

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

ÇEVRE SAĞLIĞI

**SU DEPOLARININ VE KUYULARININ
DEZENFEKSİYONU**

850CK0013

Ankara, 2011

-
- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
 - Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
 - **PARA İLE SATILMAZ.**

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR.....	iii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. SU KUYULARININ DEZENFEKSİYONU	3
1.1. Suyun Taşıma ile Sebep Olduğu Hastalıklar	4
1.2. İçme ve Kullanma Sularının Dezenfekte Edilmesi	5
1.3. Dezenfeksiyon Metotları	6
1.4. Kaynatmak.....	7
1.5. Ultraviyole Işınları ile Dezenfeksiyon	7
1.6. Ozonlama ile Dezenfeksiyon.....	9
1.7. Klor ile Dezenfeksiyon	11
1.7.1. Klor Çeşitleri.....	12
1.7.2. Klor Bileşikleri ile Suların Dezenfeksiyonu.....	13
1.7.3. Gaz Klorla Su Dezenfeksiyonu	18
1.7.4. Klorla Su Dezenfeksiyonunun Üstünlükleri.....	20
1.7.5. Klorla Su Dezenfeksiyonunun Dezavantajları.....	21
1.7.6. Klormaya ve Su Dezenfeksiyonuna Etki Eden Faktörler	21
1.7.7. Klormada Uygulamaları	22
1.8. Suyun Klorlanması.....	25
1.8.1. Klor Dozajı Hesapları	27
1.8.2. Pompalanan Bir Suya Katılacak Klor Dozajı Hesabı	28
1.8.3. Klor İhtiyacı Artık Klor Tespiti.....	29
1.8.4. Artık Klorun Ölçümü.....	30
1.9. Klor Zehirlenmesi	30
1.10. Dezenfeksiyon Yan Ürünleri	31
1.11. Katadin Yöntemi.....	31
1.12. Elektro Katadin Metodu	31
1.13. Diğer Dezenfektanlar	31
1.14. Mikro ve Ultra Filtrasyon ile Dezenfeksiyon	32
1.15. Kuyu Sularının Klorlanması	32
1.16. Arazi Şartlarında Bireysel Klormaya	34
1.16.1. Stok Klor Çözültüsünün Hazırlanması	34
1.16.2. Klor Tabletleri Kullanarak Yapılan Klormaya İşlemi	35
1.16.3. Klormaya İşlemi	36
1.16.4. Su Dezenfeksiyonu Sağlama	36
1.16.5. Sudaki Klor Düzeyinin Ölçülmesi	37
UYGULAMA FAALİYETİ.....	38
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	40
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	42
2. SU DEPOLARININ DEZENFEKSİYONU.....	42
2.1. Su Deposu Kullanımı ve Gerekliliği.....	42
2.2. İçme Kullanma Sularının Depolanması	43
2.2.1. Suyun Niteliği ve Sıcaklığı.....	44
2.2.2. Depo Niteliği	44

2.2.3. Su Depolama Esnasında Kontrol ve İzleme Süreci	45
2.2.4. Depoların Temizlik ve Dezenfeksiyonu.....	46
2.3. Klorlama Cihazlarının Monte Edilmesi	48
UYGULAMA FAALİYETİ.....	51
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	53
MODÜL DEĞERLENDİRME.....	54
CEVAP ANAHTARLARI.....	57
ÖNERİLEN KAYNAKLAR.....	59
KAYNAKÇA	60

AÇIKLAMALAR

KOD	850CK0013
ALAN	Çevre Sağlığı
DAL/MESLEK	Çevre Sağlığı Teknisyenliği
MODÜLÜN ADI	Su Kuyularının ve Depolarının Dezenfeksiyonu
MODÜLÜN TANIMI	Su kuyularının ve depolarının klorlanması ile ilgili bilgi ve becerilerin verildiği öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖNKOŞUL	Su kaynakları ve suların dezenfeksiyonu ile ilgili modülü almış olmak
YETERLİK	Su depolarının ve su kuyularının klorlanmasını sağlamak
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Gerekli mevzuat doğrultusunda su depolarının ve kuyularının dezenfeksiyonunu yapabileceksiniz. Amaçlar 1. Gerekli mevzuat doğrultusunda su depolarının dezenfeksiyonunu yapabileceksiniz. 2. Gerekli mevzuat doğrultusunda su kuyularının dezenfeksiyonunu yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Donanım: Klor çözelti, eriyik ve tabletleri, komparatör cihazları, su örnek alma ekipmanları, slayt, projeksiyon makinesi, mevzuat, filmler, modül ile ilgili CD, kaynak kitaplar, fotoğraflar, klorlama ekipmanları, su kaynağı, numune şişeleri, sodyum tiyosülfat çözeltisi, steril ambalajlı mantar tıpa (kapak), su numune kartı, termometre, kalem, numune bilgi formu, numune gönderme kabı Ortam: Teknik laboratuvar, çevremizde bulunan su kuyuları ve depoları, atık su arıtım tesisleri, şehir içme su şebekesi
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modülün içinde yer alan her faaliyetten sonra verilen ölçme araçları ile kazandığımız bilgileri ölçerek kendi kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen, modülün sonunda, size ölçme aracı (test, çoktan seçmeli, doğru-yanlış, vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığımız bilgi ve becerileri ölçerek değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Su, insan yaşamı için zorunlu olan ve insanın en fazla tükettiği maddelerin başında gelmektedir. Aynı zamanda su, eğer gerekli önlemler alınmaz ise iyi bir hastalık etkeni taşıyıcısıdır. İnsan sağlığının korunması için tüketilen suyun belirli özelliklerde olması gerekmektedir. Aksi takdirde su ile bulaşan tifo, dizanteri, kolera, A ve E tipi sarılık vb. hastalıklar ortaya çıkabilmektedir.

Su ile bulaşan hastalıklarla etkin mücadelenin en önemli yollarından biri, toplum tarafından kullanılan içme ve kullanma suyunun yeterli ve sağlıklı olmasıdır. İçme ve kullanma sularının yeterli ve sürekli dezenfeksiyonu ile su ile bulaşan hastalıklar büyük ölçüde önlenir.

Suların dezenfeksiyonu amacıyla en fazla kullanılan dezenfektan klorur. Suyu dezenfeksiyon amacıyla katılan klor, sudaki bazı bileşikler ile birleşerek istenmeyen bir koku oluşturabilir. Ancak klorun su ile bulaşan hastalıkları önlemedeki önemi düşünüldüğünde, suların mutlaka klorlanarak tüketime verilmesi gerekmektedir.

Suların klorlanmadığı ve tam olarak yapılmadığı 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. DSÖ' ye göre içme sularının klorlanması işleminin yaygınlaştırılması halk sağlığı alanındaki en önemli gelişmelerden biridir ve hâlen mevcut alternatifleri arasında en güvenilir dezenfeksiyon yöntemidir.

İnsan sağlığının korunması ve su ile bulaşan hastalıkların önlenmesi için suların düzenli ve sürekli olarak dezenfeksiyonunun yapılması gerekir. Kuyu ve depoların nasıl dezenfekte edileceğini ve dezenfektanların insan sağlığına zarar vermemesi için nasıl uygulanacağını bu modülde öğreneceksiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Gerekli mevzuat doğrultusunda su kuyularının dezenfeksiyonunu yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Sularla bulaşan hastalıkları önlemek için ne gibi tedbirler alınmaktadır? Araştırınız.
- Suların dezenfeksiyon yöntemleri nelerdir? Araştırınız.
- Çevremizde hangi tür kuyular bulunmaktadır ve bu kuyular nasıl dezenfekte edilmektedir? Araştırınız.
- Mevsim değişiklikleri kuyularda herhangi bir değişiklik meydana getiriyor mu? Araştırınız.
- Yapmış olduğunuz çalışmalardan bir dosya hazırlayınız veya sunu hazırlayarak sınıf ortamında tartışınız.

1. SU KUYULARININ DEZENFEKSİYONU

Enfeksiyon hastalıklarının ortaya çıkışı, çevre koşulları ile çok yakından ilişkilidir. Alt yapı sistemlerinin yeterli olmaması, içme ve kullanma sularının kirlenmesi (kontaminasyon), fekal-oral yolla bulaşan birçok bakteri, virüs ve parazitler çeşitli enfeksiyonlara sebep olur.

Bu enfeksiyonların önlenmesi için suların kontaminasyonunun engellenmesi, arıtma ve dezenfeksiyon (içilebilir nitelikteki suların insan tüketimi için güvenli hâle getirilmesi) işlemlerinin uygun şekilde yapılması gerekir.

İçme ve kullanma suları, yer altı ve yerüstü su kaynaklarından elde edilir. Özellikle yerüstü sularının (dere, nehir, baraj, göl, gölet) kirlenmeye çok açık olmaları nedeniyle arıtma tesislerinde arıtma işlemleri yapılır. Bu işlemler sudaki bulanıklık ve organik maddelerin giderilmesini sağladığı kadar hastalık yapıcı mikroorganizmaları da uzaklaştırır. Daha sonra yapılacak kimyasal dezenfeksiyonun (ülkemizde ve diğer pek çok ülkede klor ile yapılmaktadır) iyi sonuç vermesi için bu ön işlemlerin mutlaka yapılması gereklidir. Şebeke suları bazen yer altı sularından elde edilir. Yeraltı suları topraktan süzüldüğü için nispeten temizdir ve depolardan çıkışta klorlanarak şebekeye verilmelidir.

Şebeke suları dağıtım sırasında da kontamine olabilir. Eğer su boruları eskimişse, su basıncı düşükse veya su kesintileri sırasında oluşan vakum etkisiyle su boruları içine kirli atık sular sızabilir. Bu nedenle hem temiz su hem de kanalizasyon borularının sağlam olması ve sık sık bakımlarının yapılarak eskiyenlerin tekniğine uygun olarak değiştirilmesi gerekir.

Suyun yeterince temiz olmadığı durumlarda, su ile bulaşan (water- borne) enfeksiyonlar görülebilir. Sular yalnızca fekal kirlenmeye uğramaz, doğada bulunan diğer mikroorganizmalarla da kontamine olabilir. Doğadan kontamine olmuş suları içmek veya diğer amaçlarla kullanmak enfeksiyonlara neden olabilir.

Bağırsağın normal florasında bulunan bakteriler, fekal kirlenmenin göstergesidir. Su analizlerinde en çok arananlar, üreme ve sayımları kolay olduğu için başta E.coli olmak üzere diğer koliformlar (citrobacter, enterobacter ve klebsiella türleri) dir. Bu bakteriler, dezenfekte edilmiş sularda bulunmamalıdır, bulunmaları dezenfeksiyonun iyi yapılmadığını veya suyun daha sonra kontamine olduğunu gösterir.

Fekal bakterilerin su dağıtım sistemlerinde çoğalmaları pek mümkün değildir. Bazen sistemin yapısında mevcut olan ve bakteriler için besin değeri taşıyan materyal üzerinde çoğalabilir. Düşük sıcaklıklarda (13 C altında bulunan) ve yeterli bakiye klor varlığında üreyemez. Bakiye klor düzeyi, çeşitli noktalardan alınan su örneklerinde 0.5 mg/litre (0.5 ppm) nin altında olmamalıdır, ölçüm görevi belediyeler ve sağlık müdürlükleri tarafından yürütülür.

Suların dezenfeksiyonunda kullanılan klorun belli bir düzeyde tutmanın temel amacı, dağıtım sırasında şebeke sularında herhangi bir nedenle oluşabilecek kontaminasyon sonucunda meydana gelebilecek bakteri çoğalmasını baskılamaktır. Bakiye klor, düşük düzeyde olduğu zaman, kirli su tarafından hızla yıkılır. Bakiye klor bulunmayışı, kirlenme olduğunu ve kirlenmenin yerini gösterir. İçme sularında, kıyı ve deniz sularında, yüzme havuzlarında saptanan koliform bakteri sayılarının kabul edilebilir sınır değerleri, ilgili kuruluşlar ve yönetmelikler tarafından belirlenmiştir.

Düzenli olarak klorlanması ve denetlenmesi gereken sulardan biri de, şüphesiz havuz sularıdır. Uygun dezenfeksiyon için bakiye klor düzeyinin 0.4 ppm' den aşağı olmaması gerekir.

1.1. Suyun Taşıma ile Sebep Olduğu Hastalıklar

Sağlık için uygun olmayan su, taşıdığı ve içerdiği birçok canlı ve cansız maddelerle çeşitli hastalıkların sebebi olabilir. İçinde taşıyabildiği çözünmüş veya çözünmemiş inorganik tuzlarla, özel hastalık bakterileriyle, parazitleriyle, virüsleriyle ve bitkisel maddelerle birçok hastalıkların meydana gelmesine yol açar.

Bu etkenler ve sebep olduğu olumsuzluklar aşağıda sıralanmıştır:

- Suda eriyebilir, inorganik tuzlar, ağır metaller, biosidal ürünler ve radyoaktif maddelerin sebep olduğu hastalıklar:

Sulardaki sülfat, flor, nitrat, endüstri artıklarından ya da çeşitli sebeplerle sulara karışan arsenik, kurşun, siyanür, bakır, krom gibi maddelerle pestisitler, deterjanlar ve radyoaktif maddeler gibi birçok maddeler zehirlenme ve hastalıkların sebebi olabilir.

- Suda erimeyen inorganik maddelerin sebep olduğu hastalıklar:

İçme suyu içinde süspansiyon hâlindeki ince kum vb. tanecikleri bağırsak mukozasının tahrişi suretiyle ishallere sebep olabilir.

- Sudaki bitkisel maddelerin sebep olduğu hastalıklar:

Küçük yosunların içme suyunda varlığına bağlı olarak ishaller meydana gelmektedir. Şişeleme yapılan sularda, dolumdan bir süre sonra sporlarından çıkarak çimlenebilen alglerden başka, küf mantarları, maya mantarları, patojen olmasalar dahi önem arz eder.

- Suda bulunan özel bakterilerin sebep olduğu hastalıklar:

Geçmiş yıllarda dünyamızda birçok örnekleri bulunan ve günümüzde de tehlikeli salgınlar yapabilecek tifo basili, bilinen en iyi örnektir. Özellikle salmonella, paratifo, dizanteri, shigella, kolera su ile geçebilmektedir.

- Su ile geçebilecek parazitlerin sebep olduğu hastalıklar:

Su ile geçebilen trematod, cestod, nematod, protozoonlar, leptospiralar ve sülükler paraziter hastalıklara sebep olabilir.

- Su ile geçebilen virüslerin sebep olduğu hastalıklar:

Su ile bulaşan çocuk felci, enfeksiyöz hepatit vb. hastalıklardır.

1.2. İçme ve Kullanma Sularının Dezenfekte Edilmesi

Bir suyun, içerdiği patojenik mikroorganizmaların elemine edilerek emniyetle içilebilecek hâle getirilmesine suyun dezenfeksiyonu adı verilir. Suyun içerdiği bütün canlı organizmaların yok edilmesine ise (sporlar dâhil) suyun sterilizasyonu denir. Sterilizasyon, dezenfeksiyonun bir kademe daha ilerisidir. Spor bakteriler, diğer bakterilere nazaran dezenfektan maddelere karşı daha dayanıklı olduklarından normal dezenfeksiyon muamelesiyle giderilemez.

Suyun güvenle içilebilmesi ve kullanılması için;

- Bulaşıcı hastalıkların yayılmasına sebep olan patojen bakterilerin yok edilmesi,
- Suya renk, koku veren ve suyun estetiğini bozan organizmaların uzaklaştırılması gerekir.

Bu etkenler aşağıdaki yöntem ve teknikler uygulanarak kaliteli bir içme ve kullanma suyu elde edilir.

- Çöktürme (sedimentasyon), yüzdürme (floktülasyon) ve süzmede (filtrasyon) olduğu gibi fiziksel olarak yeterli besin alamamaları dolayısıyla bakterilerin doğal ölümüyle,
- Suya kimyasal maddelerin ilavesiyle,

- Self pürifikasyon dediğimiz yüzeysel suların kendi kendini temizlemesiyle sağlanır.

1.3. Dezenfeksiyon Metotları

İçme ve kullanma sularının dezenfeksiyonundaki amaç, sağlık açısından zararlı olabilecek patojen mikroorganizmaların etkisiz hâle getirilmesidir. Dezenfekte edici maddelere dezenfektan adı verilir.

Genel olarak sular, mekanik, fiziksel, kimyasal, biyolojik ve radyoaktif yöntemler uygulanarak arıtılır ve dezenfeksiyonu yapılır.

