amonyak yok edileceğinden, artık, yalnız serbest klor cinsinden olacaktır. Artığın sadece serbest klor cinsinden görünen bu andaki klor talebine kırılma noktası (breakpoint) dozu denir. Dezenfeksiyon için kırılma noktası klor dozuna erişilmesi şart değildir. Meydana gelen kloraminler ve diğer kompleksleri ile su arasında yeter temas süresi sağlanabilirse dezenfeksiyon yine gerçekleşir (11).

Kırılma noktası aşıldıktan sonraki klor dozu, klora az dayanıklı bakteriler ve kolaylıkla okside olan organik ve anorganik bileşenlerin gerektirdiği klor talebini karşıladığı gibi, daha dayanıklı bakteriler ve daha kompleks kimyasal maddeleri yok edebilecek bir serbest klor artığı da sağlar. Daha fazla klor katıldığında, koku, tat ve renk veren organik komplekslerin oksidasyonu büyük ölçüde karşılanır. Dolayısıyla bakterilerin yok edilmesi de daha hızlı ve geniş çaplı olur. Ancak yüksek dozda klor uygulaması halinde suda meydana gelen aşırı klor nedeniyle meydana gelen tat ve kokunun giderilmesi için sonradan aşırı kloru alma yoluna gitmek gerekir.

Yüksek serbest klorlu rezidüel klorlama, özellikle, düşük kalitede su ve manganın azaltılması (bazen demirde) için veya dezenfeksiyonda marjinal (son sınıra yakın) klor artıklarının yetmemesi hallerinde

uygulanır. Bunun dışında yüksek dozda klorlama, arıtmadan önce suyun bir tadı olması ve küçük klor miktarları ile suda nahoş tatlar meydana gelmesi hallerinde de faydalıdır. Burada belirtilen tat, doğrudan doğruya klordan meydana gelen tat değildir. Klorla meydana gelen tat değişikliği doğal ve suni klor giderme ile (deklorinasyon) yok edilebilir.

Yüksek klor dozları tat meydana getiren maddeleri okside ederek yok eder. Eğer su fenollü bileşikler, bazı alg cinsleri v.s.. kapsıyorsa ve diğer metotlar etkili değilse, bu durumda kırılma noktası klorlaması veya yüksek doz klorlama tadı kontrol etmek için başarı ile kullanılabilir. Koku ve tadı yok etmek için suya katılacak klor miktarı ve klorlama yönteminin şekli, suyun kirlenme şekli ve kirlenme tipine bağlıdır. Bazı sularda 1 mg/L, kırılma noktasına erişmek için yeterlidir; bazı sular ise 10 mg/L veya daha fazla klora ihtiyaç duyabilir.

Bağlı Klorlu Rezidüel Klorlama

Bağlı klor formları, özellikle de anorganik formları (kloraminler) uygun temas süresi ve konsantrasyon sağlandığı takdirde dezenfeksiyon için etkilidirler. Bakteriyolojik testler aksini göstermedikçe tüketiciye sunulmadan önce, suyla bağlı klor formları arasında 30 ile 60 dakikalık bir temas süresi sağlanmalıdır. Ancak bu durumda hızlı dezenfeksiyon beklenemez, fakat meydana gelen rezidüel klor, serbest klor artığına nazaran çok daha uzun bir süre suda kalır (11).

Serbest klorlamanın aksine, klor-amonyak işlemi, bu yolla oksidasyona uğratılan suyun tadını çok değiştirmedığı gibi, klorlu tatların (klorun bazı cisimlerle birleşmesi neticesi ortaya çıkan) meydana gelişini de genelde önler. Bu yöntem, borulardaki bakteri faaliyetini kontrol etmek, kör hatlarda suyun, demirle uzun zaman teması neticesi meydana gelen renklenmeyi azaltmak, tüketim noktalarında yüksek ve suya tat vermeyen bir artık bulundurmak ve bazı alglerin meydana gelmesini önlemekte genel olarak başarıyla kullanılır.

Ancak demir ve manganın azaltılması, koku ve tat problemleri mevcut ise, serbest klorlu rezidüel klorlama daha etkili ve ekonomiktir. Klor-amonyak yönteminde gerekli reaksiyonları sağlayabilmek için suya amonyak (genel olarak gaz, aynı zamanda sıvı formda veya amonyum sülfat gibi bir bileşik halinde) katmak gerekebilir. Amonyak, reaksiyonlar için gerekli bir madde olduğundan, konsantrasyonu dikkatlice kontrol

edilmelidir. Pratikte üç kısım klor, bir kısım amonyak katılması iyi sonuçlar verir (11).

DEZENFEKSİYON YAN ÜRÜNLERİ

Klor ve kloraminler sudaki bazı organik maddelerle etkileşerek dezenfeksiyon yan ürünleri oluşumuna neden olurlar. Trihalometanların keşfinden sonra, gerçekleştirilen çalışmalar, dezenfeksiyon işlemi sırasında çok sayıda dezenfeksiyon yan ürünleri oluştuğunu göstermiştir.

Trihalometanlar dışında sulara oluşan dezenfeksiyon yan ürünlerinden birisi haloasetik asitlerdir. Toplam haloasetik asit (monokloroasetik asit, dikloroasetik asit, trikloroasetik asit, monobromoasetik asit ve dibromoasetik asit) miktarı için Amerikan Çevre Koruma Birimi tarafından konulan üst sınır 0.06 mg/L'dir. Trihalometanlarda olduğu gibi haloasetik asitlerin sağlık üzerine olan etkileri hakkında yeterli bilgi bulunmamaktadır (3).

Dezenfeksiyon yan ürünleri ile ilgili düzenlemeler yapılırken, etkilenimin yaşam boyu olduğu dikkate alınarak, bulunmasına izin verilen maksimum değerlere uyumluluk; günlük ölçümlerin aylık ortalaması ve aylık ortalamaların yıllık ortalaması şeklinde hesaplanmalıdır. Oysa konuyla ilgili yapılan çalışmalar genelde bir veya birkaç defaya mahsus ölçümlere dayanmaktadır. Yıllık ortalaması, belirlenen değerlerin üzerinde olan su arıtma tesislerinde ilave önlemler alınmalı, bunun yanı sıra gelecekte ortaya çıkabilecek dezenfeksiyon yan ürünlerinin oluşumunu engellemek için genişletilmiş koagülasyon sisteminin tüm arıtma tesislerinde kullanılmaya başlanması sağlanmalıdır.

Dezenfeksiyon yan ürünlerinin sulara tespit edildiği 1974 yılından bu yana yapılan çalışmalar, bu kimyasallarla insanlarda kanser oluşumu konusunda doğrudan bir ilişki ortaya koyamamış ve Uluslararası Kanser Araştırma Kurumu, dezenfeksiyon yan ürünlerinin "insanlarda karsinojendir" sınıfına sokulamayacağına karar vermiştir (21). DSÖ de "dezenfeksiyon yan ürünleri kaynaklı olabileceği ileri sürülen sağlık risklerinin, yetersiz dezenfeksiyon sonucu ortaya çıkabilecek sağlık risklerine göre son derece az olduğu"nu açıklamış ve "dezenfeksiyon yan ürünleri oluşumunu azaltmak için, suların dezenfeksiyonunu engelleyecek veya azaltacak hiçbir uygulamanı onaylanamayacağını" belirtmiştir (22, 23). Konuyla ilgili bir araştırmada dezenfekte edilmemiş bir içme suyunda bulunabilecek patojen mikroorganizmaların, dezenfekte edilmiş sulardaki dezenfeksiyon yan ürünlerine göre en az 100-1000 kat fazla tehdit oluşturacağı vurgulanmıştır (24).

Suda bulunabilen bir çok trihalometan arasında miktar olarak en çok bulunanı kloroformdur. Yapılan araştırmalar yüksek dozda trihalometanlara maruz kalan hayvanlarda kanser oluşabileceğini gstermiş, ancak sularda bulunmasına izin verilen miktarlarda kanser oluşumu gsterilememiştir (25). Konuyla ilgili olarak yapılan daha geniş kapsamlı çalışmalarda suda bulunmasına izin verilen miktarların uzerinde dezenfeksiyon yan uerunleri kullanılmış, ancak erkek ve dişi laboratuvar sıçan ve farelerinde kanser dahil her hangi bir sağlık sorunu tespit edilmemiştir, ancak dişi sıçanlarda şuşheli karsinogenik bulgular olabileceği belirtilmiştir (26). Konu hakkında yapılan epidemiyolojik çalışmaların incelendiği bir meta-analiz çalışmasında; klorlanmış su ile mesane ve kolon kanseri arasında ilişi olduğunu gsteren çalışmalarda metodolojik hatalar bulunduğu, karıştırıcı faktorerin fazlalığı nedeniyle çalışma sonuçlarının gvenilirliğinin azaldığı belirtilmiştir (27).

Bu yontemler arasında en iyi inceleneni klorlama olduğundan, diğer yontemlerle oluşan dezenfeksiyon yan uerunleri hakkında yeterli bilgi bulunmamaktadır. Bunun yanı sıra diğer dezenfeksiyon yontemleri reziduel koruma sağlamadığından, arıtma tesisi sonrasında meydana gelebilecek kontaminasyonlara karşi da dezenfeksiyon sağlanmak isteniyorsa, klorlama dışındaki tmm yontemlerle birlikte yine klor veya kloraminler kullanılmak zorundadır.

