

## Su Kalitesinin İyileştirilmesi için Etkin Mikroorganizmalar (EM) Teknolojisi ve Sürdürülebilir Su Kaynakları ve Yönetimi Potansiyeli

Zuraini Zakaria<sup>1</sup>, Sanjay Gairola & Noresah Mohd Shariff  
([zuraini@usm.my](mailto:zuraini@usm.my))  
Biyoloji Programı  
Uzaktan Eğitim Okulu  
11800 Universiti Sains Malaysia,  
Penang,  
MALAYSIA

**Özet:** Su kalitesi, çeşitli sektörlerin memnuniyetini en üst düzeye çıkarmak için tahsis işlemlerinde çok büyük dikkat çekmektedir. Ancak yeterli su miktarının tedarik edilmesini engelleyen çevre kirliliğine yol açan katışık maddelerin kalite üzerinde kötü etkileri vardır ve su yaşamını da içeren canlı organizmaların yaşamları için tehlikelidirler. Su kirliliği düzeyinin azaltılması için, çeşitli kimyasal ve biyolojik arıtma işlemleri mevcuttur ancak anaerobik ve aerobik yararlı mikro organizmaların çok kültürlülüğü ile ilgili olarak muhteşem bir teknolojinin ortaya çıkması, çevre dostu yapısından dolayı gitgide popüler hale gelmektedir. Bu etkin mikroorganizma (EM) teknolojisi, doğayı arındırabilen ve yeniden canlandırabilen kendiliğinden ortaya çıkan mikroorganizmaları kullanmaktadır. Etkin mikro organizmaların aktif solüsyonu (EMAS) olarak bilinen formülü kullanan EM uygulamaları, su kalitesini arttırmak ve geliştirmek amacıyla ölçek, yer, fiziki ve coğrafi koşullara dayanarak Malezya'daki birçok nehirde test edilmişlerdir. Su kaynaklarının sürdürülebilmesi için EM – tabanlı yaklaşımın rolü ve modelleme incelemeleri de tartışılmaktadır. Sonuçlar, bozulmuş / kirlenmiş nehir havzasındaki su kalitesinin iyileştirilmesi için bu tekniğin etkin olduğunu açıkça göstermektedirler. Sürdürülebilir çevre iyileştirmesinin temeli olduğuna inanıldığı ve ekolojik yenilik için gerçek bir fırsat sunduğu için daha fazla araştırma yapılması amacıyla değerli yazıların ve gelecekte EM teknolojisinin kabul edilmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler : Etkin Mikro organizmalar (EM); etkin mikro organizmalar aktif solüsyonu (EMSA); EM çamur toprakları; su arıtımı.

### 1. GİRİŞ

Nüfus artışında ve sosyo – ekonomik kalkınmada gitgide artan trendler ile suyum kalitesi ve miktarı dünya çapında dikkat çekmeye başlamıştır. Su kalitesi ve miktarı ile ilgili bu gitgide artan endişe, sürdürülebilir su tedarik edilmesi hedefini karşılamak ve olası çevresel kötüleşmeyi önlemek için su sistemlerine müdahaleleri gerekli hale getirmektedir. Zacharis ve diğerleri (2005), hem sosyo – ekonomik hem de çevresel bakış açılarını bir araya getiren sürdürülebilir su yönetiminin zor olduğunu ancak olası çevre kötüleşmesini önlemek amacıyla gerekli bir işlem olduğunu vurgulamışlardır. Son yıllarda çok miktarda kirlenmiş su nehirlere boşaltılmaktadır ve bu da gelecekteki su kalitesinde ciddi belirsizliklere neden olmaktadır. Ancak, su kaynağı tahsisinde su miktarını ve kalitesini birleştiren yöntemin bu güçlükler ile karşılaşan karar vericilere bir değer katma potansiyeli vardır (Zhang ve diğerleri, 2010). Suyun arıtılması ve kirlenici maddelerin yok edilmesi için uygulanmakta olan çeşitli geleneksel yöntemler vardır ancak bunları bir çoğu yüksek maliyetlidir ve çevre dostu değildirler (Dhote ve Dixit, 2008). Nehirlerin ve göllerin su kalitesini iyileştirmenin yollarından birisi çevre dostu yapısından dolayı diğer geleneksel yöntemler ile karşılaştırıldığında daha çok takdir gören ve daha az girdi, maliyet ve sermaye isteyen etkin mikro organizma (EM) teknolojisidir. EM kavramı, 1980 yılında Ryukyus Üniversitesi, Okinawa, Japonya'da bulunan Profesör doktor Teruo Higa tarafından geliştirilmiştir. Bozucu ya da dejeneratif, fırsatçı ya da tarafsız ve yapıcı ya da yenilemeli olarak kategorilere ayrılmış üç mikro organizma türü vardır. EM, herhangi bir madde türünde bozulmayı önleyebilecek ve böylece hem canlı organizmaların hem de çevrenin sağlıklı olmasını sürdüren yenileme kategorisine girmektedir (PSDC, 2009). EM'nin temel amacı, yararlı ve kendiliğinden ortaya

