

SULARIN KLORLANARAK DEZENFEKSİYONU VE KLORLAMA YÖNTEMLERİ

GENEL AÇIKLAMALAR :

Çağımızın teknolojik gelişmeleri sonucunda ortaya çıkan çevre sorunlarının yanı sıra, insan sağlığının ne denli önemli bir konu olduğu artık tartışılmaz bir husustur.

İngiliz kimyacı Davy tarafından 1810 yılında özellikleri belirtilen Klor elementi (Cl), su ve atık su endüstrisinde çok yönlü olarak kullanılan önemli bir kimyasal maddedir. Klor, gaz halinde iken yeşilimsi sarı renkte ve havadan 1.5-2 misli daha ağırdır. Suda kolaylıkla çözülebilen Klor, sıvı halde iken berrak, kehribar renkli ve sudan 1 – 1.5 misli daha ağırdır. Klor en kullanışlı ve en güçlü oksitleyici bir maddedir.

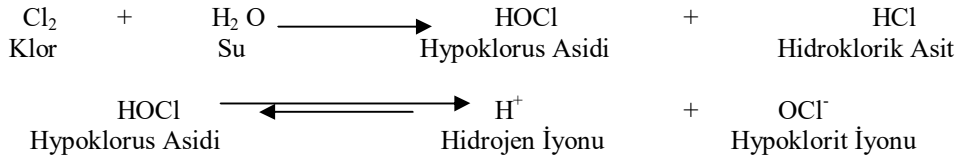
Klor gazı teneffüs edilirse tahriş edicidir. Solunan hava içersinde 3 – 5 mg/lt civarında olursa insana rahavet verirken bu miktar 40 – 60 mg/lt'ye çıkarsa tehlikeli olur.

Endüstride klor gazı genel olarak Sodyum Klorür (NaCl) yani yemek tuzu çözeltisinin özel koşullarda elektrolizinden elde edilir. Klor gazı, 10 atm. basınç altında sıvılaştırılmış olarak özel çelik kaplarla veya sulu çözelti halinde klor bileşikler olarak kullanıma arz edilir. Sıvı klor gazı % 99.8 saf klor (Cl₂) içermesi nedeniyle çözelti halinde klor bileşiklerine göre çok daha ekonomiktir. Klor bileşikler kullanma suyu ve atık su teknolojisinde genellikle sodyum ve kalsiyum hypoklorit bileşikler şeklinde kullanıldığı gibi, klorun amonyakla yaptığı kloramin bileşikler şeklinde, ayrıca klor dioksit ve klor veren klorlu siyanürler halinde de kullanılabilir.

Bir suya klor uygulandığında klorun oksitleyici etkisi sayesinde aşağıda sıralanan neticeler elde edilir :

- 1- Dezenfeksiyon ve mikroptan temizleme,
- 2- Amonyaklı ve azotlu organik maddelerin ortadan kaldırılması,
- 3- Suyun tat ve kokusunun kontrol altına alınması,
- 4- Hidrojen sülfürün(çürük yumurta kokusu verir) oksidasyon ile giderilmesi,
- 5- Demir ve Manganın oksitlenmesi,
- 6- Organik maddelerin imha edilmesi,
- 7- Suyun renginin açılması,
- 8- Yosun ve jelleşmenin kontrolü
- 9- Demir sarısı mangan ve sülfata bağlı bakterilerin kontrol altına alınması.

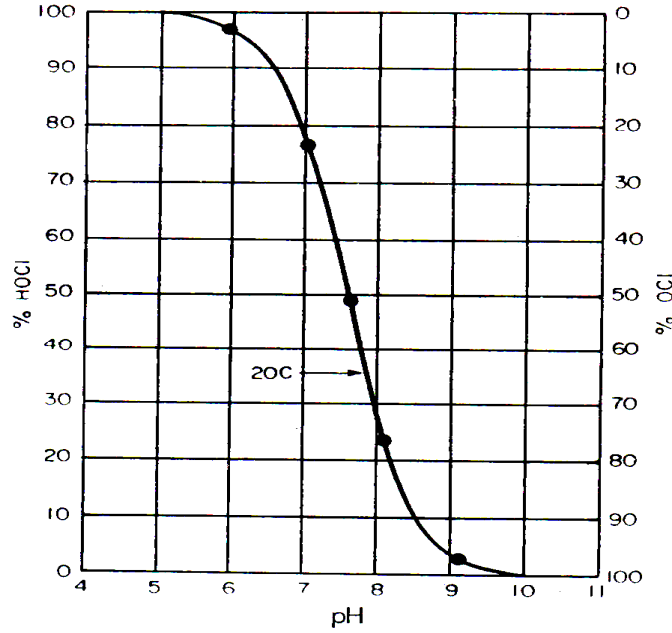
Kimyasal yönden saf olan bir su içersine klor (Cl₂) dozajlandığı zaman klor suyla reaksiyona girerek Hypoklorus Asidi (HOCl) ve Hidroklorik Asit (HCl) şeklinde hidrolize olur.