Dezenfeksiyon yan uerunlerinin oluşumunun engellenmesi

Dezenfeksiyon yan uerunlerinin oluşumunu engellemede temel basamak organik prokursor maddelerin ortamdan uzaklaştırılmasıdır. Bu genelde 3 yontemle gerçekleştirilir (28):

1. Koagülasyon: İçme suyu arıtma tesisleri genelde bulanıklığı giderebilecek duzeyde koagülasyon işlemi gerçekleştirirler. Bulanıklığı gidermek amacıyla kullanılan şap ve demir tuzları prokursor maddelerin bir kısmını ortamdan uzaklaştırır. şap veya demir tuzu katılmadan once veya katılırken suyun pH seviyesinin duşurilmesi ile daha fazla organik prokursor ortamdan uzaklaştırılabilir.

2. Adsorpsiyon: Dezenfeksiyon yan uerunlerinin ortamdan uzaklaştırılması amacıyla adsorpsiyon yontemi kullanılmaktadır. Aktif karbon, etkili bir adsorpsiyon sağlar. Aktif karbonun ayrıca bazı mikrokirleticileri de tuttuğu tespit edilmiştir. Granuler veya toz halindeki aktif karbon bu amaçla kullanılabilir.

3. Membran Kullanımı: Basınç altında suyun yarı-geçirgen membranlardan filtre edilmesi sağlanır. Bu yöntemle trihalometanların hemen tamamı ve diğer dezenfeksiyon yan ürünlerinin çoğunluğu sudan uzaklaştırılabilir.

DEPO SULARININ VE DEPODAN ÇIKAN SULARIN KLORLANMASI

Suya dezenfeksiyon amacıyla ilave edilen klorun bir miktarı suda bulunan organik ve inorganik maddeler tarafından tutulur. Buna "aslan payı" adı verilir. Suda istenilen klor miktarına ulaşmak için bu miktarın üzerinde klor kullanılmalıdır. Aslan payı şu şekilde hesaplanabilir:

Öncelikle %1'lik aktif klor solüsyonu hazırlanır. Bunun için bir litre distile/deiyonize suya %25 aktif klor ihtiva eden 40 gr kireç kaymağı (iki silme çorba kaşığı) konur ve iyice karıştırılır, ağzı kapalı olarak 30 dakika beklenir. Üzerindeki sıvı alınarak başka bir kaba konur, altta kalan çözünmemiş katı partikülü kısım atılır. Bu eriyik %1'lik bir ana eriyiktir, yani litrede 10 gram, 100 ml.de ise 1 gram aktif klor vardır (Stok Çözelti). Toksik ve aynı zamanda korosivdir. Serin ve güneş görmeyen bir yerde saklandığı takdirde 10-15 gün aktivitesini korur. Toksik olması dolayısıyla, çocukların eline geçmeyecek yerlerde saklanmalıdır. Kireç kaymağı dışında içerdiği klor miktarı bilinen diğer klor kaynaklarından da stok klor solüsyonu hazırlanabilir (çamaşır suyu gibi).

Aslan payı hesaplanacak su numunesinden 9 ml alınır ve üzerine 1 ml stok çözeltiden konulur ve hafifçe karıştırıldıktan sonra ağzı kapalı olarak 30 dakika kadar bekletilir. Eğer su numunesinin içinde organik madde bulunmuyorsa komparatörle ölçüm yapıldığında klor miktarının 1 mg (1 ppm) olarak bulunması gerekir. Komparatörle elde edilen sonuç 1 ppm değerinden çıkarılır, elde edilen değer su numunesinin aslan payıdır. Yani komparatörle sudaki klor miktarını 0.8 ppm buldu isek, su numunesinin aslan payı 0.2 ppm'dir ve suya klor ilave ederken son değer 0.5 ppm olmasını istiyorsak hesaplamaları 0.7 ppm şeklinde yapmamız gerekir.

Ancak aslan payının hesaplanması su kaynağından sürekli su geldiği büyük birimlerde pratik olarak uygulanamaz, bunun yerine kabul gören yaklaşım su dağıtımının son noktaları olan musluklardan günde en az beş kez klor miktarını belirlemek ve ona göre depo çıkışında suya atılacak klor miktarını belirlemektir. Örneğin biriminizdeki sularda klor miktarının 0.5 ppm olmasını planlıyorsanız; ve bu amaçla depo çıkışınızda sudaki klor miktarı 0.5 ppm olacak şekilde suya klor atıyor ancak biriminizin bir lavabosundaki muslukta klor miktarını 0.1 ppm olarak buluyorsanız, depo çıkışındaki suya litre başına 0.4 mg daha klor atmanız gerekiyor demektir (yani depo çıkışında suya atılacak klor miktarı 0.9 mg/L.dir).

Yukarıda anlatılanlar dikkate alınmadan aşağıdaki formüllerle klor miktarını hesaplamak daima hatalı olacaktır. Aşağıda suların klorlanması ile ilgili genel formüller ve ilgili örnekler verilmiştir:

$$\text{Kullanılacak klor çözeltisi (gr)} = \frac{D \times L}{\% \text{ klor çözeltisi} \times 10 \text{ (sabit sayı)}}$$

D: Dozaj mg/L

L: Litre olarak su

Aşağıdaki örneklerde dikkat edilmesi gereken durum klorlanacak depoya su girişinin sürekli olmadığıdır. Ancak bu tür depolar klorlanabilir, eğer su deponuza sürekli su giriyor ve diğer taraftan da sürekli su çıkıyorsa bu durumda depo değil çıkan su klorlanır. Bu işlem özel cihazlarla yapılabilir.

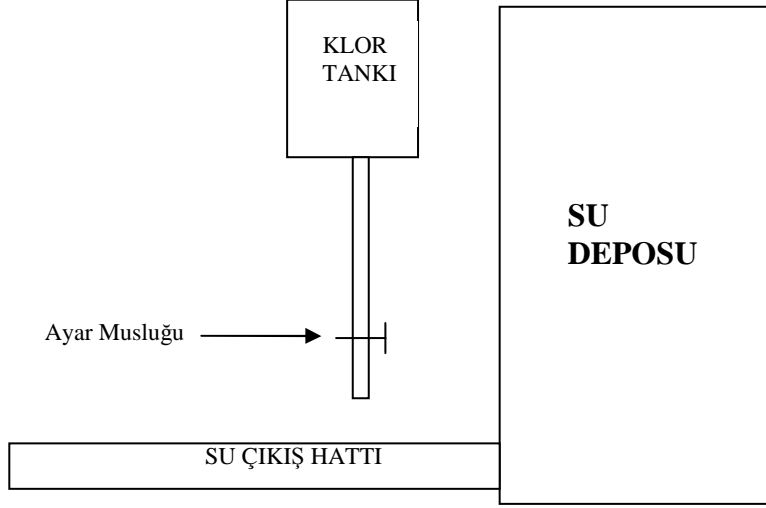
Örnek - 1: İçinde 100 ton su bulunan bir depoyu milyonda 0.3 kısım (0.3 ppm) klor olacak şekilde dezenfekte etmek için %25 aktif klor ihtiva eden kireç kaymağından ne kadar kullanmamız gerekir?

$$(100.000 \times 0.3) / (10 \times 25) = 120 \text{ gr.}$$

Örnek - 2: İçinde 35 ton su bulunan bir depoyu milyonda 2 kısım (2 ppm) klor olacak şekilde dezenfekte etmek için %12.5 aktif klor ihtiva eden çamaşır suyundan (sodyum hipoklorür) ne kadar kullanmamız gerekir?

$$(35.000 \times 2) / (10 \times 12.5) = 560 \text{ ml.}$$

Eğer bağlı olduğunuz birimde çok miktarda su tüketiliyor ve su deponuzda sürekli su giriş-çıkışı oluyorsa deponuzu düzenli olarak klorlayamazsınız, bu durumda su klorlama cihazı temin etmeniz gerekir. Ancak bu tür bir cihazı hemen temin etme imkanınız bulunmuyorsa aşağıdaki düzenek geçici olarak kullanılabilir:



Şekil 3. Geçici olarak kullanılabilir klorlama düzeneği

Yukarıdaki şekilde açıklanan sistemde klor tankına %1'lik aktif klor çözeltisi konur ve yine birimin uç noktalarında bulunan musluklardan yapılacak ölçümlere göre sistemdeki ayar musluğu ile suya ilave edilen klor miktarı azaltılıp çoğaltılır. Klor tankından uzanan boru su deposundan çıkan boruya doğrudan bağlanırsa, çıkış borusundaki suyun basıncından dolayı klor tankından aktif klor çözeltisi akmayabilir. Bu nedenle klor tankından uzanan borunun alt ucu su çıkışının hemen öncesine deponun içine yerleştirilmeli ve borunun ucu su seviyesinden yukarıda olmalıdır. Eğer bu tür bir sistem küçük miktarlardaki depolarda (100 L - 1 ton gibi) kullanılacaksa serum set kullanılarak da benzeri bir sistem yapılabilir.

SU DEPOLARIN TEMİZLENMESİ

Su depolarının düzenli olarak temizlenmesi ve dezenfekte edilmesi, güvenli içme ve kullanma suyu temininde en önemli basamaklardan birisidir. Depolarda zamanla suda çözünmeyen katı partiküller, algler ve mikroorganizmalar çoğalmaya başlayabilir. Suyunuzun geldiği kaynağın temiz olması depolarınızda zamanla oluşacak kirlenmeyi ortadan kaldırmaz sadece geciktirir. Bu nedenle her depo mutlaka temizlenmeli ve dezenfekte edilmelidir.

