

# İçme Sularının Dezenfeksiyonunda Çinko Oksit Nanomateriyalinin Kullanımı

F. Elçin Erkurt, Behzat Balcı, E. Su Turan  
Çukurova Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü

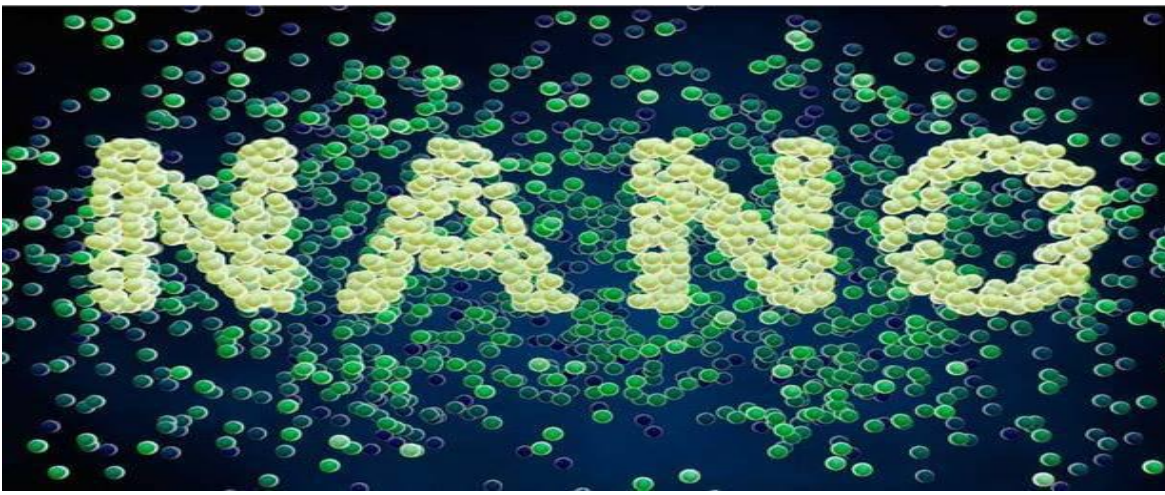


# Giriş

- ▶ Su, tüm canlılar için en önemli yaşam kaynağıdır. İnsanların suya bağlı hastalıklardan korunması için içme sularının dezenfeksiyonu su arıtımında en önemli procestir.
- ▶ İçme sularının dezenfeksiyonunda yaygın olarak kullanılan dezenfektanlar klor, kloraminler, klor dioksit ve ozon olarak sıralanabilir.
- ▶ Bu dezenfeksiyon işlemlerinin yapılmasına rağmen dünya genelinde hala çok yüksek oranda suya bağlı hastalıklardan ölümler meydana gelebilmektedir.

- ▶ Klorlama işlemi bazı mikroorganizmalar üzerinde etkisiz olurken oldukça kanserojenik ve mutonejenik dezenfeksiyon yan ürünleri (DYÜ) oluşturabilmesi de mevcut problemlerden biridir.
- ▶ Bugün dünya genelinde geleneksel dezenfeksiyon işlemleri sonucu 600'ün üzerinde DYÜ tanımlanmıştır.
- ▶ Ozonlama işleminde daha az DYÜ oluşmasına rağmen ozonun bromür iyonları ile gireceği reaksiyonlar ve yüksek maliyeti bu uygulamaya sınır getirmektedir.

