

TÜRKİYE'DE VE İSRAİL'DE YAPAY SULAK ALANLAR İLE ATIKSU ARITIMI VE ATIKSUYUN SULAMA AMAÇLI OLARAK TEKRAR KULLANIMI

CONSTRUCTED WETLANDS AND RE-USE OF WASTE WATER FOR THE IRRIGATION IN TURKEY AND ISRAEL

تنقية المياه القذرة واعادة استعمالها لأغراض الإرواء
في كل من تركيا واسرائيل باستخدام المساحات المائية الإصطناعية

ORTADOĞU STRATEJİK ARAŞTIRMALAR MERKEZİ
CENTER FOR MIDDLE EASTERN STRATEGIC STUDIES
مركز الشرق الأوسط للدراسات الاستراتيجية



TÜRKİYE'DE VE İSRAİL'DE YAPAY SULAK ALANLAR İLE ATIKSU ARITIMI VE ATIKSUYUN SULAMA AMAÇLI OLARAK TEKRAR KULLANIMI

CONSTRUCTED WETLANDS AND RE-USE OF WASTE WATER FOR THE IRRIGATION IN TURKEY AND ISRAEL

تنقية المياه القذرة وإعادة استعمالها لأغراض الإرواء
في كل من تركيا واسرائيل باستخدام المساحات المائية الاصطناعية

ORSAM Rapor No: 78
ORSAM Su Araştırmaları Programı Rapor No: 8

Eylül 2011

ISBN: 978-9944-5684-4-9

Ankara - TÜRKİYE ORSAM © 2011

Bu raporun içeriğinin telif hakları ORSAM'a ait olup, 5846 Sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu uyarınca kaynak gösterilerek kısmen yapılacak makul alıntılar ve yararlanma dışında, hiçbir şekilde önceden izin alınmaksızın kullanılamaz, yeniden yayımlanamaz. Bu raporda yer alan değerlendirmeler yazarına aittir; ORSAM'ın kurumsal görüşünü yansıtmamaktadır.



STRATEJİK BİLGİ YÖNETİMİ, ÖZGÜR DÜŞÜNCE ÜRETİMİ

ORTADOĞU STRATEJİK ARAŞTIRMALAR MERKEZİ

Tarihçe

Türkiye’de eksikliği hissedilmeye başlayan Ortadoğu araştırmaları konusunda kamuoyunun ve dış politika çevrelerinin ihtiyaçlarına yanıt verebilmek amacıyla, 1 Ocak 2009 tarihinde Ortadoğu Stratejik Araştırmalar Merkezi (ORSAM) kurulmuştur. Kısa sürede yapılanan kurum, çalışmalarını Ortadoğu özelinde yoğunlaştırmıştır.

Ortadoğu’ya Bakış

Ortadoğu’nun iç içe geçmiş birçok sorunu barındırdığı bir gerçektir. Ancak, ne Ortadoğu ne de halkları, olumsuzluklarla özdeşleştirilmiş bir imaja mahkum edilmemelidir. Ortadoğu ülkeleri, halklarından aldıkları güçle ve iç dinamiklerini seferber ederek barışçıl bir kalkınma seferberliği başlatacak potansiyele sahiptir. Bölge halklarının bir arada yaşama iradesine, devletlerin egemenlik halklarına, bireylerin temel hak ve hürriyetlerine saygı, gerek ülkeler arasında gerek ulusal ölçekte kalıcı barışın ve huzurun temin edilmesinin ön şartıdır. Ortadoğu’daki sorunların kavranmasında adil ve gerçekçi çözümler üzerinde durulması, uzlaşmacı inisiyatifleri cesaretlendirecektir. Sözkonusu çerçevede, Türkiye, yakın çevresinde bölgesel istikrar ve refahın kök salması için yapıcı katkılarını sürdürmelidir. Cepheleşen eksenlere dâhil olmadan, taraflar arasında diyalogun tesisini kolaylaştırmaya devam etmesi, tutarlı ve uzlaştırıcı politikalarıyla sağladığı uluslararası desteği en etkili biçimde değerlendirebilmesi bölge devletlerinin ve halklarının ortak menfaatidir.

Bir Düşünce Kuruluşu Olarak ORSAM’ın Çalışmaları

ORSAM, Ortadoğu algılamasına uygun olarak, uluslararası politika konularının daha sağlıklı kavranması ve uygun pozisyonların alınabilmesi amacıyla, kamuoyunu ve karar alma mekanizmalarına aydınlatıcı bilgiler sunar. Farklı hareket seçenekleri içeren fikirler üretir. Etkin çözüm önerileri oluşturabilmek için farklı disiplinlerden gelen, alanında yetkin araştırmacıların ve entelektüellerin nitelikli çalışmalarını teşvik eder. ORSAM; bölgesel gelişmeleri ve trendleri titizlikle irdeleyerek ilgililere ulaştırabilen güçlü bir yayım kapasitesine sahiptir. ORSAM, web sitesiyle, aylık Ortadoğu Analiz ve altı aylık Ortadoğu Etütleri dergileriyle, analizleriyle, raporlarıyla ve kitaplarıyla, ulusal ve uluslararası ölçekte Ortadoğu literatürünün gelişimini desteklemektedir. Bölge ülkelerinden devlet adamlarının, bürokratların, akademisyenlerin, stratejistlerin, gazetecilerin, işadamlarının ve STK temsilcilerinin Türkiye’de konuk edilmesini kolaylaştırarak bilgi ve düşüncelerin gerek Türkiye gerek dünya kamuoyuyla paylaşılmasını sağlamaktadır.

ORSAM SU ARAŞTIRMALARI PROGRAMI



Program Hakkında

Su, sadece insanlar için değil ekosistemi oluşturan tüm bitki ve hayvanlar için yeri doldurulamaz, değerli, yaşamın devamlılığını sağlayan en önemli elementlerden biridir. Yeraltı ve yüzey sularından; tarım, taşıma, madencilik, endüstriden içme suyuna kadar, ekonomik amaçlar da dâhil olmak üzere pek çok alanda istifade edilmektedir. Ancak su kaynakları üzerinde, gerek insan faaliyetleri gerek doğanın yarattığı değişimler nedeniyle çift yönlü bir baskı vardır. Özellikle su sıkıntısı olan bölgelerde aşırı nüfus artışı, kırsal kesimden şehirlere doğru artan göç ve bunun sonucunda oluşan nüfus değişimleri, gıda güvenliği, sosyo-ekonomik refahın artması, tarımsal, evsel ve sanayi kaynaklı kirlilik, küresel iklim değişikliği sonucu yağış rejimlerinin değişmesi, hidrolojik döngünün tüm elemanlarını etkilemektedir. Bunun sonucunda su kaynakları gün geçtikçe hem miktar hem de kalite açısından değişime uğramaktadır. Suyun arzı ile tüketim talebi arasındaki uçurum her geçen gün büyümektedir. Su kaynaklarının yönetimine ilişkin sorunlar yaşanırken, çevre sorunlarının da su kaynakları üzerindeki etkisi her geçen gün artmaktadır. Türkiye ve yakın çevresi, ama bilhassa Ortadoğu, söz konusu sorunların en fazla hissedildiği bölgelerdendir.

Diğer taraftan, su kaynağı potansiyelinin yüzde 40'tan fazlası sınıraşan su havzalarında yer alan Türkiye'nin, özellikle Fırat-Dicle Havzaları kıyıdaşı olan komşularıyla ilişkileri büyük önem arz etmektedir. Gerek Türkiye'nin gerek bölge ülkelerinin, bölgesel istikrar ve refahın artışı ile komşuluk ilişkilerinin derinleştirilmesi yönünde harcadığı çabaların hedefine ulaşmasında, su kaynaklarının kullanımı konusunda bilgiye dayalı, iyi niyetli ve aktif bir işbirliği içinde olunması tüm taraflar için elzemdir. Ek olarak, Türkiye'nin, Avrupa Birliği adaylığı sürecinde AB Su Çerçeve Direktifi'ni kendi ulusal mevzuatı ile uyumlaştırma gündemi, önümüzdeki dönemde su politikalarının yeni bir içerik kazanmasını beraberinde getirecektir.

Bu etkenler doğrultusunda, dünyadaki ve Türkiye'nin yakın çevresindeki su gündemine ilişkin güncel gelişmelerin ve su politikalarıyla ilgili trendlerin izlenmesi, elde edilen verilerin analiz edilmesiyle ortaya çıkan aydınlatıcı bulguların kamuoyuna ve karar alıcılara sunulması amacıyla ORSAM bünyesinde 1 Ocak 2011'de "ORSAM Su Araştırmaları Programı" kurulmuştur.

Ortadoğu'da, gerek iklimsel şartlar gerek kaynakların verimsiz kullanımı nedeniyle hidrolojik su bütçesindeki sıkıntıların ve buna bağlı olarak da politik, ekonomik ve toplumsal sorunların büyük artış göstermesi nedeniyle, ORSAM Su Araştırmaları Programı çalışmalarında Ortadoğu bağlantılı konulara öncelik verilmiştir.

ORSAM Su Araştırmaları Programı, su politikaları konusunda farklı hareket seçenekleri içeren fikirler üretmeyi, etkin çözüm önerileri oluşturabilmek için farklı disiplinlerden gelen, alanında yetkin araştırmacıların ve entelektüellerin nitelikli çalışmalarını teşvik edip çeşitlendirmeyi, Türkiye'deki su çalışmalarını literatürünün gelişiminin desteklenmesini amaç edinmiştir.

ORSAM Su Araştırmaları Programı bu kapsamda, bölge ülkelerinde su çalışmalarıyla ilgili olan akademisyenler, sivil toplum örgütü temsilcileri, bürokratlar, devlet adamları, stratejistler, gazeteciler ve işadamlarının Türkiye'de konuk edilmesini kolaylaştırarak, bilgi ve düşüncelerinin gerek Türkiye gerek dünya kamuoyuyla paylaşılmasını sağlamayı da hedeflemektedir.

TAKDİM

Küresel ısınma, nüfus artışı, şehirleşme ve artan gıda ihtiyacı Dünya’da kısıtlı olduğu bilinen su kaynakları üzerinde baskı yaratmaktadır. Miktar açısından sıkınsı yaşanan su kaynaklarının kirliliği ve atıksular ayrı bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Atıksular, evsel, sanayi ve tarım faaliyetleri sonucu alıcı ortamlara bırakılmaktadır. Özellikle arıtılmamış atıksular, toprak ve su kaynaklarının kirliliğine sebep olmaktadır. Atıksu arıtımı çevre kirliliğinin önlenmesi açısından büyük önem arz etmektedir.