Depo kirliliğinin en temel göstergesi suyun bulanıklaşması ve bardağa koyduğunuz sudaki rengin bir dakikalık bekleme sonrasında ortadan kaybolmamasıdır. Ayrıca koku ve tat değişikliği de depo kirliliğini gösteren belirtilerendir. Ancak bu tür değişiklikler olmasa bile yılsa en az bir kez su depoları temizlenmelidir. Depo temizliği için ideal zaman aralığı ise altı aydır. Özellikle sonbahar yağışlarının yoğun olduğu Ekim-Kasım aylarında ve yükseklerdeki karların erimeye başladığı Nisan-Mayıs aylarında depolar temizlenmelidir.

Depo Temizliğinin Aşamaları

(Aşağıda belirtilen aşamaların tamamını okumadan depo temizliği yapmayın).

1. Dağıtım vanasını ve temiz su giriş vanasını kapatın ve depodaki tüm suyu tahliye vanasından dışarı boşaltın.
2. Deponun dibinde biriken sedimentleri (balçık, mıcır) uygun ekipmanla deponun dışına çıkartın.
3. Deponun tüm yüzeylerini (taban ve tavan dahil) temiz bir fırça kullanarak iyice yıkayın.
4. Deponun tüm yüzeylerini klor solüsyonu (en az %10'luk) veya kireç kaymağı (kalsiyum hipoklorür) ile fırçalayarak yıkayın.
5. Depodan çıkın.
6. Deponun üzerindeki açıklıktan güçlü bir su kaynağı ile yıkadığınız tüm yüzeyleri temiz su ile durulayın ve bu durulama suyunun depoda birikmeden tahliye borusundan dışarı atılmasını sağlayın. Bu aşamadan sonra tekrar depoya girmeyin.
7. Depoyu doldurun ve 5 ppm olacak şekilde klorlayın. Dağıtım vanalarını açın ve şebekeye su vermeye başlayın, depodaki su seviyesi yarıya

inene kadar bu işleme devam edin ve daha sonra dağıtım vanasını da kapatarak en az dört saat veya ideal olarak gece boyunca depo giriş ve çıkışını kapatarak depo iç yüzeylerinde oksidasyon ve dezenfeksiyon işlemlerinin gerçekleşmesini sağlayın. Bu şekilde şebeke sisteminin dezenfeksiyonu da sağlanmış olur.

a. Tüm şebekenin ve muslukların kolayca kontrol edilebileceği birimlerde yukarıda sayılan işlem kolayca gerçekleştirilebilir. Ancak çok sayıda kişi tarafından kullanılan depolarda şebeke sisteminin ve tesisatın dezenfeksiyonu için zaman planlaması dikkatlice yapılmalıdır. Bu amaçla depo temizliğinden sonra 22:00 saatlerinde depo suyu yüksek doz klorla klorlanıp kişilerin normal olarak iki saat kadar kullanması sağlanır ve daha sonra dağıtım vanasını kapatmaya gerek kalmadan sabaha kadar yüksek dozda klor içeren su depoda kalır. Deponun kapasitesine ve kişilerin su kullanım özelliklerine göre saat ayarlaması en uygun şekilde yapılmalıdır.

b. Depo gibi sabit su kaynaklarının klorlanmasında yaşanan sorunlardan birisi de suya ilave edilen klorun kısa sürede ve dengeli (homojen) biçimde dağılmamasıdır. Bu nedenle su dolaşım sistemi (sirkülasyon) bulunmayan depolarda klorlamadan önce depo yarıya kadar doldurulmalı ve ilave edilmesi planlanan klorun tamamı bu suya eklendikten sonra deponun kalan kısmı doldurulmalıdır.

8. Depodaki su; dört saatin sonunda veya sabah erken saatlerde tahliye vanası aracılığı ile tamamen boşaltılarak temiz su dolması sağlanır ve dağıtım vanaları açılarak normal düzeyde (0.1-0.8 ppm) klorla klorlama işlemine devam edilir.

KUYULARIN VE KUYU SULARININ KLORLANMASI

Kuyuların ve kuyu sularının klorlanmasındaki temel yaklaşım ve hesaplamalar depolarda anlatılanlarla hemen hemen aynıdır. Kuyunun bir kez kurallara uygun olarak klorlanması yetmez, kuyudan çekilen suyun sürekli olarak klorlanması gerekir. Bu ya çıkışa konulacak bir klorlama cihazı ile ya da su çıkışının sürekli ve sabit olduğu kuyularda kuyunun içine sürekli klor ilave edilerek gerçekleştirilebilir. Aşağıda konuyla ilgili hesaplamalar ve açıklamalar sunulmuştur:

Öncelikle kuyudaki su miktarını hesaplamak gerekir. Normal bir silindirin hacmini hesaplamak için kullanılan aşağıdaki formülden yararlanılarak kuyudaki su miktarı hesaplanabilir.

$$V = \pi r^2 h$$

$$1.000 \text{ lt} = 1 \text{ m}^3 = 1 \text{ ton}$$

V: su hacmi

π : 3. 1416

r: kuyu ağzının yarı çapı (m. olarak)

h: kuyudaki suyun yüksekliği

Klor dozu hesaplaması için:

$$\text{Kullanılacak klor çözeltisi (gr)} = \frac{D \times L}{\% \text{ klor çözeltisi} \times 10 \text{ (sabit sayı)}}$$

D. Dozaj mg/L

L: Litre olarak su

Örnek - 1:

Kuyu çapı 2 metre, su yüksekliği 2 metredir. Bu kuyu suyuna 2.5 mg/litre dezenfeksiyon için ne kadar %1 lik klor solüsyonu ilave edilmelidir?

$$V = 3.1416 \times 1 \times 2 = 6.28 \text{ m}^3$$

$$(6280 \times 2.5) / (1 \times 10) = 1570 \text{ gr.}$$

Örnek - 2:

Dakikada 50 litre su akıtan bir kaynak suyu, kaptajda ve basit bir damlalıklı sistemle klormak istenmektedir (ana solüsyon %1'dir). İstenen dezenfeksiyon dozu 2.5 mg/litredir. 1 cc. ana solüsyon 15 damla gelmektedir. Bu durumda cihazımızı kaç damla damlatacak şekilde ayarlamalıdır?

Not: Normal hesaplamalarda aksi belirtilmemişse 20 damla = 1gr = 1cc

Dakikadaki debi x dezenfeksiyon dozu

----- x 1 ml.deki damla sayısı

Ana sol. klor %'si x 10 (sabit sayı)

$$[(50 \times 2.5) / (1 \times 10)] \times 15 = 187.5 \text{ damla} = 12.5 \text{ ml}$$

Kuyular kullanılmadan önce kireç kaymağı ile dezenfekte edilmelidirler. Öncelikle toprak üzerindeki kısımlar (kaplama ve bilezik) 100 mg/L.lik kireç kaymağı ile fırçalanır. Daha sonra kuyu suyu 50 mg/L.lik kireç kaymağı eriyiği ile dezenfekte edilir ve bu şekilde 24 saat bekletilir. Daha sonra kuyu suyundaki klor miktarı 1 mg/L.ye düşene kadar su çekilir ve bu haliyle kuyu kullanılmaya başlanır. Daha sonra yukarıda belirtilen şekilde düzenli olarak klormaya devam edilir.

Kullanımına son verilen (terk edilen) kuyular, temiz toprakla kapatılarak, yer altı su kaynaklarını kirletmesi ve olası kazaların meydana gelmesi engellenmelidir.

Kuyularda meydana gelebilecek geçici mikrobiyolojik kirlenme, mevcut dezenfeksiyon yöntemleri ile giderilebilmekle birlikte, kimyasal kirleticiler için bunu söylemek mümkün değildir. Bu nedenle kimyasal nitelikleri uygun olmayan suya sahip bir kuyu, eğer çok kritik ve önemli bir su kaynağı değilse, uygun bir yerde yeni bir kuyu açılması, hemen her zaman kimyasal kirliliği ortadan kaldırma çabalarından daha pratik ve uygundur.

YÜZME HAVUZLARININ KLORLANMASI

Özellikle küçük havuzlarda geceleri elle, doz ayarlamadan rasgele klorlama en çok yapılan uygulamadır. Ancak daha büyük havuzlar için sürekli klorlamayı sağlayacak ve gerekli koşulları sürdürecektir alt yapının olması gereklidir.