Suyun pH'sı 3.0'ün ve klor konsantrasyonu 1000 ppm'in üzerinde iken birinci reaksiyon geri dönüşmeyecek şekilde hemen oluşurken, bu durum klor kullanım amacı için en uygun bir ortamdır. İkinci reaksiyonda zayıf asit olan hypoklorus asidi, hypoklorit (OCl⁻) ve hidrojen (H⁺) iyonları şeklinde ayrılmakta olup, bu durum pH ve sıcaklık koşullarına bağlı olarak dengeli ve çok hızlı bir şekilde geri dönüşebilir. Şekil 1'de pH'a bağlı olarak hypoklorus asit konsantrasyonu değişikliği gözükmektedir. İstenildiği zaman pH düşürülerek hypoklorus asidi oranı yükseltilebilir. Zira suda birinci oksitleme ajanı hypoklorus asidi olup, hypoklorit iyonlarından çok daha etkilidir. Her ikisinin de sudaki varlığı serbest klor fazlasının tayini yapılarak kontrol edilir. Çünkü klorun zehirleme ve oksitleme etkisi başka bir yöntemle ölçülerek tayin edilemez. Suyun pH'sı düştüğü

zaman klorun kimyasal aktivitesi artarken, sıcaklık yükseldiğinde de çok hızlı bir şekilde reaksiyona girer. Klorun sülfür, sülfid ve nitrit gibi organik indirgenme maddeleri ile oksitleme reaksiyonları çok hızlı olur. Pek çok erimiş organik maddelerle de çok hızlı reaksiyona girmesine rağmen, bazı organiklerle reaksiyona girmesi saatler alabilir.

Klor gereksiniminin kontrolü klorun suya katılmasından sonra uygulamanın özelliğine göre geçen belli bir temas süresinin tamamlanmasını müteakip serbest kalan klor miktarının tayini ile yapılır. Serbest klor tabiri yerine ülkemizde genellikle aktif klor değimi kullanılmaktadır. Klorlama yöntemlerinden birisi olan kırılma noktası klorlaması ise şöyle açıklanabilir. Suyu gereken klorun verilerek suyun klorla doyurulmasını müteakiben klor vermeye devan ederek suyun içersinde öyle bir noktaya erişilir ki bu noktadan sonra doze edilen klor kadar su da serbest klor artışı olur. Yeterli miktarda klorlanmış bir suda serbest ve bağlı olan klor miktarı sudaki klor fazlasını belirler. Serbest klor fazlası suların klorlanmasında özellikle uygulanan alışılmış bir yöntemdir. Serbest klor fazlası



Şk-1: Hypokloröz asit konsantrasyonunun pH değerine göre değişimi

veya klor fazlası (aktif klor) demek suyun içersinde hypoklorus asidi ve hypoklorit iyonunun varlığı demektir.

Bağlı klor fazlalığı, suda doğal olarak bulunan veya bazı sakıncalı oluşumları önlemek için sonradan ilave edilen amonyak iyonunun varlığı ile sağlanabilir. Klorlanan bir suda, bağlı klor fazlalığının oluşması amonyak ve diğer azot bileşiklerinin klorla kimyasal kombinasyonlar (kloraminler) oluşturması neticesinde elde edilir.