çıkan mikro organizmaların karışık kültürleri kullanılarak hem toprakta hem de suda sağlıklı bir eko sistemin iyileştirilmesidir. Bu yüzden, EM'nin yaşamın var olması, ilerlemesi ve refahı için en uygun ortamı oluşturmada büyük bir potansiyeli vardır (Higa & Parr, 1994). Ayrıca, sürdürülebilir su tedarik edilmesinin, yer üstü sularının aşırı şekilde kullanılmasını, azalmayan yer altı suyunun çıkarılmasını, arıtılmış suyun etkin bir şekilde yeniden kullanılmasını ve benzeri konuları içermesi gerektiği de vurgulanmaktadır (Downs ve diğerleri, 2000; Shiklomanov, 2000 : Vörösmarty ve diğerleri, 2000). EM teknolojisi çeşitli sektörlerin talebini karşılamak üzere kaynak suyu arzını arttırarak su kalitesini iyileştirmek için büyük bir potansiyele sahiptir. Ancak, sürdürülebilir su yönetiminin önemli bir yanı olacağı için konut, tarım ve endüstriyel kullanım için kaynak suyunun sürdürülebilirliğinin analiz edilmesi gerekmektedir.

## 2. EM TEKNOLOJİSİ

EM, birlikte var olan etkin, faydalı ve hastalık oluşturmeyen mikro organizmalar çeşitliliğinden ya da bunların çok kültürlülüğünden oluşmaktadır (EM Ticareti, 2000). Aslında bu, bütün eko sistemlerde yaygın olarak bulunan aerobik ve anaerobik türlerin bir kombinasyonudur. Higa'ya göre (1998), EM doğayı arındırabilen ve yeniden canlandırabilen fotosentez yapan bakterileri, laktik asit bakterileri, mayalar, aktinomisetler ve mayalanan mantarlara ayrılan yaklaşık 80 tür mikro organizmadan oluşmaktadır. Burada yer alan ana türler normalde *Lactobacillus plantarum*, *L. Casei* ve *Streptococcus lactis* (laktik ve bakteri), *Rhodopseudomonas palustris* ve *Rhodobacter spaeroides*, (fotosentetik bakteri), *Saccharomyces cerevisiae* ve *Candida utilis* (mayalar), *Streptomyces albus* ve *S. Griseus* (aktinomisetler) ve *Aspergillus oryzae*, *Penicilium sp.* ve *Mucor hiemalis* (mayalanan mantar) türleridir (Diver, 2001).

EM'nin farklı türlerinin ilgili fonksiyonları vardır. EM, organik maddeyi analiz etme için birçok ortama uygulanabilir. Etkin Mikro organizmalar, genetiği değiştirilmemiş (genetiği ile oynanmamış organizma), hastalı bulaştırmayan, zararlı olmayan ve kimyasal olarak sentezlenmemiş organizmalardır. Doğal ortama etkin bir mikro organizma getirildiği zaman, ayrı mikro organizma etkileri, sinerjistik bir şekilde oldukça arttırılmıştır. EM teknolojisi, bir ortamda ya da sistemde yararlı mikro organizmaların yüksek nüfusunu arttırmayı, uygulamayı, yönetmeyi ve yeniden oluşturmayı içermektedir. Bu, insan oğlunun faydalanması için birçok şekilde faydalı görülen doğal ve organik bir teknolojidir. EM'nin çok derin etkileri olduğu ve günümüzde çeşitli alanlardaki uygulamalara yayılan kullanımının, dünyanın birçok sorununu çözümüleme aracı olarak istekli bir şekilde teşvik edildiği fark edilmiştir. EM uygulamalarına dair bazı iddialar, sürdürülebilir tarımsal, endüstriyel, sağlık (çiftli hayvanları, evcil hayvanlar ve insanlar), koku kontrolü, atık yönetimi ve geri dönüşüm, çevre ıslahı ve çevre dostu temizleme konularını içermektedirler (EM Teknolojisi, 1998).