Atıksu arıtımında atıksu arıtma tesisleri veya doğal arıtma yöntemleri kullanılmaktadır. Dr. Ebru Yıldız’ın hazırladığı bu çalışmada nüfusu küçük yerleşim yerlerinde Avrupa ve ABD gibi gelişmiş ülkelerde de kullanılan yapay sulak alanlara incelenmiştir. Öncelikle, doğal arıtma yöntemlerinin anlatıldığı bu çalışmada yapay sulak alanlar tüm özellikleri ve teknik detayları ile ele alınmıştır. Arıtma tekniklerini detaylandıran bu çalışmada yapay sulak alanlarda kullanılan bitki türlerine, yapay sulak alanların avantajları ve dezavantajlarına yer verilmiştir. Yapay sulak alanların atıksu arıtımı ile ilgili teknik detaylar verildikten sonra, Türkiye ve İsrail’de yapılmış olan yapay sulak alanlar ile ilgili örnek çalışmalara yer verilmiştir.

Ülkemiz literatüründe çok nadir olarak ele alınan bu konunun önemi gün geçtikçe artacaktır, Sayın Dr. Ebru YILDIZ’a hazırladığı bu rapor için teşekkür ederiz. ORSAM Su Araştırmaları Programı bünyesinde önümüzdeki dönemlerde farklı konu başlıklarında yeni çalışmalar sunmayı hedeflenmektedir. Tüm bu çalışmalar hakkında her türlü görüş ve önerilerinize açık olduğumuzu yinelemek isteriz.

Saygılarımla,

Hasan KANBOLAT
ORSAM Başkanı

İçindekiler

Takdim.....	4
Özet	7
Giriş	8
1. Doğal Arıtma Yöntemleri.....	9
2. Yapay Sulak Alanlar.....	11
2.1. Serbest Yüzeyle Yapay Sulak Alanlar	13
2.2. Yüzeyle Akışlı Yapay Sulak Alanlar	14
2.3. Yapay Sulak Alanlarda Kirletici Giderimi	16
2.3.1. Fiziksel Atıksu Arıtımı.....	16
2.3.2. Kimyasal Atıksu Arıtımı.....	16
2.3.3. Biyolojik Atıksu Arıtımı	16
2.3.4. Patojen Bakterilerin Giderimi.....	19
2.3.5. Toksin Giderimi	19
2.4 Yapay Sulak Alanlarda Kullanılan Sucul Bitkiler	19
2.5. Yapay Sulak Alanların Avantajları.....	20
2.6. Yapay Sulak Alanların Dezavantajları	20
2.7. Yapay Sulak Alanlarda Kullanılabilecek Ağaç Türleri.....	21
3. İsrail’de Yapay Sulak Alan Uygulamaları.....	23
4. Türkiye’de Doğal Arıtma ve Yapay Sulak Alan Uygulamaları.....	33
5. İsrail ve Türkiye’de Arıtılmış Suyun Sulamada Yeniden Kullanımı	39
6. Sonuçlar.....	52
7. Referanslar	52

Hazırlayan: Dr. Ebru Yıldız
İnşaat Yüksek Mühendisi

TÜRKİYE'DE VE İSRAİL'DE YAPAY SULAK ALANLAR İLE ATIKSU ARITIMI VE ATIKSUYUN SULAMA AMAÇLI OLARAK TEKRAR KULLANIMI

Özet

Küresel ısınma ve su kaynaklarının bilinçsizce tüketimi sonucunda tüm dünyada su sıkıntısı yaşanmaktadır. Bu raporda atık suyun çevreye zarar vermeyecek bir şekilde yapay sulak alanlar ile arıtımı ve arıtılmış suyun sulamada tekrar kullanımı hakkında bilgiler verilecek ve bu konuda Türkiye ve İsrail'de yapılan çalışmalara yer verilecektir.

Su sıkıntısının yanı sıra havanın, toprağın ve su kaynaklarının kirliliği de Dünya'da başlıca sorunlardan birisi haline gelmiştir. Arıtılmamış atıksular hiçbir işlem yapılmadan doğrudan araziye deşarj edildiğinde akarsuların ve toprağın kirliliğine sebep olmakta, topraktan sızarak yeraltısularının da su kalitesini bozmaktadır. Akarsulara doğrudan deşarj edilen arıtılmamış atıksular akarsular ile denizlere taşınarak akarsuların denize karıştığı yerlerde deltaların ve kıyı sularının kirlenmesine sebep olmaktadır. Tüm bu nedenlerden dolayı atıksu arıtımı çevre kirliliğinin önlenmesi bakımından çok önemlidir.

Atıksu arıtımında atıksu arıtma tesisleri veya doğal arıtma yöntemleri kullanılmaktadır. Nüfusun ve debinin fazla olduğu yerlerde aktif çamur, uzun havalandırmalı aktif çamur, stabilizasyon havuzu, ardışık kesitli reaktör, damlatmalı filtre ve membran sistemleri atıksu arıtma tesislerinde arıtma yöntemleri olarak kullanılmaktadır. Özellikle Ortadoğu ülkelerinde deniz suyundan içmesuyu olarak elde edilmesinde de kullanılan ters ozmoz yönteminin de bulunduğu membran sistemleri atıksu arıtımında da kullanılmaktadır. Ancak membran sistemleri Avrupa ve ABD'de bile kullanımı yaygın olmayan pahalı metotlardır. Aktif çamur yöntemi atıksu arıtma tesislerinde kullanılan en yaygın atıksu arıtma yöntemlerinden birisidir. Ancak atıksu arıtma tesisleri enerji, işgücü ve yüksek yatırım maliyeti gerektiren pahalı sistemlerdir. Atıksu arıtma tesisi inşa etmeye mali kaynakları elverişli olmayan ülkeler doğal atıksu arıtma yöntemlerini tercih etmektedirler. Ayrıca doğal atıksu arıtma yöntemlerinden olan yapay sulak alanlar nüfusu küçük yerleşim yerlerinde Avrupa ve ABD gibi gelişmiş ülkelerde de kullanılmaktadır. Bu çalışmada yapay sulak alanların atıksu arıtımı ile ilgili teknik detaylar verildikten sonra Türkiye ve İsrail'de yapılmış olan yapay sulak alanlar ile ilgili bilgiler verilecektir.

Arıtılmış atıksuyun sulamada kullanılması da su sıkıntısı çeken İsrail gibi ülkelerde yaygın olan bir yöntemdir. Türkiye'de de İller Bankası tarafından yaptırılmış olan bazı atıksu arıtma tesisi projelerinde de uzun havalandırmalı aktif çamur yöntemi ile ileri arıtma ve dezenfeksiyon işlemi uygulanan arıtılmış atıksular sulama amaçlı barajlara veya sulama havuzlarına deşarj edilmekte ve burada toplanan sular sulama suyu olarak kullanılmaktadır. Gelişmiş ülkelerde ileri arıtma ve dezenfeksiyon işlemi uygulanmış arıtılmış atıksular yeraltı suyunun suni beslenmesinde kullanılmakta ve akiferde yeraltı suyu ile karışan arıtılmış atıksu kuyular ile çekilerek sulama suyu olarak kullanılmaktadır.

Giriş

Su kaynaklarının hızla tüketilmesi ve su kaynaklarının kirliliği dünyamızı tehdit eden önemli sorunlardan birisidir. Arıtılmamış atıksular hiçbir işlem yapılmadan doğrudan araziye deşarj edildiğinde akarsuların ve toprağın kirliliğine sebep olmakta, topraktan sızarak yer altı sularının da su kalitesini bozmaktadır. Akarsulara doğrudan deşarj edilen arıtılmamış atıksular akarsular ile denizlere taşınarak akarsuların denize karıştığı yerlerde deltaların ve kıyı sularının kirlenmesine sebep olmaktadır.

Gelişen teknoloji ile birlikte her geçen gün yeni ve pahalı atıksu arıtma yöntemleri geliştirilmektedir. Bir atıksu arıtma tesisinin nitelikli insan gücü, işletme-yedek paręa-bakım onarım ve inşaat maliyetini karşılamak için bazı belediyeler kaynak bulmakta zorlanmaktadır. Bu yüzden düşük maliyetli doğal arıtma tekniklerinin geliştirilmesi çok önemlidir. Bu yüzden atıksu arıtımında konvansiyonel atıksu arıtma tesisleri ve membran teknolojileri gibi yüksek maliyetli atıksu arıtma yöntemleri yanında doğal arıtma yöntemleri de dünyada kullanılmaktadır.

Arıtılmış su tarımsal sulamanın yanı sıra endüstride soğutma suyu olarak, atıksu arıtma tesisi içinde bulunan kum filtrelerinin ve dekantörlerin yıkama suyu olarak, golf sahalarının, çim sahaların sulanmasında, toz kalkmaması için Şehir iği yolların sulanmasında, beton suyu olarak, Şehir iği süs havuzlarında ve tuvalet yıkama suyu olarak kullanılabilir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği (1991) atıksuyun Türkiye’de geri kullanımını hakkında detaylı teknik bilgileri vermektedir.

Atıksuyun tekrar kullanımı İsrail gibi biręok Ortadoğu ülkesinde kullanılmaktadır. Sulama suyu olarak arıtılmış suyun yeniden kul-

lanımının en yaygın olduğu yer İsrail’dir, İsrail atıksuların %75’ini geri kazanarak tekrar kullanmaktadırlar (Su ve Çevre Teknolojileri, 2007). Ayrıca İsrail’de sulama suyu olarak genellikle damla sulama ve çim gibi bitkilerin sulanmasında da yağmurlama sulama sistemi kullanılarak sulama suyu tasarrufu sağlanmaktadır. Ayrıca İsrail’de evlerde %10 su tasarrufu yapılarak yıllık 65-70 milyon m³ su tasarrufu sağlanmaktadır (Jerusalem Post, 2010; www.jpost.com 01.12.2010). Türkiye’de ise genellikle salma sulama tekniği kullanılmakla birlikte sulama suyu tasarrufu yapmak için yağmurlama ve damla sulama teknikleri ülkemizde gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır.