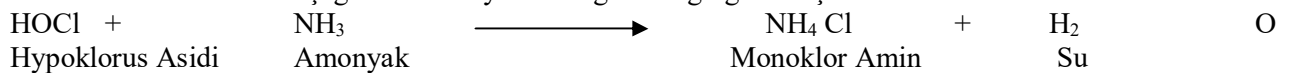
Su şartlandırılmasında ilk klorlama, suya uygulanacak diğer ıslah kademelerinin hepsinden önce yapılır. İkinci klorlama su ıslah sisteminin bir veya daha fazla yerinden yapılır. Son klorlama ise, suyun en son çıkış noktasından yapılarak klorlama işlemi tamamlandıktan sonra su kullanıma verilir. Deklorinasyon ise fiziksel ve kimyasal olarak klorun ortamdan isteyerek ve bilerek yok edilmesidir.

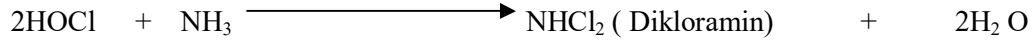
DEZENFEKSİYON :

Dezenfeksiyon hastalık yapıcı mikroplarla diğer organizmaların aktivitelerini ortadan kaldırarak onları tahrip etmektir. Bu sterilizasyonla ve organizmaların öldürülmesiyle karıştırılmamalıdır. Sterilizasyon tıbbi bir uygulama, dezenfeksiyon ise endüstriyel bir uygulamadır.

Klorun bakterileri imha edebilmesi olayı, hypoklorus asidin hızlı okside edici gücü sayesinde oluşan fizikokimyasal bir olaydır. Bununla beraber öldürme biçiminin nasıl olduğu tam olarak bilinmemektedir. Bu konunun teorik olarak açıklanması, bakteri hücreleri, klor hücreleri ordusu tarafından kimyasal yönden geri dönüşü olmayan bir şekilde tahrip edilmektedir diye yapılabilir.

Hypoklorus Asidinin amonyak ve aminlerle reaksiyonundan oluşan kloraminler klorun dezenfeksiyon kabiliyetini azaltır. Kloraminler aşağıdaki reaksiyonlarda gözüktüğü gibi oluşurlar.





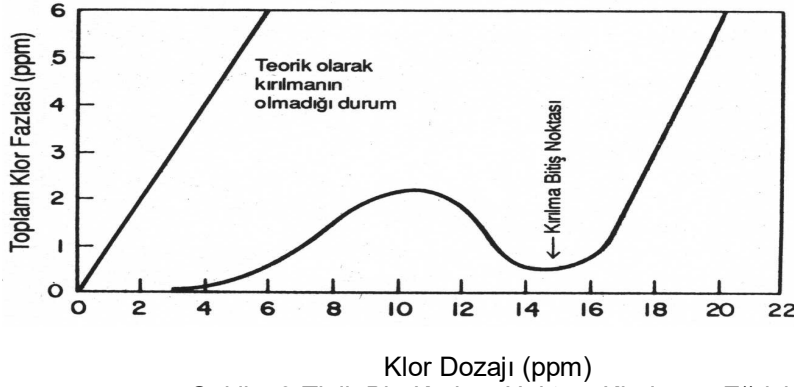
Klorlanmış suyun pH değeri hangi ürünün meydana geleceğini belirler. pH 8,5 iken monokloramin ana üründür. 4.5 civarında dikloramin ana üründür. Belirtilen pH değerleri arasında bu iki kloramin karışımı bulunur. pH 4,5'in altında iken de azot triklorür ana üründür.

Kloraminler oluştuğu zaman klorun okside edici etkisi oldukça azalır. Bu nedenle böyle uygulamalarda daha fazla temas süresine ve klor konsantrasyonuna gereksinim vardır. Buna rağmen bu şekildeki bağlı klor fazlasının sağlanması serbest klor fazlasına nazaran daha stabil bir uygulama olarak kabul edilmektedir.

KIRILMA NOKTASI KLORLAMASI :

Basit olarak kırılma noktası klorlanması suyun klorla yeterinden fazla doyurulmasından sonra su içerisinde serbest klor fazlasının oluşturulması diye anlatılabilir. Amonyak ve azotlu organik maddeler ihtiva eden suya klor ilave edilirse bazı koşullarda önceden sağlanan bağlı klor fazlalığı dekompoze olacaktır. İşte bu ana kırılma noktası denir. Bu noktayı aşacak şekilde suya klor dozajlanırsa, serbest klor fazlalığı (aktif klor) oluşur. Serbest klor fazlalığı olduğunda bütün bakteriler tahrip edilir. Organik maddeler okside edilir, dolayısıyla sudaki tüm kötü kokular giderilir ve suyun tadı düzelir.