EM Teknolojisinin uygulanmasına gösterilen ilgi aslında çevresel estetik değerine bir devrim getirmektedir.

## 3. MALEZYA'DA EM TEKNOLOJİSİ UYGULAMASI – EM ETKİN SOLÜSYON (EMAS) VE EM ÇAMUR TOPAKLARI

EM'nin ilkesi, mikroplarla dolu bozulmuş eko sistemin, verimli ve yararlı mikro organizmalar içeren bir sisteme dönüştürülmesidir. Bu basit ilke, tarım ve çevre yönetiminde EM teknolojisinin temelidir (Higa, 1993). "EM formüllerini nasıl kullanılacağına" dair farklı formül versiyonları vardır. Bazılarının anlaşılması güç iken, bazıları da açık bir şekilde kafa karıştırıcıdır. Yine de, uygulamanın, yerin, fiziki ve coğrafi koşulların türüne ve ölçeğine dayanarak EM uygulamaları genelde benzerlik göstermektedirler.

Malezya nehirlerine en uygun olan ve buralarda en yaygın olarak kullanılan ürün, genellikle bahçe işlerinde, süs bitkilerinde, çamaşırhanelerde, balık havuzlarında vb. kullanılan EMAS EM1 olarak bilinmektedir. EM1, EMAS üretimi için istenilen orijinal solüsyondur. Bu, mikro organizmalar canlı ancak hareketsiz iken mayalanmış EM'nin sıvı bir konsantresidir. Mikro organizmalar aktif hale getirmek için konsantre solüsyonun su ile seyreltilmesi gerekmektedir ve gıda kaynağı olarak hareket

eden belli miktarda melas ekleyerek de aktif hale getirme işlemine devam edilebilir. Esasen, etkinleştirilmiş EM süspansiyonu (EMAS) melas (şeker kamışı) ve klorsuz su ya da pirinç durulama suyunda (mikro organizmaların çoğalması için mineraller sağlayan) bulunan EM'nin bir karışımıdır. Ürün, 20 C° ve 35 C° arası sıcaklıkta olan bir yerde saklanır. Mayalanma süreci, ikinci günden sonra başlar ve EMAS kuluçka döneminin 7 – 10 günü içerisinde kullanıma hazır olur. Bu zaman diliminde, süspansiyonun 3.5 – 4.0 arasında bir pH değeri vardır, hoş bir koku – mayhoş bir koku yayar, sarımsı kahverengi bir renktedir ve iki hafta içerisinde kullanılması gerekir.

Malezya’da su arıtma ve sürdürülebilirlik projeleri, EMAS’ın sulaması ya da püskürtmesi aracılığıyla ya da EM çamur topraklarına işleme ile olmaktadır. Ancak kampanyaların çoğu EM çamur topraklarını toplumun aktif bir şekilde katılımını çekmek için kullanılmaktadır. EM çamur toprakları, adi kili, kırmızı toprağı ya da üst toprağı, EMAS ile karıştırılarak bunları baştan sona yoğurarak ve tenis topu boyutuna getirerek elde edilirler. Bazı çamur topraklarının pirinç kepeğı, küspe, balık unu, bıçkı tozu vb. kullanılarak yapılan mayalanmış organik madde olan ek bir Bokashi karışımı vardır. “Mayalanmış organik madde” anlamına gelen Japonca bir kelime olan Bokashi, toprakların mikrobiyal çeşitliliğini arttırmak ve mahsullere besin öğeleri tedarik etmek için geleneksel toprak iyileştirme olarak Japon çiftçiler tarafından kullanılmaktadır (Kurihara, 1990). Yaklaşık bir haftalık kurulamadan sonra, çamur toprakları kullanıma hazır hale gelirler.