- Fiziksel yöntemler ile dezenfeksiyon: Isı (kaynatma) ve ışık bilhassa ultraviyole ışığıdır.
- Kimyasal maddeler ile dezenfeksiyon: Klor ve bileşikleri (NaOCl , Ca(OCl)_2 , Mg(OCl)_2 , ClO_2 , NH_4OCl , brom, iyot, ozon, hidrojen peroksit ve potasyum permanganat gibi diğer yükseltgeyici maddelerle sularda bulunan mikroorganizmalar yükseltgenerek dezenfekte edilir. Bütün halojenlerin içinde klor ve klor bileşikleri en ekonomik olan ve en çok kullanılan dezenfeksiyon vasıtalarıdır.
- Mekanik yöntemlerle dezenfeksiyon: ızgara, kum tutucu, çökeltme, biyolojik tasfiye işlemleridir.
- Radyasyon yöntemi ile dezenfeksiyon: Kobalt 60 gibi (radyoizotop) maddelerden çıkan gama ışınları da su ve pissuların dezenfeksiyonunda kullanılır.

İçme sularının arıtılmasında kullanılan koagülasyon, flokülasyon, çökeltme, filtrasyon ve yine kireç-soda usulü ile yumuşatma, karbon ile adsorpsiyon prosesleri aynı zamanda suda bulunan mikroorganizmaların tutulup sistemden uzaklaştırılmasına da hizmet eder. Arıtma için uygulanan prosesler ile sudaki patojenik mikroorganizmaların % 60 - % 80 oranında bir bölümü giderilebilir. Yurdumuzda arıtma sistemlerinin az olması nedeniyle dezenfeksiyon çoğu kez ham suya uygulanır.

Dezenfektanın seçiminde ve kullanımında göz önüne alınacak hususlar şunlardır:

- Dezenfektanın cinsi ve dozu
- Gerekli temas süresi
- Suyun sıcaklığı ve kimyasal özellikleri (suyun pH değeri, suda çözülmüş olan organik ve inorganik maddelerin cins ve miktarları gibi)
- Uzaklaştırılacak mikroorganizmaların cins ve özellikleri

Suların dezenfeksiyonunda uygulanan yöntemler suyun miktarına, uygulamanın ekonomik olup olmadığına bağlıdır.

Su dezenfeksiyonunda uygulanan yöntemleri şu şekilde sıralayabiliriz.

- Suyun kaynatılması ya da kaynama noktasına yakın bir sıcaklıkta ısıtılması
- Ozon metodu
- Ultraviyole ışınları metodu
- Klorlama (klor, anorganik ve organik bileşikleri ile)
- Katadin metodu
- Elektro katadin metodu
- Brom, iyot, potasyum permanganat metodu
- Çok yüksek veya çok düşük pH ortamı meydana getirmek

Dezenfeksiyonun en genel anlamda temeli, dezenfektan maddelerin canlı hücrelerin metabolik olaylarında çok önemli rol oynayan enzimlerle reaksiyona girerek hücrelerin tahribi esasına dayanır.

1.4. Kaynatmak

Su, 15-20 dakika kaynatılırsa içindeki bakteriler imha edilerek dezenfekte edilir. Suların kaynatma sonucu suya iyi tat veren hava ve karbondioksit ile hoş bir lezzet veren bikarbonatlar sudan uzaklaştırıldığından su tatsız/yavan olur. Sudaki tatsızlığı ortadan kaldırmak için kullanılmadan önce havalandırılır. Genelde suyun kaynatılarak kullanılması hem ekonomik hem de pratik bir yöntem değildir. Ancak özel durumlarda az miktarda sular için bu yöntemden yararlanılabilir. Suyun kaynatılması acil hâllerde ve ancak bireysel ihtiyaçlarda başvurulan bir yöntemdir.

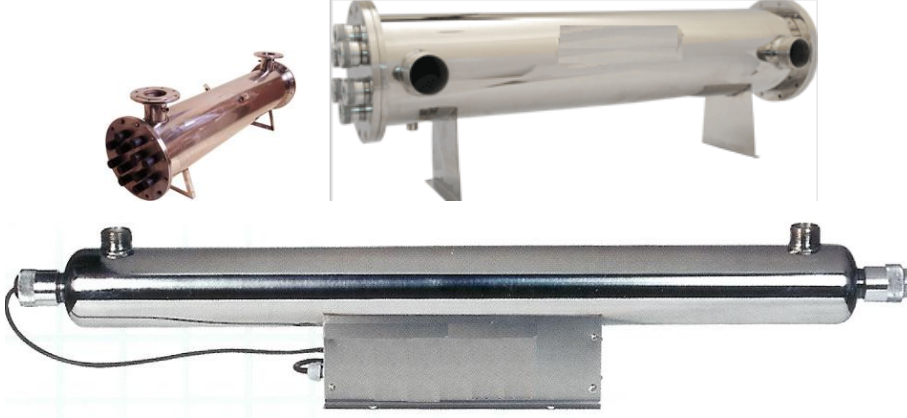
1.5. Ultraviyole Işınları ile Dezenfeksiyon

Güneş ışığının mikroorganizma öldürmede etkin olan kısmı dalga boyları 1000-3900 Å⁰ (angström) olan ultraviyole (UV) ışınlarıdır. Özellikle dalga boyları 1000 Å⁰ olan UV ışınları mikroorganizmaların protoplazmasını tahrip ederek öldürmede çok etkilidir. Sporlar için de öldürücü etkisi vardır. Sürekli bir sterilizasyonda suyu 2 dakika ışlandırmak gerekir. UV kaynağı olarak havası boşaltılmış cıva, buharlı kuartz lambalar kullanılır. Işınlar 30 cm'den daha derine etki etmezler. Bulanık ve renkli sularda bu yöntem etkili değildir.

Akım sarfiyatı fazla olduğundan bu yöntem ancak küçük oranda okul, hastane ve sanatoryumlarda kullanılır. Ancak bu usul pahalıya malolmaktadır. Fakat bu yöntemin uygulandığı sular sağlığa zararlı değildir ve bileşimlerinde de önemli bir değişiklik olmaz.

UV ile dezenfeksiyonun temeli ise bir su tabakasının 0,2-0,4 µm UV ışınları yayan cıva buharlı ark lambalarına maruz bırakılması ile oluşur. Kuvars tüpüne konmuş UV lambalarının daha etkili olduğu bulunmuştur. Işığın görme derinliği her bir lamba etkisindeki sıvı filminin kalınlığını 50-80 mm civarında sınırlar.

Lambalar çökeltilerden uzak tutulmalıdır ve su bulanıklık ihtiva etmemelidir. Dezavantajı dağıtım sisteminde hiçbir kalıcı dezenfektan etki bırakmaması ve çok pahalı oluşudur.

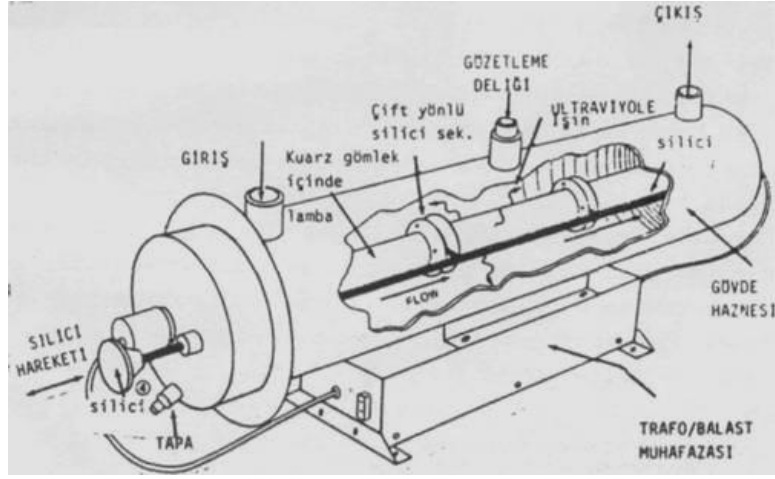


Resim 1.1: Su dezenfeksiyonunda kullanılan ultraviyole cihazları

Düşük basınçlı cıva lambası kullanılarak kısa UV dalgaları üreten dezenfeksiyon sistemi, mikroorganizmaların DNA yapısını bozarak bakteri, protozoa, virüs, küf, mantar, alg ve bunların yumurtalarını etkisiz hâle getirir. Ultraviyole cihazları, paslanmaz çelik cihaz gövdesi, UV lambası, UV lambası muhafazasını sağlayan quartz tüp ve sisteme entegre edilebilen panodan oluşur. Ultraviyole cihazlarının bakım ve montajı oldukça basittir. Bakımı ortalama yılda bir defa UV lambasının değiştirilmesinden ibarettir.

Çalışma prensibi şöyledir:

- Cihaza giren su kuartz gömlekle cihaz hazne gövdesi arasındaki silindirik boşluktan geçer.
- Cihaz içindeki silici sekmanlar suda türbülans yaratarak, su içindeki mikroorganizmaların hepsinin öldürücü ultraviyole ışınlarına maruz kalmasını eşit olarak sağlar.
- Üst gözleme deliği lambanın çalıştığını dışarıdan gösterir.
- Dıştan tahrikli silici, sterilizatörün kuartz gömleğinin sökülmesine, dolayısı ile su üretiminin sekteye uğramasına lüzum kalmaksızın periyodik fasıllarla temizlenebilmesini mümkün kılar.
- Cihazdan geçen su, içinden geçer geçmez anında kullanılmaya hazırdır.
- Yine bazı tip VZ ekli lambalar 2537 Angström dalgaların direk mikroorganizma öldürücü hususiyetlerine ilaveten suda kalıcı dezenfektan özelliği gösteren hidrojen peroksit de üretir. Hidrojen peroksit suya kalıcı dezenfeksiyon özelliği sağlar. Tüm bu tip cihazların aşırı ısınmasından doğacak tehlikeleri göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 1.1: Ultraviyole ışın üreten cihazın yapısı

1.6. Ozonlama ile Dezenfeksiyon

3 oksijen atomundan oluşan ozon (O_3) kuvvetli bir yükseltgendir. Ozon, oksitlenebilen maddeler karşısında atom hâlinde oksijen vererek bunları okside eder. Bakteri ve virüsleri öldürmek için gerekli doz 0.3-1.0 mg/litre olup 15 dakikalık temas süresi yeterlidir. Ozonun diğer bir yararı da suyun koku ve tadını iyileştirmesidir.

Ozonun diğer oksitleyicilere olan bir üstünlüğü, suyun niteliklerini bozacak kalıntılar bırakmamasıdır. Böylece ozonla dezenfeksiyon sonucu sularda hoş olmayan koku ve lezzet oluşması söz konusu olmaz. En büyük dezavantajı üretiminin pahalı olmasıdır. Bir diğer sakıncası da son derece kararsız bir madde oluşudur. Ozonun kararsızlığı pH arttıkça artmaktadır. Aşağıdaki çizelgede ozon konsantrasyonunun pH ve zamana bağlı olarak değişimi görülmektedir.

	pH=7,6	pH=8,5	pH=9,2
Dakika	Klor Ozon (%)	Klor Ozon (%)	Klor Ozon (%)
3	98	90	65
6	92	70	40
18	78	30	5

Tablo 1.1: Ozon konsantrasyonunun suyun pH ile zamana bağlı değişimi

Elektriği ucuz üreten ülkelerde bu yöntemden yararlanılır. Ozon ozonizatör denilen cihazlarla elde edilir. Bunlarda hava oksijeni ya da saf oksijen elektrik deşarjı sonucu ozona dönüşür. Verimin yüksek olması için kullanılacak hava kuru olmalıdır. Ozon karbon- karbon çift bağına sahip doymamış organik bileşiklerle reaksiyona girerek ozonürleri oluşturur. Ozonürlerde üç oksijen atomu birbirleri ile bağlıdır. Bu bağlar kopunca aldehit, keton ve asitler oluşur. Ozon, karbon- azot çift bağlarına göre karbon çift bağları ile daha kolay reaksiyona girer. Ozon tarafından oksitlenen fonksiyonel gruplar -SH (tiol), S (kükürt, sülfür) - NH₂ (amin), -OH (hidroksit) ve - CHO (aldehit) dir. Ozon uygulanacak su, Fe (demir) iyonlarından veya organik tortu maddelerinden kurtarılmış olmalıdır. Aksi hâlde bunlar da oksitleneceğinden aşırı ozon sarf edilir.

Birden fazla değeriğe sahip olan Fe, Mn, Co, Ni, Sn, Cr gibi elementler suda bulunan dezenfektan maddelerle reaksiyona girerek bunların miktarlarını azaltır.

Ozonun kullanım amaçları:

- İstenmeyen tat, koku ve rengin giderilmesi
- Sulardan ağır metallerin giderilmesi
- Suların dezenfeksiyonu
- Dezenfektanların yan ürünlerinin giderilmesi
- Doğal organik maddelerin, ozonla oksidasyonları sonucu biyolojik olarak bozunma oranlarının yükseltilmesi

Ozon üretimi için diskli ve tüplü tip ozonizer iki ayrı tip cihaz kullanılır. Diskli tip ozonizer çok yüksek voltajda (15000 Volt) çalışır. Tüplü ozonizerler ise kalınlığı daha az olan cam tüpler kullanıldığından çalışmaları için gerekli voltaj 7000 - 8000 voltur. Cam tüpün ortasında madeni tüp mevcuttur.

Ozonun insan sağlığına olan etkisi de araştırılmamıştır. Günde 8 saat çalışma esasına göre havada azami ozon konsantrasyonun hacim olarak 0.1 ppm olması kabul edilebilir. Bu oran ABD tarafından kabul olunan eşik seviyesidir.

Ozon konsantrasyonu ile maruz kalınabilecek süre arasındaki ilgi verilmiştir.

0,1 – 1,0 ppm arasında ozona maruz kalındığında görülecek belirtiler; baş ağrısı, boğaz kuruluğu, solunum yollarında irritasyon ve gözlerin yanmasıdır. 1 – 100 ppm arasında ozona maruz kalındığında astım benzeri belirtiler, yorgunluk ve iştahsızlık görülür.

Yüksek konsantrasyonda kısa müddet bulunduğu boğaz irritasyonu, kanamalar ve akciğer ödemeine sebep olabilir. Ozondan meydana gelen belirtiler akutur. Normal sağlıklı şahıslarda kronik belirtiler görülmez.



Resim 1.2: Ön ozonlama ünitesi



Resim 1.3: Ozon üreten cihazlar (ozonizerler)



Resim 1.4: Ozonlama ünitesi

1.7. Klor ile Dezenfeksiyon

20. yüzyılın başlarından itibaren yaygın olarak kullanılan metotlardan biri de klor ve klor bileşikleriyle yapılan dezenfeksiyondur. Kullanılan klor bileşikleri normal şartlarda tabiatta bulunmayan ve kimyasal olarak üretilen bileşiklerdir. Yaygın kullanımında klorun ucuz bir dezenfeksiyon sistemi olmasının yanı sıra, kalıcı etkiye sahip olması da önemli bir etkendir. Klorun öldüremediği birçok mikroorganizma da (aeromonas, legionella vb.) bulunmaktadır. Fakat klorun öldürebildikleri öldüremediklerinden daha çok olduğu için klor hâlâ başarılı bir dezenfektan olarak kabul edilmektedir.

Klor, suya karıştırıldığı anda, suyun içindeki bazı organik maddeler ve ağır metallere reaksiyona geçer. Ağartıcı, mikrop öldürücü ve pastan arındırıcı özellik gösterir. Klor kimi yerlerde içme suyunun tat ve kokusunu, organik maddeleri okside ederek iyileştirir. Tüm reaksiyonlar meydana geldikten sonra 0.5 mg/litre serbest bakiye klorun suda bırakılması, son kullanım noktasına kadar mikroorganizma faaliyetini önleyecektir. Ancak klorlama yapıldıktan sonra herhangi bir noktada, serbest bakiye klorun aktif karbon sistem vasıtası ile sudan alınması, arıtma sistemi sonrasında suyu mikroorganizmalar tarafından kirlenmeye açık hâle getirecektir. Klorlanmış su, aktif karbon sistemden geçirilse bile suda 0,1 mg/litre bakiye klorun bulunması tavsiye edilir.

1.7.1. Klor Çeşitleri

➤ Sıvı Klor

Klor ülkemizde çoğunlukla sıvı klor olarak kullanılmaktadır. Sıvı klor, kimyasal adı ile sodyum hipoklorit, azami %15 aktif klor içeren, ayrıca kloru su içinde tutabilmek için kostik (NaOH) de içeren ve bu nedenle çok yüksek pH derecesine sahip bir sıvıdır.