Normal içme ve kullanma sularında olduğu gibi yüzme havuzu sularının dezenfeksiyonuna etki eden temel faktörlerden birisi pH'dır. Ancak yüzme havuzu suyunun pH'sının bazı özellikleri vardır: yüzme havuzu suyunun pH değerinin nötr pH ya yakın olması gerekir. Asidik sular korozif özelliktedir. Bazik özellikteki sular ise tortulaşmaya, dezenfektan etkinin azalmasına, cilt ve göz iritasyonuna neden olmaktadır. Kullanılan klor maddesinin niteliğine göre havuz suyunun içerisindeki bazik etki artar. Sözelimi sodyum hipoklorür kullanılan havuzlarda sodyum hidroksit açığa çıktığı için havuzun suyu bazik tarafa kayacaktır. Ortamın asitleştirilmesi gerekir (bir ölçek sıvı klor için yarım ölçek asit eklenir). Hipoklorit asiti dezenfektan özellik taşımaktadır. Ancak güneş ışığının etkisi ile dezenfektan etkide önemli boyutta azalma meydana gelir. pH değerinin ideal olarak 7.2-7.6 olması önerilmektedir. Burada hipoklorit asit konsantrasyonu maksimum değerinde %70 tir. pH 7.2-7.6 arasında olduğu zaman gözle ilgili yanma, kızarma ve sulanma şikayetleri en az düzeyde görülmekte ve daha güvenilir bakteriyolojik sonuçlar alınmaktadır (29).

Yüzme sularının çöktürme ve süzme işlemleri, şehrin içme suyu dezenfeksiyon işlemleri ile benzerdir. Bunu takiben zararlı bakterileri öldürmek ve kötü tat ve kokuları yok etmek amacı ile klorla dezenfeksiyon yapılmaktadır. Dezenfeksiyon için kullanılan kimyasal madde miktarı havuzdaki suyun hacminden havuzu kullananların sayısına kadar bir çok faktörden etkilenmektedir.

Dezenfeksiyonda Kullanılan Kimyasallar

Yüzme havuzu sularının sağlık kalitesi kontrolünde en önemli faktör, havuz kullanıldığı zaman, yeterli bir dezenfektan konsantrasyonunun devam ettirilmesidir. Klor, brom, iyot, klorlu siyanür tuzları ve ultraviyole lambaları dezenfeksiyon için kullanılmaktadır. Klor ve brom yüzme havuzu sularında en çok kullanılan dezenfektan maddelerdir. Klorlu siyanür tuzları, ozon ve ultraviyole ise daha az kullanılmaktadır ve geniş ölçüde kabul görmemişlerdir. İyotun kullanımı da sınırlıdır.

Havuz suyu klorla dezenfekte ediliyorsa dezenfeksiyondan sonra içerisinde 0.4-0.6 ppm bakiye klor kalmalıdır. Bu kişisel kullanım amaçlı, kullanıcı yükü az olan havuzlar için önerilen değerdir. Ancak genel kullanıma açık olan havuz sularındaki bakiye klor değerinin 1-1.5 ppm değerinde olması önerilmektedir. Türk Standartlarına göre Havuz suyunda en az 0.6 ppm, en çok da 1.5ppm kalıntı klor veya eşdeğeri kimyasal madde bulunmalıdır (29).

Sıvı klor sağlanması kolay olduğu için çok kullanılmakla birlikte etkinliği bekleme sırasında %12 den %3 e kadar düşmektedir. Daha öncede belirtildiği gibi sodyum hidroksit oluşumuna neden olduğundan suyun pH dengesini de bozmaktadır.

Pahalı olmasına rağmen tablet ve granül halindeki klor stabildir. Güneş ışınlarından etkilenmez. Beklemekle aktivitesini yitirmez. Bunların birim zamanda çözünme miktarını ayarlayan basit mekanizmaların da kurulması mümkündür. Böylece havuzun su döngüsüne göre sürekli klorlama sağlanabilmektedir. Başlangıçta suyun içerisindeki bir takım organik maddeler klorla bileşerek kloraminleri oluştururlar. Ter, idrar bileşiminde bulunan üre vb gibi maddelerle oluşan bu bağlı klor bileşikler istenmeyen kokuların oluşumuna neden olmaktadır. Bağlanan klorlardan artı kalan klor asıl dezenfektan etkiden sorumludur. İksinin toplamı suya verilmesi gereken toplam klor miktarını vermektedir.

Normal klorlama dozunun 5-10 katı klorlama ile oluşan kloraminlerin gaz haline getirilip uçması sağlanır. Bu uygulama kullanıcı yükü küçük olan havuzlarda ayda bir diğer tip yüzme havuzlarında ise 15 günde bir yapılması gereken bir uygulamadır. Klorlama işleminden sonra klor düzeyinin istenilen seviyeye indiğinden emin olunmadan havuzdan yararlanılmamalıdır.

Yüzme havuzlarında tortu oluşması suyun pH'sına, sudaki kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonuna ve toplam çözünmüş katı miktarına bağlıdır ve bunlardan herhangi birisinde artış olursa tortu oluşur. Süzme amacıyla kum filtrelerden ya da diyatome toprağı vb maddelerden yararlanılmaktadır.

Alg Kontrolü

Algler, plankton olarak bilinen ve suda yüzen mikroskobik bitkiler ve hayvanlar olarak tanımlanmaktadır. Çok değişik grupları olabilir. Bazıları serbest yüzmekte, bazıları ise suda asılı bulunmaktadır. Asılı olan tipler, deliklere ve betondaki çatlaklara tutunmaktadır. Su, hava ve güneş ışığı ile karşılaştığı takdirde alglerin beslenmesi söz konusu olmaktadır. Koşullar

uygunsa çok değişik tiplerin yaygın olarak üremesi söz konusu olabilir ve suda değişik renkler oluşur. Büyümeleri için karbon dioksitin yanısıra mineraller ve uygun ısı olması gereklidir. Kışın bile uygun koşullar olduğunda alg büyümesi olabilir. Algler suyun turbiditesini bozar, suda kötü koku ve tat oluştururlar.

Algler; suyun görüntüsünü bozmalarının yanısıra, kaygan bir yüzey oluşturarak havuz çevresinde ve havuz içinde kazalara neden olmaktadır. Algler aynı zamanda havuz suyunun klor gereksinimini de artırmaktadır. Havuz kullanılmadığı dönemde gece boyunca havuzda serbest klor miktarı 10 ppm düzeyinde olacak şekilde klorlama yapılmalıdır. Ertesi gün ölmüş olan algler havuzdan çok kolay temizlenebilir. Bunu başarabilmek için 4.000 L suya %70'lik kalsiyum hipokloritten 0.6 kg eklemek gerekmektedir. Ancak siyanürik asit kullanılan stabilize havuzlarda havuz kullanılmaya başlanmadan önce yüksek klor düzeyinin düşürülmesi gerekmektedir. Bunu sağlamak için ertesi sabah suya sodyum tiyosülfat eklemelidir (her 4.000 litreye 1 kg olacak şekilde) (29).

pH'nın 8 ve daha yüksek olması ve havuzun klorlanması durumunda alg sorunu olmayacaktır. Aynı zamana suya eklenen çeşitli kimyasallar alglerin üremesini önleyebilir (algistatic) ya da öldürebilir (algisid). Ancak kısa sürede (4 saat) alg öldürmek için gerekli miktar, 10 günde öldürmek için gereken miktardan 3-8 kat fazla olabilir. En sık kullanılan algisid bakır sülfattır (göz taşı). Normal dozu 1-2 ppm'dir. Yüzme havuzlarında bakır kullanmanın bir sakıncası, bikarbonat ile çökerek 5-7 gün içinde filtrasyonla tamamen havuz suyundan atılmasıdır. Diğer bir olumsuz etkisi de klorla birleşerek oluşturduğu bileşiğin yüzme kıyafetlerini boyaması ve saçlarda renk değişikliği oluşturmasıdır. Fenil-civa asetat oldukça tehlikeli olduğu için önerilmeyen bir algisiddir (29).

SEBZE VE MEYVELERİN KLORLA DEZENFEKSİYONU

Çiğ olarak tüketilen sebze ve meyvelerin tüketim öncesinde iyi bir şekilde yıkanması gıda kaynaklı bazı enfeksiyonların önlenmesi için zorunludur. Ancak özellikle yaz aylarında salata yapımında kullanılan yiyeceklerin yıkanması yeterli olmayabilir. Bu nedenle başta bu tür gıdalar olmak üzere pişirilmeden tüketilen tüm sebze ve meyvelerin klorla dezenfekte edilmesi gerekmektedir.

Bu amaçla öncelikle %1'lik aktif stok klor çözeltisi hazırlanmalıdır. Bunun için bir litre distile/deiyonize suya %25 aktif klor ihtiva eden 40 gr kireç kaymağı (iki silme çorba kaşığı) konur ve iyice karıştırılır, ağzı kapalı olarak 30 dakika beklenir. Üzerindeki sıvı alınarak başka bir kaba konur, altta kalan çözünmemiş katı partikülü kısım atılır. Bu eriyik %1'lik bir ana eriyiktir, yani litrede 10 gram, 100 ml.de ise 1 gram aktif klor vardır (Stok Çözelti). Toksiktir ve aynı zamanda korosivdir. Serin ve güneş görmeyen bir yerde saklandığı takdirde 10-15 gün aktivitesini korur. Toksik olması dolayısıyla, çocukların eline geçmeyecek yerlerde saklanmalıdır. Kireç kaymağı dışında içerdiği klor miktarı bilinen diğer klor kaynaklarından da stok klor solüsyonu hazırlanabilir (çamaşır suyu gibi).