Bütün projeler için çamur topraklarının ana amaçları, su yosunlarının büyümesini durdurmak, çamur tortuları parçalamak, hastalık mikroplarını temizlemek ve yüksek seviyede amonyak, hidrojen sülfid ve metandan kaynaklanan kötü kokan kokuları yok etmekten oluşur. Bunlara ek olarak, askıdaki katı maddelerin (SS), çözülmüş oksijen (DO), kimyasal oksijen gereksinimi (COD), biyolojik oksijen gereksinimi (BOD) ve pH’ın toplam düzeylerinin kontrol edilmesi amacıyla araştırma ve geliştirme faaliyetleri de yapılmaktadır. EM Teknolojisi, ölü nehirleri canlandırmak ümidiyle geleneksel kimyasal esaslı solüsyonlara bir alternatif olarak kullanılmaktadır. Toplumunu eğiterek ve özel sektörleri EMAS ve EM çamur topağı kullanımına dahil ederek, hükümet nehir su kalitesini iyileştirmede herkesin kendine düşen rolleri yerine getirmesi için bir farkındalık yaratmayı ummaktadır. İlk düşünce, bütün bireylerin evde özellikle EMAS’ı kullanmalarını sağlamak ve daha sonra bunu drenlere boşaltmak ve daha sonra da solüsyonu drenlerden nehirlere boşaltmak ve böylece bu işlem esnasında dolaylı olarak suların temizlenmesidir.

#### 4. İYİLEŞTİRMENİN İLK AŞAMALARI

Malezya’daki nehir sistemleri, su kaynakları sisteminin bölünmez bir parçasıdır. Malezya’da işlenmemiş su tedarik edilmesinin yüzde 90’ından fazlasına katkıda bulunan 100’den fazla nehir sistemi vardır. Hızlı modernleşme ve endüstrileşme yılları, kaçınılmaz olarak nehir su kalitesinin ağır bir şekilde bozulmasına yol açmaktadır. Son zamanlarda EM, özellikle Asya bölgelerinde doğadaki suyu temizlemede başarılı bir silah haline gelmektedir. Bu, Malezya’da nehirleri kirleten maddelerin EM ile analiz edilmeye ve temizlenmeye başlanması sayesinde olmaktadır. EM teknolojisi 2008’de yılında dünya çapında farklı alanlarda uygulanmaktadır ve uygulanıyor durumdadır.

Perak eyaletinde Sungai Kelian’da 18 Aralık 2008 tarihindeki önceki girişimde, EM çamur topraklarının ilave edilmesinden altı ay sonra nehrin su kalitesini önemli ölçüde iyileştirdiği görülmüştür. Nehir çamur tortularından temizlenmiştir; aslında nehrin zemini deniz kumları ile doldurulmuş gibi görülmüştür (Şekil 3). Altı parametre (SS, DO, COD, BOD, amonyak azotu ve pH) üzerinden alınan ölçümler, su kalitesinin Sınıf IV’den (yalnızca sulama için uygun) Sınıf III’e (yalnızca yoğun arıtma ile su tedarik edilmesi) doğru iyileştirildiğini göstermektedir (STAR Online, Eylül 2009).

8 Ağustos 2009 tarihinde, “Toprak Ana için Bir Milyon Özür” adlı Penang eyaletinde kutlanan etkinlikte, su yaşamını yeniden canlandırmak amacıyla bir hareket ile Gurney Drive’ın kıyısına bir milyon EM çamur topağı atıldığı görülmüştür. Bu deneyim ayrıca 10, 000’den fazla insanın su kalitesini yönetmenin faydalarını fark etmelerini sağlayan ve programın sürdürülebilirliğini ve sürekliliğini devam ettiren bir gösteri olarak da görülmüştür. Penang eyaletinde, Penang Beceri Geliştirme Merkezi (PSDC), devam eden kirletmeyi azaltmanın sürdürülebilir bir aracı olarak EM’nin