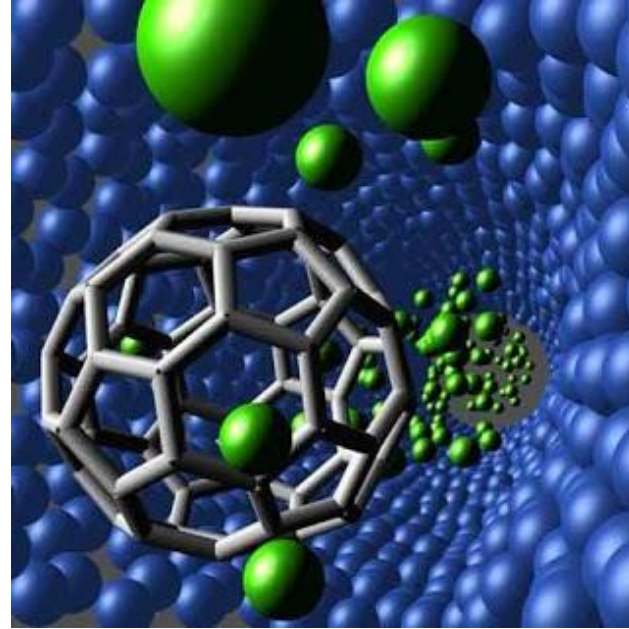




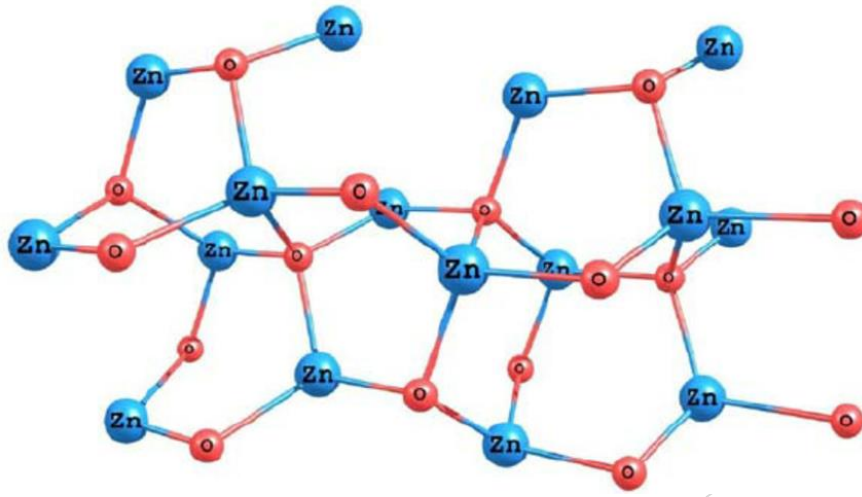
- ▶ Nanomateryallerin çevresel uygulamalarda kullanımını son yıllarda büyük önem kazanmıştır.
- ▶ Nanomateryaller mükemmel adsorplayıcılar, katalizörler ve yüksek reaktiviteye sahip özellikte maddelerdir. Bu özellikleri, spesifik olarak büyük olan yüzey alanlarından kaynaklanmaktadır.
- ▶ Bunun yanında pek çok doğal ve mühendislik sonucu üretilmiş olan (kitosan, gümüş nano partikülleri, fotokatalitik titanyum dioksit  $TiO_2$ , magnezyum oksit, çinko oksit, karbon nanotüpler, fullerol nano partikülleri gibi) nanomateryaller, antimikrobiyal özellikler göstermektedir.

# Çinko Oksit (ZnO)

- ▶ Son yıllarda nanomateryaller arasında güçlü antimikrobiyal özelliğiyle çinko oksit (ZnO) ön plana çıkmaktadır.
- ▶ ZnO'in ön plana çıkmasının nedenlerinden biri, küçük konsantrasyonlarda yüksek aktivite göstermesi ve değişken proses şartlarında güçlü antibakteriyal özellik göstermesidir.