Sebze ve meyveler öncelikle kuvvetli su altında yıkanarak üzerlerindeki kirler uzaklaştırılır. Klorla dezenfekte edilecek sebze/meyveler yeterince büyük bir yıkama kabının/tepsisinin içine konur. Sebze ve meyvelerin üzerini tamamen kapatacak şekilde su ilave edilir ve ilave edilen su miktarı bir yere not edilir. Daha sonra hazırlanan stok klor çözeltisinden kabin içersine litreye 7.5-10 ppm (15-20 damla) olacak şekilde klor çözeltisi ilave edilir. Sebze/meyveler bu sıvının içinde en az 30 dakika en fazla 2 saat bekletilirler. Daha sonra sebze/meyveler kuvvetli su altında iyice durulanırlar. Durulama işlemi yeterli olmazsa gıdalarda tat ve koku sorunu yaşanabilir.

Çok sayıda kişi için toplu yemek hazırlanan büyük mutfaklarda klor dozajlama pompaları kullanılması uygulamanın daha pratik bir şekilde yürütülmesini sağlayacaktır.

ARAZİ ŞARTLARINDA BİREYSEL KLORLAMA

İçme ve kullanma suları dezenfeksiyonunda kullanılan klorun en önemli avantajlarından birisi de su miktarından bağımsız olarak uygulanabilir olmasıdır. Bu nedenle 10 milyon kişinin yaşadığı bir şehrin içme suyu klorlanabileceği gibi arazide çalışan 1 kişiye ait 1 bardak su da klorlanabilir.

Klorlanmamış küçük miktardaki suların klorla dezenfeksiyonu için litre başına %1' lik klor eriyiğinden 3 damla konulmalı ve 30 dakika bekletildikten sonra içilmelidir. Bu işleme **bireysel klorlama** denir (30). Aşağıda arazi şartlarında bireysel klorlamanın nasıl yapılabileceği açıklanmıştır :

1. Stok Klor Çözeltilisinin Hazırlanması

a. Kireç Kaymağı Kullanarak :

40 gram kireç kaymağı (iki silme çorba kaşığı yaklaşık 40 gram kabul edilir) 1 litre suda eritilir ve 30 dakika bekletilir. Üstte kalan sıvı kısım alınır, dibe çöken katı kısım atılır. Alınan sıvı kısım 100-200 ml'lik koyu renkli şişelere konur ve ilgili personele verilir. Bu %1'lik stok klor solüsyonudur. Bu işlemin araziye çıkmadan önce yapılması uygun olur (30).

b. Sıvı Klor (Çamaşır Suyu) Kullanarak :

Piyasada satışa sunulan normal çamaşır suları %10 sodyum hipoklorit, yani yaklaşık %10 klor içermektedir. Dokuz bardak normal çeşme suyuna bir bardak çamaşır suyu konularak karıştırılır. Bu karışım 100-200 ml'lik koyu renkli şişelere konur ve ilgili personele verilir. Bu %1'lik stok klor solüsyonudur (30).

2. Klorlama İşlemi

a. Bu stok solüsyondan gerektiğinde her 1 litre içme suyuna 3 damla damlatılır ve 30 dakika bekledikten sonra su içilebilir hale gelir.

b. Meyve ve sebzelerin yıkanması için de klorlu su kullanılmalıdır. Bu amaçla meyve ve sebzelerin yıkama suyuna litre başına 15-20 damla olacak şekilde hazırlanan stok klor solüsyonundan damlatılır ve 30 dakika bekledikten sonra yıkama işlemi yapılır.

c. Yukarıda belirtilen 30 dakikalık bekleme süresi “temas süresi” olarak bilinir ve klorun sudaki mikropları ve diğer minik canlıları öldürebilmesi veya etkisiz hale getirebilmesi için şarttır.

3. Klor Tabletleri Kullanarak Yapılan Klorlama İşlemi:

Klor tabletleri kullanarak yapılan su dezenfeksiyonu en pratik dezenfeksiyon yöntemidir. Yalnız klor tabletleri etiketlerinde siyanür maddesi içermemelidirler. Bir tabletin ne kadar suya atılacağı ticari preparata göre değişir ve üzerinde yazılıdır. Tableti suya attıktan sonra 30 dakika beklenmelidir.

Arazi şartlarında uzun süre çalışan personelde doğal su kaynaklarının içme suyu olarak kullanılmasına bağlı olarak çeşitli mikrobik hastalıklar gelişebilmekte ve bazen bu hastalıklar ölümlerle sonuçlanabilmektedir. Bu nedenle bu tür birimlerde görev yapan hekimler, personelini bireysel klorlama yöntemleri hakkında eğitmeli ve yetkililerle irtibata geçerek araziye çıkmadan önce stok klor solüsyonlarının hazırlanmasını sağlamalıdır.

*Toplu yaşanan yerlerde günlük olarak klor ölçümlerinin yapılması gerekli olduğundan klor ölçüm cihaz ve malzemelerinin (**komparatör ve tetrametilbenzidin** gibi) bulunması ve kullanılabilirliği, birimin hekimi tarafından takip edilmelidir*

OLAĞANÜSTÜ DURUMLARDA DEZENFEKSİYON VE DEKONTAMİNASYON

Deprem, sel, savaş gibi olağanüstü durumlarda, yaşanan ortamın ve kullanılan cihazların dezenfeksiyon ve dekontaminasyonu daha da önem kazanmaktadır. Bu amaçla en sık kullanılan madde klordur. Yüzde 5 klor içeren çamaşır suyu ve klor tabletleri kullanılarak gerçekleştirilebilecek uygulamalar aşağıda sıralanmıştır.

%5 KLOR SOLÜSYONU İLE YÜKSEK DÜZEYDE DEZENFEKSİYON (31)

Gerekli malzemeler

Plastik kova (dezenfekte edilmiş), %5'lik klor içeren çamaşır suyu, su, ölçü kabı, metal kap (1 adet), kapaklı metal kap (3 adet), 20 dk kaynatılıp soğutulmuş su, bulaşık eldiveni (dezenfekte edilmiş), tıbbi araç (pansuman, dikiş seti vb.)

Yöntem

1. Plastik Kovada % 0,5 klor solüsyonu hazırlama: Plastik bir kovaya 1 ölçü %5lik KLOR + 9 ölçü SU koyunuz
2. Heri iki ele bulaşık eldiveni giyiniz.
3. Dekontamine edilip, yıkanmış aletleri solüsyona koyunuz.
4. 20 dk bekletiniz.
5. Aletleri çıkarıp, dezenfekte edilmiş kapta, kaynatılıp soğutulmuş su ile durulama, kurumaya bırakın.
6. Temiz ve kuru bir ortamda veya dezenfekte kapalı bir kap içinde saklayınız.

ALETLERİN DEKONTAMİNASYONU VE MEKANİK TEMİZLİK (31)

Gerekli malzemeler

Plastik kova, leğen, ölçü kabı, %5'lik klor içeren çamaşır suyu, su, deterjan, bulaşık eldiveni, diş fırçası, eldiven, tıbbi araçlar (pansuman, dikiş seti vb.)

Yöntem**TIBBİ GİRİŞİM ÖNCESİ**

Plastik Kovada % 0,5 klor solüsyonu hazırlama: Plastik bir kovaya 1 ölçü % 5'lik klor + 9 ölçü su koyunuz

TIBBİ GİRİŞİM SONRASI

1. Kullanılan aleti hiçbir yere değdirmeden kovanın içine atınız.
2. Eldivenlerin dış yüzlerini dekontaminasyon sıvısında yıkayıp, ters çıkararak atık kabına atınız.
3. Ellerinizi yıkayıp kurulayınız.
4. 10 dakika süreyle aletleri bu kovada bekletiniz.
5. Her iki elinize bulaşık eldiveni giyiniz.
6. Aletleri kovadan çıkararak yıkama için kullanılan leğen içinde lavaboya koyunuz.
7. Deterjanlı su ve fırça yardımı ile aletleri temizleyiniz.
8. Varsa aletlerin vidalarını gevşeterek her noktayı fırçalayınız.
9. Akan su altında durulayınız.

YÜZEYSEL DEKONTAMİNASYON (31)**Gerekli malzemeler**

Su, deterjan, plastik ölçü kabı, 1 lt. plastik şişe, plastik huni, silme işlemi için pet, atık kovası,

Yöntem

1. %0.5 klor solüsyonu hazırlayınız: Plastik bir şişeye 1 ölçü % 5'lik klor + 9 ölçü su koyunuz.
2. Pet üzerine hazırlanan solüsyondan dökünüz.
3. Daha az kirli olan yüzeyden kirli yüzeye doğru aynı yerden bir kez daha geçmeyecek şekilde siliniz.
4. Silme petini atık kovasına atınız.
5. Yüzeyde organik maddeler kalmışsa deterjan ve suyla yıkayınız.

SULARIN DEZENFEKSİYONU (31)

Gerekli malzemeler

Su, klor tabletleri (4 veya 160 mg), su kabı (iki adet)

Yöntem

1. Suyu temiz bir kap ya da depo içinde olduğundan emin olunuz.
2. Suyun rengine göre suya atılacak klor miktarını belirleyiniz.
3. Klor tabletlerini uygun sayıda suya atınız.
4. Klorlama sonrası tabletlerin bulunduğu şişeyi kapatınız.
5. Klorlanan suyu kullanmadan önce 30 dk bekleyiniz.

Klor tableti (mg)*: 1 adet (4 mg) ise su miktarı: 1 lt

Klor tableti (mg)*: 1 adet (160 mg) ise su miktarı: 40 lt

* Su bulanık ise tablet miktarı iki katına çıkarılır.