Arıtılmış atıksuyun sulamada kullanılmasına Türkiye’den örnek verilecek olursa İller Bankası tarafından yaptırılmış olan bazı atıksu arıtma tesisi projelerinde de azot ve fosfor giderimi yapılan uzun havalandırmalı aktif çamur yöntemi ile ileri arıtma yapılan ve dezenfeksiyon işlemi uygulanan arıtılmış atıksular sulama amaçlı olarak barajlara veya sulama havuzlarına deşarj edilmektedir. Örneğin Karadilli (Afyonkarahisar) atıksu arıtma tesisi projesinde uzun havalandırmalı aktif çamur yöntemi ile ileri arıtma yapılan ve dezenfeksiyon işlemi uygulanan arıtılmış atıksular bir havuzda toplanarak arıtma tesisi çevresinde bulunan ağaçların sulanmasında kullanılmaktadır. Bir diğer örnek olarak Pınarbaşı (Kayseri) atıksu arıtma tesisi projesinde ileri arıtılmış ve dezenfekte edilmiş arıtılmış atıksu civarda bulunan sulama amaçlı bir baraja deşarj edilecek, barajda depolanan su ile karıştırılarak sulamada kullanılması planlanmıştır. Pınarbaşı beldesinde başka bir alıcı ortam olmaması sebebiyle arıtılmış atıksuyun baraja gönderilmesi planlanmış ve bu konuda DSİ’den özel izin alınmıştır. Bu projede ana amaç arıtılmış suyun deşarj edileceği barajın su kalitesini bozmaması, arıtılmış suyun sulama suyu kriterlerini karşılamasıdır. Türkiye’den bir başka örnek olarak da Elmalı (Antalya) Atıksu Arıt-

ma Tesisi Projesi örnek verilebilir, bu projede bu yörede başka bir alıcı ortam olmaması sebebiyle ileri derecede arıtılmış ve dezenfekte edilmiş atıksu düdenlere deşarj edilerek yer altı suyu suni olarak beslenmektedir bu konuda da DSI'den özel izin alınmıştır. Arıtılmış suyun sulamada kullanımı konusunda Konya Su Kanalizasyon İdaresi'nin (KOSKİ) çalışmaları da örnek olarak verilebilir. KOSKİ'nin pilot çalışmalarında atıksu arıtma tesisinden alınan arıtılmış su içme suyu arıtma tesislerinde olduğu gibi kum filtrelerinden geçirilerek UV (ultraviyole) ışınlarıyla dezenfekte edilmekte ve refüj sulamasında kullanılmaktadır. Konya'da şehir içinde refüj sulamasında kullanılan arıtılmış su hattı "Mor Şebeke" olarak adlandırılmaktadır. Aynı şekilde İstanbul Su Kanalizasyon İdaresi (İSKİ)'nin de arıtılmış suyun sulamada kullanılması konusunda çalışmaları vardır. Sulamada kullanılacak olan arıtılmış suyun bulanıklılığının ve askıda katı madde miktarının azaltılması için $FeCl_3$ gibi kimyasal katkı maddeleri de kullanılabilir.

Gelişmiş ülkelerde ileri arıtma ve dezenfeksiyon işlemi uygulanmış arıtılmış atıksular yeraltı suyunun suni beslenmesinde kullanılmakta (örneğin ABD) ve akiferde yeraltı suyu ile karışan arıtılmış atıksu kuyulardan çekilerek sulama suyu olarak kullanılmaktadır. Örneğin İsrail'in Negev Bölgesinde Eilat Şehri Bölgesel Konseyine bağlı kibutzlarda akiferden ve arıtılmış deniz suyundan sağlanan suyun yanında yılda 6,5 milyon m^3 sulama suyu arıtılmış sudan sağlanmaktadır (Cicelsky, 2006). İsrail'den bir başka örnek olarak 1994'de Tel Aviv yakınlarında işletmeye alınan Dan Atıksu Arıtma Tesisi gösterilebilir. Bu atıksu arıtma tesisinden çıkan arıtılmış

sular ile binlerce hektar pamuk tarlası sulanabilmektedir.

Bu raporda ilk bölümde atık suyun çevreye zarar vermeyecek bir şekilde yapay sulak alanlar ile arıtımı teknik olarak anlatılacak, İsrail'de kullanılan yapay sulak alanlar ile Türkiye'de kullanılmakta olan yapay sulak alanlardan örnekler verilecektir. Ayrıca birinci bölümde yapay sulak alan inşa etme esasları da ele alınacaktır. İkinci bölümde ise atıksuyun geri kazanılarak sulamada kullanımı anlatılacak ve konu ile ilgili İsrail ve Türkiye'den örnekler verilecektir.

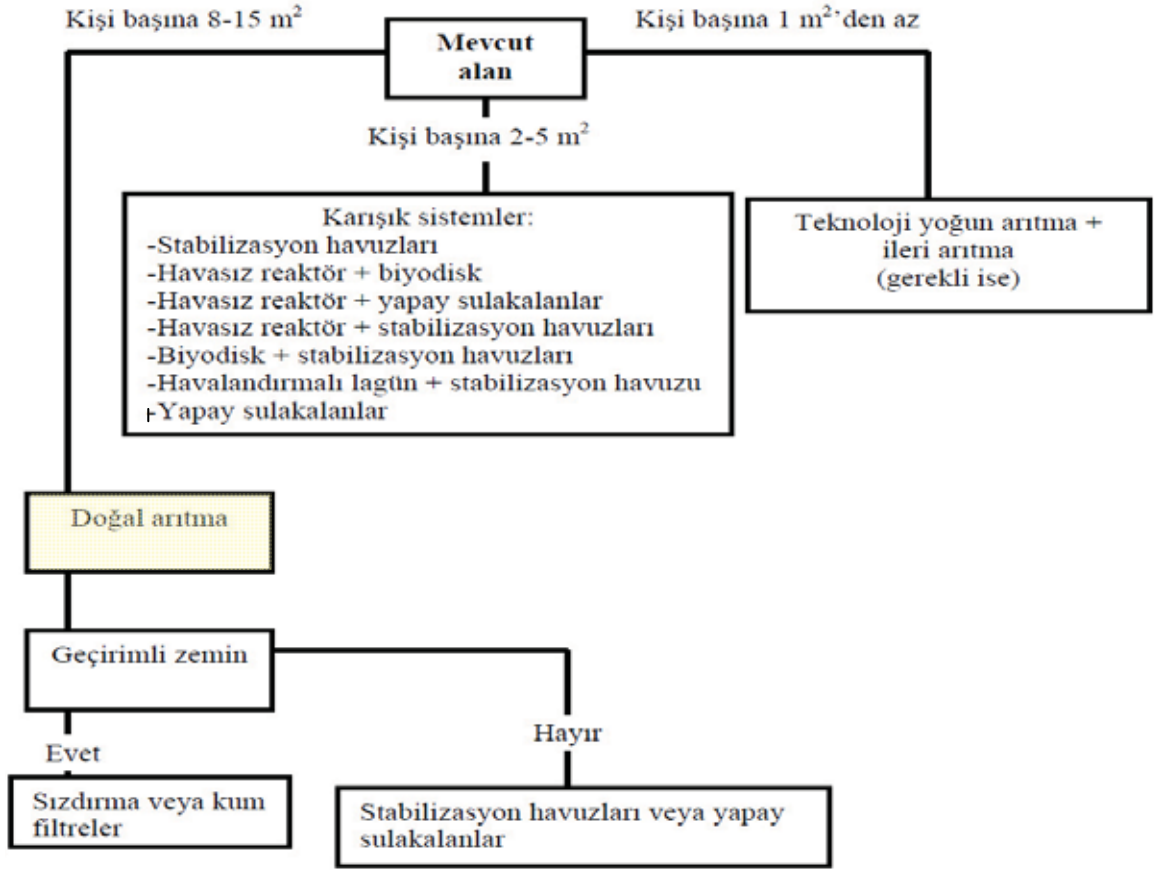
1. Doğal Arıtma Yöntemleri

Doğal arıtma doğal malzeme ve yöntemlerle yapılan atık su arıtma işleminin genel adıdır. Doğal arıtma sistemlerinde toprak, su, bitkiler, mikroorganizmalar ve atmosfer fiziksel, kimyasal ve biyolojik olaylarla sürekli olarak karşılıklı etkileşim halindedir. Nüfusu 500-2000 kişi arasında olan yerleşimler için uygun arıtmanın seçimi Şekil 1'de gösterilmiştir.

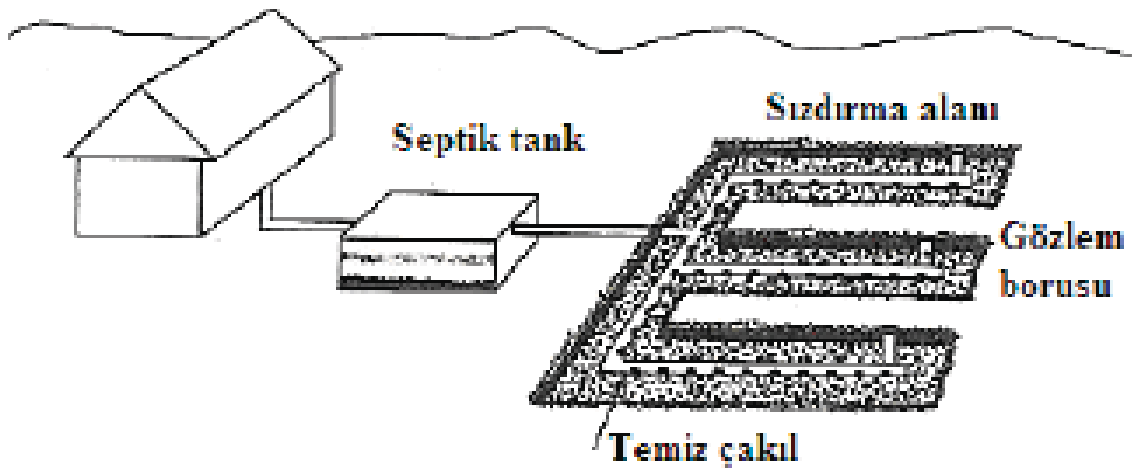
Atıksu arıtma tesisi kullanmadan doğal atıksu arıtma yöntemleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Atık suyu yeraltına sızdırma havuzları
- Atık suyu buharlaştırma havuzları
- Atık suyu direkt olarak eğimli araziye bırakma
- Stabilizasyon havuzları
- Yapay sulak alanlarda atık su arıtımı (Atken ve Atken, 2008)

Şekil 2'de atık suyu yeraltına sızdırma havuzları gösterilmiştir.



Şekil 1. Nüfusu 500-2000 kişi arasında olan yerleşimler için uygulanabilecek arıtma yöntemleri (Köse ve Yıldız, 2009)



Şekil 2. Atık suyu yeraltına sızdırma havuzları (Balman ve Balman, 2002)

Atık suyu yeraltına sızdırma havuzları içme suyu kaynaklarına yeterince uzakta olmak koşulu ile alüvyonlu zeminlerde kullanılır. Bu yöntem Hindistan ve Pakistan gibi ülkelerde kullanılmaktadır.

Hindistan ve Pakistan gibi ülkelerde uygulanan atık suyu eğimli araziye bırakma yöntemi de Şekil 3'de verilmiştir.

Atık suyun eğimli araziye bırakılması yüksek eğimli, geçirimsiz zeminlerde uygulanır ve atık suyun akışa geçip doğal olarak buharlaşması amaçlanır. Aynı şekilde geçirimsiz düz zeminde buharlaştırma havuzları inşa edilerek atık suyun yeraltına sızdırılmadan buharlaştırılması da sağlanabilir. Her iki yöntem de gelişmiş ülkelerde kullanılmayan doğal arıtma yöntemleridir.