kabul edilmesini sağlamak için 31 Ekim 2009 tarihinde Yeşeren Penang Girişimini yeni sunmuştur. Yeşeren Penang Girişimi aracılığıyla PSDC, çevre bölgeler arasında EM Etkin Solüsyonunun (EMAS) kabul edilmesini teşvik etmeyi ve bunu öğretmeyi amaçlamaktadır. Aynı zamanda Shangri – La, Penang'daki Golden Sands (Altın Kum) Toplanma Yeri, EM teknolojisi üzerinde çalışmak üzere Araştırma ve Geliştirme Merkezinin kurulması için Malezya'daki ilk toplanma yeri haline gelmiştir. “Kirlilikten Çözüme – Nehirleri Kurtarın Kampanyası” temalı toplanma yeri, kurumsal sosyal sorumluluk girişimi, buradaki misafirler arasında çamur topak yapma yarışması ile başlamıştır. Misafirler bu etkinliğe çevreye katkıda bulunmak için katılmışlardır ve Toplanma Yerinin civarındaki nehirleri temizlemek için bir saat içerisinde 1,407 çamur topak yapabilmışlardır. Toprak, EM işlemeli pirinç durulamalı su ve Bokashi kombinasyonundan yapılan karışım, toprakların nehre yavaş bir şekilde atılmıştır. Çamur topağı, çevrede mucizeler yaratan bir sihirli toprak olarak görülmüştür. Karışım, zararlı bakterileri yok etmede çok etkilidir ve Japonya'daki 150 nehri başarı ile temizlemek üzere kullanıldığı iddia edilmiştir (STAR Online, Mart 2009). Toplanma Yeri, kirlenmiş nehri seçmeye ve ilk adım olarak EM çamur topraklarını kullanarak iyileştirilmesine yardımcı olmaya karar vermiştir. Bu, nehrin durumunu iyileştirmek ve son olarak bunu korumak için herkesin işbirliğine gereksinim duyulan toplanma yerinin girişiminin bir bölümüdür.

Sekolah Kebangsaan Seri Kelena okulu öğrencileri tarafından yapılan pilot proje de, suyun eko sistemini temizlemenin ve muhafaza etmenin bir girişimi olarak göllere 1, 100 EM çamur topağı atmaya başlamışlardır. “Yeşil & Küresel” temalı etkinlik, Motorola Malezya çalışanlarının ve okulun Akıllı Rangerlarından 27 öğrenci toprak, mayalanmış pirinç kepeği ve EM solüsyonundan oluşan EM çamur topraklarını yaptıkları çalışma atölyesinde ellerini kirlenmişlerdir. Çamur toprakları atılmadan önce, su kalitesini ve berraklığını iyileştirmek ve eko sistemi yeniden canlandırmak için göle EM Solüsyonu dökülmüştür. Daha sonra çamur topraklarının çamur tortusunu azaltmaya, göldeki kokuyu yok etmesine ve su yosunlarının büyümesini kontrol altına almasına yardımcı olacaklarına inanılmıştır. Önümüzdeki iki ay içerisinde diğer 2, 200 çamur toprakları göle konulmuştur çünkü araştırmacılara göre her bir metre kare için bir çamur topağına ihtiyaç vardır ve bu etkinliğin yapıldığı gölün boyutu 1, 100 metre karedir. Su kalitesinin etkinliğini ve iyileştirilmesine dair bir değerlendirme yapım aşamasındadır. Ancak Küresel Hizmet Günü hükümetin daha iyi eğitim, sosyal destek ve çevremizin korunması hedefine ulaşmıştır (Malay Mail Online, 2009).