➤ Gaz Klor

Klor içeren dezenfeksiyon kimyasalları içinde, en saf olanı gaz klordur. Ülkemizin sanayi bölgelerinde piyasada bulunabilen gaz klor ücret olarak diğer klorlu dezenfektanlardan daha ucuzdur ve çok daha randımanlı olarak suyu dezenfekte eder çünkü hem saftır, hem de suyun pH derecesini biraz düşürür. Bu nedenle sıvı klora göre daha az miktarda kullanılabilir ve çok iyi dezenfeksiyon görevi yapar. Gaz klorun suda çözünmesini sağlamak için özel bir aparat (klor dozaj pompası) kullanılır. Bu aparat sayesinde saf olan klor gazı su içinde kolayca çözünür ve aktif klor oluşturur. Gaz klor saf olduğundan bu uygulama sonucunda suyun iletkenliği artmaz, suyun pH derecesi biraz azalır ki bu da klorun etkisini çoğaltır. Gaz klorun bu özellikleri dolayısı ile örneğin sıvı klor ile 2 mg/litre bakiye klor istenen dezenfeksiyon uygulamalarında, gaz klor ile çok daha az bakiye klora ihtiyaç vardır.

➤ Toz Klor

İnsan sağlığına zararlı olmayan toz klor piyasada kalsiyum hipoklorit $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ olarak bulunur. Bu toz klor genelde % 65 aktif klor içerir. Yüzme havuzlarında bazen siyanür içeren toz klor türleri kullanılır. Bu tür siyanürlü toz klor içme ve proses sularında kullanılmaz. Klor ile dezenfeksiyon dünyada birkaç değişik formülde klorlu kimyasal maddeler ile yapılır. Ülkemizde en çok kullanılan sıvı klor (sodyum hipoklorit), gaz klor (elementer klor) ve toz klor (kalsiyum hipoklorit/ katı) çeşitleridir.

Sıvı klor suya katıldığında aşağıdaki kimyasal reaksiyonu oluşturur:



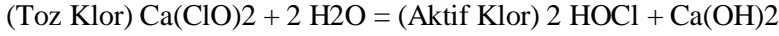
Görüldüğü gibi, aktif klor ile beraber kostik (NaOH) de oluşuyor, bu nedenle suya sıvı klor verildiğinde suyun pH derecesi yükselir.

Gaz klor suya katıldığında aşağıdaki kimyasal reaksiyon oluşur:



Görüldüğü gibi aktif klor ile beraber hidroklorik asit (HCl) de oluşuyor, bu nedenle suya gaz klor verildiğinde suyun pH derecesi azalır.

Kalsiyumlu toz klor suya girdiğinde aşağıdaki reaksiyon oluşur:



Bu reaksiyon sonucunda istenen aktif klor oluşur ancak suyun pH derecesini değiştiren bir kimyasal oluşmaz.

Su içine konan ve aktif klora dönüşen klor, suda bulunan bazı maddeler ile reaksiyona geçer. Aktif kloru tüketen maddeler mikroorganizmalar, organikler, suda çözülmüş hâlde bulunan demir ve mangan gibi okside olabilen metallerdir. Suyun ne kadar klor tüketeceği teorik hesaptan ziyade deneyler ile belli olur. Klorun yaptığı dezenfeksiyonun ölçülmesi için önemli olan sayısal bilgi, su içine konan klor miktarı değil tüketilen aktif klorun geriye kalmış olan aktif klorun miktarıdır. Klorun su ile temas süresi sonucunda suda kalan klorun (bakiye klor) ölçülmesi doğru olur.

1.7.2. Klor Bileşikleri ile Suların Dezenfeksiyonu

Suların klorlanması çoğunlukla aşağıdaki bileşikler kullanılmaktadır.

➤ **Kloraminler**

Kloraminler belirli miktarlardaki klor ve amonyakın sulu ortamda birleştirilmesi ile elde edilir. Kloraminler klora göre daha güçsüz olduklarından genelde primer dezenfektan olarak kullanılmaz. Kloraminlerin en önemli özelliklerinden biri ortamda uzun süre bozunmadan kalabilmektedir. Bu nedenle kloraminler sıklıkla uzun dağıtım şebekelerinde serbest klor ihtiyacını karşılamak üzere ikincil (rezidüel) dezenfektan olarak kullanılır. 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 edilir. Kloramin daha ziyade organik maddelerle çok fazla kirletilmiş yüzey sularının klorlanmasında kullanılır. Bu metotla klor dozlanmadan önce suya az bir miktar amonyak verilir. Amonyak sudaki organik maddeleri bilhassa fenolü indirger. Böylece suya kötü tat veren klorlu fenol oluşmasını önler. Suyu klor dozundan birkaç saniye önce amonyak gazı verilmesi dışında işlem aynen gaz klorla dezenfeksiyona benzer. Amonyak gazı da çok kolay dozlanır. Ayrıca bu metotta suda kötü tat problemi yoktur ve klorlu hidrokarbon tehlikesi bundan önceki metoda göre daha azdır.

Bu metodun tehlikeleri (gaz zehirlenmesi dâhil) gaz klorla dezenfeksiyona benzer. Ayrıca reaksiyon süresi daha uzundur. Jermilerin yok olması yaklaşık 30 dakikadır. Bu nedenle daha büyük reaksiyon deposu gerekir veya arıtma tesisiyle ilk abonenin arası daha uzun olmalıdır. Bu husus özellikle virüslerin yok edilmesi yönünden önemlidir.

➤ **Sodyum hipoklorit (NaClO)**

Sodyum hipoklorür veya çamaşır suyu sodyum hidrokside elementer klor ilave edilerek üretilir. Günlük hayatta beyazlatıcı olarak çamaşır sularında kullanılmaktadır. Asidin bir canlı dokusu ile teması, dokularında hasara yol açmaktadır. Soğukta NaOH çözeltisinin klor gazından geçirilmesi ve NaCl'ün elektroliziyle elde edilir. Taşınması ekonomik değildir. Büyük gemilerde deniz suyunun elektroliziyle elde edilir. 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.

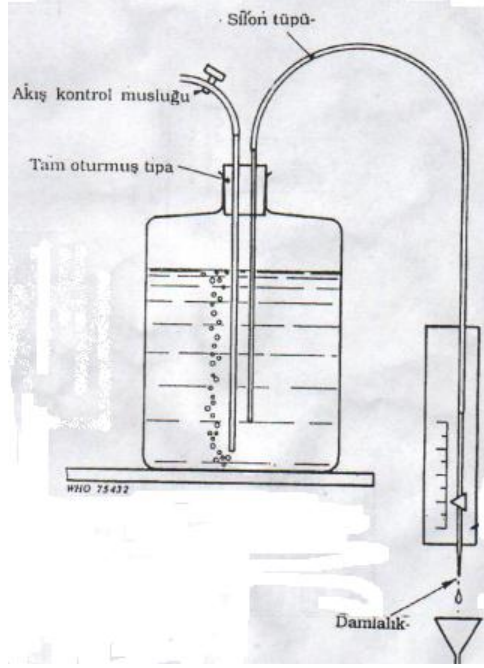


Resim 1.5: Sodyum hipoklorit çözeltisinin ticari şekli

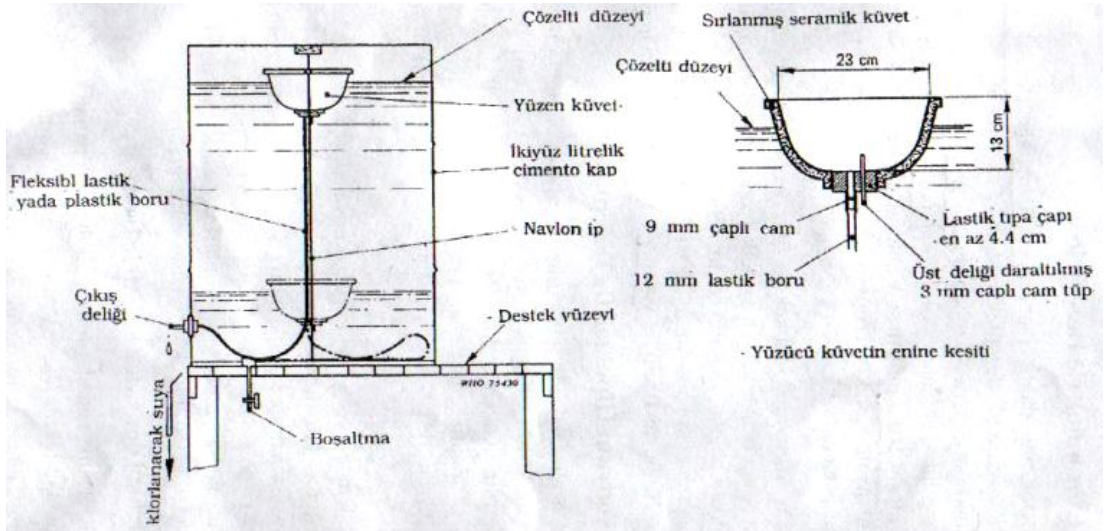
Bir sodyum hipokloritin elde edilme formülü aşağıdaki gibidir:



NaClO çözeltisi kararlı değildir. Çabuk bozunur ışığa karşı korunması gerekir. Işıktaki bozunması hızlanır. Sodyum hipoklorür solüsyonları genel olarak %5-15 oranında klor içerir. Çözelti hâlinde kullanılır. Sodyum hipoklorür suya bir dozlama pompası ile katılır. Küçük tesislerde ise suya ayarlı bir hâlde damla damla katılır. Koklama durumunda zehirliliğin düşük olması nedeniyle solunum sistemini etkilemez. Özellikle yüzme havuzlarının dezenfeksiyonu için kullanılır. İçme sularında tercih edilmez. İşlemde çok miktarda kimyasal çözelti tüketilir. Bu tip dezenfeksiyon küçük ve köy tipi içme suyu tesisleri için uygundur. Virüslerin yok edilmesi şüphelidir.



Şekil 1.2: Sifonlu hidroklorür verme cihazı

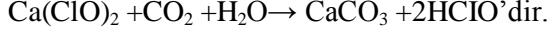


Şekil 1.3: Küvet biçimli hipoklorinatör

➤ Kalsiyum hipoklorür

Kullanılan en eski dezenfektandır. Ticarete kireç kaymağı olarak bilinen birtakım Ca bileşikleri karışımı olup Ca^{2+} , OH^- , Cl^- ve ClO^- iyonlarından oluşur. Soğukta $Ca(OH)_2$ (sönmüş kireç) çözeltisinden klor gazı geçirilerek elde edilir. Genelde küçük kapasiteli su arıtma tesislerinde kullanılan bir klor formudur. Beyaz ve katıdır. Yaklaşık % 75 oranında klor içerir.

Aktif kısmı $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 'dir. Su ve CO_2 etkisiyle aşağıdaki reaksiyona göre;



Kalsiyum hipoklorür HClO hipoklorit asidi oluşur. Bu da bozunarak HCl ve aktif oksijen sonucu sterilizasyon oluşur. Aktif klor oranı % 25-35 civarındadır. Bekletilerek aktif klorun bir kısmı kaybedilir. Ayrıca geç çözünen Ca^{+2} bileşikleri içerdiğinden kullanılan suda çamur oluşturur. Filtre edilmiş suların m^3 başına 1-2 gram, filtre edilmemiş suların m^3 'ü için 4 gram kullanılır. Kireç kaymağının etkisi suya aynı zamanda demir-3-klorür katılmasıyla artırılır. Bu yöntem ferro klorür yöntemi denir. Bu durumda oluşan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ çökmesi sırasında kolloid maddelerini de birlikte sürükler.

Ticari olarak granüler veya tablet şeklinde temin edilebilir. Piyasada kaporit ve perkloron adlı tabletleri vardır. Suya bu tabletlerden atılır ve 15 dk. bekletilir, klor fazlası aktif kömür tabletleri atılarak giderilir, sonra süzülür.

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



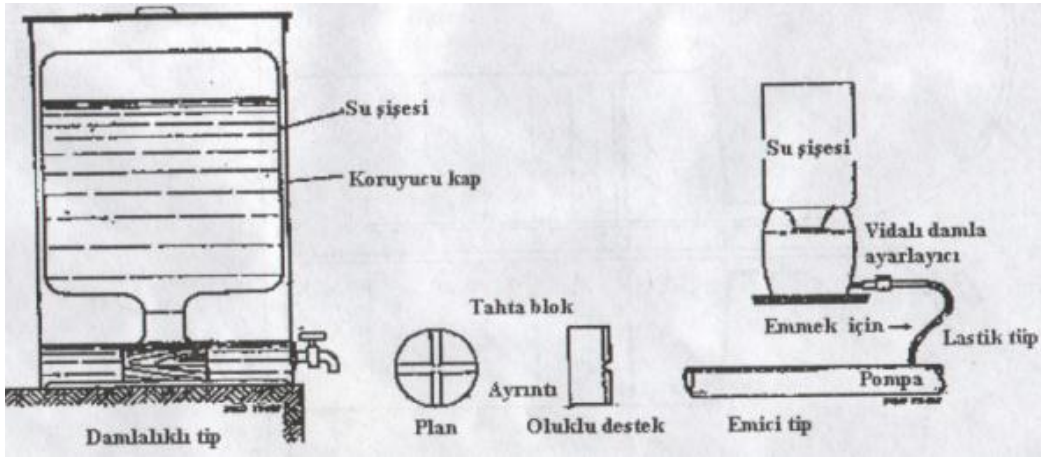
Resim 1.6: Kalsiyum hipoklorürün ticari şekli

Yeni üretilen klor dozlama cihazları daha pratik ve kolay uygulanmaktadır. Dozaj kabı sert polietilenden olup değişik hacimlerde üretilmiştir. Üst kapakta klor çözeltisinin rahatça doldurulması için kapaklı bir boşluk bırakılmıştır.

Elektronik ayarlı karıştırıcı, (çözeltinin dibe çökmemesi için hafifçe sürekli hareket hâlinde olması gerekir), bağlantı kablosu, kontrol lambalı açma kapama anahtarlı fiş, dozaj pompası, otomatik kapama şalteri ve göstergesi, emme ve dozaj hortumu gibi parçalardan oluşur.



Resim 1.7: Kalsiyum hipoklorit klor dozaj cihazları



Şekil 1.2: Ters çevrilmiş şişe dipli klorlama cihazları

➤ **Klordioksit (ClO₂)**

Klordioksit (ClO₂) arıtma tesislerinde kullanımdan hemen önce hazırlanan bir dezenfektandır. Klordioksit jeneratörlerinin birçoğu sodyum klorür ile elementer kloru kullanarak klor dioksit oluşturur. Klor dioksit kloro dayalı bir dezenfektan olmakla birlikte hemen tüm özellikleri klordan farklıdır. Sıvı şekli sıvı içinde çözülmüş gaz şeklindedir, çözünürlüğü pH'tan fazla etkilenmez, uçucu bir bileşiktir ve içinde çözülmüş hâlde 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. Klorlama işlemlerinin en etkili ve en pahalısıdır. Klor dioksit dezenfeksiyon mahallinde üretilmelidir. Çünkü ancak birkaç saat için depolanabilir.

Klorla dezenfeksiyonda olduğu gibi kötü koku veren kloro fenoller oluşmaz. Klora göre daha karardır. 48 saat etkisini kaybetmeden kalır. Sodyum klorit çözeltisinden klor gazı geçirilerek elde edilir. Gaz hâlinde klorun temini için HCl kullanılır. Ayrıca pek çok inorganik ve organik bileşikler okside eder. Suyu karıştırdığında klorit ve klorat olarak iki ayrı yan ürün oluşur. Kullanımda dozaj sınırlı tutulmalıdır. Çünkü ClO^{-2} iyonunun sudaki 1 mg/litreden büyük konsantrasyonları zehirli etki gösterir.

Klor dioksit sodyum klorür ile ya gaz klor veya çözelti hâlindeki HCl'nin düşük pH'ta birleşmesi ile elde edilir. Bu dengesiz ürün bilhassa gaz hâlindeki durumuyla patlamaya elverişlidir. Bu nedenle depolama tankları devamlı havalandırılarak patlayıcı klor dioksit gazı konsantrasyonu önlenir.

