

İZMİR KÖRFEZİ'NDE SODYUM BENTONİT (KİL) UYGULAMASINA İLİŞKİN TEKNİK BİLİMSEL DEĞERLENDİRME

1. Amaç ve Kapsam

İzmir Körfezi'nin iç kesimlerinde su değişimi/karışımın görece sınırlı olabilmesi, yüksek organik yük ve besin tuzu girdileriyle birleştiğinde oksijen dinamiklerini kırılganlaştırır; bu da bazı dönemlerde alg çoğalması, koku, çözünmüş oksijen düşüşü ve ekosistem stresini tetikleyebilir. Bu tür sistemlerde "görünen problem" (koku/renk/alg yoğunluğu) çoğu zaman, altta yatan kütle dengesi probleminin (kirletici yükler + zayıf yenilenme + dip süreçleri) sonucudur.

İzmir Körfezi'nde zararlı alg çoğalması (Harmful Algal Blooms, HAB) ve buna bağlı koku, çözünmüş oksijen düşüşü ve ekosistem stresinin azaltılması amacıyla kil uygulandığı yönünde kamuya açık bilgiler bulunmaktadır. Kullanılan malzemenin "sodyum bentonit" olduğu yönündeki beyanlar dikkate alınarak bu teknik değerlendirme hazırlanmıştır.

Bu metin, mevcut kamuya açık bilgiler ile uluslararası hakemli literatürde yer alan kil temelli HAB kontrol çalışmalarının sonuçlarına dayanmakta olup; uygulamaya ait ayrıntılı teknik raporlar (malzeme spesifikasyonu, modifikasyon tipi, dozaj, saha izleme sonuçları) kamuya açık olmadığından, değerlendirme koşullu niteliktedir. Bu değerlendirme, kilin türü ve modifikasyonuna ilişkin teknik doğrulama (XRD, tane boyu, yüzey modifikasyon ajanı, saha dozajı, kontrol alanı ve bentik izleme) kamuya açık olmadığı için koşulludur. Bu veriler paylaşılmadan, yöntemin etkinliği ve ekosistem güvenliği hakkında 'kesin' hüküm kurulması bilimsel olarak uygun değildir; ancak literatürde tanımlanan mekanizmalar çerçevesinde olası risk-fayda bileşenleri tartışılabilir.

2. Sodyum Bentonitin Mineralojik ve Kolloid Özellikleri

Kullanılan malzemenin "sodyum bentonit" olduğu yönünde bilgi bulunmaktadır. Sodyum bentonit esas olarak montmorillonit içeren 2:1 tip şişen bir kil mineralidir. Temel özellikleri:

- Yüksek katyon değişim kapasitesi (KDK),
- Kalıcı negatif yüzey yükü,
- Şişme özelliği,

- Yüksek özgül yüzey alanı.

(Bergaya & Lagaly, 2013)

Ancak bu özelliklerin büyük kısmı düşük iyonik güç koşullarında belirgindir. Deniz suyunda:

- Yüksek iyonik güç,
- Yüksek Ca^{2+} , Mg^{2+} ve Na^+ konsantrasyonu,
- Yüksek elektriksel iletkenlik

nedeniyle bentonitin davranışını belirgin biçimde değiştirir.

Deniz suyunda sodyum bentonit:

- Hızlı iyon değişimine uğrar,
- Şişme kapasitesi azalabilir,
- Floklaşma dinamikleri farklılaşır (Tombácz & Szekeres, 2004).

Dolayısıyla tatlı su sistemlerindeki davranış ile deniz ortamındaki davranış aynı değildir.

3. “Modifiye Kil” Literatürü ile Doğal Bentonit Arasındaki Fark

Uluslararası literatürde zararlı alg patlamalarının kontrolünde kullanılan materyaller çoğunlukla:

- Al-modifiye bentonit,
- Polimer kaplı kil,
- Yüzeyi pozitif yük kazandırılmış kil

şeklindedir.

Modifikasyon amaçları:

- Yüzey yükünün değiştirilmesi,
- Koagülasyon kapasitesinin artırılması,
- Alg hücrelerine elektrostatik bağlanmanın güçlendirilmesi.