25 Ocak 2010 tarihinde, Go Green Team adlı bir grup Malezya Ulusal Hayvanat Bahçesinde 3 İngiliz dönümlük kirlenmiş gölü iyileştirmek üzerine bir çevre ıslahı başlatmışlardır (EM Araştırma Örgütü, 2010). Misyona, yüzlerce ziyaretçiye hoş bir görüntü sunarak gölde ve çevresinde daha sağlıklı daha temiz sürdürülebilir bir çevre oluşturmaktır. Suyun kalitesini iyileştirerek gölü canlandırmak için Go Green takımı EM teknolojisini kullanmıştır. Kanıtlanmış su arıtma özellikleri ile çamur toprakları Tabii Kaynaklar ve Çevre Bakanlığının desteği ile test edilmiştir. Önceki başarılı projeler ile yararlı mikroplar içeren EMLer, suyun temiz ve kokusuz kalacağını göstermek ve kanıtlamak üzere yeniden test edilmektedirler. Çamuru ve bulanıklığı azaltmanın yanı sıra organik maddelerin analiz edilmesi ve kötü bakterilerin yok edilmesi ile mekanizma, hayvanat bahçesindeki hayvanların gölde iyi, temiz su içinde yaşamalarına ve gölden iyi ve temiz su içmelerine olanak verecektir. Bu özel program gönüllülerin binlerce çamur toprakları yapmasına, bunları birkaç haftalığına mayalamaya ve bunları göle bırakmaya olanak verecektir. Bu girişim aslında çevrenin korunması ve bu şekilde muhafaza edilmesine dair farkındalık yaratmaktadır ve diğerlerinin sağlıklı, temiz ve sürdürülebilir çevreler yaratmasına yardımcı olacak bir örnek teşkil etmektedir. Higa & Chinen'e (1998) göre, EM teknolojisi ulanmanın asıl amacı, bunun laktik asit bakterileri olan EM türlerinden birisi olmasından dolayı çeşitli organik asitler içeriyor olmasıdır. Bakteri salgılayan organik asitler, anti oksidanlar ve metal kelenlar antioksidan çevre yaratmaktadır ve bu yüzden temiz suyun temeli olan katı – sıvı ayrımını geliştirmeye yardımcı olmaktadır.

## 5. SÜRDÜRÜLEBİLİR SU KAYNAKLARI YÖNETİMİ VE EM TEKNOLOJİSİ

Su kaynakları, insan sağlığı ve doğal çevre için çok önemlidirler ve ekonomik büyüme ve kalkınmada kilit bir rol oynamaktadırlar. Suya dair artan talebi karşılamak, günümüzde su kaynakları yönetiminin ana amacı haline gelmiştir. Küresel olarak, temiz su talebi gitgide artmaktadır ve bunun yeterli

düzeyde tedarik edilmesinin çok önemli olduğu düşünülmektedir çünkü kirlenmeden dolayı suyun kalitesi düşmektedir. Su kalitesinin düşmesi, su kıtlığı yaratır ve insanların kullanımı ve eko sistem için suyun bulunmasını kısıtlar ve böylece su kaynaklarının en iyi şekilde yönetilmesini etkiler (Rao ve Mamatha, 2004). Bu bağlamda, kamu sağlığını ve eko sistemleri korumak için nehirlerde, göllerde, havzalarda ve benzeri yerlerde istenilen miktarda su kalitesinin korunması gerekmektedir (Sevionovic, 1997). Bu amaçla, su ile ilgili mercilerin çevre koruması ve ekolojik iyileştirmenin yanı sıra artan endüstriyel, konutsal ve tarımsal talebi karşılaması gerekmektedir (Xu ve diğerleri, 2002). Çoğu nehrin gitgide bozulan su kalitesi, bölgesel sürdürülebilir gelişmeyi engelleyebilecek ciddi çevre sorunlarına neden olacaktır. Smith ve Zhang (2004), su kalitesinin su sürdürülebilirliğinin en önemli parçalarından birisi olduğunu belirtmişlerdir ve sürdürülebilir su kaynakları yönetimine dair temel göstergelere genel bir bakış sağlamışlardır. Diğer kapsamlı çalışmalar da, su kaynakları yönetiminde sürdürülebilirlik konusunu belirtmişlerdir (Kranz ve diğerleri, 2004 ; Heintz, 2004).