Klor dioksitin oksitleme gücü yüksek olduğundan reaksiyon süresi sadece 1 - 2 dakikadır. Virüsler üzerinde denenmiş etkisi vardır. Sudaki diğer maddelerle birleşerek kötü kokuya sebep olmaz. Klor dioksitin klorlu hidrokarbon üretilip üretilmediği kesin olarak bilinmemektedir.

Kimyasal madde ve ekipman olarak masraflıdır. Organik maddelerle örneğin ağaçla temasında hemen tutuşmaya sebep olur. Sodyum klorür ve gaz klorlardan veya HCl'den klor dioksit üretmek için gerekli ekipmanlar korozyona maruz kalır.

1.7.3. Gaz Klorla Su Dezenfeksiyonu

Elementer klor en yaygın kullanılan klor formudur. Basınçlı tanklarda sıvılaştırılmış gaz hâlinde taşınır ve depolanır. Büyük tesislerde içme suyu için gaz klorla dezenfeksiyon en ekonomik olanıdır. Dezenfeksiyon için gerekli tesis basittir ve gerekli kimyasal madde de kolayca temin edilebilir.

Klor gazının bazı özellikleri şunlardır:

- Sarımsı - yeşil bir gazdır.
- Çok keskin bir kokusu vardır.
- Havadan 1,5 - 2,5 kez daha ağırdır.
- Bir sıvıda kolayca yoğunlaşabilir.
- Kuru olduğu zaman metallere tesiri yok denecek kadar azdır.
- Islak hâlde, metallere etkisi çok fazladır. Korozyona sebep olur.
- Boğaz, burun ve dil zarlarını tahriş eder. Klor konsantrasyonu % 0,1 olan hava 5 dakika solunursa ölüme sebebiyet verir.
- Sıvı klor sudan 1,5 kez daha ağırdır.
- 100 gram suda 10 °C ve 1 atmosfer basıncında 1,0 gram, 15 °C de ve 1 atmosfer basınç altında 0,84 gram, 37 °C de ise ancak 0,47 gram klor eriyebilir, fazlası erimez yine gaz hâlinde havaya karışır.

Klor gazı 40 bar basınç altındaki çelik tüplerde muhafaza edilir. Bir vana basıncı sıfıra düşürür ve klor gazı küçük bir su akımına verilir. Klor burada hemen çözünür. Dozlama pompaları veya enjektörler yardımıyla konsantre klorlu su çözeltisi dezenfekte edilecek suya katılır. Su sayaçları veya dozlama pompaları yardımıyla dozaj ayarlanır.

Gaz klor, su ile ve mikroorganizmalarla çabuk reaksiyona girer. 5 dakikalık bir reaksiyon sonucunda organik maddelerin oksitlenmesi klorun çoğunu tüketir ve klor bakiyesi sabit kalır. Bu nedenle dezenfekte edilen suyu şebekeye vermeden önce oldukça küçük bir depodan geçirmek mümkündür veya şebekedeki ilk abonenin arıtma tesisinden 1 km'den daha yakın olmaması gerekir.



Resim 1.8: Klor tüpleri

Kullanım amaçlarına göre değişik hacim ve kapasitelerde klor tüpleri üretilir. Klor tüpleri, metalürjik ve fiziksel deneylere (sızdırmazlık, yorgunluk, basınç altında çalışma, patlatma ve deformasyon testleri) tabi tutularak piyasaya arz edilir. 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.



Resim 1.9: Serbest Klor -pH panolu kontrol cihazı ve otomatik klor dozaj cihazı

Sıcak bölgelerde gaz klor tüplerinin direkt güneş altında depolanmasından sakınılmalıdır. Çünkü 60°C'nin üzerinde basınç artar. Sıvılaşmış klor tekrar buharlaşmaya başlar. Bu nedenle birçok içme suyu arıtma tesislerinde kloru gölgede depolamak için geniş açık binalar inşa edilir.

Birçok ülkede klor depolanması için kilitli ayrı odalar istenir. Dozlama ve karıştırma ekipmanları bu odadan ayrı bir yerdedir. Bütün klorlama odalarının kapıları direkt olarak açık havaya açılmalı, operatörler gaz maskeleri ve lastik eldiven kullanmalıdır.



Resim 1.10: Klorlamada kullanılacak gaz maskeleri ve lastik eldiven

1.7.4. Klorla Su Dezenfeksiyonunun Üstünlükleri

Klor gazı ve klor bileşikleriyle su dezenfeksiyonu yapılmasının sebeplerini şöyle sıralayabiliriz.

- Klor içeren dezenfektanlar bilinen patojen mikroorganizmaların birçoğuna etkilidir ve bunlar tamamen yok eder veya üremelerini engeller. Sonuçları kontrol edilebilir.
- 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. Etkinliği yüksektir.
- Kimyaca saf olarak elde edilir.
- Uygulama kolaylığı vardır.
- Dezenfeksiyon işlemi için gerekli tesis basittir.
- Depolama ve nakliyesinin kolaylığı vardır.
- Klor ekonomik olarak toplumsal kaynaklara önemli miktarda katkı sağlar.
- Ülkemizde imal edilir ve ucuzdur.
- Meydana gelen kloramin bileşikleri nedeniyle dezenfeksiyon işleminin devam etmesidir.
- Tüm kimyasal dezenfektanlar yan ürün oluştururlar, klorun avantajlarından birisi de yan ürünleri en çok incelenen dezenfektan olmasıdır.
- 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.
- Klor biyolojik büyümeyi kontrol altına alır, boruları ve cihazları tıkayabilecek ve arızalara neden olabilecek veya depolarda gelişebilecek canlıların oluşumunu engeller.

- Klor kimyasal kontrol sağlar, suda bulunabilecek hidrojen sülfidi, amonyak ve diğer nitrojenli bileşikler parçalar.
- İçme suları dışında rekreasyon amacıyla kullanılan (havuz, kaplıca vb.) suların dezenfeksiyonunda da klorun kullanılabilmesi, klorun diğer dezenfeksiyon yöntemlerine göre en önemli üstünlüklerinden biridir.

1.7.5. Klorla Su Dezenfeksiyonunun Dezavantajları

Dezenfeksiyonda klor gazı ve bileşiklerinin kullanılmasının sakıncalı yönleri de bulunmaktadır. Bunlar şöyle sıralayabiliriz.

- Klor gazı çok zehirli ve tahriş edici bir gazdır. Bilinçli kullanım gerekir.
- Suyu yeter miktarda ilave edilmelidir. Fazla kullanılması hâlinde suyun lezzet ve kokusunu bozar.
- Klor (Cl_2) ile dezenfekte edilecek suyun ilerisinde, endüstriyel atıkların suya karışması sonucu veya organik parçalanmalardan fenolik maddeler meydana gelmiş ise su ile fenol arasında kloro-fenol bileşikler meydana gelir. Bu bileşikler içme suyunda 0,01 mg/litreden daha az derişimlerde bulunsalar dahi, suyu çok kötü tatlandırır.
- İçme sularının klor ile dezenfeksiyonunda en önemli konu, ortamda klorlu hidrokarbon bileşiklerinin (haloformların) meydana gelmesidir.
- Eldeki sınırlı bilgilere göre örneğin ClO_2 in ortamda az miktarda klorlu maddeler oluşturduğu fakat bunun yanı sıra zehirli bir madde olan kloriti meydana getirdiği saptanmıştır. Klorit ise kanda hemoglobini okside ederek vücuttaki görevini yapamaz duruma getirmektedir.

1.7.6. Klorlamaya ve Su Dezenfeksiyonuna Etki Eden Faktörler

- **pH değeri:** Klorlama düşük pH'larda daha tesirlidir. Örneğin eşdeğer dezenfeksiyon için pH 10'da, pH 5'tekinden yaklaşık 150 katı daha fazla klor ihtiyacı vardır. Klor suyun pH değerini düşürür. Hipoklorürler ise suyun pH değerini yükseltir. Klorun bakteri öldürücü etkisi suda bulunduğu şekillere bağlıdır. Serbest hâlde hipoklorik asit (pH 6 - 7,5 değerleri arasında) ve bağlı hâlde de dikloramin (pH 4,4 - 6,5) değerleri arasında en etkin klor şekilleridir.
- **Sıcaklık:** Sıcaklık arttıkça klorun dezenfeksiyon etkisi artar. Dezenfeksiyon hızını enzimle olan reaksiyon hızı veya hücre çeperindeki difüzyon hızı etkiler.
- **Temas süresi:** Temas süresi arttıkça klorlama etkisi artar. Ayrıca çeşitli organizmaları öldürmek için gerekli zamanlarda değişiktir.
- **Dezenfektan konsantrasyonu:** Dezenfektan konsantrasyonunun dezenfeksiyona etkisi dezenfektanın seyreltmekle tesirinin azalacağını gösterir.
- **Organizmaların konsantrasyonu:** Öldürülecek organizmaların yüksek ve düşük konsantrasyonunda çok önemli bir rol oynamaz.

Su içindeki aktif klor miktarının dezenfeksiyona etkisi suyun pH derecesine çok bağlıdır, bu nedenle bu iki unsuru beraber incelemekte yarar vardır. Sudaki kloru ölçmek klorun etkisini öğrenmek için yeterli değildir, suyun pH derecesi de aynı anda ölçülmelidir.

1.7.7. Klorlamada Uygulamaları

Klorlama amaca bağılı olarak çeşitli şekillerde uygulanmaktadır. Bu uygulamalardan başlıcaları aşağıda verilmiştir.

➤ **Rezidüel klorlama (ikincil veya artık klorlama)**

Suyun dağıtım sistemine verilmesinden sonra da suda bir miktar klor bulunabilmesi amacıyla yapılan klorlama işlemidir.

Suların arıtma tesislerinde işlenmesi ve dezenfeksiyonu suyun mikrobiyolojik kalitesini uygun düzeye ve kullanıcıların tüketimine hazır hâle getirir. Ancak bu sular kullanıcılara ulaştırılmak üzere dağıtım sistemine verildiğinde veya depolandığında çeşitli nedenlerle tekrar mikroorganizmalarla kirlenebilir. Mikrobiyolojik olarak sağlığı tehdit edecek derecede kalitesi değişebilir. Arıtma tesisinden suyun çıkmasının ardından suyun çeşitli nedenlerle tekrar mikrobiyolojik olarak kirlenmesini 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 klorlama iki yöntemle uygulanır.

• **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.

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 hâlinde 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 hâllerinde uygulanır. Bunun dışında yüksek dozda klorlama, arıtmadan önce suyun bir tadı olması ve küçük klor miktarları ile suda nahoş tatlar meydana gelmesi hâllerinde 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 vb. 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 etkilidir. 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.

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 bulundurmamak 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 hâlinde) katmak gerekebilir. Amonyak, reaksiyonlar için gerekli bir madde olduğundan, konsantrasyonu dikkatlice kontrol edilmelidir. Pratikte üç kısım klora, bir kısım amonyak katılması iyi sonuçlar verir.

- **Kloraminasyon:** Bu uygulamada amaç, suyu klorlamadan önce amonyak ilave ederek sonuçta monokloramin şeklinde artık klor kalmasının sağlanmasıdır.
- **Basit klorlama:** Arıtma gerekmeyen temiz sulara veya filtrasyon gibi basit bir arıtmadan sonra yapılan klorlama, basit klorlama olarak adlandırılır. Bu uygulamada artık klor, serbest klor şeklindedir.
- **Ön klorlama:** 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 artırmak ve tesiste alg oluşumunu azaltmak amacıyla uygulanır. Ön klorlamada genel olarak uzun bir temas süresinin sağlanması istenir. Bunun için klor, arıtma tesislerini besleyen noktadan suya katılır.
- **Primer dezenfeksiyon:** Ham suda bulunabilecek patojenleri etkisiz hâle getirmek için suya klor ilave edilmesidir. Uygulama sonrası suda kalan klor miktarı (Cl) ve klorla mikroorganizmaların temas süresi (T) patojenlere karşı etkinliğin incelenmesinde kullanılır. Cl x T (mg x dk/litre) ile elde edilen değer belirli patojenlere karşı dozajlama ile ilgili düzenlemelerde kullanılır.

- **Ara klorlama:** Su arıtımında arıtma kademeleri arasında, özellikle filtrasyon öncesi yapılan klorlamadır. 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.
- **Atık su klorlaması:** Atık su arıtımında, arıtma sonunda organik madde giderilmesi ve dezenfeksiyon amacıyla yapılan son klorlama dışında, arıtma işlemleri arasında çeşitli noktalarda değişik amaçlarla yapılmaktadır.
- **Son klorlama:** Suya arıtma işleminin sonunda ve su dağıtım sisteminin başlangıcında klor katılmasına son/art klorlama (postklorinasyon) denir. En yaygın son klorlama şekli, filtrasyonun hemen arkasından dezenfeksiyon için yapılan ve dağıtım şebekesinin bir kısmında veya tamamında, aktif rezidüel klorun bulunmasını sağlamaktır. Klor filtre çıkış suyuna veya temiz su deposuna katılır.
- **Arslan payı:** Klor dezenfeksiyon etkisinin yanı sıra suda bulunabilen organik ve inorganik maddelerle (indirgenmiş metaller, sülfidler, brom iyonları, organik ve inorganik nitrojenli bileşikler gibi) reaksiyona girerek onları okside eder. Bu oksidasyon işlemi sırasında tüketilen ve mikroorganizmaları etkisiz hâle getirmek için gereken klor miktarının toplamına "arlan payı" denir ve bu aşamada meydana gelen ürünlere "dezenfeksiyon yan ürünleri" adı verilir.
 - Formun üstü
 - Formun altı
- **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.
- **Süper klorlama:** Kısa süre için çok yüksek miktarlarda klorlama yapılması işlemidir. Sürenin hemen sonunda sudaki fazla klorun alınması gerekir. Sudaki rengi, demiri, manganezi, belirli bazı omurgasız büyük canlıları yok etmek veya etkisiz hâle getirmek gibi amaçlarla yapılır. Bazı olağanüstü durumlarda 2 ppm gibi dozlarda yapılan klorlama işlemine yüksek dozda klorlama denir. Süper klorlama değildir. Süper klorlama en az 5 ppm dozunda yapılır.
- **Aralıklı klorlama:** 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 kullanılır.

- **Tekrar klorlama:** 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 hâllerde yapılır.
- **Klordan arıtma:** Süper klorlama 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.
- **Hazır klor:** Hazır klor deyimi, söz konusu malzemenin oksitlenme kapasitesini gösteren bir ölçüdür ve miktarı da (OCI) değerine yahut da hipoklorit içinde (OCI) hâlinde bulunan klor ağırlığının iki katına eşittir.

Örneğin kalsiyum oksiklorür (Ca / OCI)Cl) de (OCI) hâlinde bulunan 1 klor atomu mevcuttur, bu da 35,46 gramdır. Bunun iki katı 70,92 gramdır. Kalsiyum oksiklorürün molekül ağırlığı ise 127 gramdır. Bunların oranı ise $70 / 127 = \% 56$ eder. Bu sebeple kalsiyum oksiklorürün hazır klor miktarı $\% 56$ 'dır. Yani hazır klor miktarının o madde içindeki klorun ağırlığı ile bir ilişkisi yoktur. Hipokloritlerin sıvı kloru nazaran oksidasyon (dezenfeksiyon) faaliyetini belirten bir deyimdir. Örneğin 100 gram $\% 35$ hazır kloru olan kireç kaymağı her türlü etki yönünden tamamen 35 gram sıvı (veya gaz) kloru eşittir.

Klorlamada kullanılan oksidan maddelerden bazılarının hazır klor miktarları:

- **Kireç kaymağı kireç (saf olmayan klorlu):** Hazır klor oranı $\% 25 -\% 35$ 'dir. Tozdur, $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ve ışıktan 14 gün bekletildiğinde içindeki aktif klorun $\% 7$ 'sini kaybettiği, ışıktan korunduğunda $\% 3$ kayıp olduğu tespit edilmiştir.
- **HTH (high-test-hypo) kalsiyum hipoklorit:** Hazır klor oranı $\% 70$ olan beyaz granül bir tozdur. $\% 1 - 3$ klor solüsyonu hâlinde kullanılır.
- **Kalsiyum oksaklorür:** Hazır klor oranı $\% 56$ 'dır.
- **Klor gazı:** Hazır klor oranı $\% 100$ 'dür.
- **Hipoklorit asit (HOCl):** Hazır - klor oranı $\% 135,5$ 'tir.
- **Sodyum hipoklorit (NaOCI):** Hazır klor oranı $\% 95,4$ 'tür.
- **Klor dioksit (ClO2):** Hazır klor oranı $\% 263$ 'tür.