Literatürde 'modified clay' çoğunlukla Al/Fe tuzları veya polimerlerle yüzey fonksiyonelleştirilmiş materyalleri kapsar; doğal bentonit aynı sınıfta değerlendirilmez (Yu et al., 2017). Modifiye kil uygulamalarını kapsamlı biçimde değerlendirmiştir (Yu et al., 2017). Çalışmada:

- Modifikasyonun performans üzerinde belirleyici olduğu,
- Dozajın ortam kimyasına bağlı değiştiği,
- Ekosistem etkilerinin saha bazında izlenmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Sengco & Anderson (2004) çalışması doğal kil ile yapılan erken dönem uygulamalarda etkinliğin değişken olduğunu ve hidrodinamik koşulların belirleyici olduğunu göstermiştir.

Modifiye edilmemiş doğal sodyum bentonit ise:

- Negatif yüzey yüküne sahiptir,
- Negatif yüklü alg hücreleri ile elektrostatik çekim oluşturmaz,
- Floklaşma etkinliği sınırlı olabilir.

Bu nedenle:

Doğal sodyum bentonit kullanımı ile literatürde bildirilen "modifiye kil teknolojisi" sonuçlarının doğrudan eşdeğer kabul edilmesi bilimsel olarak doğru değildir. Dolayısıyla, modifiye edilmemiş doğal sodyum bentonit ile literatürde bildirilen "modifiye kil teknolojisi" sonuçlarının eşdeğer kabul edilmesi bilimsel olarak temkin gerektirir.

4. Ekosistem Açısından Olası Etkiler

4.1. Kısa Vadeli Su Kolonu Etkisi

Kil uygulaması, askıdaki alg biyokütlesinin çökmesini sağlayarak:

- Yüzeydeki alg yoğunluğunu azaltabilir,
- Koku problemini geçici olarak hafifletebilir,
- Görsel iyileşme sağlayabilir.

Bu yönüyle yöntem, “acil müdahale aracı” olarak değerlendirilebilir. Ancak bu durum biyokütlenin ortadan kaldırılması değil, su kolonundan sedimente transferidir.

4.2. Orta ve Uzun Vadeli Riskler

Ancak şu hususlar kritik önemdedir:

1. Alg biyokütlesi ortadan kaldırılmaz; su kolonundan dip sedimente taşınır.
2. Dipte biriken organik madde ayrışırken çözünmüş oksijen tüketimini artırabilir.
3. Redoks potansiyeli düşebilir.
4. Sediment–su arayüzünde besin tuzu geri salımı artabilir.
5. Bentik organizmalar etkilenebilir.
6. Çökelmiş flokların hidrodinamik koşullarda yeniden süspansiyonu, kısa vadeli kazanımların hızla kaybına ve sediment–su arayüzünde ikincil süreçlerin tetiklenmesine yol açabilir.

Literatürde bu durum “secondary benthic impact” olarak tartışılmaktadır. Dolayısıyla izleme yapılmadan kalıcı ekolojik iyileşme varsayımı bilimsel değildir. Yu et al. (2017) ve Song et al. (2021) çalışmalarında, ekosistem güvenliği için bentik izleme gerekliliği açıkça belirtilmiştir.

5. Besin Yüğü Yönetimi Boyutu

Alg çoğalmasının temel belirleyicileri:

- Toplam azot (TN),
- Toplam fosfor (TP),
- Organik madde yüğü,
- Hidrodinamik yenilenme kapasitesidir.

Doğal sodyum bentonit:

- Nitratı bağlamaz. Doğal smektit yzueyleri ağrılıkla negatiftir; bu nedenle nitrat gibi mobil anyonların kalıcı adsorpsiyonu genellikle sınırlıdır; fosfat için ise ortam koşulları ve özellikle metal-hidroksit/Al-Fe modifikasyonları belirleyicidir.
- Deniz ortamında anyon adsorpsiyonu sınırlıdır,
- Körfezin toplam N-P bütçesini azaltmaz.

Fosfat bağlama kapasitesi ise modifikasyon tipine bağlıdır (Cooke et al., 2016).

Bu nedenle:

Körfeze giren besin yükleri azaltılmadan yalnızca biyokütlenin çöktürülmesi, trofik durumun kalıcı olarak iyileştirilmesini sağlamaz.

Bu değerlendirme, kolloid kimyası ve besin element döngüsü bilgisine dayanmaktadır.

6. Uygulamanın Bilimsel Olarak Deđerlendirilebilmesi İçin Gereken Veriler

Kesin teknik değerlendirme için aşığıdaki veriler gereklidir:

- Mineralojik analiz (XRD),
- Tane boyu dağılımı,
- Modifikasyon kimyası,
- Dozaj (g/L veya ton/km²),
- Uygulama derinliği ve alanı,
- Çözünmüş oksijen zaman serisi,
- Sediment organik madde ve LOI,
- Redoks potansiyeli,
- Bentik makrofauna izleme sonuçları,
- Kontrol alanı karşılaştırması.