Kirlenmiş su kalitesini iyileştirmek için biyolojik arıtmanın özellikle mikro organizmaların kullanılması etkilidir ve kimyasal arıtmalar ile karşılaştırıldığında daha düşük sermaye ve maliyete neden olduğu için yaygındır. Bu yüzden son yıllarda, çevresel ve ekonomik olarak en iyi alternatif seçene olarak su için biyolojik arıtma tekniklerinin kullanımına gitgide artan bir ilgi görülmektedir. EM teknolojisi, su kalitesini iyileştirmek için düşük maliyetli bir alternatiftir ve suyun kimyasal ve fiziki özelliklerini iyileştirme potansiyeli çok yüksektir. Bu teknoloji aracılığıyla, su yaşamları ve eko sistemlerini canlandıran kirlenmiş ve bozulmuş su yapılarının iyileştirilmesi, kesinlikle ilgili bölgede sürdürülebilir su kaynakları yönetimine neden olacaktır. Ayrıca, EM'nin tarım, hayvan yetiştirme, doğal tarım, çevre yönetimi, yapımı, insan sağlığı ve hijyen, endüstriyel ve toplumsal faaliyetleri yaratma potansiyeli de çok iyi fark edilmiştir ([www.ibiblio.org](http://www.ibiblio.org)).

EM teknolojisini kullanarak, kirlenmiş su kaynaklarının suyu iyileştirilebilir ve su tedarik kaynağına dönüştürülür. Toplumun ve ekonominin gelişmesi ile çoğu nehrin çeşitli oranlarda kirlendiğini ve su kaynaklarının en uygun şekilde yönetilmesini engellediğini gösteren gitgide artan kanıtlar vardır. Bu durumda EM teknolojisi, yöneticilere ve politika yapıcılara su iyileştirme tedbirlerine karar vermede ve farklı kullanıcılar arasında su dağılımında bazı düzenlemeler yapmalarında yardımcı olacaktır. Buna ek olarak, EM esaslı su kalitesi iyileştirme tekniklerinin kullanılması ile, yeni ve alternatif su tedarik kaynakları (örn; atık suyun yeniden kullanılması ve suyun geri dönüşümü ve marjinal kaliteli su kullanımı) geliştirilebilir. Bu yüzden, su kalitesinin ve miktarının en uygun şekilde dağılımı, artan konutsal, endüstriyel ve tarımsal talebi karşılamaya ve Malezya'da su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin sağlanmasına yardımcı olacaktır. Bu yalnızca mevcut artan temiz su talebini karşılamakla kalmayıp, ayrıca gelecek için temiz su kaynaklarının uzun süreli var olmasına da katkıda bulunacaktır.

## **6. SÜRDÜRÜLEBİLİR SU KAYNAKLARI MODELLEMESİNE DAİR GÖRÜŞLER**

Bugünlerde, su kaynaklarının kıt hale gelmesi ve kalitelerinin bozulması ile nehir havzalarının çok amaçlı yapılarının ve bunların sürdürülebilir yönetiminin iyice anlaşılması çok önemli hale gelmiştir. Su kaynakları sürdürülebilir modellemesi son zamanlarda çok büyük dikkat çekmektedir ve bazı çalışmalar, nehir havzasının uzun dönemli en uygun modeli ile birleştirilecek özel sürdürülebilirlik kriterlerini belirtmektedirler (Cai ve diğerleri, 2002).

Su kaynakları sisteminin sürdürülebilirliğini değerlendirmek için Xu ve diğerleri (2002), Çin'deki Yellow (Sarı) Nehir için çeşitli su – tedarik senaryoları bulmak için Su Kaynakları Sistemi Dinamikleri (WRSD) modelini ve sürdürülebilirlik endeksini geliştirmişlerdir. Yazarlar, sistem dinamikleri yaklaşımının temel elementlerinin farklı değişikliklerinin gelecekte sistemin dinamiklerini nasıl etkileyeceğini göstermek için daha faydalı olacaklarını önermektedirler.

Benzer şekilde, su kaynaklarının EM esaslı sürdürülebilirliği göz önünde bulundurulduğunda, su kaynakları planlaması için, Malezya'Daki özel bir nehir havzasında su kaynakları sisteminin sürdürülebilirliğini değerlendirmek amacıyla Xu ve diğerleri (2002) tarafından açıklanan bir sistem dinamiği modeli kabul edilebilir. Sistem dinamiği simülasyonu, sistem yapısının açıklanmasına yardımcı olan, birçok sistem parçaları arasındaki geri besleme ilişkilerinin daha açık bir şekilde

birleştiren ve model geliştirme sürecinde paydaşların katılımını destekleyen bir araçtır. EM esaslı su kalitesi iyileştirmesi aslında su kullanımı için su kalitesi ve miktarı aynı derecede önemli olduğu için sürdürülebilir bir şekilde suyu değerlendirmeye yardımcı olabilecek yaklaşımların geliştirilmesine paydaşların katılımını da öngörmektedir. Su kaynakları alanında sistem dinamiği yaklaşımının bazı uygulamaları, nehir havzası planlamasını (Palmer ve diğerleri, 1999), uzun dönemli su kaynakları planlamasını ve politika analizini (Simonov ve Fahmy, 1999) ve havza işletilmesini (Ahmad ve Simonovic, 2000) içermektedirler.