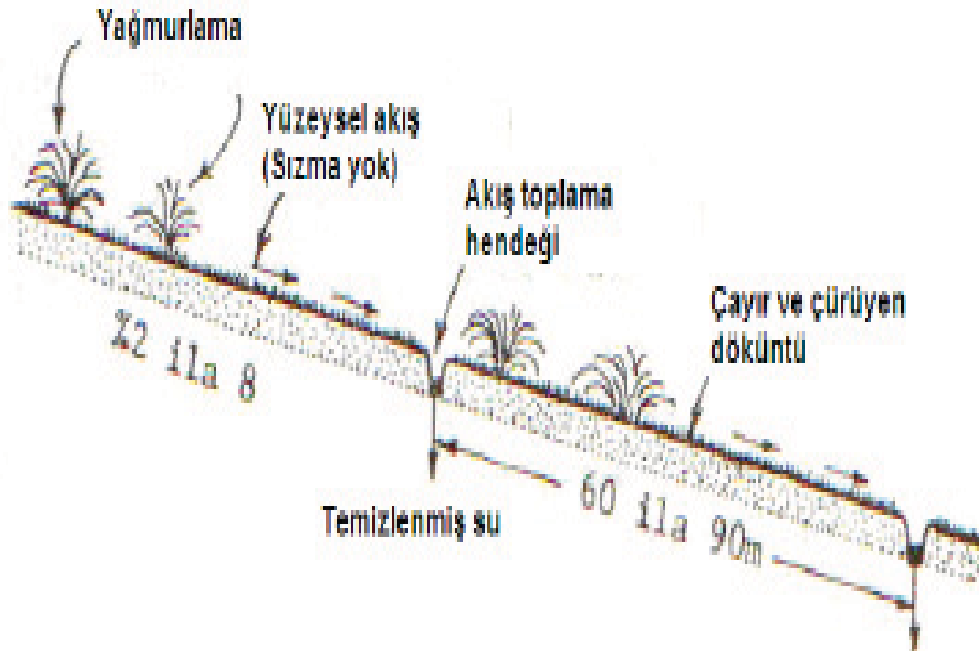
Yapay sulak alan; suyun, substratın (besi maddesi), bitkilerin (köklü bitkiler ve algler), genellikle bitkilerden düşen süprüntü maddelerinin, omurgasızların (çoğunlukla küçük sinek ve solucanlar) ve çeşitli mikroorganizmaların oluşturduğu kompleks bir topluluktur. Yapay

sulak alanlar, arazinin ucuz olduğu ve yetişkin personelin mevcut olmadığı yerleşimler için uygun bir teknolojidir.

2. Yapay Sulak Alanlar

Yapay sulak alanlar, ortamdaki güneş enerjisini kullanabilme ve kendi kendini yenileyebilme kapasitesine sahiptirler. Birçok canlı türüne yaşam alanı sağlayarak yabani hayat oluştururlar. Çevredeki doğal malzeme kullanılarak ihtiyaç büyüklüğünde hazırlanan havuzlarda atık suyun filtre edilmesi ve yetiştirilen sulak alan bitkileri ile suyun arıtılması esasına dayanan bu sistem, doğal yapının küçük bir taklididir. Sistemin birinci kademesini fosseptik yapıları oluşturmaktadır. Fosseptik çıkış suları ile beslenen yapay sulak alanlarda yapılan arıtma sonucunda, bu sistemlerle kırsal yerleşim yerlerimize ait atık sular alıcı su ortamlarına güvenle deşarj edilebilir değerlere ulaşmaktadır.

Yapay sulakalanlar ikiye ayrılır. Bunlar serbest akışlı ve yüzeyaltı akışlı sulak alanlardır. Şekil 4'de yüzeyaltı akışlı ve serbest akışlı yapay sulak alanlara ait fotoğraflar verilmiştir.



Şekil 3. Atık suyun eğimli araziye bırakılması (Balman ve Balman, 2002; Bayhan, 2009)



Salur (Kayseri) yüzeyaltı akışlı yapay sulak alanı (Foto: Ebru Yıldız, 2009)



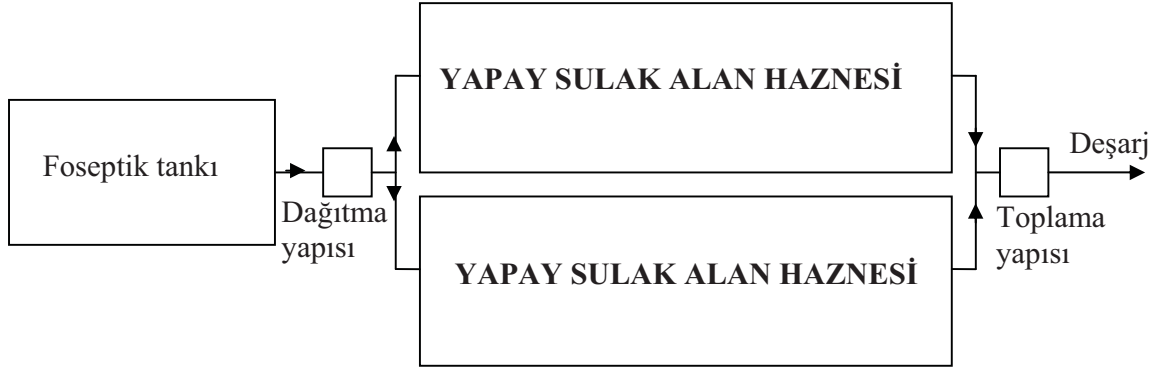
İsrail'de bir serbest akışlı yapay sulak alan (Cicelsky, 2006)

Şekil 4. Yüzeyaltı akışlı ve serbest akışlı yapay sulak alanlar

Serbest akışlı yapay sulak alanların başlıca problemlerinden olan koku ve sinek problemlerinden dolayı Türkiye ve İsrail gibi ülkelerde genellikle yüzeyaltı akışlı yapay sulak alanlar

tercih edilmektedir. Yüzeyaltı akışlı yapay sulak alanlar da yatay ve düşey akışlı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Ayaz ve diğ., 2003).

Genel olarak bir yapay sulak alanın akım şeması Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5: Çift hazneli yapay sulak alanın akım şeması

Yapay sulak alanlar özel olarak tasarlanan yataklarda yetiştirilen bitkiler vasıtasıyla atık suyun arıtılması esasına dayanmaktadır. Pahalı ithal ekipmanlara ihtiyaç duyulmamaktadır. Enerji ihtiyacı yoktur. Bakımı, onarımı ve işletmesi kolaydır.

Fosseptik çıkış suları ile beslenen yapay sulak alanlarda yapılan arıtma sonucunda, bu sistemlerle kırsal yerleşim yerlerimize ait atık sular alıcı su ortamlarına güvenle deşarj edilebilir değerlere ulaşmaktadır.

2.1. Serbest Yüzeyle Yapay Sulak Alanlar

Serbest yüzeyle yapay sulak alanlarda ızgaranın bulunduğu ön arıtma ünitesinden geçen atık su batık veya yüzen bitkilerle kaplı 10-60 cm derinliğinde sığ yapay sulak alanlara alınır. Aerobik ortamda arıtma gerçekleşir, bitkilerden ve serbest su yüzeyinden gelen oksijen ile suyun havalandırılması sağlanmış olur. Ayrıca katı maddeler yapay sulak alanın tabanındaki çakıllarda tutulur. Arıtılmamış atıksu yapay sulak alana gelmeden önce dengeleme havuzlarında da bekletilebilir. Su sümbülü, nilüfer gibi bitkiler serbest yüzeyle yapay sulak alanlarda kullanılabilir. Bu bitki türleri Şekil 6'da verilmiştir.



Su sümbülü



Su kamışı

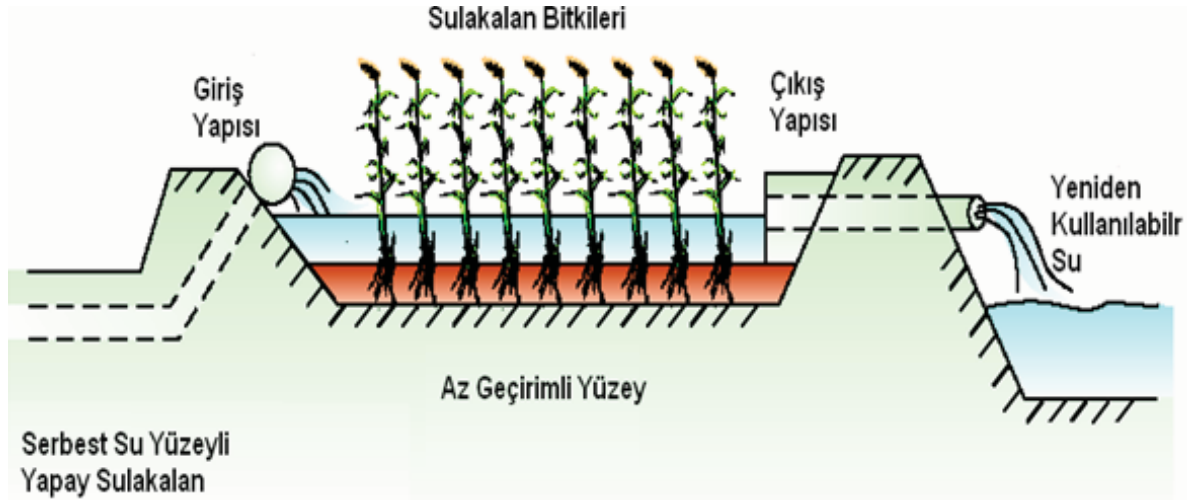


Nilüfer

Şekil 6. Serbest yüzeyle sulak alanlarda kullanılacak olan bitki türleri (Bayhan, 2004)

Serbest yüzeyli sulak alanlarda akış şeması Şekil 7'de gösterilmiştir. Serbest yüzeyli sulak alanlar sucul bitkilerin yetiştirildiği stabilizasyon havuzlarıdır. Bu sistem çevredeki doğal malzeme kullanılarak ihtiyaç büyüklüğüne göre hazırlanan havuzlarda atık suyun filtre

edilmesi ve yetiştirilen sulak alan bitkileri ile suyun arıtılması esasına dayanır. Sulak alanlar, ortamdaki güneş enerjisini kullanabilme ve kendi kendini yenileyebilme kapasitesine sahiptirler. Birçok canlı türüne yaşam alanı sağlayarak yabani hayat oluştururlar.