SUDAKİ KLOR DÜZEYİNİN ÖLÇÜLMESİ

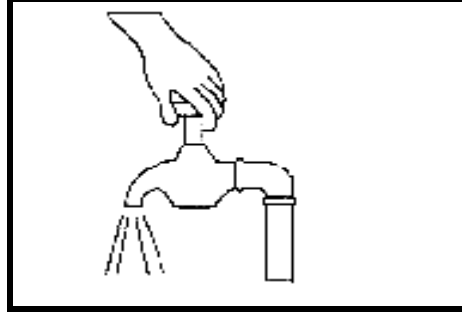
Sudaki klor miktarının belirlenmesi için komperatör ismi verilen ve daha önce saptanmış renklere göre bulunan rengin mukayesesine dayanan basit bir cihaz kullanılır. Suyun klorlandığı tesislerden ve şebekenin belirlenmiş noktalarından, günde en az 5 defa serbest klor miktarı saptanmalıdır.

Gerekli malzemeler

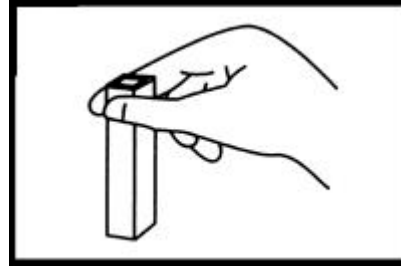
Klor ölçüm cihazı (komperatör), ortotoluidin veya tetrametilbenzidin solüsyonu, klor miktarı ölçülecek su numunesi

Yöntem (31)

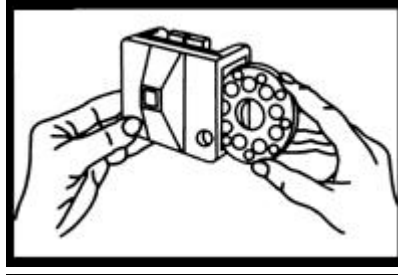
1. Su numunesi çeşmeden alınacaksa, suyu 2-4 dakika kuvvetlice akıtınız.



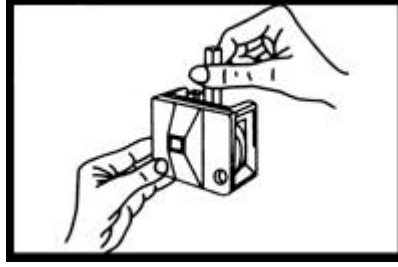
2. Komperatör tüpünün temizliğini kontrol ediniz.
3. Tüpü üstten 1 cm boşluk kalıncaya kadar su ile doldurunuz.
4. Tüpteki suya 3 damla ortotoluidin veya tetrametilbenzidin solüsyonu damlatınız.
5. Tüpün ağzını parmağınızla kapatarak 5-6 kez çalkalayınız.



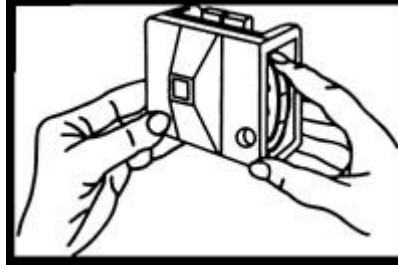
6. Komparatörünüz birden fazla kimyasal ölçmek için dizayn edilmişse, klor için uygun olan renk diskini takınız.



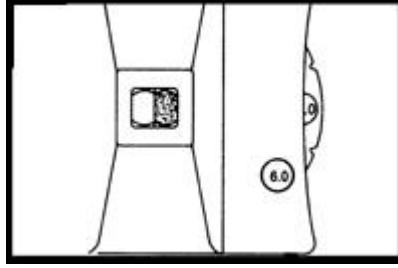
7. Tüpü komperatörün yuvasına yerleştiriniz.



8. Tüpteki suyun rengini komperatör diskindeki renk skalasında bulunuz. En yakın rengi bulana kadar diski çevirmeye devam edin.



9. Diskin sol tarafında, su örneğindeki klor miktarını ppm** cinsinden gösteren rakamı okuyunuz.



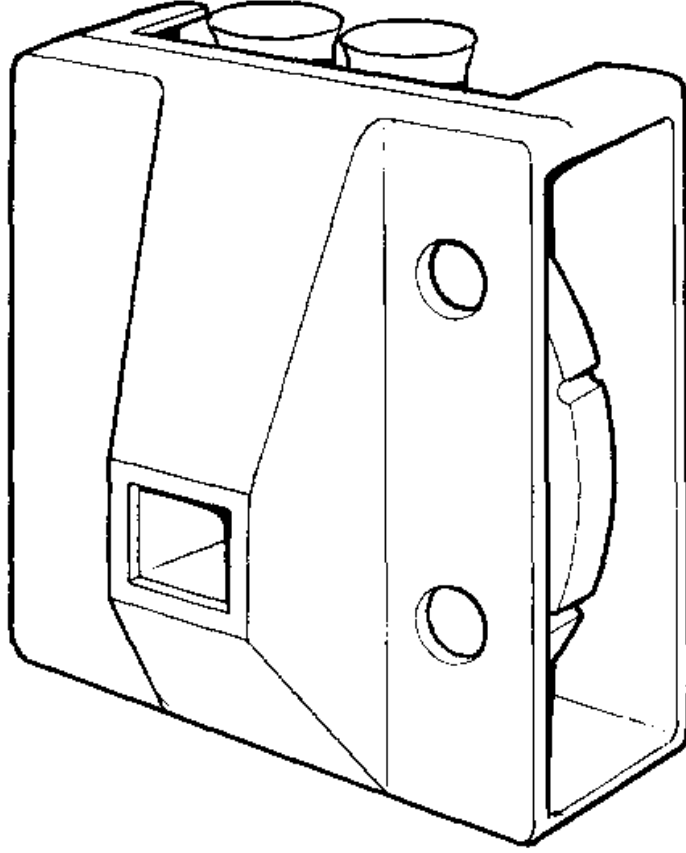
10. Tüpteki suyu lavaboya dökünüz.

11. Tüpü akar su ile yıkayıp, kurumaya bırakınız.

12. Malzemeyi kutusuna yerleştirip kaldırınız.

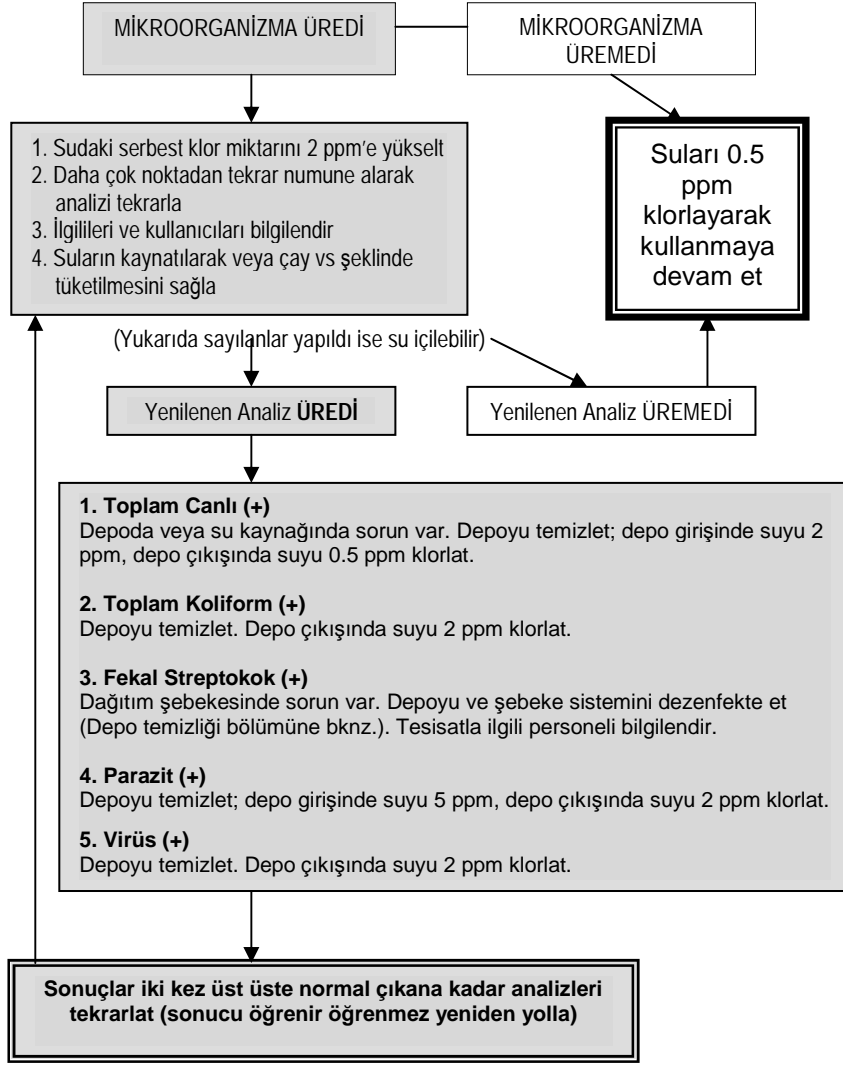
* Ortotoludin veya tetrametilbenzidin yerine klor ölçümü için özel olarak hazırlanmış DPD tabletler de kullanılabilir.