WRSD modelini uygulamak ve test etmek amacıyla, su kalitesi parametreleri ve hedef nehir havzasında sürdürülebilirlik konusunu ele almak için kirlilik değerlendirme üzerine veriler önemlidir. Su kalitesi parametrelerinin gerçek zamanlı izlenmesi üzerine veriler, nehir havzası içerisinde çeşitli yerlere yerleştirilmiş su kalitesi gözlemleme istasyonlarından elde edilebilir. Standart yaklaşımları müteakiben, temel (EM öncesi) veriler, DO, BOD, COD, SS, NH<sub>3</sub> – N, PO<sub>4</sub>, sıcaklık, pH, bulanıklık, iletkenlik ve benzeri gibi belli önemli parametreler üzerinde elde edilebilirler. Bunun akabinde, EM uygulandıktan sonra kirliliğin azalması üzerine veriler de, su kirliliği düzeyindeki azalmayı bilmek için kayıt altına alınabilirler. Aylık sıklık ile bu sistematik izleme, EM esaslı su kalitesi iyileştirmeleri hakkında faydalı bilgiler sağlayabilirlerken, su tedarik edilmesinin sürdürülebilirliği konusu bölge için çeşitli tedarik senaryoları bularak ele alınabilir. Hedef nehir havzasında su kaynaklarının sürdürülebilirliği, artan konutsal, endüstriyel ve tarımsal talebi karşılamak ve Malezya’da su kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlamak üzere olası yollar önermek için analiz edilebilir.

## **7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Bakterileri tehlike olarak algılamak, günümüzde yaşamın temel unsuru olarak mikrobiyal dünyaya dair daha büyük farkındalık yaratmaya neden olmaktadır. EM teknolojisi ve Dr. Teruo Higa’nın felsefeleri, gerçekten sürdürülebilir teknolojilerin başarılı bir şekilde uygulanmalarını gösteren bir model olarak kullanılmaktadırlar. Malezya’da EM teknolojisi, kirli sudaki besin (nütrient) seviyesini azaltma ve su kalitesini iyileştirme potansiyeli ile çok büyük dikkat çekmektedir. Malezya hükümeti, sürdürülebilir kalkınmanın temelini oluşturmada çevre farkındalığının en önemli öge olduğunu fark etmiştir ve nehirlerimize ve sulak alanlarımıza çorak bölgeler olarak davranılmaya ve buralar sürekli taşkın alanına dönmeden önce bir tedbir almaya başlamaya teşvik etmektedir.

Yerel olarak kabul edilen EMAS ve EM çamur toprakları, su kirlen maddeleri azaltmada ve böylece nehirlerimizde ve drenlerimizde su kalitesini iyileştirmede çevresel çözümlerden birisi olarak ortaya çıkmışlardır. Ülke çapında projelerin sonuçları, nehir korumasından EM teknolojisinin etkinliğini göstermektedir ve nehrimizin yapısını iyileştirmeye, güçlendirmeye ve sürdürmeye yardım etmede Malezya’da EM teknolojisinin yayılması için bir temel olarak sürekli kullanılacaktır. EM’nin kullanımı kolay ve rahattır, ve EM güvenli, zararsız, düşük maliyetli ve ekonomik olarak etkin bir teknolojidir ve bu da bu teknolojinin uygulanmasının etkinliğini arttırmaktadır. Üstelik, nehir havzasının su kirliliği seviyesinin düzenli olarak izlenmesi, uygun arıtma işlemleri ve su kaynakları yönetiminde toplumunda yer alması kesinlikle yöneticilere su kaynaklarının sürdürülebilirliği ve yönetimi konularında iyi kararlar almalarına yardımcı olacaktır.