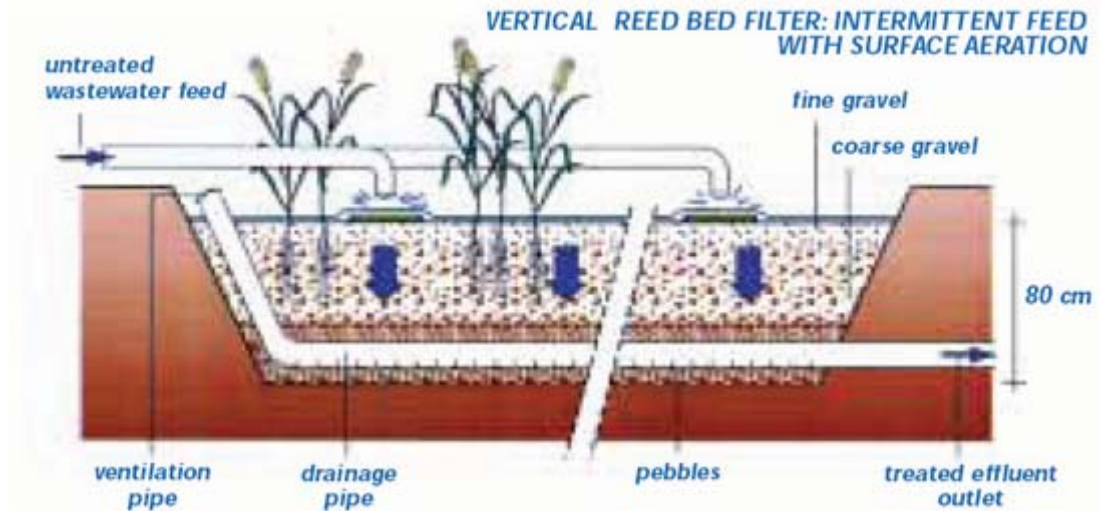


Şekil 7. Serbest yüzeyli sulak alanlarda akış şeması (Öztürk, 2009)

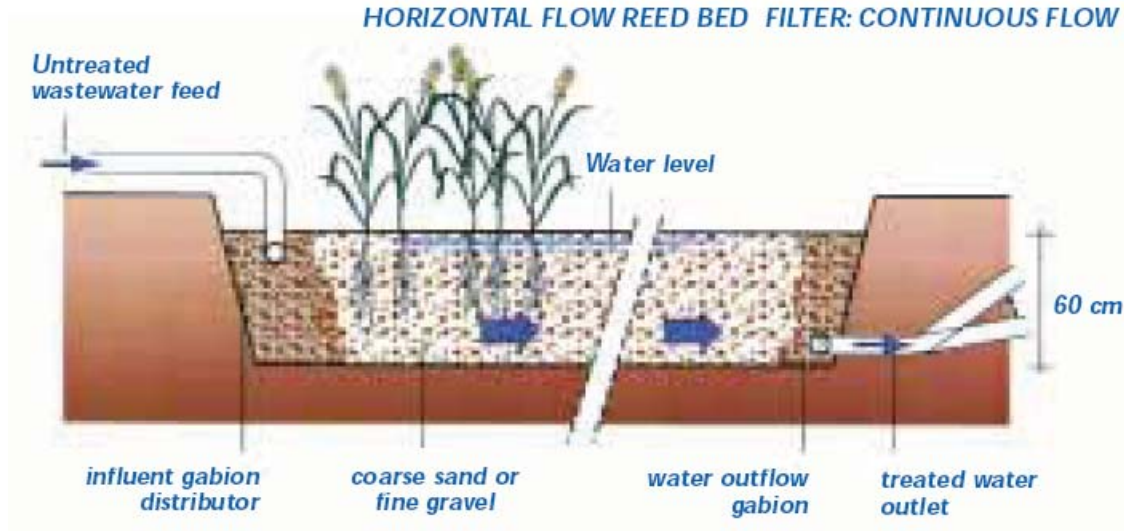
2.2. Yüzeyaltı Akışlı Yapay Sulakalanlar

Yüzeyaltı akışlı yapay sulakalanlarda anaerobik (havasız) ortamda atıksu arıtımı yapılmaktadır. Atıksu filtreden geçirilerek çakıl yatağı altından direkt olarak bitki köklerine verilmektedir. Bu sistemde sinek ve koku problemi olmadığı için serbest su yüzeyli yapay sulak alanlara göre daha çok tercih edil-

mektedir. Ayrıca soğuk kış aylarında atıksu arıtma verimi serbest su yüzeyli yapay sulak alanlara göre daha az düşmektedir. Şekil 8'de düşey akışlı, Şekil 9'da ise yatay akışlı yüzeyaltı akışlı yapay sulak alan kesitleri verilmiştir. Kayseri'de kullanılmakta olan bir yüzeyaltı akışlı yapay sulak örneği Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 8. Düşey yüzeyaltı akışlı yapay sulak alan (EC, 2001)



Şekil 9. Yatay yüzeyaltı akışlı yapay sulak alan (EC, 2001)



Şekil 10. Kayseri'de yüzeyaltı akışlı yapay sulak alan (Foto: Ebru Yıldız, 2009)

Yüzey altı akışlı yapay sulak alanlarda bitki köklerinde fiziko-kimyasal ve biyolojik arıtma gerçekleşmektedir, çakıl yatağında da biyolojik arıtma işlevi gören mikroorganizmaların bulunduğu biyofilm tabakası oluşmaktadır.

Serbest yüzey akışlı sistemlerde koku ve sinek oluşumu mevcut iken, yüzeyaltı (dip) akışlı yapay sulak alan sistemlerinde, su yatak malzemesinde öngörülen derinlikte ve yüzeye çıkmaksızın akışa sahip olduğundan her hangi bir koku ve sinek oluşumu söz konusu değildir.

2.3. Yapay Sulak Alanlarda Kirletici Giderimi

2.3.1. Fiziksel Atıksu Arıtımı

Fiziksel prosesler özellikle tanecikli maddelerin bertarafında çok önemlidir. Sulak alanlarda su hareketi, köklü ve yüzücü bitkilerin sağladığı dirençten dolayı, oldukça yavaştır. Köklü bitkilerin su hareketini dengelemesiyle yavaş hareket eden tanecikli kirleticilerin yüzücü bitkilerin saaksı kökleri ve dallanan

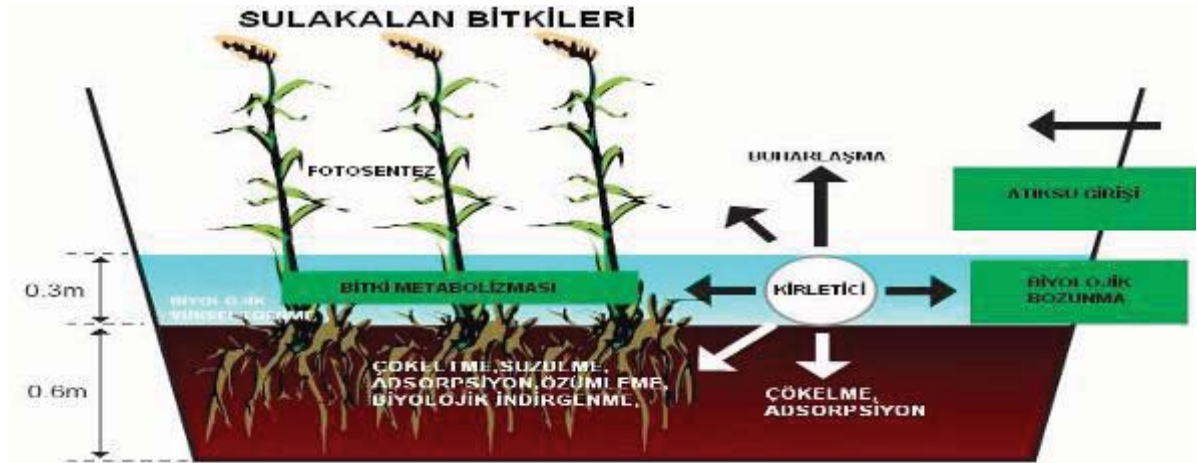
gövdeleriyle askıda kalmaları sağlanılır. Askıdaki maddelerin giderilme verimi, genellikle sulak alan uzunluğu ve partiküllerin çökeltme hızıyla orantılıdır (Kocasoy, 1989).

2.3.2. Kimyasal Atıksu Arıtımı

Kirleticiler kısa süreli ya da uzun süreli olarak belli bir yüzeyde tutularak giderilmektedir. Adsorpsiyon ile iyonlar katı partiküllere bağlanarak ortamdaki uzaklaştırılmaktadır. Katyon değişimi ile de pozitif yüklü iyonlar yüzeye fiziksel olarak bağlanarak giderilmektedir.

2.3.3. Biyolojik Atıksu Arıtımı

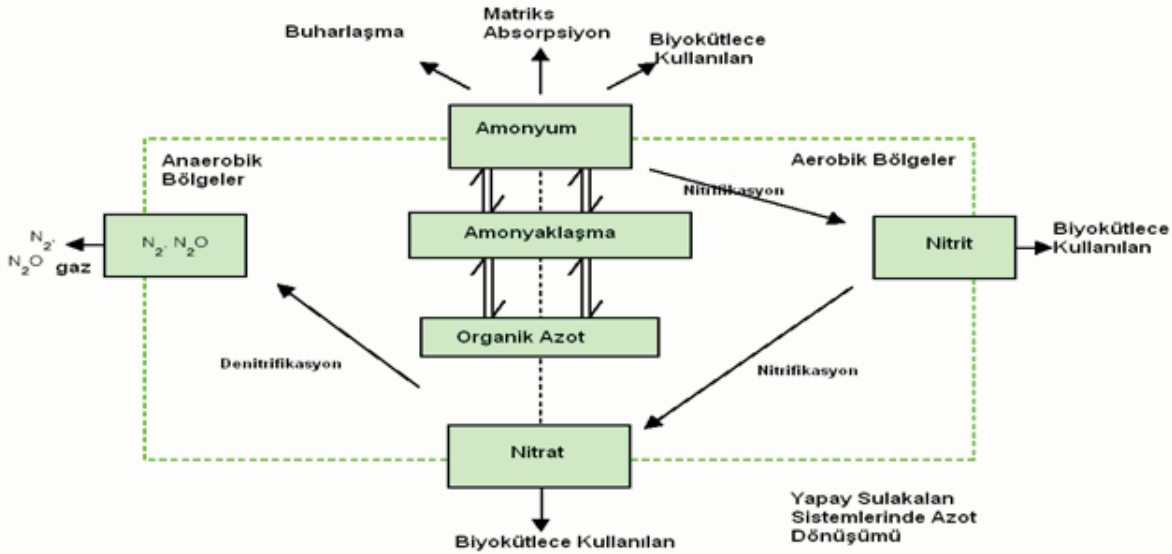
Bitkiler nitrit, fosfat, amonyak yanında çinko, kadmiyum gibi bazı toksik ağır metalleri hem kullanabilme hem de dokularında biriktirebilme özelliklerine sahiptir. Fakat bu giderim mikroorganizmalarla giderimin (denitrifikasyon) yanında çok önemsiz kalmaktadır. Bu kirleticilerin giderimi bitkilerin büyüme özelliklerine ve dokularındaki konsantrasyon değerlerine bağlıdır. Sucul bitkilerin atıksu arıtımındaki rolü Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11. Sucul bitkilerin atıksu arıtımındaki rolü (Kocasoy, 1989)

Mikrobiyolojik süreçle organik karbon kararlı son ürünlere (CO_2 , CH_4 gibi) dönüştürülerek giderilmiş olmaktadır. Sulak alanlardaki en etkin azot giderim mekanizması ise; biyolojik nitrifikasyon ve denitrifikasyondur (Kocasoy, 1989). Amonyak aerobik bölgelerde nitrifikasyon bakterileriyle nitrate oksitlenirken, nitratlar da anoksik bölgelerde denitrifikasyon bakterileriyle azot gazına çevrilmektedir.