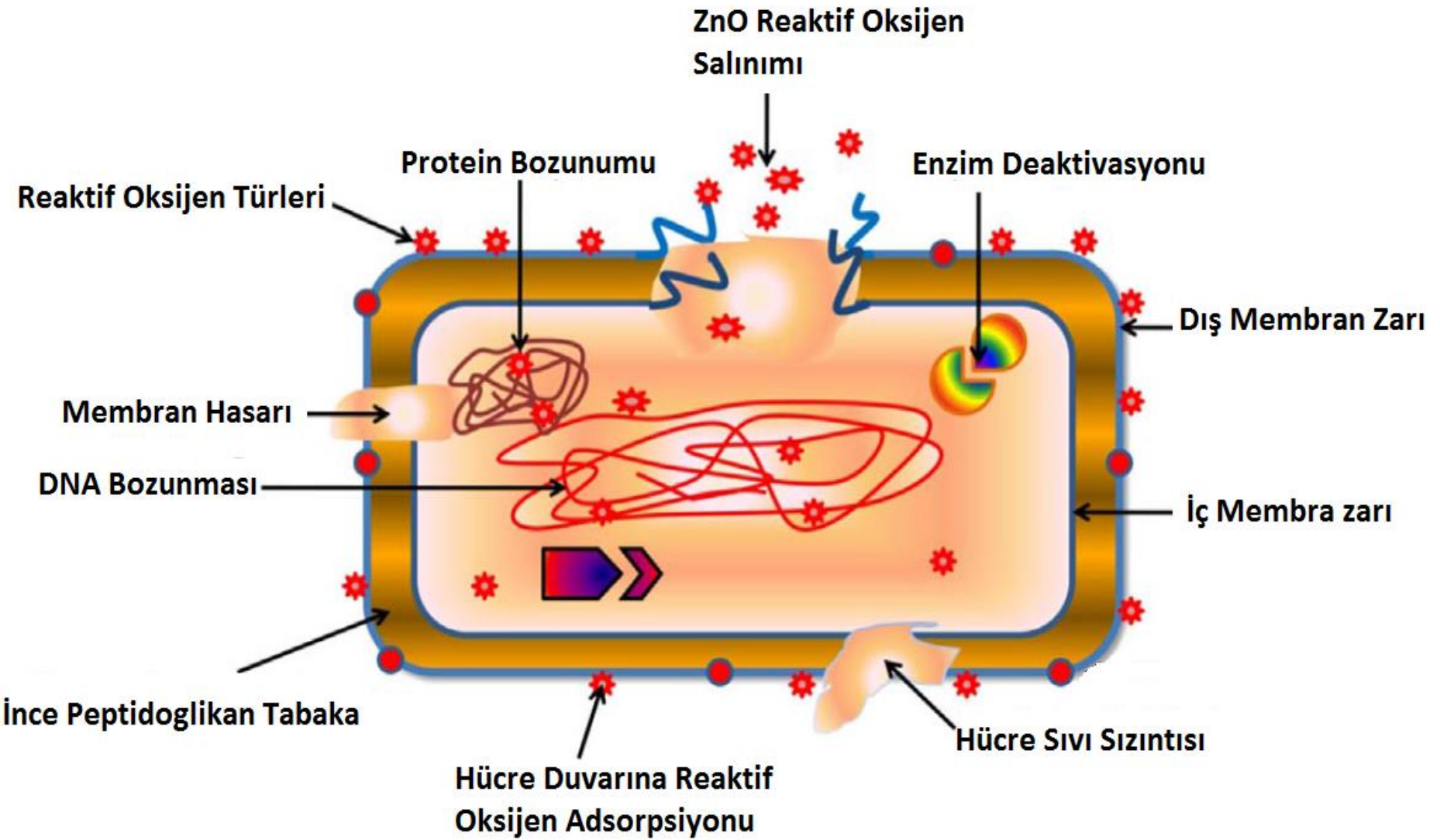


- ▶ ZnO sarımsı beyaz renkte, toz yapıda ve suda neredeyse çözünebilir bir yapıdadır. ZnO'nun antimikrobiyal etkiye katkı sağlayan bir takım fiziko-kimyasal özellikleri mevcuttur.
- ▶ ZnO sentezinde genel olarak çöktürme, hidrotermal ve sol-jel yöntemleri kullanılmaktadır.
- ▶ ZnO materyalinin antimikrobiyal ajan olarak kullanılması bu malzamenin tane boyutuna, şekline, yüzey alanına dispersitesine bağlıdır. Bu paramterelerin değişimi sentez yöntemine bağlı olmakla birlikte hepsini kontrol etmek oldukça zordur.



# ZnO Dezenfeksiyon Mekanizması

- ▶ Literatürde ZnO için çeşitli dezenfeksiyon mekanizmaları bildirilmiştir.
- ▶ Bunlardan biri ZnO tarafından reaktif oksijen salınımıdır. ZnO nanopartiküllerinin yüzeyinden salınan reaktif oksijen türleri mikroorganizmalara ölümcül zararlar vermektedir. Reaktif oksijen türleri DNA, hücre duvarları ve hücresel proteinler üzerinde oksidatif stres yaratarak zarar vermektedir.
- ▶ Reaktif oksijen türleri  $O_2^{\bullet-}$  ,  $HO^{\bullet}$  ,  $H_2O_2$  gibi yüksek reaktiviteye sahip iyonik türlerdir