** ppm: milyonda kısım (parts per million) = mg/L



Şekil 4. Sularda klor ölçümü için kullanılan Lovibond Komperatör

SUDA MİKROORGANİZMA TESPİT EDİLDİĞİNDE YAPILMASI GEREKENLER



KLORLAMA İLE İLGİLİ DİKKAT EDİLMESİ GEREKENLER

1. Dezenfeksiyon işleminin gerçekleşebilmesi için serbest klorun en az 30 dakika suda kalması gerekir (temas süresi).
2. Klorun uygulanması için en iyi aşama arıtma işlemlerinin tamamen sona erdiği, depolama veya dağıtım işleminden hemen önceki aşamadır.
3. Yavaş kum filtrelerinden önce veya diğer mevcut biyolojik arıtım aşamalarından önce suya klor ilave edilmemelidir. Bu aşamalardan önce ilave edilen klor bu işlemlerde görev alan mikroorganizmaların ölümüne veya etkilerinin azalmasına neden olabilir.
4. Katı haldeki klor formları dezenfekte edilecek suya doğrudan atılmamalıdır. Çünkü katı klor formları genelde suda kendiliğinden erimez veya karışım haline gelmez. Bu nedenle öncelikle az miktarda suyla mekanik olarak karıştırılmalıdırlar.
5. Normal şartlarda toplumsal kullanıma sunulan sularda rezidüel klor (serbest veya aktif klor) miktarının 0.3 – 0.5 ppm olması yeterlidir. Konuyla ilgili çeşitli standart ve mevzuatta yer alan serbest klor miktarları aşağıda verilmiştir.

| Standart/Mevzuat | Minimum olması gereken (mg/L) | Tavsiye edilen (mg/L) | En fazla (mg/L) |
|--|-------------------------------|-----------------------|-----------------|
| TS 266: İçilebilir Suların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri (1997) | - | 0.1 | 0.5 |
| Amerikan Çevre Koruma Birimi (EPA 816-F-02-013, Temmuz 2002) | - | - | 4.0 |
| Dünya Sağlık Örgütü (1999) | - | - | 5.0 |
| Avrupa Birliği (1998) | - | - | - |

6. Suyun bulanıklığı arttıkça dezenfeksiyon için kullanılacak klor miktarı da artacaktır, ancak bu durumlarda klor miktarını arttırmak yerine öncelikle suyun bulanıklığını azaltmaya yönelik arıtma işlemlerinin uygulanması yararlı olacaktır.

7. Klor veya başka bir yöntemle yapılacak dezenfeksiyon işlemi içme ve kullanma suyu kaynaklı enfeksiyon hastalıklarının tamamen önleneyeceği anlamına gelmez. Su kaynaklı enfeksiyon hastalıklarının önlenmesi için koruma önlemleri (su havzalarının, depolama ve dağıtım sistemlerinin) her zaman için öncelikli olmalıdır.

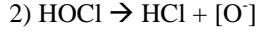
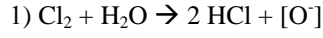
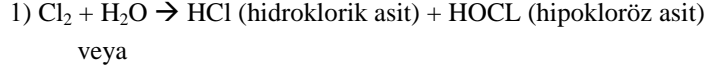
8. Suların uygun bir şekilde dezenfeksiyonu daima su kalitesinin dezenfeksiyon öncesi ve sonrası takip ve kontrolüne bağlıdır. Dezenfekte edilen suların düzenli olarak mikrobiyolojik analizleri yapılmalı ve sonuçlara göre gerektiğinde dezenfeksiyon işlemlerinde değişikliğe gidilmelidir.

9. Suda klor miktarının hangi sıklıkta ölçüleceği ölçümün yapılacağı birimin özelliklerine göre değişiklik gösterir. Örneğin bir arıtma tesisi işletiyorsanız sürekli klor miktarı tayini yapan sistemlere ihtiyacınız var demektir. Ancak suyunuzu, klorlamanın sürekli yapıldığı bir dağıtım sisteminden alıyor, sizin dışınızda düzenli olarak günlük kontroller yapılıyorsa ve ölçüm yapacağınız birim su deposu içermiyor veya ilave su pompalamaya ihtiyaç duyulmuyorsa normal kimyasal analizler için su numunesi gönderdiğinizde serbest klor ölçümünün yapılması yeterli olacaktır. Sonuçta genel bir yaklaşım olarak; suyunu su deposu aracılığı ile kullanan/dağıtan birimlerin tamamında günde en az iki kez (su kullanımının yoğun olduğu saatlerde) serbest klor miktarının ölçülmesi yerinde olacaktır.

KLOR ZEHİRLENMESİ

Klor oda sıcaklığında ve normal atmosferik basınçta kolayca gaz haline geçebildiğinden üst ve alt solunum yollarında akut hasara neden olarak zehirlenmeye neden olabilir. Üst ve alt solunum yollarını etkileyebilmesinin temel nedeni suda orta derecede çözünbilme yeteneğidir. Ancak çözünme yeteneğinin az olması nedeniyle etkilerinin ortaya çıkması 8-10 dakika alabilir ve bu süre zarfında da kişi klor gazını solumaya devam edebilir. Havadan ağır olduğu için yer seviyesine yakın yüksekliklerde bulunur. Ortamın kokusunu değiştirebilmesi için ortam havasında 0.3-0.5 ppm düzeylerine ulaşması gerekir. Klor içeren ürünlerin doğrudan yutulması veya teması sonucu meydana gelen zehirlenmelerin temelinde de aşağıdaki mekanizmalar geçerlidir (32).

Klorun suda çözünmesi sonucunda aşağıdaki reaksiyonlar ve ürünler meydana gelir:



Bu reaksiyonlar sonucunda meydana gelen hidroklorik ve hipokloröz asitler biyolojik olarak hasara neden olabilirler. Ancak temel hasarın bu reaksiyonların oluşumu sırasında meydana gelen hücresel hasarla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bu iki asidin oluşumu sırasında aynı zamanda serbest oksijen radikalleri de oluşmakta gerçek hasarın oluşan serbest radikaller nedeniyle olduğu kabul edilmektedir. Ancak hidroklorik asit suda kolayca çözünmektedir ve bu nedenle konjunktiva ve üst solunum yolu mukozasında hasara neden olabilmektedir. Hipokloröz asit de suda kolayca çözünmekte ve benzer şekilde özellikle muköz membranları etkilemektedir (32). Klor zehirlenmesine vücut cevabını etkileyen başlıca faktörler: (a) ortamdaki klor gazı konsantrasyonu, (b) etkilenim süresi, (c) maruz kalan dokunun su içeriği ve (d) bireysel duyarlılık.

Erken Belirti ve Bulgular: Klora maruz kalma durumunda ortaya çıkan belirtiler konjunktiva, burun, farenks, larinks, trakea ve bronşlarda meydana gelen akut inflamasyona bağlıdır ve genelde bu bölgelerde yanma-batma tarzı şikayetler ortaya çıkar. Mukozal damarlarda meydana gelen hiperemiye bağlı gelişen lokal ödem solunum yollarında ciddi sorunlara neden olabilir. Alveollerde meydana gelen ödem pulmoner konjesyonla sonuçlanabilir.

Patolojik bulgular spesifik değildir. Pulmoner ödem, pnömoni, hiyalen membran oluşumu, pulmoner tromboz ve ülseratif trakeobronşit gelişebilir. Ancak en belirgin bulgu pulmoner ödeme bağlı gelişen hipoksidir. Hipoksi etkilenime bağlı olarak dakikalar veya saatler içinde gelişebilir ve ölümcül olabilir (32).

Gözde nadiren şiddetli hasar meydana gelir ve yanık veya kornea hasarı şeklinde olabilir. İleri vakalarda gözde ülserasyon ve skar oluşumuna kadar giden tablolar görülebilir.

Tablo 5. Klor Zehirlenmelerinde Ortaya Çıkan Belirti ve Bulgular (32)

| Belirtiler | Bulgular |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Öksürük (% 52-80)• Nefes darlığı (% 20-51)• Göğüs ağrısı (%33)• Boğaz ve sternum arkasında yanma hissi (% 14)• Bulantı - kusma (%8)• Gözde veya burunda yanma/batma (% 4-6)• Tıkanıklık, boğulma hissi• Kas güçsüzlüğü• Baş dönmesi• Karın bölgesinde rahatsızlık hissi• Baş ağrısı | <ul style="list-style-type: none">• Solunum seslerinde azalma• Takipne• Taşikardi• Wheezing• Burunda kızarıklık• İnterkostal ve subkostal çekilmeler• Siyanoz• Rinorea• Gözlerde yaşlanma• Seste kabalaşma veya stridor• Raller |

Klor Zehirlenmelerinde İlk Yardım (32)

1. Öncelikle kişiyi zehirlenme ortamından uzaklaştırın ve temiz havaya çıkarın.
2. Kendinizi tehlikeye atmadan kişinin zehirlenmesine neden olan maddenin kabını alıp sağlık görevlilerine vermek üzere muhafaza edin.
3. Cilde ve göze temas varsa %0.9'luk serum fizyolojik ile dekontaminasyon işlemine başlayın, serum fizyolojik bulunamıyorsa bol su ile temas bölgelerini yıkayın.

4. Solunum veya kalp atımının durması halinde suni solunum ve kalp masajına başlayın, ancak hasta çamaşır suyu vs yutmuş ise ağızdan ağza solunum yapmayın, diğer bir suni solunum yöntemi kullanın.
5. Hastayı kusturmaya çalışmayın.
6. Daha ileri işlemler için bir sağlık kuruluşuna acil olarak müracaat edin.