Nitrifikasyon için ihtiyaç duyulan oksijen ya atmosferden ya da bitki köklerinden sağlanılmaktadır. Azot ardışık reaksiyonlarla $\text{NH}_3\text{-N}$ (amonyaklaşma), $\text{NO}_2\text{-N}$ (nitrifikasyon) ve N_2 gibi son ürünlere (denitrifikasyon) dönüştürülerek giderilmektedir. Şekil 12'de yapay sulak alanlarda azot giderimi gösterilmektedir (Durmuş, 1976).



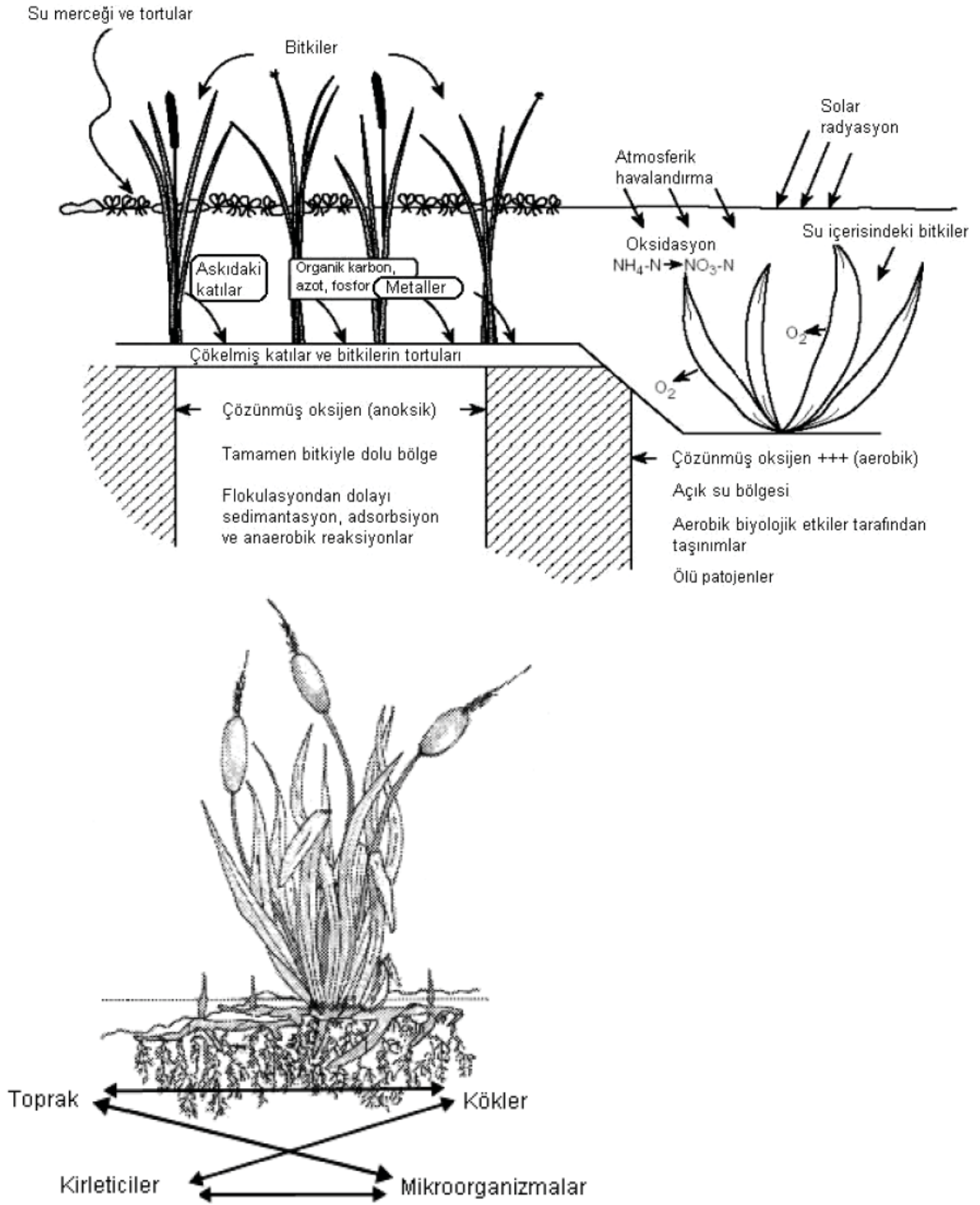
Şekil 12: Yapay sulak alanlarda azot giderimi (Durmuş, 1976)

Farklı bitki türüne ve akış şekline sahip sulak alanlarla evsel atıksu arıtımında genel olarak; %80-99 BOİ5, KOİ ve bakteri giderimi, %92-95 AKM, %30-80 toplam azot ve %20-70 toplam fosfor giderimi elde edilmiştir. BOİ itibarıyla arıtmanın % 20-30 u fosseptikte, geri kalanının % 80 i hazne yatak malzemeleri ile, % 20 si ise ekimi sağlanan sulak alan bitkisi ile sağlanmaktadır.

Sulak alanlarda fosforun en temel giderimi, adsorpsiyon, filtrasyon, fiziksel çökelme, kimyasal çökelme ve bitki bünyesine alınma yolları ile yapılmaktadır. Yapay sulak alanlardaki fosfor giderimi, genellikle atık sudaki fosforun dolgu materyallerindeki Al, Fe, Ca ve kil mineralleriyle adsorpsiyonu ve kompleks oluşumu ile olmaktadır. Toplam fosfor giderimi %20-%80 arasındadır (Muslu, 1994)

Sucul bitkiler ortamdaki karbondioksiti tüketip oksijen üreterek atmosferin doğal dengesinin korunmasını sağlarlar. Organik maddeyi, askıda katı maddeyi, besinleri, toksik maddeleri, ağır metalleri ve biyolojik unsurları gidebilmesinden dolayı yüksek miktarda arıtım kapasitesine sahiptirler. Yüzen bitkiler serbest su yüzeyini kaplayarak kış aylarında suyun donmasını önler. Bitki gövdesi ve yapraklar mikroorganizmaların tutunup gelişmesini sağlar

BOİ itibarıyla arıtmanın % 20-30'u fosseptikte, geri kalanının % 80 i hazne yatak malzemeleri ile, % 20 si ise ekimi sağlanan sulak alan bitkisi ile sağlanmaktadır.



şekil 13'de serbest yüzeyli sulak alanlarda bitkilerin azot giderimi görölmektedir.

2.3.4. Patojen Bakterilerin Giderimi

Suyun sıcaklığına, çözülmüş oksijen miktarına ve güneş ışığına bağlı olarak doğal yollarla ya da bakteri yiyen mikroorganizmaların bünyesine geçmesiyle ve çökmesiyle olmaktadır. Bir sulak alan sistemindeki patojen mikroorganizmalar genelde parazitler, bakteriler ve virüslerdir. Yapay Sulak Alanlar yaşayan en önemli bakteri türleri aşağıda verilmiştir:

- Gram negative aerobic rods and cocci (Pseudomonas, Zooglea, Azotobacter, Rhizobium)
- Gram negative fakultatif anaerobic rods (Escherichia, Salmonella, Shigella, Klebsiella, Enterobacter, Aeromonas)
- Gram negative chemolithotrophic bacteria (Nitrosomonas, Nitrobacter, Thiobacillus)

(Eremektar ve diğ., 2005)

2.3.5. Toksin Giderimi

Sulak alanlar toksinler için mükemmel bir tamponlayıcıdır. Hidrokarbon, fenol, benzen ve ham yağların yapay sulak alanlarda çok

yüksek verimlerle giderildiği kaydedilmiştir (Topacık ve Eroğlu, 1993).

2.4. Yapay Sulak Alanlarda Kullanılan Sucul Bitkiler

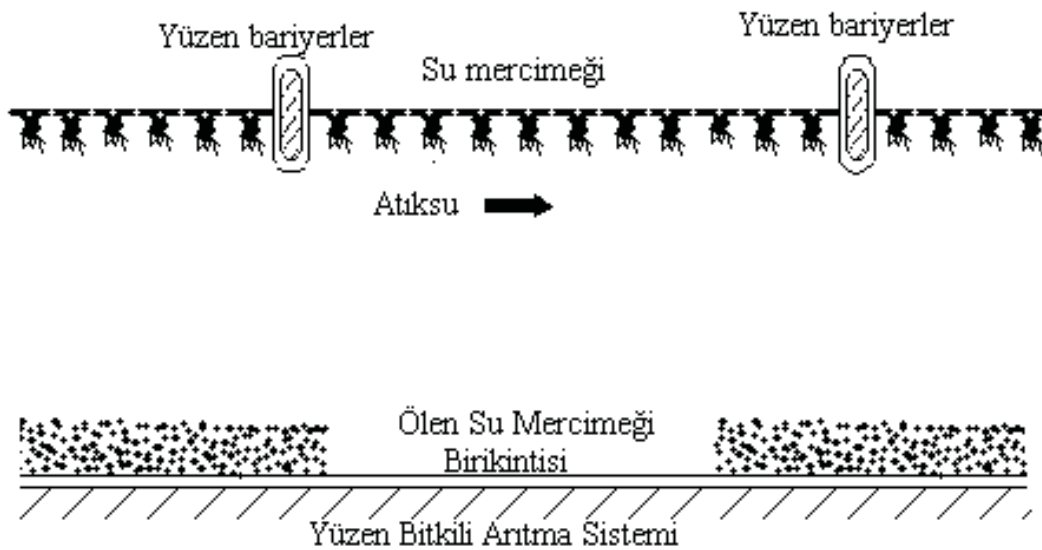
Yüzen (aquatic) bitkiler

Su sümbülü (*Eichhornea sp.*)
Su mercimeği (*Lemna sp.*),
Su eğreltisi,
Su marulu ve nilüferidir.

Şekil 14'de su mercimeği kullanılan bir yapay sulak alan kesiti, Şekil 15'de ise su mercimeği görülmektedir.

Köklü (emergent) bitkiler

Genellikle su kamışları kullanılmakla birlikte Japon şemsiyesi (*Cyperus*) ve Sazlar (*Bulrush*) da çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tür bitkiler yalnızca oksijence zengin sularda çok iyi büyüebilmektedirler



Şekil 14. Yüzen bitkilerin kullanıldığı serbest yüzeyli yapay sulak alan (Bayhan, 2009)



Şekil 15. Su mercimeği (Bayhan, 2009)

Batık (submerged) bitkiler

Suya batık olarak yaşayan bitki türleridir ancak atıksu arıtımında batık bitkilerin kullanımı henüz deneysel aşamalarda. Bu tip bitkilere örnek Şekil 16'da verilmiştir.



Şekil 16. Batık bitki (Bayhan, 2009)

Yapay sulak alanlarda kullanılan bitki türleri ve atıksu arıtımında fonksiyonları Tablo 1'de görülmektedir. Tablo 1 incelendiğinde okalptüs gibi ağaçların da doğal arıtmada kullanıldığı ancak bu tip çalışmaların deneysel aşamada olması sebebiyle yapay sulak alanlarda genellikle sucül bitkilerin (yüzen, köklü ve suya batık bitkiler) kullanıldığı görülmektedir.