## Gram-Negatif Organizmalar Üzerine Reaktif Oksijen Türlerinin Etkisi



# Zn<sup>+2</sup> Salınımı

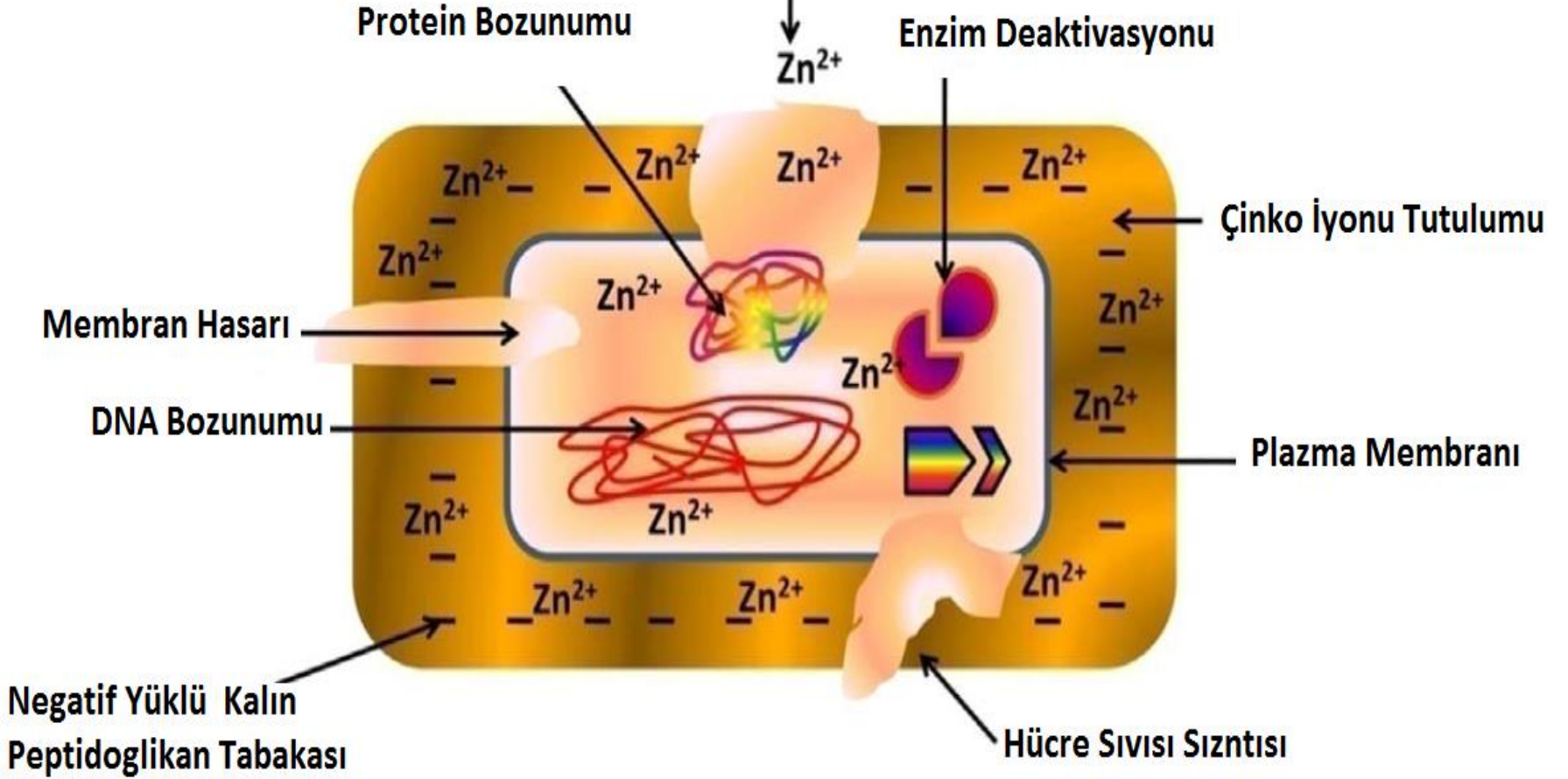
- ▶ Diğer bir muhtemel dezenfeksiyon mekanizması Zn iyonu salınımıdır.
- ▶ Zn<sup>+2</sup> hücre zarına zarar vererek hücre içerisine girer ve protein yapılara zarar verir.
- ▶ Yapılan bazı çalışmalar ZnO içme sularının dezenfeksiyonunda *E.coli* ve *Saccharomyces cerevisiae* üzerine dezenfeksiyon mekanizması olarak Zn<sup>+2</sup> salınımının baskın olduğunu ortaya koymuştur.