1.8. Suyun Klorlanması

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 bakterisit etki olmalıdır.

Ancak aynı bölgede yüzeyel su kaynakları kullanılıyorsa seçilecek dezenfektanın bakterisit 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.

Suya verilecek klor miktarı suda bulunan organik, anorganik, indirgen maddelerin, mikroorganizmaların miktarına bağlı olmakla beraber yine de ppm (milyonda kısım, mg/litre) derecesindedir. Suya verilecek klor miktarı 1mg/litreden 4-5 mg/litreye kadar değişirse de bu miktar, 20-30- dakikalık bir temas süresinden sonra 0.3-0.5mg/litre (ppm) (ideal normal değerler) artık klor kalacak şekilde saptanır. Sudaki klor komparatör ile tespit edilir.

Suya verilecek klor miktarı, suda bulunan ve klorla yükseltgenebilen ve klor absorbe edebilen (Fe²⁺, Mn²⁺, sülfür, nitrit ve organik bileşikler vb.) maddelere tabidir. Mikroorganizmaları öldürmek için bir litre suda 0,1-0,3 mg klorun olması yeterlidir. Klor yarım saatte mikroorganizmaları öldürür. Bulanık sular klorla dezenfekte edilemez. Kullanma sularının patojen mikroplarını yok edebilmek için yeterli miktarda klor suya katılmalıdır. Fakat suyun lezzetini ve kokusunu bozacak kadar olmamalıdır. Eğer fazla klor varsa suyun havalandırılması ile bu fazlalık yok edilebilir. Eğer klorun kokusu bu yolla da gitmiyorsa aktif kömürden geçirilmekle veya uygun miktarda tiyosulfat tuzu ilave etmekle giderilebilir.

Kireç kaymağı suya ilave edildiği zaman ortamda Ca²⁺, OH⁻, Cl⁻ ve ClO⁻ iyonları meydana gelir. Bu iyonlardan etkili olan ClO⁻ (hipoklorit)dir. Hipoklorit çeşitli reaksiyonlar sonucu serbest klor (Cl₂) ve oksijen (O₂) meydana getirir ki, bunlar dezenfektan maddelerdir.

Kireç kaymağı, 1 litre suya 2,5 çorba kaşığı (40 gr) kireç kaymağı konur. Karıştırılır. 30 dakika bekletilir. Üsteki berrak kısım alınır. Bu 'ana eriyik'tir. Bir şişeye alınır ve ışıktan korunarak iki hafta süreyle bozulmadan kullanılabilir.

Suyu klorlamak için bu 'ana eriyik'ten bir litre suya üç damla, bir teneke (18 litre) suya 54 damla (iri bir çay kaşığı dolusu) ilave edilir. Su 30 dakika bekletildikten sonra içilebilir. Eğer su berrak veya renkli ise (çok açık çay gibi) veya belirli bir kükürt kokusu taşıyorsa bu doz iki misline çıkarılır. Bu eriyikteki klor suyun içindeki mikropları öldürür. İnsan sağlığına hiçbir şekilde zararı dokunmaz.

Takriben % 1'lik klor eriyiği elde etmek için 1 litre suya aşağıdaki miktarlarda hipoklorit ilavesi yapılır.

- | | | |
|---|---|----------------|
| ➤ | % 25'lik kalsiyum hipokloritten | 40 gram |
| ➤ | % 50 " " " | 20 " |
| ➤ | % 70 " (HTH) hipokloritten | 14,3 - 15 gram |
| ➤ | % 12 – 15'lik sıvı sodyum hipokloritten | 250 mL |

Yukarıda hazırlanan solüsyonlardan 1 litre suya 3 damla, 1 teneke suya (18 litre) 54 damla ilave edilir. 30 dakika beklenir ve içilir. Kloru hassas kişiler için klor kokusunu gidermek amacıyla bu süre sonunda 1 tablet kristal sodyum tiyosülfat atılıp karıştırılır. Halazon veya chlor-dechlor veya hydrochlorzone tabletler: 1 litre suya 1 tablet veya şüpheli sulara 2 tablet atılarak karıştırılır, 30 dakika sonra içilir.

Klorlu kireç (kireç kaymağı); 1 litre suya 1 çay kaşığı karıştırılarak bir eriyik meydana getirilir. İyice karıştırılır, 1 saat bekletilir. Bu solüsyondan 2 litre suya 1 çay kaşığı ilave edilir ve 30 dakika bekletilir, sonra içilir.

Herhangi bir kuyu klorlanacağı zaman suyun çeşitli özellikleri bilinmelidir. Ancak böyle bir olanak yoksa aşağıdaki tabloya göre klor solüsyonu hazırlanarak kullanılmalıdır. Artık klorun normal değeri 0,2 - 0,5 ppm'dir. Artık klor belirli bir temas süresi sonunda, sudaki organik maddeler ve mikroorganizma için gerekli klor ihtiyacı çıktıktan sonraki klor miktarıdır.

Çeşitli sulara verilecek takribi başlangıç dozları:

Suyun kalitesi	Başlangıç olarak verilecek asgari Cl dozu
Bakterisi az, iyi cins	1,00 mg / litre
Diğer kuyu suları	1,50 "
Çıkışı bulunmayan memba suları	1,25 "
Filtre edilmiş sular	1,25 "
Baraj suları	2,50 "
Kirli sath suları	3,00 "

Tablo 1.4: Sulara verilecek takribi başlangıç klor dozları

1.8.1. Klor Dozajı Hesapları

Toz hâlindeki klorlu dezenfektanlardan eriyik hazırlanması için önce az suda eritilerek macun yapılır. Sonra suyun geri kalan kısmı ilave edilerek 20 dakika ışısız yerde beklenir ve üstteki sıvı kısım alınarak kullanılır.

$$\text{D X L} \\ \text{Kullanılacak hipoklorit (g)} = \frac{\text{D X L}}{\% \text{ Hipoklorit x } 10}$$

D: Dozaj mg / litre
L: Su litre olarak

Örnek: Litresinde 10 mg klor istenen 100 litrelik bir eriyiğin hazırlanmasını istiyoruz. Kullanılacak hipoklorit % 35 klor içermektedir. Kaç gram alınmalıdır.

$$\frac{10 \times 100}{35 \times 10} = 2,65 \text{ g}$$

Örnek: 100000 litrelik bir suyu dezenfekte etmek istiyoruz. Milyonda 0,3 kısım (0,3 ppm) lık bir dozaj elde etmek istiyoruz. % 25 aktif klor taşıyan kireç kaymağından ne kadar kullanılması lazımdır.

$$\frac{100000 \times 0,3}{1000 \times 0,25} = 120$$

veya aynı miktardaki suyu dezenfekte etmek için % 70'lik aktif klor taşıyan (HTH) tozu kullanılacaksa o zaman,

$$\frac{100000 \times 0,3}{1000 \times 0,70} = 42,8 \text{ gram}$$

Şayet konu bir kuyudaki suyu klorlamaksa yine aynı formül kullanılacaktır. Ancak önce kuyudaki su miktarı bulunmalıdır.

$$\begin{aligned} \text{Kuyudaki su miktarı hacmi} &= \pi r^2 h = v \\ 1000 \text{ litre} &= 1 \text{ m}^3 = 1 \text{ ton} \\ V &= \text{Su hacmi} \\ \pi &= 3,1416 \\ r &= \text{Kuyu ağzı yarı çapı (metre olarak)} \\ h &= \text{Kuyudaki su yüksekliği} \end{aligned}$$

Su miktarı bulunup yukarıdaki formül kullanılır. Bir kuyu ilk kullanılırken kuyuların duvar ve ağızları milyonda 200 kısım, su boruları ise milyonda 50 kısım kireçle önce dezenfekte edilir ve sonra normal dezenfeksiyona geçilir.

1.8.2. Pompalanan Bir Suya Katılacak Klor Dozajı Hesabı

Dakikada 378,5 litrelik bir su akımı için % 1'lik hipoklorit eriyiğinden dakikada 180 damla damlatılarak 0,3 mg / litrelik bir dozaj elde edilmektedir.

Örnek: Küçük bir su tesisi 492,05 litre su basıyor. İstenen klor dozajı 0,3 mg / litredir. % 2'lik bir hipoklorit eriyiği kullanılıyor, dakikada kaç damla damlatan bir cihaz kullanılmalıdır?

% 1'lik için 180 damla ise

% 2'lik için $180 / 2 = 90$ damla damlatılması gerekir.

% 2'lik 378,5 litre için 90 damla ise

% 2'lik 492,05 litre için X "

$$\frac{90 \times 492,05}{20 \text{ damla} = 1 \text{ g} = 1 \text{ mL}} = 117 \text{ damla / dakika} = 5,85 \text{ gr 376,5}$$

Örnek: Kuyu çapı 2 metre, kuyudaki su yüksekliği 2 metredir. Buna göre bu kuyuya ne kadar 2,5 mg / litre dezenfeksiyon dozu elde edilmek üzere klor ilave edilmelidir (% 1'lik solüsyonla).

$$\begin{array}{l} \text{Kuyudaki su hacmi} = 3,14 \times 1 \times 2 = 6,28 \text{ m}^3 \\ 6280 \times 2,5 \\ \hline 1 \times 10 \end{array} = 628 \times 2,5 \text{ gram solüsyon}$$

Örnek: Dakikada 50 litre su akıtan bir kaynak suyunu membaından kaptajında basit damlalıklı sistemle klorlama istiyoruz. Klorla ana mahlulümüz % 1'lidir. Dezenfeksiyon dozunun 2,5 mg / litre olmasını istiyoruz, 1 mL ana mahlulümüz 15 damla geliyor. Bu durumda cihazımızı kaç damla damlatacak şekilde ayarlamamız gerekir?

$$\begin{array}{l} \text{Dakikada akan su miktarı} \times \text{Dezenfeksiyon dozu} \\ \hline \text{Ana ürünün klor \% si} \times 10 \text{ (Sabit sayıdır.)} \end{array} \times 1 \text{ mL'deki damla sayısı}$$

$$\begin{array}{l} 50 \times 2,5 \\ \hline 1 \times 10 \end{array} \times 15 = 187,5 \text{ damla}$$

Dakikada 187,5 damlanın sayılması mümkün olmadığından

$$187,5 / 15 = 12,5 \text{ mL} / 1 \text{ dakika}$$

Cihazımızı dakikada 12,5 mL damlatılacak şekilde ayarlamamız gerekir.

1.8.3. Klor İhtiyacı Artık Klor Tespiti

Suya verilen klorun bir kısmı suyun içerdiği organik maddelerle reaksiyona girerek harcanır. Dezenfektan etki ve organik maddelerle birleşme faaliyetleri aynı zamanda meydana gelir. Fakat organik maddelerin ihtiyacı karşılanmadan, mikrop öldürme etkisinin başlamayacağını kabul etmek emniyetli bir tutumdur.

Klor ihtiyacı devam eden bir reaksiyondur, 10 dakika veya kabul edilen başka bir süre sonundaki klor ihtiyacı sadece hakiki ihtiyaç hakkında takribi bir fikir vermeğe yarar. Sonra bu ihtiyaç uygulanan klor dozu ile artar.

Klor ihtiyacı olmayan suya klor katıldığında artık klor, verilen klora eşittir.

Klor dozu = Klor ihtiyacı + Klor bakiyesi

Klor bakiyesi = Bağlı klor formları + Serbest klor formları

Sulardaki artık klor miktarını tayin etmek, yani bir suyun klorla gerektiği şekilde dezenfekte edilip edilmediğini anlamak için yapılan bir denemedir.

Bunun için;

- Kontrol edilecek sudan 100 mL'lik 10 şişeye doldurulur (Şişeler eşit ve belirli olmalıdır).
- Birinci şişeye 0,5 mL (10 damla) litrede 1 gramlık klor solüsyonundan ilave edilir. İkinci şişeye 1 mL (20 damla), üçüncüye 1,5 mL, dördüncüye 2 mL ve böyle artırılarak devam edilir. Onuncu şişeye 5 mL (100 damla) konulmuş olacaktır.
- Şişeler çalkalanır. 30 dakika bekledikten sonra üzerinde 1 mL ortotolidin solüsyonu ilave edilir. 10 dakika içinde tüplerde oluşan sarı renk suyun klor ihtiyacını meydana getirir.

Hesabı: Şişelerden her birine 100 mL su koyduğumuzu ve ikinci şişesinde sarı renk verdiğini kabul edelim. İkinci şişeye 1 mL(20 damla) klor solüsyonu koymuştuk. Solüsyonun her mililitresinde (1 g) klor bulunduğundan, suyun litredeki klor ihtiyacını orantı ile buluruz.

$$\begin{aligned}1 \text{ mL} / 100 &= X \cdot 1000 \text{ mL (1 litre)} \\100 X &= 1000 \\X &= 10 \text{ mL}\end{aligned}$$

İlave edilecek eriyik miktarı 10 mg / litredir. Ancak bu miktar suyun klor ihtiyacını karşılamak içindir. Bakiye klor elde etmek için daha fazla eriyik konmalıdır. Buna kırılma noktası klorlaması adı verilir.

1.8.4. Artık Klorun Ölçümü

Tüpe numune su konulur. 3 - 5 damla kadar ortotolidin damlatılır. Meydana gelen açık sarıdan kırmızıya kadar olabilecek renk (klor miktarına göre) komparatörde yerine konulur ve mevcut renklerle karşılaştırılarak artık klor tespit edilir.

Damlatılacak ortotolidin miktarı numunedeki artık klorun hepsini kullanacak miktardan biraz fazla koymak suretiyle klor tespiti yapılır. Ortotolidini çok fazla koymak, suyun rengine tesir etmediğinden bir zarar vermez, fakat bir faydası da yoktur.

1.9. Klor Zehirlenmesi

Klor oda sıcaklığında ve normal atmosferik basınçta kolayca gaz hâline geçebildiğinden üst ve alt solunum yollarında akut hasara neden olarak zehirlenmeye neden olabilir. Üst ve alt solunum yollarını etkileyebilmesinin temel nedeni, suda orta derecede çözünebilme 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 hidroklorik ve hipokloröz asitlerin etkisi vardır.

Organizmayı etkileyen başlıca faktörler; ortamdaki klor gazı konsantrasyonu, etkilenme süresi, maruz kalan dokunun su içeriği ve bireysel duyarlılıktır.

Klora maruz kalma durumunda, gözde kızarma, solunum sisteminde şikâyetler ortaya çıkar. Meydana gelen lokal ödem solunum yollarında ciddi sorunlara neden olabilir. Beden dokularında oksijen oranının azalmasına bağlı olarak dakikalar veya saatler içinde gelişebilir ve ölümcül olabilir.

1.10. Dezenfeksiyon Yan Ürünleri

Klor ve kloraminler sudaki bazı organik maddelerle etkileşerek dezenfeksiyon yan ürünleri oluşumuna neden olur. Suda bulunabilen birçok trihalometan arasında miktar olarak en çok bulunanı kloroformdur. Yapılan araştırmalar yüksek dozda trihalometanlara maruz kalan hayvanlarda kanser oluşabileceğini göstermiş, ancak sularda bulunmasına izin verilen miktarlarda kanser oluşumu gösterilememiştir.

Dezenfeksiyon yan ürünlerinin oluşumu, koagülasyon, adsorpsiyon, membran filtre kullanımı ile engellenebilir.

Eğer suda halometanlar meydana gelmiş ise bu bileşiklerin sudan tamamen uzaklaştırılması mümkün olamamaktadır. Ancak, havalandırma, aktif karbon ilavesi, normal arıtma ile miktarı düşürülür.

1.11. Katadin Yöntemi

Parlak bakır ve gümüş kaplarda yosun tutmadığı ve bu gibi kaplarda damıtılan sularda mikrop üremediği gözlenmiştir. Metallerin bu etkisine oligodinamik etki denir. Bu etkinin hücreler tarafından adsorbe edilene az miktarda metal iyonlarından ileri geldiği kanıtlanmıştır.

1.12. Elektro Katadin Metodu

Bu yöntemde dezenfekte edilecek olan su, gümüş elektrotlar ihtiva eden kaplara gönderilir. Bu esnada elektrotlardan 1,6 voltluk doğru akım geçirilir. Polarizasyonu önlemek için akım yönü zaman zaman değiştirilir. Enerji ve gümüş sarfiyatı azalır. Suyun niteliği tesisin verimine etki eder. Nakliye yönünden uygundur ve pH değerinin büyük olması istenir. Gerilim akım şiddeti ve suyun akış hızını değiştirerek gümüş iyonlarını ayarlamak mümkündür. Hafif bulanık sularda bu yöntem ile iyi sonuç alınır.