Tipik kırılma eğrisi Şekil-2'de gösterilmiştir. Başlangıç dozajlarında hızlı iyon reaksiyonları oluşur. Daha sonra yukarıda izah edildiği gibi, klor dozajı artırılarak kloraminlerin oluşması sağlanır ve kırılma noktası da geçilene kadar klor dozajına devam ederek serbest klor fazlası oluşturulur. Kırılma noktasına erişmek ve bu noktayı geçerek klor fazlası oluşturmak klorlama işleminin esasını teşkil eder.

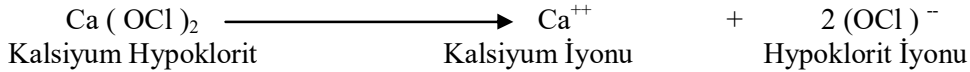


Şekil - 2 Tipik Bir Kırılma Noktası Klorlama Eğrisi

Kırılma noktası aşılarak yapılan klorlamayla, su sistemlerine yosun ve jel oluşumu kontrol edilir. Askıda maddelerin çöktürülmesine yardımcı olunur. Demir ve mangan okside edilir. Kazan besisi suyu sistemlerinde amonyak giderilir. Kullanma suyunun kalitesi düzeltilir.

HYPOKLORLAMA :

Klor ihtiyacının karşılanabileceği en yaygın ticari maddeler %15 serbest klor içeren sodyum hypoklorit ile %70 serbest klor içeren kalsiyum hypoklorit'tir (kireç kaymağı). Ülkemizde üretilen bu maddelerdeki serbest klor oranı yukarıdaki değerlerden oldukça düşüktür. Su şartlandırılmasında en çok kullanılan kalsiyum hypoklorit $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ suda çözünerek iyonize olur.



Bu iyonizasyondan sonra hypoklorit iyonları gaz klorda olduğu gibi pH değerine bağlı olarak hidrojen iyonlarıyla birlikte bir denge oluşturur. Alkali ortamda kalsiyum hypoklorit solüsyonu pH yükselmesine neden olurken, sert sularda da kalsiyum karbonat şeklinde birikintilere sebep olur. Yumuşak ve korrozif sularda ise aksine kalsiyum hypokloritten gelen alkalilik suyun kalitesini yükseltir. Kalsiyum hypoklorit sert suda çözünürse çökelti oluşturur. Bu nedenle yumuşak suda çözerek % 1-2 serbest klor içeren solüsyonlar hazırlanarak kullanılmasına özen gösterilmelidir.

Sodyum hypoklorit (NaOCl), bakkallarda çamaşır suyu adı altında düşük klor konsantrasyonlarında %3-5 civarında serbest klor içeren haliyle satılan maddedir. Ülkemizde ise piyasada satılan sodyum hypoklorit % 10 civarında serbest klor içermektedir. Sodyum hypoklorit piyasadaki temin edilen haliyle veya suyla seyreltilerek

kullanılır. Sodyum hypoklorit oldukça dengesiz bir yapıya sahip olup, zamanla ve depolama koşullarında klor oranı düşebilir ve değişebilir. Bütün hypokloritler cilt için zararlıdır. Kullanım esnasında ve depolanmasında yeterli önlemler alınmalıdır.

KLORLU SİYANÜRLER :

Klorlu siyanürler genellikle açık yüzme havuzlarında kullanım alanlarına sahiptirler. Siyanürat, klorla kompleks bir molekül yaparak kloru bağlar. Böylece güneş ışığının sebep olduğu serbest klor kaybını azaltır. Klorlu siyanürler küçük çaptaki su ıslah sistemlerinde kullanım kolaylığı nedeniyle tercih edilirler.