2.5. Yapay Sulak Alanların Avantajları (Eremektar ve diğ., 2005)

- * Yapay sulak alanların inşası diğ. arıtma alternatiflerinden daha ucuz
- * İşletme ve bakım maliyeti daha az (enerji ve bakım ihtiyacı)
- * İşletme ve bakımın sadece düzenli ve yerinde çalışma ile yapılması yeterli
- * Debideki değişimlerin tolere edilebilmesi
- * Aktif çamur için çok seyreltik olan atıksuları (organik madde yönünden) yapay sulak alanların arıtabilmesi
- * Suyun tekrar kullanımını ve dönüşümünü kolaylaştırması
- * Birçok sulak alan organizması için yaşam alanı oluşturması
- * Doğal manzara ile uyum içinde inşa edilebilmesi
- * Yabani hayat için yaşama alanı oluşturması ve açık alanları daha estetik bir hale getirmesi

2.6. Yapay Sulak Alanların Dezavantajları

- * Serbest su yüzeyli yapay sulak alanlarda koku ve sivrisinek problemi görülür.
- * Sucül bitkilerin her sene ekimi yapılmalıdır. Genellikle yapay sulak alanların ekonomik ömrü 15 yıldır.

- * Küçük nüfuslu yerleşim yerleri için (1000 kişiye kadar olan yerler) uygundur.
- * Serbest su yüzeyli yapay sulak alanlarda kış aylarında arıtma verimi çok düşer. Yüzealtı akışlı yapay sulak alanlarda da kış aylarında serbest su yüzeyli yapay sulak alanlar kadar olmasa da atıksu arıtma verimi düşer.

fından inşa edilen bir yapay sulak alanda atıksu ökalıptüs ağaçları kullanılarak arıtılmıştır (Yıldız ve Köse, 2009). Sulak ortamlarda yetişebilen ağaç türleri aşağıda verilmiştir.

Kızılagac (*Alnus glutinosa*)
 Yalancı civit (*Amorpha fruticosa*)
 Aralia (*aralia sieboldi*)
 Gelin duvayı (*bougainville*)
 Susediri (*Calocedrus*) Bunlar genelde balçık toprağı ve su kenarlarını severler
 Ökalıptüs
 Akkavak (*populus alba*)
 Bozkavak (*populus x canescens*) Bunlarda balçık toprağı sever

2.7. Yapay Sulak Alanlarda Kullanılabilecek Ağaç Türleri

Suyu seven bazı ağaç türleri de yapay sulak alanlarda bitki olarak kullanılabilir. Örneğin İzmir'de İzmir Su Kanalizasyon İdaresi tara-

Tablo 1. Yapay sulak alanlarda kullanılan bitki türleri ve atıksu arıtımında fonksiyonları (Çiftçi ve diğ., 2007).

Bitki tipleri	Genel karakterleri ve örnekler	Arıtma prosesindeki önemi ve fonksiyonları	Habitat için önemi ve fonksiyonları	Dizayn ve işletme durumları
Serbest yüzen sucullar	Kök ve kök benzeri yapılar, yüzen yapraklardan ayrılır. Su dalgaları ile uzaklaşır. <i>Su mercimeği.</i>	Ana amacı, besinlerin alımı ve alg gelişmesini geciktirmek. Yoğun yüzücü topluluklar, atmosferden oksijen difuzyonunu sınırlar.	Yoğun yüzücü topluluklar, atmosferden oksijen difuzyonunu sınırlar. Su içindeki briketler için güneş ışığını bloke eder. Hayvanlar için sığınak ve yiyecek sağlar.	Su mercimeği istilacı doğal bir türdür. Spesifik dizayn gerektirmez.
Koklu yüzen sucullar	Su altı yaprakları içerebilir. Yüzücü yapraklarla genellikle dipte köklenir. <i>Nitüfer.</i>	Ana amacı, mikrobiyal tutunma için yapı sağlamak ve gün boyunca suya oksijen bırakmaktır. Yoğun yüzücü topluluklar, atmosferden oksijen difuzyonunu sınırlar.	Yoğun yüzücü topluluklar, atmosferden oksijen difuzyonunu sınırlar. Su içindeki briketler için güneş ışığını bloke eder. Hayvanlar için sığınak ve yiyecek sağlar.	Bitki tipine göre, su derinliği dizayn edilmelidir (yüzücü, battık).
Su altı sucullar	Genelde tam olarak su altındadır, yüzücü yaprakları içerebilir. Kökleri diptedir. <i>Bataklık otu.</i>	Ana amacı, mikrobiyal tutunma için yapı sağlamak ve gün boyunca suya oksijen bırakmaktır. Yoğun yüzücü topluluklar, atmosferden oksijen difuzyonunu sınırlar.	Hayvanlar için besin ve sığınak sağlar (özellikle balık).	Açık su tabakasında tutma zamanı, alg gelişme süresinden daha kısa olmalıdır.
Gelişen sucullar	Otsu. Kökleri diptedir. Sel ve doygun durumlara karşı toleranslıdır. <i>Su kamışı, saz.</i>	Ana amaç, artırılmış flokülasyon ve sedimentasyon sağlamaktır. İkinci amaç, alg gelişmesini geciktirmek için golgelemektir.	Hayvanlar için sığınak ve yiyecek sağlar. Estetik güzelliği sağlar.	Su derinliği, seçilen özel türler için optimum aralıkta olmalıdır.
Çalılık ve fundalıklar	Odunsu, 6 m'den kısa. <i>Çalılık, çoban puskülü.</i>	Arıtma fonksiyonu tanımlanmamıştır.	Hayvanlar (özellikle kuşlar) için sığınak ve yiyecek sağlar. Estetik güzelliği sağlar.	Detaylı bilgi mevcut değildir.
Ağaçlar	Odunsu, 6 m'den uzun. <i>Akça ağaç, söğüt.</i>	Arıtma fonksiyonu tanımlanmamıştır.	Hayvanlar (özellikle kuşlar) için sığınak ve yiyecek sağlar. Estetik güzelliği sağlar.	Detaylı bilgi mevcut değildir.

3. İSRAİL'DE YAPAY SULAK ALAN UYGULAMALARI

Yapay sulak alanlarda kış aylarında hava sıcaklığının düşük olması sebebiyle yapay sulak alanlar az nüfuslu, sıcak iklime sahip **Ortadoğu ülkelerinde** yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu bölümde İsrail'de kullanılmakta olan yapay sulak alan örneklerine yer verilmiştir. İsrail'de genellikle yüzeyaltı akışlı yapay sulak alan sistemi tercih edilmektedir. Şekil 17'de Beer Sheva'da bulunan bir benzin istasyonunun tuvaletlerinin atıksuyunu arıtan bir yüzey altı akışlı yapay sulak alan sistemi görülmektedir. Bu sistemde çiçekli bitkiler de kullanılmıştır. Şekil 18'de ise Tel Aviv yakınlarında bulunan Yarkon Nehri kenarında kullanılmakta olan yüzey altı akışlı yapay sulak alan görülmektedir. Kibbutz Lotan 1983 senesinde ku-

rumuş küçük bir yerleşim yeridir, nüfusu 200 kişi civarındadır (turistler hariç) ve göçmen kuşların göç yolları üzerinde bulunmaktadır. Kibbutz Lotan yapay sulak alanında arıtılan atıksu botanik parktaki bitkilerin sulanmasında ve kuşlar için hazırlanan gölet için (bkz.Şekil 19) kullanılmaktadır. Bu tesise kuş gözlem evi de yapılarak kuş gözlemcilerine hizmet verilmektedir. Kibbutz Lotan yapay sulak alanında güneş enerjisi ile çalışan pompalar kullanılmakta ve yapay sulak alanın tabanında biriken katı madde (atıksu çamuru) kurutulmuş organik gübre olarak kullanılmaktadır. Geri kazanılan atıksu ile birlikte Kibbutz Lotan'da üretilen çöpün%70'i geri kazanılarak organik gübre, inşaat malzemesi gibi amaçlarla tekrar kullanılmaktadır (www.fluidiscourse.com/research/2010/2/7/kibbutz-lotan-applied-lessons-from-constructed-wetland.html).



Şekil 17. Beer Sheva'da bulunan bir benzin istasyonunun tuvaletlerinin atıksuyunu arıtan bir yüzey altı akışlı yapay sulak alan sistemi (Cicelsky, 2006).

Şekil 20'de Kibbutz Lotan yapay sulak alan akım şeması ve Şekil 21'de yapay sulak alanın hava fotoğrafı görülmektedir.

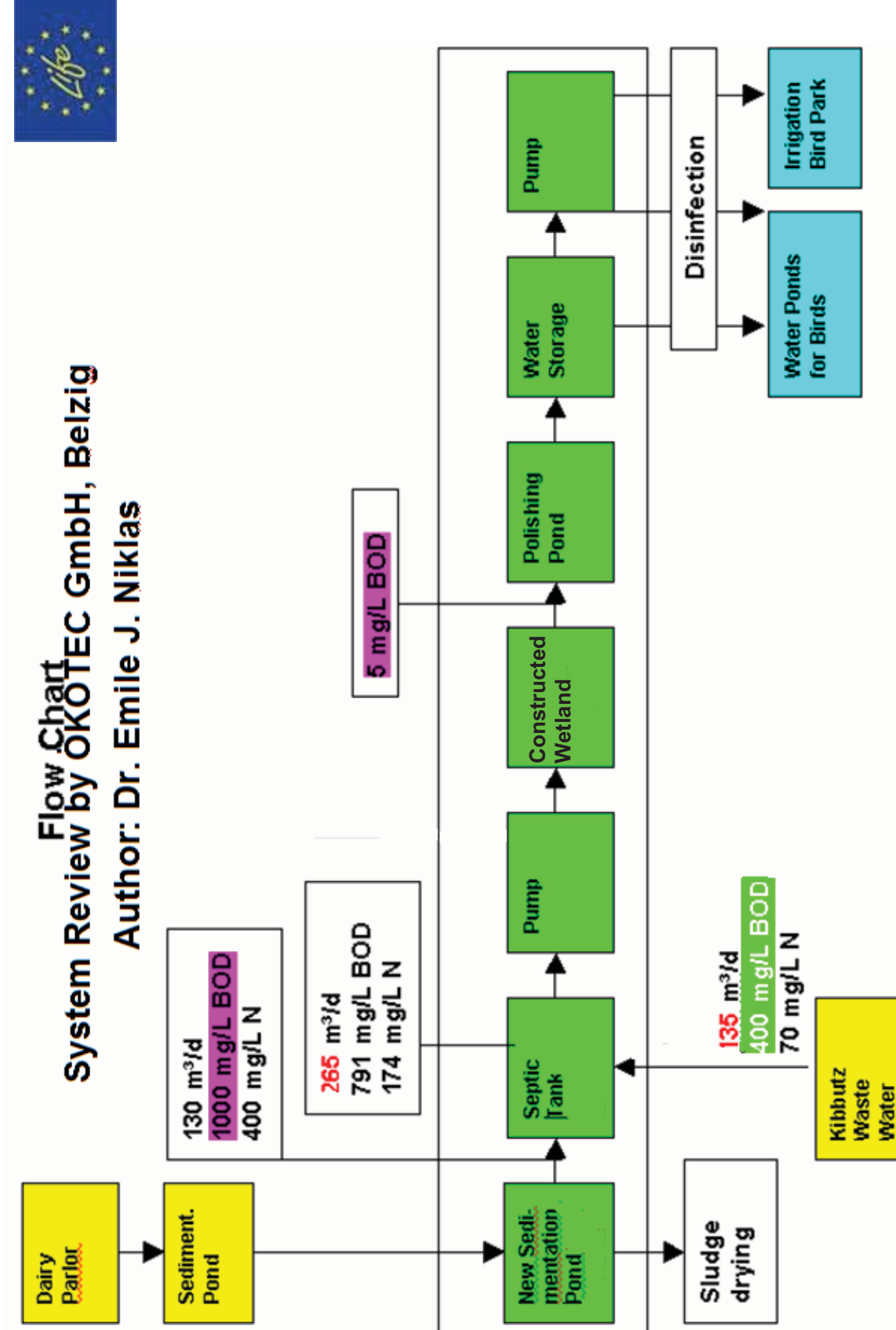


Şekil 18. Tel Aviv yakınlarında Yarkon Nehri kenarında kullanılmakta olan yüzey altı akışlı yapay sulak alan (Cicelsky, 2006).