Bu yöntemde elektrik akımı 2 voltluk bir aküyle temin edilir. Uygulaması kolay olduğundan sağlık tesisleri, maden suları tesisleri, gıda sanayi (bira, süt, tereyağı imalathaneleri vb.) ve yüzme havuzlarında kullanılır.

1.13. Diğer Dezenfektanlar

Potasyum permanganat, iyot, brom gibi dezenfektan yaygın olamamakla beraber, su dezenfeksiyonunda kullanılmaktadır.

Potasyum permanganat, sulu çözültide kullanılan zayıf bir dezenfektan tuz olup içme suyu dezenfeksiyonunda pek fazla kullanılmaz. Daha ziyade mangan giderilmesi amacıyla kullanılır. Potasyum permanganatın çoğu kuru toz olarak depolanır. Az bir kısmı ise çözelti olarak depolanır. Konvansiyonel bir dozlama pompası ile akım hâlindeki suya katılır.

Doğuş hâlinde bulunan iyodun yüksek bakterisit etkisinden yararlanır. Berrak sularda ve sıcak memleketlerde kullanılır. Suyun litresine 15 mg sodyum iyodat ve 100 mg potasyum iyodür ile iyodun açığa çıkmasını sağlamak için 100 mg tartarik asit ilave edilerek 20 dakika dezenfeksiyonunun olabildiği için beklenir. Sonra fazla iyot 110 mg sodyum hiposülfid ile nötrale edilir.

Bu uygulamada iyot, çinko, sac ve tahta kaplara tesir ettiğinden böyle kaplarda yapılmaz. Cam veya emaye kaplar tercih edilir. Daha pratik bir yöntem de ise bir litre suya 20 damla tentürdiyot yahut esmer rhum (koyu altın sarısı) rengine kadar 1/200'lük lugol ilave edilir ve 20 dakika beklendikten sonra sodyum hiposülfitle rengi giderilir.

Brom, olağan sıcaklıkta sıvı hâlde bulunan halojen bir elementtir. Yüzme havuzlarının dezenfeksiyonu için kullanılabilir.

1.14. Mikro ve Ultra Filtrasyon ile Dezenfeksiyon

Bu tür filtreler kullanım amacına göre seçilmiş sık gözenekten oluşan filtrelerdir. Bunlarla yapılacak dezenfeksiyonun prensibi, filtre gözenekleri tutulması gerekli mikroorganizmalardan daha küçük olduğu için bunların yüzeyde tutulmasıdır. Böylece filtreden çıkan su kirliliğini bırakarak çıkmış olacaktır. Hemen akla gelen avantajı, suya herhangi bir katkı maddesi vermemesi, artık madde bırakmaması, istenmeyen oksidatif maddeleri üretmemiş olması, bazı sporlu mikroorganizmalar gibi dezenfektanlara mukavemet edebilen organizmaların geçebilecekleri kadar büyük gözenek bulunmadığından kesin olarak tutulabilmeleridir.

Dezavantajı ise ilk olarak çoğunun tuttıkları parçacıklardan dolayı tıkanınca atılacak olmasından dolayı pahalı olmasıdır. Ayrıca suda dezenfeksiyonla aynı anda oksidasyona da ihtiyaç varsa (örneğin suda demir, mangan gibi 2 değerlikli çözülmüş maddeler) bu mümkün olmayacaktır.

1.15. Kuyuların Klorlanması



Resim 1.11: Adi- çıkırlık kuyu görüntüsü



Resim 1.12: Keson kuyu görüntüsü

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.

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

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

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

V: Su hacmi

π : 3.1416

r: Kuyu ağzının yarı çapı (metre olarak)

h: Kuyudaki suyun yüksekliği

Klor dozu hesaplaması:

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

D: Dozaj mg/L

L: Litre olarak sudur.

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?

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

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

Örnek 2: Dakikada 50 litre su akıtan bir kaynak suyu, kaptajda ve basit bir damlalıklı sistemle klorlamak istenmektedir (ana solüsyon %1'lidir). 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 = 1 gr = 1 cc

$$\begin{aligned} & \text{Dakikadaki debi x dezenfeksiyon dozu} \\ & \text{----- x 1 ml'deki damla sayısı} \\ & \text{Ana sol. klor \% 'si x 10 (sabit sayı)} \\ & [(50 \times 2.5) / (1 \times 10)] \times 15 = 187.5 \text{ damla} = 12.5 \text{ ml} \end{aligned}$$

Kuyular kullanılmadan önce kireç kaymağı ile dezenfekte edilmelidir. 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 eriyiğı 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 hâliyle 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 gelmesini 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 kirliliğı ortadan kaldırma çabalarından daha pratik ve uygundur.

1.16. Arazi Şartlarında Bireysel Klormlama

İçme ve kullanma suları dezenfeksiyonunda kullanılan klorun en önemli avantajlarından biri de su miktarından bağımsız olarak uygulanabilir olmasıdır. Bu nedenle 10 milyon kişinin yaşadığı bir şehrin içme suyu klorlanabileceğı 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 klormlama denir. Aşağıda arazi şartlarında bireysel klormlamanın nasıl yapılabileceğı açıklanmıştır.

1.16.1. Stok Klor Çözeltisinin Hazırlanması

- **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.
- **Sıvı klor (çamaşır suyu) kullanarak:** Piyasada satışı 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.

Piyasadaki çamaşır suyu (javel suyu) % 5 sodyum hipoklorit içerirse 1 litresinde 50 mg klor vardır. Dolayısıyla 50 litre suya 1 ml (1 cc, 1 cm³) konursa 1 ppm klor düzeyi beklenebilir. Sudaki organik madde miktarı bilinmediğinden, ne miktarda bağlanma olacağı, ne denlisinin serbest kalacağı kestirilemez.

Pratik olarak 100 litre suya 1 cc (=20 damla) konursa maksimum (hiç bağlanmadan) 0,5 ppm kalıcı klor beklenir. Kabaca yarısı bağlansa yarısı da serbest kalabilir. 0,25 ppm serbest klor düzeyi pratik olarak etkin bir dezenfeksiyon ve korunma sağlar.

Su berrak değilse birkaç katlık tülbent ya da gazlı bezden süzülmalıdır. Komparatör cihazı ile sudaki kalıcı klor ölçülmelidir.

1.16.2. Klor Tabletleri Kullanarak Yapılan Klorlama İşlemi

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

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.

- Klortab 9000 tabletleri, içme suyu dezenfeksiyonu için 9000 litre suya (9 ton) 1 tablet atılır.
- Klortab 20 tabletleri, içme suyu dezenfeksiyonu için 20 litre suya 1 tablet atılır.
- Klortab 5 tabletleri, içme suyu dezenfeksiyonu için 5 litre suya 1 tablet atılır.

Hedeflenen; olağan koşullarda içme suyunda 0.3 – 0.5 ppm (mg/litre, ppm: milyonda kısım anlamına gelen (parts per million)) kalıcı (serbest, bakiye, artık, rezidüel) klor düzeyi sağlamaktır. Klorla su dezenfeksiyonu yapan gelişmiş ülkelerde, kaynakta dezenfeksiyonla sudaki organik maddeler bağlanarak kimyasal dezenfeksiyon sağlandıktan sonra “tam güvenli şebeke”ye verilecek sudan, tüketiciye ulaşana dek yolda olabilecek olası (potansiyel) kirlenme beklenmediğinden serbest klor geri alınmaktadır.

Arazi şartlarında uzun süre çalışan personelde doğal su kaynaklarının içme suyu olarak kullanılmasına bağlı olarak çeşitli mikrobik hastalıklar gelişebilmekte ve bazen bu hastalıklar ölümle sonuçlanabilmektedir. Bu nedenle bu tür birimlerde görevli personel bireysel klorlama yöntemleri hakkında eğitilmeli ve 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 düzenli takip edilmelidir.

1.16.3. Klorlama İşlemi

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

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 beklendikten sonra yıkama işlemi yapılır.

Yukarıda belirtilen 30 dakikalık bekleme süresi (temas süresi) olarak bilinir ve klorun sudaki mikropları ve diğer minik canlıları öldürebilmesi veya etkisiz hâle getirebilmesi için şarttır.

1.16.4. Su Dezenfeksiyonu Sağlama



Resim 1.13: Klor tabletleri ve suya karışması

Gerekli malzemeler:

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

Basamaklar:

- Suyun temiz bir kap ya da depo içinde olduğundan emin olunuz.
- Suyun rengine göre suya atılacak klor miktarını belirleyiniz.
- Klor tabletlerini uygun sayıda suya atınız.
- Klorlama sonrası tabletlerin bulunduğu şişeyi kapatınız.
- Klorlanan suyu kullanmadan önce 30 dk. bekleyiniz.
- Klor tableti (mg)*: 1 adet (4 mg) su miktarı 1 litre
- Klor tableti (mg)*: 1 adet (160 mg) su miktarı 40 litre su bulanık ise tablet miktarı iki katına çıkarılır.

1.16.5. Sudaki Klor Düzeyinin Ölçülmesi

Gerekli malzemeler:

Klor ölçüm cihazı (komperatör), ortotoluidin solüsyonu, su

Basamaklar

- Komperatör tüpünün temizliğini kontrol ediniz.
- Tüpün üstten 1 cm boşluk kalıncaya kadar su ile doldurunuz.
- Tüpteki suya 3 damla ortotoluidin solüsyonu damlatınız.
- Tüpün ağzını parmakla kapatılarak 5-6 kez çalkalayınız.
- Tüpü komperatörün yuvasına yerleştiriniz.
- Tüpteki suyun rengini komperatör diskindeki renk skalasında bulunuz.
- Diskin sol tarafında, su örneğindeki klor miktarını ppm* cinsinden gösteren rakamı okuyunuz.
- Tüpteki suyu lavaboya dökünüz.
- Tüpü akarsu ile yıkayıp, kurumaya bırakınız.
- Malzemeyi kutuya yerleştirip kaldırınız.



UYGULAMA FAALİYETİ

Kuyuların klorlanmasını mevzuat doğrultusunda yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Kuyu mahalline gidiniz.	➤ Kuyu tipini ve kirlenme risklerini değerlendirmeyi unutmayınız. ➤ Kuyudan su alma yöntemlerini tespit ediniz.
➤ Kuyu suyunu duyuşal olarak inceleyiniz.	➤ Kuyudan su alarak renk, tat, koku olarak değerlendiriniz.
➤ Kuyu sularını fiziksel özelliklerini inceleyiniz.	➤ Suyun sıcaklığını ölçünüz.
➤ Kuyu suyundan numune alınız.	➤ Kuyu sularından tekniğine uygun olarak bakteriyolojik ve kimyasal su örneği alınız. ➤ Su numune formlarını ve etiketlerini eksiksiz doldurunuz.
➤ Su numunesini laboratuvara gönderiniz.	➤ Numuneleri üst yazı ile mevzuatta belirtilen sürede laboratuvara gönderiniz. ➤ Bakteriyolojik numuneyi uygun sıcaklıkta muhafaza ediniz.
➤ Analiz sonuçlarını değerlendirerek ilgili kurumlara gönderiniz.	➤ E:Coli üreyip üremediğini ve ne kadar kirli olduğuna dikkat ediniz.
➤ Kuyunun dezenfeksiyonunu sağlayınız.	➤ Kuyu için uygun dezenfektanı ve dezenfekte yöntemini seçiniz.
➤ Kuyu suyunun klor seviyesini kontrol ediniz.	➤ Sulardaki serbest klor miktarını komparatör cihazı ile ölçünüz. ➤ Okuduğunuz değeri kıyaslayınız.
➤ Kuyu suyunun klor ihtiyacını tespit ediniz.	➤ Klor ihtiyacı olmayan suya klor katıldığında artık klorun, verilen klora eşit olduğunu unutmayınız. ➤ $\text{Klor dozu} = \text{Klor ihtiyacı} + \text{Klor bakiyesidir. Bunu unutmayınız.}$ ➤ $\text{Klor bakiyesi} = \text{Bağlı klor formları} + \text{Serbest klor formları}$ olduğunu unutmayınız. ➤ Kuyunun hacmini ve klor ihtiyacını hesaplayınız.

<p>➤ Kloru suya karıştırınız.</p>	<p>➤ Uygun solüsyonu ve uygulama ekipmanı hazırlayınız.</p> <p>➤ Dezenfektanı suyla karıştırınız.</p> <p>➤ 30 dakika temas süresi bırakmayı unutmayınız.</p> <p>➤ Klorlama sonunda serbest klor ölçümünü yapmayı unutmayınız.</p>
-----------------------------------	---

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi suya hiçbir kimyasal veya oksidant ilave etmeksizin mikroorganizmaların dezenfeksiyonunu sağlar?
A) Klorlama
B) Ozonlama
C) Ultraviyole ile dezenfeksiyon
D) Katadin metodu uygulama
E) Potasyum permanganat
2. Aşağıdakilerden hangisi UV ışınları ile dezenfeksiyonun avantajlarından biri değildir?
A) Suda insan ve çevre sağlığına zararlı yan ürünler oluşturmaz.
B) Etkili ve güvenilir bir dezenfeksiyonu sağlar.
C) Suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişikliğe yol açmaz.
D) Kolay ve esnek işletme imkânı tanır.
E) Düşük nüfuz etme gücü vardır.
3. Aşağıdakilerden hangisi Kaynak Suyu Yönetmeliği'nde suların dezenfeksiyonunda uygun dezenfeksiyon yöntemi olarak yer alır?
A) Kaynatma
B) Ultraviyole ile dezenfeksiyon
C) Klorlama
D) Ozonlama
E) Kloraminlerin uygulanması
4. Aşağıdakilerden hangisi klor gazı ve klor bileşikleriyle su dezenfeksiyonu yapılmasının dezavantajlarından biri değildir?
A) Klor gazı çok zehirli ve tahriş edici bir gazdır.
B) Meydana gelen kloramin bileşikleri nedeniyle dezenfeksiyon işleminin devam etmesidir.
C) Fazla kullanılması hâlinde suyun lezzet ve kokusunu bozar.
D) Klor (Cl_2) ile dezenfekte sonucu fenolik maddeler meydana gelmiş ise suyu çok kötü tatlandırır.
E) İçme sularının klor ile dezenfeksiyonunda klorlu hidrokarbon bileşikleri (haloformlar) meydana gelir.
5. Aşağıdakilerden hangisi klor gazı ve klor bileşikleriyle su dezenfeksiyonu yapılmasının sebeplerinden biri değildir?
A) Primer dezenfektandır.
B) Kimyaca saf olarak elde edilir.
C) Uygulama kolaylığı vardır.
D) Dezenfeksiyon işlemi için gerekli tesis basittir.
E) Depolama ve nakliyesinin kolaylığı vardır.

6. Klor dezenfeksiyon etkisinin yanı sıra suda bulunabilen organik ve inorganik maddelerle (indirgenmiş metaller, sülfidler, brom iyonları, organik ve inorganik nitrojenli bileşikler gibi) reaksiyona girerek onları okside eder. Aşağıdakilerden hangisi bu oksidasyon işlemi sırasında tüketilen ve mikroorganizmaları etkisiz hâle getirmek için gereken klor miktarının toplamını ifade eder?
- A) Arslan payı
 - B) Hazır klor
 - C) Rezidüel klora
 - D) Kloraminasyon
 - E) Klor ihtiyacı
7. Aşağıdakilerden hangisi soğukta Ca(OH)_2 (sönmüş kireç) çözeltisinden klor gazı geçirilerek elde edilen katı ve beyaz, genelde küçük kapasiteli su arıtma tesislerinde kullanılan bir klor formudur?
- A) Kloraminler
 - B) Klordioksit
 - C) Kalsiyum hipoklorit
 - D) Sodyum hipoklorit
 - E) Potasyum permanganat

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız ve doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevapladığınız sorularla ilgili öğrenme faaliyetlerini tekrarlayınız.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Gerekli mevzuat doğrultusunda su depolarının dezenfeksiyonu yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Bulduğumuz bölgede içme ve kullanma suları nasıl dezenfekte ediliyor? Araştırınız.
- Şehir şebeke sularının dezenfeksiyonunda hangi araç ve gereçler kullanılıyor? Araştırınız.
- Konuyla ilgili olarak internetten aldığınız, çeşitli fotoğraf ve dokümanlar ile dosya oluşturarak arkadaşlarınızla paylaşınız.