SU ARITIM VE DEZENFEKSİYONUNDA KULLANILACAK MALZEMELERİN TEMİNİ

Su arıtım ve dezenfeksiyon işlemlerinde kullanılacak cihaz ve malzemelerin temini genelde hekimin veya sağlık personelinin sorumluluğunda olmamakla birlikte konuyla ilgili kuruluş ve firmaların bilinmesi hizmetin aksatılmadan yürütülmesinde faydalı olabilir.

Firmaların ve kuruluşların ilgi alanlarında zamanla değişmeler olması nedeniyle konuyla ilgili listenin güncel şeklinin korunması bu kitabın kapsamı dışındadır. Konuyla ilgili güncel listeye <http://www.suhijyeni.com> adresinden ulaşılabilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sağlık sorunları değerlendirilirken aşağıdaki temel kriterler göz önüne alınmalıdır: (1) sağlık sorununun tipi, (2) insidansı, (3) önemi, (4) ortaya çıkma süresi ve (5) maruziyet sonrası ortaya çıkış ihtimali. Bu kriterlere göre değerlendirildiğinde su kaynaklı mikrobiyolojik ve kimyasal risklerin birbirinden çok farklı olduğu ve mikrobiyal risklerin öneminin 1.000-100.000 kez daha fazla olduğu hesaplanmıştır. Bu nedenle suların dezenfeksiyonu vazgeçilmez bir ihtiyaçtır (33).

Suların klorlanmadığı veya dezenfeksiyonun tam olmadığı Latin Amerika ülkelerinde 1991 yılının Ocak ayında ortaya çıkan kolera salgını 1997 yılına kadar 1.3 milyon kişinin hastalanmasına ve bunlardan 12 bininin ölmesine neden olmuştur (34, 35).

DSÖ'ne göre içme sularının klorlanması işleminin yaygınlaşması halk sağlığı alanındaki en önemli gelişmelerden birisidir ve halen mevcut alternatifleri arasında en güvenilir dezenfeksiyon yöntemidir (36).

Klor kullanımına karşı çıkanların en çok üzerinde durduğu dezenfeksiyon yan ürünleri, klorlama dışında diğer dezenfektan ve oksidanların kullanımı sırasında da meydana gelir (ozon, klor dioksit gibi). Birçok dezenfeksiyon yan ürününün insan üzerindeki sağlık etkileri bilinmemekte, bir kısmının da epidemiyolojik olarak desteklenmemekle birlikte teorik olarak kansere neden olabileceği vurgulanmaktadır. Bu nedenle dezenfeksiyon yan ürünlerinin sağlık üzerine etkilerini ortaya koyabilmek için geniş kapsamlı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır, bu sayede dezenfeksiyon yan ürünleri konusunda yapılması gereken düzenlemeler bilimsel temele dayandırılabilir. Bunların ötesinde dezenfeksiyon yan ürünleri konusunda yapılan veya yapılacak düzenlemeler, hiçbir zaman su kaynaklı patojenlerin öldürülmesi veya etkisiz hale getirilmesi temel prensibine zarar vermemelidir.

KAYNAKLAR

1. Centers for Disease Control and Prevention. Summary of notifiable diseases. USA. 1997
2. Anonymous. The millenium: The 100 events headline: No. 46; Water purification. Life Magazine Special Double Issue. 1997
3. Chlorine Chemistry Council; Canadian Chlorine Coordinating Committee. Drinking water chlorination: a review of disinfection practices and issues. Chlorine Chemistry Council, Arlington, VA, USA, 2003.
4. Haman DZ, Bottcher DB. Home Water Quality and Safety. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 1986.
5. National Academy of Engineering. Greatest engineering achievements of the 20th century. <http://www.greatachievements.org/greatachievements/> (Erişim Tarihi: 20.08.2004). 2000.
6. Oğur R. İçme ve Kullanma Suları ile Çevresel Su Örneklerinin Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PZR) Tekniği Kullanılarak Mikrobiyolojik Analizlerinin Yapılması. Tıpta Uzmanlık Tezi. Ankara. 2000.
7. Braghetta A, Trussell RR, Meheus J. The Practice of Chlorination: Application, Efficacy, Problems and Alternatives. IWSA The Blue Pages. 1997.
8. Tekbaş ÖF. Pratik Su Analizi ve Dezenfeksiyonu. Ankara. 1999.
9. Morris JC. Aqueous Chlorine in the Treatment of Water Supplies. 1985.
10. Atakent Y. Kırsal Bölgede İçme ve Kullanma Sularının Dezenfeksiyonu İle İlgili Bir Çalışma. Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Toplum Hekimliği Bölümü Uzmanlık Tezi. Ankara. 1974.
11. Laubusch EJ. Klorlama Kılavuzu. İller Bankası. Ankara. 1968.
12. American National Standards Institute/National Spa & Pool Institute. Answers provided are based on the American National Standard for Residential Inground Swimming Pools, Appendix A, American National Standards Institute/National Spa & Pool Institute, 1995.
13. Craun GF, Bull RJ, Clark RM, Doull J, Grabow W, Marsh GM, Okun DA, Regli S, Sobsey MD, Symons JM. Balancing Chemical and Microbial Risks of Drinking Water Disinfection, Part II. Managing the Risks. Pp. 207-218. J Water SRT-Aqua. 1994; 43:192-199.

14. Phelps EB. Public Health Engineering: A Textbook of The Principles of Environmental Sanitation. New York. 1949.
15. Finch GR, et al. Ozone and Chlorine Inactivation of Cryptosporidium. Proc. AWWA 1994 Water Quality Technology Conference, Nov. 6-10, 1994, San Francisco, CA.
16. Finch G, Liyanage RJL, Belosevic M. Effects of Chlorine Dioxide on Cryptosporidium and Giardia. Third International Symposium on Chlorine Dioxide: Drinking Water, Process Water, and Wastewater Issues. 1995.
17. Seeman PR, ed. New methodology from the National Farm Medicine Center concentrates Cryptosporidium efficiently. Cryptosporidium Capsule; 1(6). 1996.
18. Schultz C, Lindstadt G, Van Norman S, Kim A. Designing Ozone Systems for Cryptosporidium Removal. Technical paper presented to AWWA Annual Conference. 1996.
19. Finch G, Black E, Gyurek L. Ozone and Chlorine Inactivation of Cryptosporidium. Proceedings - AWWA 1994 Water Quality Technology Conference. pp. 1303-1309. 1994.
20. Güler Ç. Su Kalitesi. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi. No: 43. T.C. Sağlık Bakanlığı. Ankara, 1997.
21. International Agency for Research on Cancer (World Health Organization). Chlorinated Drinking-water; Chlorination By-products; Some other Halogenated Compounds; Cobalt and Cobalt Compounds. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 1991.
22. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. 2nd Ed. Vol. 1 - Recommendations. 1993.
23. Ford TE, Colwell RR. A Global Decline in Microbiological Safety of Water: A Call for Action. American Academy of Microbiology. 1996.
24. Regli S, Berger P, Macler B, Haas C. Proposed decision three management of risks in drinking water: consideration for health and socio-economic factors. In Safety of Drinking Water: Balancing Chemical and Microbial Risks, pp 39-80. G.F. Craun, ILSI Press. 1993
25. U.S. Environmental Protection Agency. Comparative Health Effects Assessment of Drinking Water Treatment Technologies. Report to Congress. November 1988.
26. National Toxicology Program, U.S. Department of Health & Human Services. Technical Report on the Toxicology and Carcinogenesis of

- Chlorinated and Chloraminated Water in F344/N Rats and B6C3F1 Mice. 1990.
27. Morris RD, Audet A, Angelillo IO, et al. Chlorination, Chlorination By-products, and Cancer: A Meta-analysis. American Journal of Public Health, 1992; 82(7): 955-63.
28. American Water Works Association. State of the Art Report. Water Quality Division Disinfection Committee. 1991.
29. Vaizoğlu SA, Tekbaş ÖF, Oğur R. Yaz Aylarında Önemi Artan Bir Sağlık Riski: Yüzme Havuzları. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 2003; 2 (2): 21-26.
30. Tekbaş ÖF. Arazi Şartlarında Bireysel Klorlama Yöntemi. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 2003; 1 (8): 11.
31. Oğur R. Olağanüstü Durumlarda Dezenfeksiyon ve Dekontaminasyon. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 2003; 1 (10): 4-5.
32. Segal E, Lang E. Toxicity, Chlorine Gas. eMedicine (<http://www.emedicine.com/emerg/topic851.htm>). June 29, 2004. (Erişim Tarihi: 24.08.2004).
33. Tardiff RG. Balancing Risks from Chemical Carcinogens & Waterborne Infectious Microbes: A Conceptual Framework. Report prepared for EPA Advisory Committee to Negotiate the Disinfection By-products Rule. 1993.
34. Otterstetter H. Disinfection in the Americas: A Necessity. Journal of AWWA Sept. 1997
35. Craun GF, et al. Water Quality in Latin America: Balancing the Microbial and Chemical Risks in Drinking Water Disinfection. Proceedings of the Regional Symposium on Water Quality, sponsored by International Life Sciences Institute, Argentina. 1996.
36. Chlorine Chemistry Council. Facts About Chlorine and Drinking Water. Chlorine Chemistry Council Brochure, 1998