Bu veriler olmadan yöntem hakkında “kesin başarı” ya da “kesin başarısızlık” hükmü vermek bilimsel değildir.

7. Sonuç

Mevcut bilgiler çerçevesinde:

1. Eğer kullanılan malzeme modifiye edilmemiş sodyum bentonit ise, literatürdeki “modifiye kil HAB teknolojisi” ile doğrudan eşdeğer değildir.
2. Uygulama kısa vadeli semptom azaltımı sağlayabilir.
3. Ancak kirletici yükler azaltılmadan kalıcı ekosistem iyileşmesi beklenemez.
4. Uzun vadeli bentik etkiler izleme verisi olmadan değerlendirilemez.
5. Bu nedenle yöntem, bilimsel olarak ancak “acil müdahale aracı” kategorisinde değerlendirilebilir.
6. Kamuya açık haber ve basın açıklamalarında paylaşılan ‘%80 başarı’ ve ‘zararsızlık’ iddiaları; metrik tanımı, kontrol alanı tasarımı, izleme süresi ve QA/QC ayrıntıları açıklanmadıkça bilimsel kanıt düzeyinde değerlendirilemez.
7. Ayrıca kamuya açık kaynaklarda malzemenin ‘Çin’den temin edilen modifiye kil’ olduğu yönünde beyanlar bulunmakla birlikte, malzemenin mineralojik kimliği ve modifikasyon tipi kamuya açık teknik raporla doğrulanmadığından değerlendirme koşulludur.

Ekosistem restorasyonu; semptom bastırma değil, yük yönetimi ve sistem bütünlüğü yaklaşımı gerektirir. Popülist bir adım yerine, bilime dayalı stratejiler kalıcı başarı getirir.

8. Kamuya Açık Haber/Basın Beyanlarının Teknik Tutarlılık Analizi (Koşullu Değerlendirme)

Kamuya açık haber ve kurum açıklamalarında, uygulamaya ilişkin (i) “pilot bölgelerde %80 başarı”, (ii) “uydu görüntülerinde belirgin iyileşme”, (iii) “laboratuvar analizlerinde deniz canlılarına zarar gözlenmediği” ve (iv) “1 ton suya 23,2 kg modifiye kil” gibi ifadeler yer almaktadır (<https://www.haber24.com.tr/izmir-korfezinde-temizlik-seferberligi-modifiye-kil-yontemiyle-balik-olumleri-azaltiliyor>). Bu beyanlar, teknik raporlama açısından aşağıdaki nedenlerle **tek başına bilimsel kanıt** olarak kabul edilemez:

1. **Başarı metriği belirsizliği:** “%80 başarı” ifadesinin; hücre sayısı, klorofil-a, tür-spesifik biyokütle, görüntü sınıflandırma metriği veya başka bir performans göstergesine mi karşılık geldiği açık değildir.
2. **Uzaktan algılama sınırı:** Uydu/drone gözlemleri yüzey optik sinyaline duyarlı olup, tür tayini, toksisite, dikey dağılım, gece oksijen çöküşü ve bentik etkiler gibi kritik sonlanım noktalarını tek başına temsil etmez. Bu nedenle “uydu görüntüsü” bulguları, su kolonu-sediment bütçe yaklaşımının yerine geçemez.
3. **Doz birimlendirme sorunu:** “1 ton suya 23,2 kg” ifadesi büyük olasılıkla hazırlanan bulamacın konsantrasyonunu tanımlamakta; ancak çevresel etkiyi belirleyen esas büyüklük uygulama alanına düşen kil kütlesidir (t/km^2 veya g/m^2) ve etkin karışım derinliği ile birlikte raporlanmalıdır. Literatürde kil temelli flokülasyon uygulamalarında hidrodinamik koşullar ve yeniden süspansiyon eşiği, başarının belirleyici bileşenidir (Beaulieu et al., 2005).
4. **“Zarar yok” iddiasının kapsam sorunu:** Deniz canlılarına zarar gözlenmediği iddiası, test edilen organizma grupları, ölçülen sonlanım noktaları (akut/subletal), örneklem büyüklüğü, süre ve QA/QC bilgileri açıklanmadıkça genellenemez.
5. **Malzeme kimliği ve tedarik beyanlarında tutarsızlık:** Kamuya açık kaynaklarda malzemenin kökeni ve niteliği konusunda “Çin’den temin edilen modifiye kil” gibi ifadeler bulunmakta; ancak mineralojik kimlik (XRD), modifikasyon kimyası ve safsızlık profili kamuya açık biçimde raporlanmamıştır (<https://basinhaberleri.izmir.bel.tr/tr/Haberler/1/61946>). Bu koşullarda “modifiye kil” ile “doğal sodyum bentonit” ayrımının sahada nasıl karşılık bulduğu teknik olarak doğrulanamamaktadır.