2. SU DEPOLARININ DEZENFEKSİYONU

Su kaynaklarının korunması, uygun bir şekilde arıtılması, yenilenmiş şebeke dağıtım hatları ve sağlıklı bir şekilde depolanması ile mümkün olabilmektedir. Aynı zamanda bu depoların düzenli olarak dezenfekte edilmesi gerekir.

2.1. Su Deposu Kullanımı ve Gerekliliği

Nüfusun hızla arttığı modern kentleşme sürecinde ve dağınık yerleşimin sürdürüldüğü kırsal alanlarda içme ve kullanma suyu temini önemli bir sorundur. Gerek yerel yönetimler gerekse şahıslar su ihtiyacını kesintisiz olarak sağlamak için çeşitli boyut ve niteliklerde su depoları kullanarak su sorununu çözmüşlerdir. Bu depolar şehir şebeke suyunun uygun arıtmalardan geçirilip bekletildiği çok büyük tonajlı olabileceği gibi kamu kurum-kuruluşlarında, endüstriyel-ticari alanda ve insan hayatının idame edildiği konut ve binalarda kullanılan büyüklü küçüklü binlerce farklı boyutta su depoları kullanılmaktadır.

Su kaynaklarının mevsimsel olarak yetersiz olduğu (yer altı suları, yağış suları ile beslenen göl, havza ve baraj suları) dönemlerde su kesintileri sıkça yaşanabilir. Su teminin sürekli ve istenen miktarda verilmediği şebeke hattının mevcut olmadığı veya su basıncının yetersiz kaldığı bölgelerde su depoları zaruri bir ihtiyaçtır. Suyun depolanması özellikle hastane, okul, ibadethane ve fabrika gibi toplu tüketim alanlarında hayati önem taşımaktadır. Toplu tüketim alanlarında çok kısa süreli su kesintileri dahi sağlık açısından önemli problemleri da beraberinde getirebilir.

Su depolarının dezenfeksiyonunda ve temizlenmesinde amaç;

- Bulaşıcı hastalıkların yayılmasına sebep olan patojenik bakterileri yok etmek,
- İçme sularında kötü koku ve tada neden olan doğal organik maddeleri ve organizmaları uzaklaştırmaktır.

Bulaşıcı hastalıklar için su, en elverişli geçiş vasıtasıdır. Su depolarında uzun bir süre bekletilen şebeke suyunda klor aktivitesini yitirmekte ve mikroorganizmalar için elverişli ortam oluşmaktadır. Su depolarının uzun süre temizlenmemesi ve dezenfekte yapılmaması sonucunda meydana gelen fiziksel, kimyasal ve biyolojik kirlilikler suda; çamurlaşma, dökülme, paslanma, renk, koku ve bakteri oluşumuna neden olmaktadır. Bu durum suyun içilebilirlik ve kullanılabilirlik özelliğini yok etmektedir. Suların dezenfeksiyonunun tam olarak yapılmadığı veya klorlanmadığı sağlık problemlerinin ortaya çıkmasına hatta ölümlere neden olabilir.

2.2. İçme Kullanma Sularının Depolanması

Avrupa Birliği Sürdürülebilir Su Kaynakları Yönetmeliği su çerçeve direktifi suyu ‘Su, herhangi ticari bir ürün değil, aksine korunması, muhafaza edilmesi ve niteliği itibarıyla özel ihtimam gerektiren bir mirastır.’ şeklinde tanımlamaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) dünya toplumunun sağlığını koruma ve geliştirmeye yönelik bütün programlarında suyu yaşam kalitesinin önceliği olarak kabul etmektedir.

Ülkemizde, büyük yatırımlarla kurulan içme suyu arıtma tesislerinden geçirilerek kullanıma sunulan su kalitesi Dünya Sağlık Örgütü standartlarını yakalamıştır. Uygun kalitedeki içme-kullanma suları temiz ve sağlıklı koşullarda depolanmaz ise suyun kalitesi olumsuz yönde değişmekte ve zararlı mikroorganizmalar için ortam oluşturmaktadır.

Sağlıklı ve uygun koşullarda su depolamak için;

- Deponun belirli periyotlarla mutlaka temizlik ve dezenfekte edilmeli,
- Su, depoda uzun bir süre bekletilmeden yani sadece su kesintisi olduğu zaman değil sirkülasyon hâlinde tüketilmeli,
- Depo, suyun özelliklerini bozmayacak nitelikte olmalı veya uygun bir malzeme ile kaplanmalı,
- Depo içinde boru bağlantılarında (kanalizasyon, kalorifer ve su tesisatı) sızıntı olup olmadığının kontrolü yapılmalı,
- Depodan belirli aralıklarla numuneler alınarak analizleri yaptırılmalıdır.

Yerel su kaynaklarının sürekli olarak istenen miktarda su temininde birtakım olumsuzluklarla karşılaşılabilineceği dikkate alınarak su depolarının yeterli ve sağlıklı bir şekilde inşası vazgeçilmezdir. Bazen su depolarında suyun kirlendiği de düşünülmektedir. Sağlıklı su depolama konusunda halk bilinçlendirildiği ve yasal bir çerçeve içinde uzman kişilerce su depolarının kontrolü yapıldığı takdirde bu sorun olmayacaktır.

Depolara kadar sağlıklı bir şekilde getirilen suların sadece depoya alınarak muhafaza edilmesi yeterli değildir. Depodaki suya etki eden faktörler aşağıda sıralanmıştır.

- Suyun niteliği ve sıcaklığı
- Depo niteliği
- Kontrol ve izleme süreci
- Deponun temizlik ve dezenfeksiyonu

2.2.1. Suyun Niteliği ve Sıcaklığı

Suyun depolanması sırasında suyun niteliği ve sıcaklığı önemli bir parametredir. Depodaki suyun kaynağı depolamaya etki eder. Herhangi bir dezenfeksiyon işleminin uygulanmayan suların depoda biriktirilmesi suyun kirlenmesine neden olacaktır. Şöyle ki hiçbir arıtmadan geçirilmemiş kuyu artezyen gibi yer altı sularının depoda bekletilmesi ile oluşabilecek mikrobiyolojik faaliyetler ile şebeke suyunun depolanması esnasında depo içinde oluşabilecek faaliyetler farklıdır. Şebeke suyunda, suyu belirli bir süre muhafaza edecek klor mevcuttur.

Hava sıcaklığı su depolama esnasında dikkat edilecek önemli unsurlar arasındadır. Özellikle yaz aylarında sıcaklığın artması, su içinde mikrobiyolojik faaliyetlerin hızlanmasına neden olmakta ve bakteri oluşumu için ortam oluşturmaktadır. Bu nedenle yaz aylarında su depolarına daha fazla önem gösterilmeli ve suyla bulaşan hastalıkların önlenmesi için suyun kalitesi belirli aralıklarla kontrol edilmelidir.

2.2.2. Depo Niteliği

Suların depolandığı depo niteliği, suyla etkileşimi açısından önemlidir. İçme ve kullanma sularının depolanmasına ilişkin depo niteliğinin taşınması gereken ölçütlerle ilgili yasal bir mevzuat bulunmamasıyla birlikte 17 Şubat 2005 tarih ve 25730 sayılı "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik"te depo niteliği fayans olarak belirtilmiştir. Ayrıca bu yönetmelikte suların niteliklerini değiştirmeyecek paslanmaz çelik vb. maddeler ile yapılmış depoların da kullanılabilmesi belirtilmiştir.

Ülkemizde kullanılan çeşitli depo türleri vardır. Bunlar çelik, galvaniz, paslanmaz, sac, fiber, beton ve fayans depolar olarak sınıflandırılmaktadır. Özellikle sac depolar, ömrü dolmuş galvaniz ve çelik depoların suyun kalitesini olumsuz yönde etkileyip suyu kirlendiği, renk değişikliklerine sebep olduğu bilinmektedir. Bu durum ilk etapta fiziksel kirlilik olarak tespit edilse de (sudaki renk) zamanla insan sağlığını tehdit edici rahatsızlıklara neden olmaktadır. Beton depolarda ise suyun kimyasal yapısı (korrozif, yumuşak, mineralce zengin vb.) depo yüzeyinde etkileşime neden olabilmektedir.





Resim 2.1: Su deposu tipleri (betonarme-ayaklı- çelik ve PVC su depoları)

2.2.3. Su Depolama Esnasında Kontrol ve İzleme Süreci

Depolara temiz bir şekilde gelen şehir şebeke suyunun depoda uzun bir süre bekletilmesi suyu kirleten önemli faktörlerden biridir. Şebeke suyunda mevcut klor belirli bir süre sonra aktivitesini kaybetmekte ve deponun içinde yoğun bir şekilde mikrobiyolojik faaliyetler görülmektedir. Özellikle sudan kaynaklanan şikâyetlerin artması ve sağlık problemlerinin yaşanması durumunda bunlar kontrolü yapılmalı depoların durumu izlenmeli ve yetkili merciler bu konuda gerekli çalışmaları yürütmelidir.

Suyun sağlıklı, kaliteli ve güvenli bir şekilde halka ulaşması için şebeke suyu istenen kaliteyi sağlasa bile belli dönemlerde şebeke hatlarında yapılan bakım onarım çalışmaları sonrasında suya bulaşan kirleticiler de depolar için büyük risk oluşturmaktadır. Depoya şebekeden bulaşmayla gelen kirli su, depoda bekledikçe yoğun bir şekilde mikroorganizma üretmesi görülecek ve suyun kalitesini bozacaktır. Bu nedenle depo kullanımında, suyun sirkülasyon hâlinde tüketilmesi konusunda halk özel olarak bilinçlendirilmelidir.

Su depolarının kontrol altında tutulması için sadece temizlik ve dezenfektasyonun yapılması yeterli değildir. Dezenfekte sonrasında belirli aralıklarla mutlaka suyun niteliği izlenmeli ve numuneler alınarak deponun içme ve kullanma suyu niteliğini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmelidir. Su numuneleri donanımlı laboratuvarlarda uzman kişilerin gözetimi altında analizlenerek rapor hakkında ilgili birimler bilgilendirilmelidir. Laboratuvarda yapılan analizlerde özellikle fiziksel (renk, koku ve tortu), kimyasal ve mikrobiyolojik (toplam koliform bakteri) parametrelerin tayini yapılarak suyun sağlık açısından uygunluğu sağlanmalıdır.

Halka devamlı olarak güvenilir su temin etmek yerel yönetimlerin sorumluluğunda olup denetimleri sağlık teşkilatınca yapılır.

İçme ve kullanma suyu depolarının bakım, onarım, temizlik ve dezenfekte işlemleri için standart ölçütler belirlenmeli, bu standartlar depo içindeki suyun kullanım amacını ve kalitesini koruyabilecek şekilde planlanmış gerekli denetim yolları ile izlenmelidir.

2.2.4. Depoların Temizlik ve Dezenfeksiyonu

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 damıtık/deiyonize suya % 25 aktif klor ihtiva eden 40 gram 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 (stok çözelti) vardır. Toksik ve aynı zamanda koroziftir. 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 konur 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 bulduysak, su numunesinin aslan payı 0.2 ppm'dir. Suya klor ilave ederken son değerini 0.5 ppm olmasını istiyorsak hesaplamaları 0.7 ppm şeklinde yapmamız gerekir.

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 belirlemek gerekir. Örneğin biriminizdeki sularda klor miktarının 0.5 ppm olmasını planlıyorsunuz. 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/litredir).

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

Kullanılacak klor çözeltisi (gram) = (D x L) / % klor çözeltisi x 10 (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.

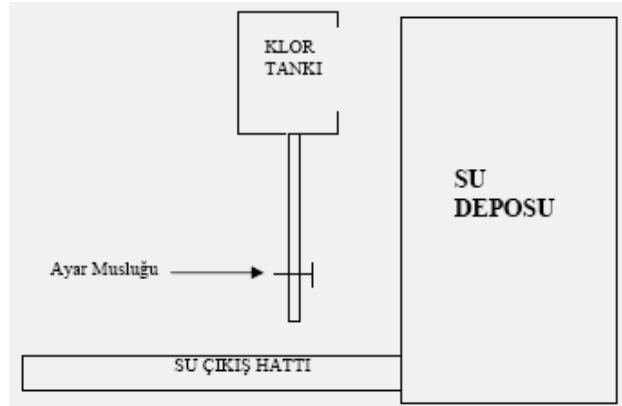
Örnek 1: İçinde 100 ton su bulunan bir depoyu milyonda 0.3 kısım (0.3 ppm) klor olacak şekilde dezenfekte etmek için %25 aktif klor ihtiva eden kireç kaymağından ne kadar kullanmamız gerekir?

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

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 imkânınız bulunmuyorsa aşağıdaki düzenek geçici olarak kullanılabilir:

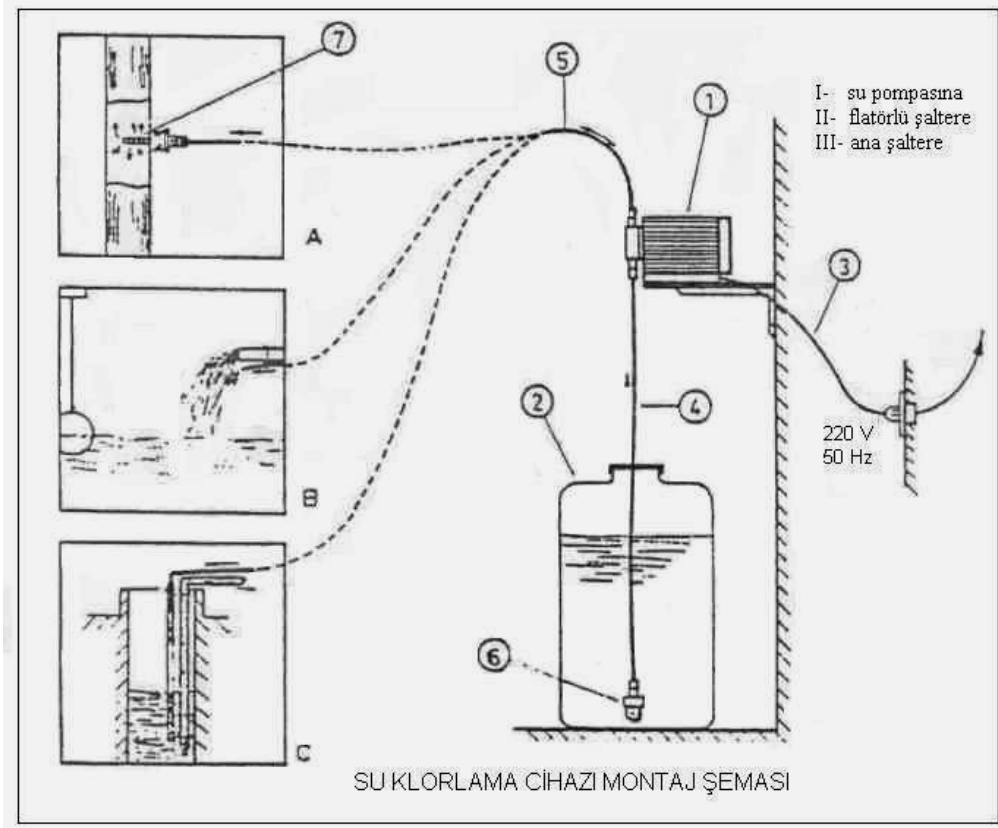


Şekil 2.3: Geçici olarak kullanılacak klorlama düzeni

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.

2.3. Klrlama Cihazlarının Monte Edilmesi

Klrlama cihazları aşağıda belirtilen şekillerde monte edilir.



Şekil 2.1: Su klrlama cihazı montaj Şeması

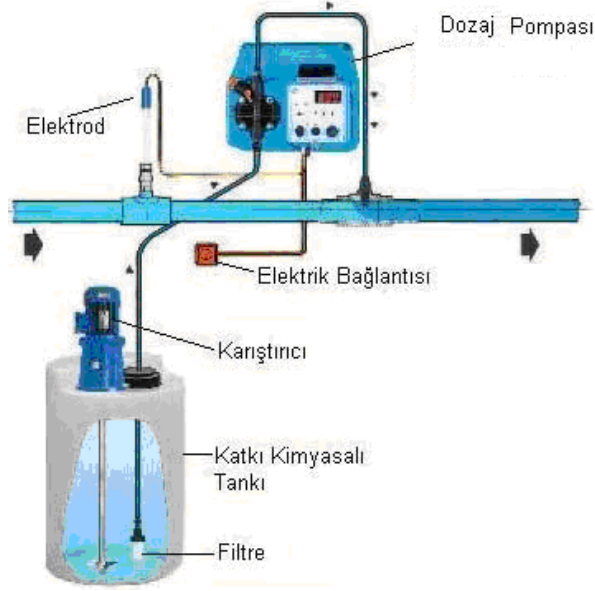
Cihaz Őemada göröldüğü gibi bir rafa monte edilir, elektrik ve dozaj bağlantıları yapılır.