- ▶ Kalın bir peptidoglikan hücre tabakasına sahip olan Gram-pozitif organizmalar üzerinde  $Zn^{+2}$  etkisi, daha basit hücre duvarına sahip olan Gram-negatif organizmalara göre daha sınırlıdır.
- ▶ Bunun muhtemel nedeni peptidoglikan hücre tabakasının negatif yüklü olması ve pozitif yüklü çinko iyonunun bu tabakada tutulup hücre içerisine nüfuzunun azalmasıdır.
- ▶ Bu durumda yeterince çinko iyonunun hücre içerisine girebilmesi için daha yüksek konsantrasyonlarda  $ZnO$ 'ya ihtiyaç duyulur.

# ZnO'nun Hücre zarı ile Direkt Teması

- Yapılan çalışmalar ZnO nanopartikülünün hücre içerisine girmeden de dezenfeksiyon etkisi gösterebildiğini ortaya koymuştur. ZnO'in aşındırıcı yapısı hücre duvarı üzerinde önemli derecede olumsuz etki göstermesi sonucunda dezenfeksiyon etkisi gösterebilmektedir.

ZnO Nanomateryali



**Kalın Peptidoglikan Tabakaya Sahip Gram-Pozitif organizmalar Üzerinde Zn<sup>2+</sup> etkisi**

# Antimikrobiyal Aktiviteye Etki Eden Unsurlar

- ▶ **Partikül Boyutu:** Partikül boyutunda azalma, ZnO'in antimikrobiyal aktivitesi üzerinde artışa neden olmaktadır.
- ▶ Bu durum partikül boyutunun azalması ile yüzey alanının artmasından kaynaklanmaktadır. Yapılan çalışmalar ZnO partikül boyutunun azalması ile daha fazla mikroorganizma ile temas sağlandığını ve dezenfeksiyon veriminin arttığını göstermiştir.


- ▶ **ZnO Konsantrasyonu:** ZnO'un sıvı çözeltideki konsantrasyonu arttıkça dezenfeksiyon verimi de artış göstermektedir.
- ▶ Bunun yanında en düşük inaktivasyon konsantrasyonu ortam şartlarına ve organizma türüne göre değişiklik gösterebilmektedir.
- ▶ Narayan ve ark.(2012) *S. aureus*, *E. coli*, *Enterococcus faecalis*, ve *Pseudomonas aeruginosa* ZnO ile dezenfeksiyonu üzerine ZnO konsantrasyonunun (20-100  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) etkisini araştırmışlardır. Elde ettikleri bulgulara göre ZnO, 20  $\mu\text{g}/\text{mL}$  konsantrasyonda bile yüksek antimikrobiyal etki göstermiştir.

- ▶ **Mikroorganizma Doğası:** ZnO ile mikroorganizmaların inaktivasyonu üzerine yapılan çalışmalarda genellikle Gram-pozitif organizmalar üzerinde Gram-negatif organizmalar göre daha yüksek dezenfeksiyon verimi elde edilmektedir.
- ▶ Bunun başlıca nedeni olarak Gram-pozitif organizmaların daha basit hücre duvarı yapısına sahip olmasından kaynaklanabileceğidir.
- ▶ Gram-negatif organizmaların kalın ve daha kompleks hücre duvarı ZnO'nun hücre içerisine girmesini kısmen zorlaştırabilmektedir.

# SONUÇ

- ▶ ZnO nanomateryali suların dezenfeksiyonunda kullanılabilecek potansiyel bir malzemedir. Ancak bu tarz nanomateryallerin klor gibi bakiye özellik göstermemesi kısıtlayıcı bir durum yaratmaktadır.
- ▶ Bunun yanında klor ile birlikte kullanılmaları dezenfeksiyon yan ürünleri oluşturan klorlu maddelerin kullanımını azaltacağı düşünülmektedir. Buna bağlı olarak DYÜ oluşumu kontrol altına alınabilecektir.
- ▶ Ayrıca ZnO'nun ağır metal olmasından dolayı alıcı ortam ve canlılar üzerindeki etkisi daha detaylı araştırmalar gerektirmektedir.





DİNLEDİĞİNİZ İÇİN  
**TEŞEKKÜRLER...**