Bu nedenle, kamuya açık haber/beyanlar, uygulamanın kesin etkinliği ve ekosistem güvenliği hakkında hüküm kurmak için yeterli değildir; yalnızca uygulamanın “acil müdahale” niyetiyle yürütüldüğünü gösteren ikincil bilgi niteliğindedir. Uygulamanın bilimsel değerlendirmesi, bu metinde Bölüm 6’da listelenen asgari veri paketinin paylaşılmasıyla mümkün olacaktır.

Kaynakça

- Beaulieu, S. E., Sengco, M. R., & Anderson, D. M. (2005). Using clay to control harmful algal blooms: deposition and resuspension of clay/algal flocs. *Harmful algae*, 4(1), 123-138. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2003.12.008>
- Bergaya, F. B. K. G., & Lagaly, G. (2013). General introduction: clays, clay minerals, and clay science. In *Developments in clay science* (Vol. 5, pp. 1-19). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-098258-8.00001-8>
- Cooke, G. D., Welch, E. B., Peterson, S., & Nichols, S. A. (2016). *Restoration and management of lakes and reservoirs*. CRC press. <https://doi.org/10.1201/9781420032109>
- <https://basinhaberleri.izmir.bel.tr/tr/Haberler/1/61946>
- <https://demokratgundem.com/korfez-modifiye-kil-yontemiyle-nefes-alacak/>
- <https://izsu.gov.tr/haberler/modifiye-kil-yontemi-olumlu-sonuc-verdi>
- <https://ticaretgazetesi.com.tr/2025/11/20/izdenizden-izmir-korfezine-modifiye-kil-ile-mudahale/>
- <https://www.35punto.com/video/izmir-korfezinde-modifiye-kil-yontemi-olumlu-sonuc-verdi>
- <https://www.egepostasi.com/haber/Buyuksehir-in-modifiye-kil-yontemine-sert-elistiri-Havuzlarda-kullanilir/365388>
- <https://www.evrensel.net/haber/558207/izmir-korfezi-kirliligine-kil-ve-aluminyum-sulfat-bosaltilmasi-cozum-olacak-mi>
- <https://www.gercekizmir.com/haber/Cinli-uzmandan-Korfez-icin-Modifiye-edilmis-kil-onerisi-30-dakikada-yuzey-temizligi/161798>
- <https://www.haber24.com.tr/izmir-korfezinde-temizlik-seferberligi-modifiye-kil-yontemiyle-balik-olumleri-azaltiliyor>
- <https://www.haberdende.com/denizde-gundem/izmir-korfezini-modifiye-kil-kurtaracak/>
- <https://www.izmir.bel.tr/tr/Haberler/izmir-korfezi-icin-modifiye-kil-uygulamasi-devrede/56770/156>
- <https://www.izmir.bel.tr/tr/Haberler/korfez-modifiye-kil-yontemiyle-nefes-alacak/56472/156>
- <https://www.yeniasir.com.tr/izmir/2025/08/28/izmir-korfezinde-kil-tartismasi-uzmanlar-ikiye-bolundu>
- Sengco, M. R., & Anderson, D. M. (2004). Controlling harmful algal blooms through clay flocculation 1. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 51(2), 169-172. <https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.2004.tb00541.x>
- Song, X., Zhang, Y., & Yu, Z. (2021). An eco-environmental assessment of harmful algal bloom mitigation using modified clay. *Harmful Algae*, 107, 102067. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2021.102067>

Tombacz, E., & Szekeres, M. (2004). Colloidal behavior of aqueous montmorillonite suspensions: the specific role of pH in the presence of indifferent electrolytes. *Applied clay science*, 27(1-2), 75-94. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2004.01.001>

Yu, Z., Song, X., Cao, X., & Liu, Y. (2017). Mitigation of harmful algal blooms using modified clays: Theory, mechanisms, and applications. *Harmful algae*, 69, 48-64. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2017.09.004>