- 1-Su klrlama cihazı
- 2-Sodyum hipoklorit bidonu
- 3-Elektrik kablosu
- 4-Emme hortumu
- 5-Basma (dozaj) hortumu
- 6-Emme takımı
- 7-Dozaj difüzörü

Klor dozaj yeri için aşağıdaki uygun yerlerden biri Őeçilir.

- **Boruda klrlama:** Klor (kalsiyumhipoklorit) boru içinden geçen basınçlı suya enjekte edilir.

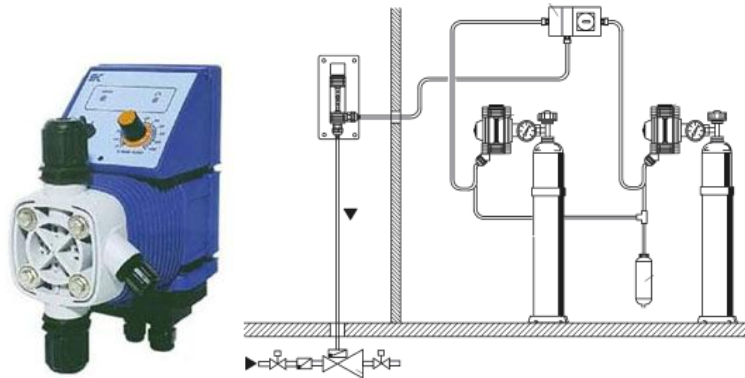
- **Depoda klorlama:** Klorlama, suyun depoya döküldüğü yerde yapılır. Böylece su depoya uygun oranda klorlanarak gelir ve gerekli temas süresini bularak dinlenir. Bu şeklin diğer bir avantajı, klorlama yerinde karşı basınç olmadığından daha küçük cihaz kullanılabilir.
- **Kuyuda klorlama:** Bu şekilde klorlama, su kuyudan çekilirken su borusunun ucunda, klape civarında yapılır ve su şebekeye klorlu olarak basılır.



Şekil 2.2: Su klorlama cihazı montaj

Cihazın elektrik bağlantısı cihaz, su pompasına senkronize edilerek veya su pompasına kumanda eden şaltlere bağlanarak tam otomatik duruma getirilir. Yani klorlama cihazı, su pompası ile aynı zamanda çalışır veya durur. Bu olanak yoksa cihaz doğrudan ana şaltlere bağlanır ve elle kumandalı olarak çalışır.

Standart tip dozajlama sistemlerinde, kimyasal miktarı, pompa üzerindeki elle ile ayarlanmaktadır.



Resim 2.2: Dozajlama pompası (klorlama cihazı) su klorlama cihazı montaj şeması



Resim 2.3: Dozaj pompasının ayarlanması

Klorlama yapılan tesislerde mutlaka otomatik veya elle çalışan serbest klor ölçüm cihazları ve kitleri bulundurulmalıdır.



Resim 2.4: Su depolarında serbest klor ölçümü için tüplerin doldurulması ve komparatör cihazı



Resim 2.5: Su depolarındaki suların klorlanmasında kullanılan klor tüplerinin yatay monte edilmesi

UYGULAMA FAALİYETİ

Su deposu dezenfeksiyonu yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Numune çantasını hazırlayınız.	➤ Depo mahalline gitmeden önce numune çantasını ve içindeki malzemeleri kontrol etmeyi unutmayınız. ➤ Steril edilmiş yeterli sayıda numune şişesini yanınıza alınız.
➤ Depo mahalline gidiniz.	➤ Depo tipini ve kirlenme risklerini değerlendirmeyi unutmayınız. ➤ Kuyudan su alma yöntemlerini tespit ediniz.
➤ Depo suyunu duyuşal olarak inceleyiniz.	➤ Depodan su alarak renk, tat, koku olarak değerlendiriniz.
➤ Depo sularının fiziksel özelliklerini inceleyiniz.	➤ Depodaki suyun sıcaklığını ölçünüz.
➤ Depodan su numunesi alınacak yeri belirleyiniz.	➤ Depodaki suyu temsil edecek su numunesi alınacak noktaları tespit ediniz.
➤ Depo suyundan numune alınız.	➤ Numune kaplarını tekniğine uygun olarak doldurunuz. ➤ Numune şişelerine numara vererek numune kartlarını doldurmayı unutmayınız. ➤ Numuneleri uygun süre ve muhafaza koşullarında laboratuvara göndermeyi unutmayınız.
➤ Su numunesini laboratuvara gönderiniz.	➤ Numuneleri resmi üst yazı ile laboratuvara teslim ediniz.
➤ Analiz sonuçlarını değerlendirerek ilgili kurumlara gönderiniz.	➤ Laboratuvar sonuçlarını dikkatli yorumlayınız.
➤ Deponun temizliğini sağlayınız.	➤ Depoyu ilgili personele temizletiniz.

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Deponun dezenfeksiyonunu sağlayınız. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Depolardaki su için uygun dezenfektan ve dezenfekte yöntemi seçiniz.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Depo suyunun klor ihtiyacını tespit ediniz. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Klor ihtiyacı olmayan suya klor katıldığında artık klor, verilen klora eşittir. ➤ $\text{Klor dozu} = \text{Klor ihtiyacı} + \text{Klor bakiyesi}$ ➤ $\text{Klor bakiyesi} = \text{Bağlı klor formları} + \text{Serbest klor formları}$ ➤ Deponun hacmini ve klor ihtiyacını hesaplayınız. ➤ Depoya giriş ve çıkış su debilerini hesaplayınız.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Depo suyuna dezenfekte etmek için ekipmanı hazırlayınız. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Uygun solüsyonu ve uygulama ekipmanı hazırlayınız. ➤ Otomatik klorlama yapılıyorsa dozajlama pompasını klor ihtiyacına göre ayarlayınız. ➤ Yeterli temas süresi sağlamayı unutmayınız.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Depo suyunun klor seviyesini kontrol ediniz. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sulardaki serbest klor miktarını komparator cihazı ile ölçünüz. ➤ Okuduğunuz değeri kıyaslayınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi sağlıklı ve uygun koşullarda su depolamak için yapılan işlemlerden değildir?
A) Su, depoda uzun bir süre bekletilerek kullanılmalı
B) Su kesintisi olduğu zaman değil sirkülasyon hâlinde tüketilmeli
C) Depo, suyun özelliklerini bozmayacak nitelikte olmalı veya uygun bir malzeme ile kaplanmalı
D) Depo içinde boru bağlantılarında sızıntı olup olmadığının kontrolü yapılmalı
E) Depodan belirli aralıklarla numuneler alınarak analizleri yaptırılmalı
2. Aşağıdakilerden hangisi halka devamlı olarak güvenilir su temin etmek zorundadır?
A) Valilikler
B) Sağlık Bakanlığı
C) Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı
D) Yerel yönetimler
E) Çevre ve Orman Bakanlığı
3. İçinde 50 ton su bulunan bir depoyu milyonda 0.5 kısım (0.5 ppm) klor olacak şekilde dezenfekte etmek için %15 aktif klor ihtiva eden çamaşır suyundan (sodyum hipoklorür) ne kadar kullanmamız gerekir?
A) 120 ml B) 250 ml C) 400 ml D) 500 ml E) 560 ml
4. Hazırlanan klor çözeltisi serin ve güneş görmeyen bir yerde saklandığı takdirde bozunmadan kaç gün aktivitesini korur?
A) 1-2 gün B) 3-4 gün C) 5-7 gün D) 10-15 gün E) Hemen kullanılmalıdır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki klasik soruları cevaplayınız.

1. Suyun güvenle içilebilmesi, hangi organizmaları imha etmek gerekir?
2. Dezenfektanın seçiminde ve kullanımında göz önüne alınması gereken hususlar nelerdir?
3. Klorlamaya ve su dezenfeksiyonuna etki eden faktörler nelerdir?
4. Su deposu kullanılmasının sebebi nedir?

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru kelimeleri yazınız.

5. Bir suyun, içerdiği patojenik mikroorganizmaların elemine edilerek emniyetle içilebilecek hâle getirilmesine suyun adı verilir.
6. Suyun içerdiği bütün canlı organizmaların yok edilmesine (sporlar dâhil) suyun..... denir.
7. Suyu klorlamadan önce amonyak ilave ederek sonuçta monokloramin şeklinde artık klor kalmasının sağlanmasına.....denir.

Aşağıdaki cümlelerde verilen bilgiler doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız.

8. () Normal şartlarda toplumsal kullanıma sunulan sularda rezidüel klor (serbest veya aktif klor) miktarının 0.3 - 0.5 ppm olması yeterlidir.
9. () 40 gram kireç kaymağı (iki silme çorba kaşığı yaklaşık 40 gram kabul edilir) 1 litre suda eritilir. Bu %1'lik stok klor solüsyonudur.
10. () 30 dakikalık bekleme süresi (temas süresi) klorun sudaki mikropları ve diğer minik canlıları öldürebilmesi veya etkisiz hâle getirebilmesi için şart değildir.
11. () Kloraminler suyla temas durumunda bozunurlar.

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

12. Aşağıdakilerden hangisi ozonun kullanım amaçlarından biri değildir?
A) İstenmeyen tat, koku ve rengin giderilmesi
B) Sulardan ağır metallerin giderilmesi
C) Suların dezenfeksiyonu
D) Dezenfektanların yan ürünlerinin giderilmesi
E) Doğal organik maddelerin ozonla oksidasyonları sonucu biyolojik olarak bozunma oranlarının düşmesi

13. Aşağıdakilerden hangisi belirli miktarlardaki klor ve amonyakın sulu ortamda birleştirilmesi ile elde edilen bileşiklerdendir?
A) Kloraminler
B) Klordioksit
C) Kalsiyum hipoklorit
D) Sodyum hipoklorit
E) Potasyum permanganat
14. Aşağıdakilerden hangisi klor gazının özelliklerinden biri değildir?
A) Sarımsı - yeşil bir gazdır.
B) Çok keskin bir kokusu vardır.
C) Havadan 1,5 - 2,5 kez daha ağırdır.
D) Bir sıvıda kolayca yoğunlaşabilir.
E) Kuru olduğu zaman metallerde korozyona neden olur.
15. Aşağıdakilerden hangisi suyun dağıtım sistemine verilmesinden sonra da suda bir miktar klor bulunabilmesi amacıyla yapılan klorlama işlemidir?
A) Rezidüel klorlama
B) Arslan payı
C) Hazır klor
D) Klor ihtiyacı
E) Kloraminasyon
16. 100.000 litrelik bir suyu dezenfekte etmek istiyoruz. Milyonda 0,5 kısım (0,5 ppm) lık bir dozaj elde etmek istiyoruz. % 20 aktif klor taşıyan kireç kaymağından ne kadar kullanılması gerekir?
A) 120 g B) 200 g C) 250 g D) 500g E) 150 g
17. Aşağıdakilerden hangisi dezenfekte edilecek olan suyu, gümüş elektrotlar ihtiva eden kaplara gönderip elektrotlardan 1,6 voltluk doğru akım dezenfekte etme işini ifade eder?
A) Ultraviyole ışınlarından geçirme
B) Elektro katadin metodu
C) Katadin metodu
D) Ozonlama metodu
E) İyot kullanma
18. Aşağıdakilerden hangisi içme ve kullanma sularının denetimlerinden sorumludur?
A) Yerel yönetimler
B) Valilikler
C) Sağlık Bakanlığı
D) Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı
E) Çevre ve Orman Bakanlığı

19. 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 kullanılması gerekir?
A) 80 g B) 120 g C) 150 g D) 180 g E) 220 g

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırmız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ 1'İN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	E
3	D
4	B
5	A
6	A
7	C

ÖĞRENME FAALİYETİ 2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	A
2	D
3	B
4	A

MODÜL DEĞERLENDİRME CEVAP ANAHTARI

1	Bulaşıcı hastalıkların yayılmasına sebep olan patojenik bakterilerdir. Suya renk, koku veren ve suyun estetiğini bozan organizmalar
2	Dezenfektanın cinsi ve dozu Gerekli temas süresi Suyun sıcaklığı ve kimyasal özellikleri (suyun pH değeri, suda çözülmüş olan organik ve inorganik maddelerin cins ve miktarları gibi) Uzaklaştırılacak mikroorganizmaların cins ve özellikleri
3	pH değeri Sıcaklık Temas süresi Dezenfektan konsantrasyonu Organizmaların konsantrasyonu
4	Su teminin sürekli ve istenen miktarda verilmediği şebeke hattının mevcut olmadığı veya su basıncının yetersiz kaldığı bölgelerde su depoları zaruri bir ihtiyaçtır.
5	dezenfeksiyonu
6	sterilizasyonu
7	kloraminasyon
8	Doğru
9	Doğru
10	Yanlış
11	Yanlış
12	E
13	A
14	E
15	E
16	C
17	B
18	C
19	B

ÖNERİLEN KAYNAKLAR

- ÇOBANOĞLU Zakir, Çağatay GÜLER, **Su Kirliliği**, Aydoğdu Ofset, Ankara, 1994.
- ÇOBANOĞLU Zakir, **Su Bilgisi**, Türk Sağlık Eğitim Vakfı Yayınları, Ankara, 2001.
- DİRİCAN Rahmi, **Toplum Hekimliği (Halk Sağlığı) Dersleri**, Hatiboğlu Yayınevi, Ankara, 1990.
- GÜLER Çağatay, Zakir ÇOBANOĞLU, **Kentleşme ve Çevre Sağlığı**, Aydoğdu Ofset, Ankara, 1994.
- GÜLER Çağatay, Recai OĞUR, **21. Yüzyılda Niçin Klorlama**, TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, Ankara, 2004.
- GÜLER Çağatay, **Su Kalitesi**, Aydoğdu Ofset, Ankara, 1997.
- MUSLU Yılmaz, **Su Temini ve Çevre Sağlığı**, Cilt 2, sayfa 715, İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- MUTLUAY Harun, Ahmet DEMİRRAK, **Su Kimyası**, Beta Basın Yayın Dağıtım A.Ş., İstanbul, 1996.
- USLU Orhan, Ayşen TÜRKMAN, **Su Kirliliği ve Kontrolü**, T.C.Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 1987.
- YETİŞ Ülkü, Filiz DİLEK, **Su Kaynaklarında Kirlenme**, Kentsel Hizmetler Dizisi-2, İlksan Matbaası, Ankara, 1997.
- “Çevre Sağlığı Denetimi ve Denetçileri Hakkında Yönetmelik ”, 2002 (<http://www.saglik.gov.tr/SS/MevzuatGoster.aspx>, 29.02.2008)
- “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”, 2004. (<http://www.cevreorman.gov.tr/yasa/y/25687.doc> 29.02.2008)
- www.karabuksaglik.gov.tr/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=49&Itemid=124 - MEVZUAT (SULAR), 30.01.2009

KAYNAKÇA

- “Çevre Denetimi Yönetmeliği ”,2008.
<http://www.cevreorman.gov.tr/yasa/kanun.asp>
- “Çevre Sağlığı Denetimi ve Denetçileri Hakkında Yönetmelik ”, 2002
<http://www.saglik.gov.tr/SS/MevzuatGoster.aspx>, 29.02.2008.
- “Çevre Sağlığı Memurları Yönetmeliği”,3017 Sayılı Kanununun 32. Maddesi
Gereğince Çıkarılan 14.06.1965 Tarihli ve 12075 Sayılı Resmi Gazete.
- “İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların
Kalitesine Dair Yönetmelik” (79/869/AB İle Değişik 75/440/AB)
- “Sağlık Mevzuatı” <http://www.saglik.gov.tr/>
- “Su Hijyeni” <http://homepage.uludag.edu.tr/>
- DİRİCAN Rahmi, **Toplum Hekimliği (Halk sağlığı) Dersleri**, Hatiboğlu
Yayınevi, Ankara, 1990.
- <http://www.bsm.gov.tr/org/sube.asp?sube=11>
- <http://www.mam.gov.tr/enstituler/kce/index.html>
- <http://www.suvakfi.org.tr/egitim.asp>
- <http://www.wwf.org.tr>
- <http://www.yerelnet.org.tr>