DEKLORİNASYON :

Bazı özel durumlarda veya kullanım suyundaki klor tadını azaltmak veya tamamen ortadan kaldırmak için yapılan uygulamaya **deklorinasyon** denilir. Birçok endüstriyel işletmede klor fazlası sorun yarattığı için deklorinasyona gerek duyulur. Örneğin; su yumuşatma ve demineralize sistemlerde kullanılan iyon değiştirici reçineleri klor fazlası olumsuz yönde etkiler. Konserve ve dondurulmuş yiyecek üzerinde klorun, lezzete olabilecek kötü etkisini önlemek için klorlu suların bu endüstride yiyeceklerle doğrudan temasından kaçınılmalıdır.

Aktif karbon, suyun klorunu alabilen ve bilinen en iyi maddedir. Ayrıca kükürt dioksit, sodyum sülfid, sodyum bisülfid ve sodyum bisülfat gibi bazı indirgen maddeler de suyun klorunu alırlar; fakat suyun içersinde, kükürt kullanarak gelişen bakterilerin oluşmasına neden olurlar. Güneş ışığına maruf açık kap ve sarnıçlarda bulunan sular, ultraviyole ışınlarının etkisiyle deklorize olurlar.

KLORUN DİĞER KULLANIM ALANLARI VE İŞLEVİ :

Klor ve klorlu bileşiklerin yukarıda bahsedilen bakterisit etkisinin yanı sıra içme suyunda rahatsız edici tat ve kokunun azaltılmasında, demir, mangan, hidrojen sülfür ve diğer organik maddelerin oksidasyonunda ve bunların suya verdiği kötü rengi giderilmede kullanılır.

Klor, lağım sularına ve endüstriyel atıklara, kanalizasyon sistemlerine verilmeden önce enjekte edilir. Bu sayede bakterilerin azaltılmasının yanı sıra kükürtlü ve sülfidli maddelerin parçalanması da sağlanmış olur. Klor tek geçişli ve sirkülasyonlu soğutma sularında jel ve yosun kontrolü için geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Klorlu su ıslah kademelerinden olan durultma işlemi sırasında, suya çöktürücü madde ile birlikte verilir. Bu çeşit ön klorlama klorun sudaki organik maddeler üzerindeki etkisiyle çökme ve durulmanın daha hızlı bir şekilde oluşmasını sağlar. Aynı zamanda organik maddeleri okside ederek, koku, renk ve tat veren maddeleri azaltır; demir ve mangani da oksitleyerek çökmelerini veya kolaylıkla filtre edilmelerini temin eder.

Su depolarında ve çeşitli tip sarnıçlardaki yosun ve plankton (basit bir hücreli) kontrolü için klor konsantrasyonu 0.2 - 0.3 ppm olacak şekilde su klorlanmalıdır. Bu mikroorganizmaların bazı tiplerini öldürmek için 50 ppm klor konsantrasyonuna dahi ihtiyaç duyulabilir. Sudaki serbest klor fazlalığı düşük konsantrasyonlarda bile balıklar ve suda yaşayan bazı canlılar için zehirli olabilir. Klorun, siyanür, fenol ve diğer maddelerle kombinasyonları yaşamın sudaki şekli için daha da zehirleyici olabilir.

İçme suyunda klorun fizyolojik toleransının limitleri için çok kısıtlı veriler mevcuttur. Genellikle su yutulur yutulmaz salya ve mide özuları ile sudaki düşük miktardaki klorun reaksiyona girerek yok olduğu kabul edilir.

DOZAJ ŞEKİLLERİ :

Gerek sıvılaştırılmış klor gazı, gerekse sodyum hypoklorit solüsyonları için piyasada klorlama cihazları mevcuttur. Kalsiyum hypoklorit toz olduğu için ani besleme ile verilir.

Sıvı klor, klorun en ucuz şekli olup, küçük uygulamalar dışında genellikle kullanılır. Klor kaçağı tehlikeli olduğu için besleme teçhizatı, mümkün olan en kısa sürede gaz basıncını atmosferik basıncın altına düşürecek şekilde tasarlanmalıdır.

Sodyum hypoklorit besleyicileri, ayarlanabilir dozaj pompaları veya akış kontrollü rotometre indikatörlerdir. Sodyum hypoklorit çözeltisi klorla birlikte bir miktarda kostik soda içerdiğinden solüsyonları korozyif ve yüksek alkalidir. Sıvı klor gazına nazaran daha az tehlikeli ise de hypoklorit solüsyonları da dikkatlice seçilmiş bir donanıma ihtiyaç gösterir.