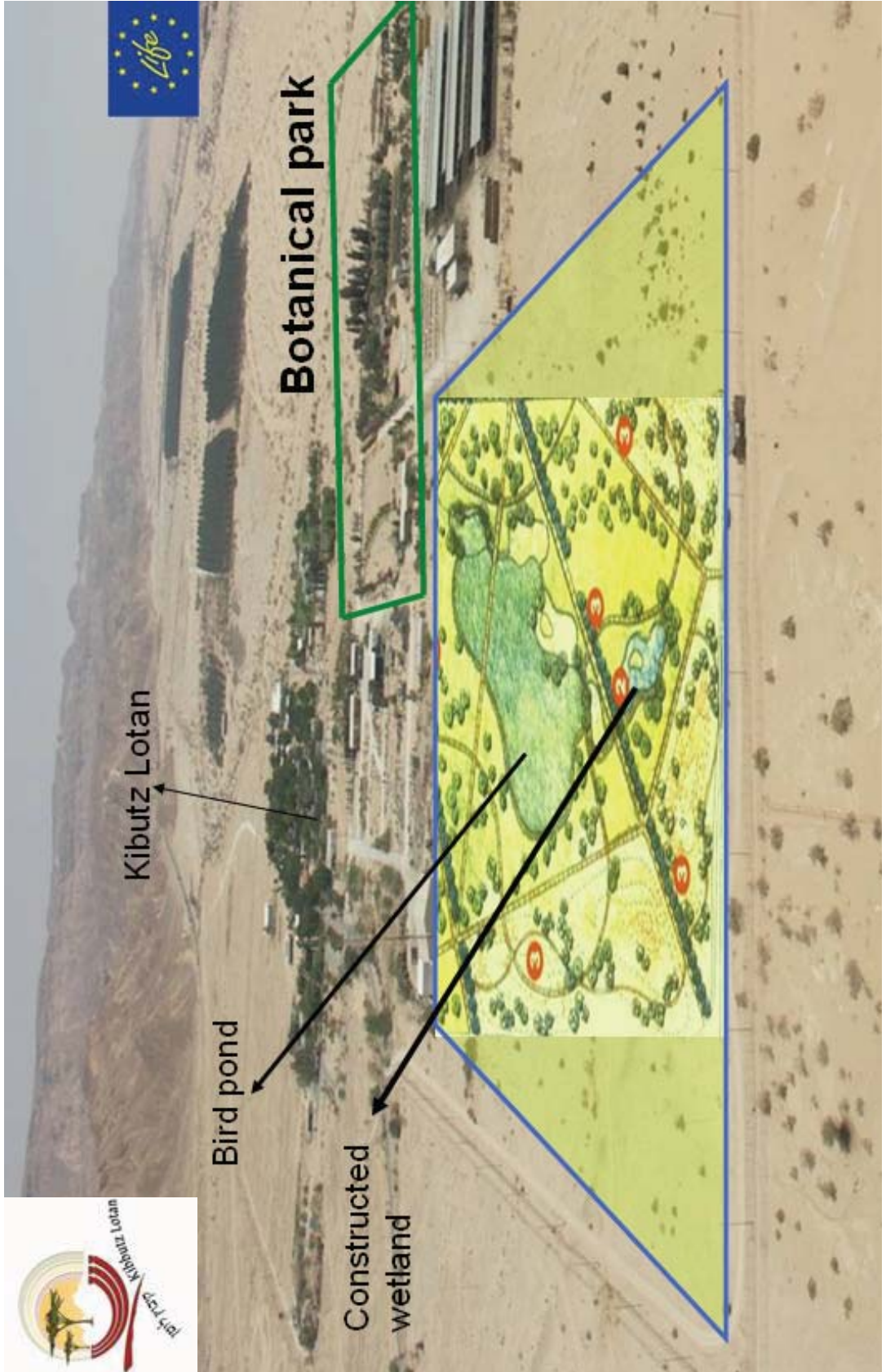


Şekil 19. Kibutz Lotan göçmen kuş göleti (Cicelsky, 2006).

Şekil 20. Arava Çölü'nde Kibutz Lotan yerleşim yerinde kullanılmakta olan yapay sulak alan sistemi (Cicelsky, 2006)



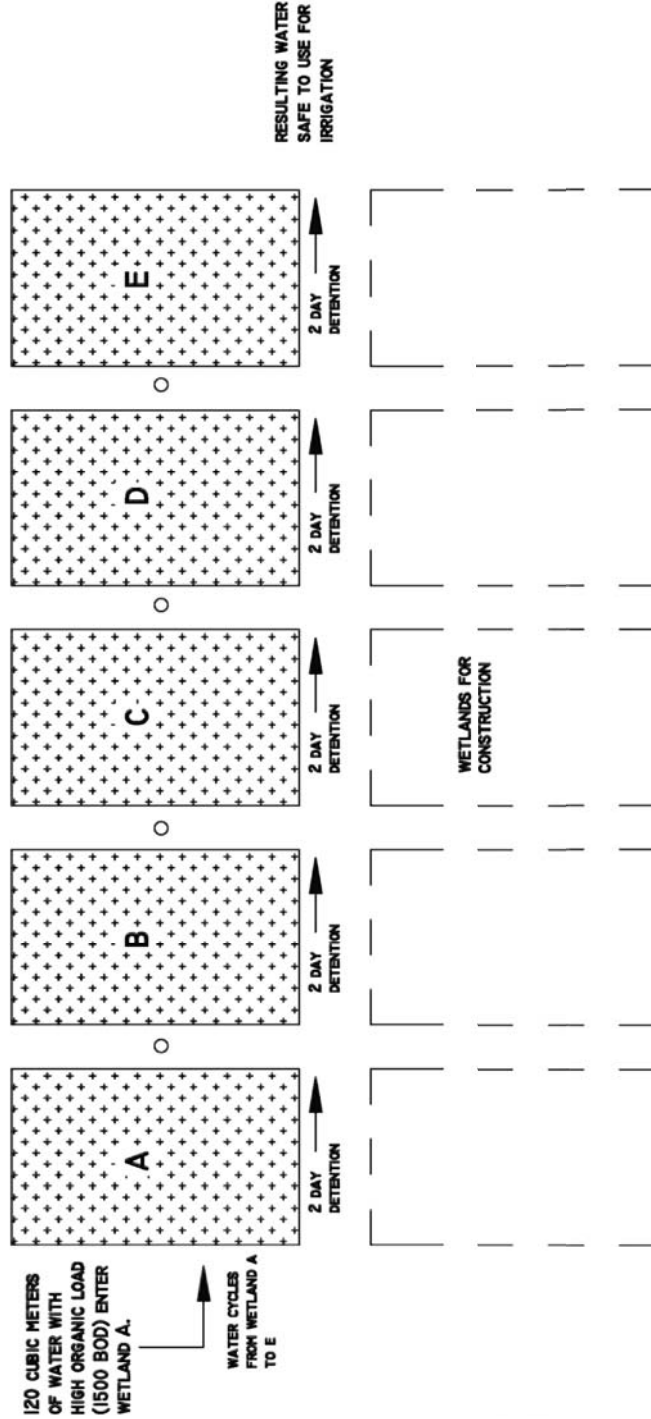
Şekil 21. Kibbutz Lotan yapay sulak alanının ve kuş gözlem göletinin kuşbakışı görünümü (Cicelsky, 2006)



Kibbutz Lotan yapay sulak alan ile atıksu arıtma projesinde Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOD) 400 mg/l, toplam azot konsantrasyonu 70 mg/l olan ve günlük debisi 135 m³ olan arıtılmamış evsel atık su foseptikte depolanmakta ve foseptik tankında inek çiftliğinden dönen inek atıkları ile kirlenmiş drenaj suyu ile karıştırılmaktadır. Drenaj suyunda askıda katı madde (TDS) miktarı çok yüksek olduğundan bu drenaj suyunun foseptik tankına giriş yapmadan önce 2 tane ön çökeltme havuzunda dinlendirilmesi projelendirilmiştir. 2.ön çökeltme havuzundan çıkarak foseptik tankına giden inek çiftliğinden gelen drenaj suyunun günlük proje debisi 130 m³, Biyolojik Oksijen İhtiyacı 1000 mg/l ve toplam azot konsantrasyonu 400 mg/l'dir. Foseptikte evsel atıksu ve drenaj suyu karıştırılarak anaerobik bakteriler tarafından atıksu çürütme işlemine tabi tutulur. Foseptikten yapay sulak alana giden atıksuyun proje debisi 265 m³/gün, Biyolojik Oksijen İhtiyacı 791 mg/l ve toplam azot konsantrasyonu 174 mg/l olacak şekilde foseptik tankı projelendirilmiştir. Güneş enerjisi ile çalışan pompalar yardımı ile foseptikte çürütülen atıksu Şekil 20'de ve Şekil 22'de verilen yapay sulak alan havuzlarına pompalanır. Güneş enerjisi ile çalışan pompanın güneş enerjisini toplayan paneli Şekil 23'de verilmiştir. Yapay sulak alan havuzları yatay akışlı yüzeyaltı akışlı yapay sulak alan şeklinde inşa edilmişlerdir. Sucul bitkiler tarafından doğal olarak arıtılan arıtılmış suyun Biyolojik Oksijen İhtiyacı 5mg/l'ye düşmektedir. Arıtılmış suda bulunan askıda katı maddelerin tamamen giderimi için arıtılmış su üzeri açık son çökeltme havuzunda (polishing pool) dinlendirilir ve buradan arıtılmış su deposuna gönderilerek dezenfeksiyon işlemi uygulanır ve arıtılmış atıksuda bulunan bakteri, virüs, mantar gibi patojenler bertaraf edilir. Dezenfekte edilen arıtılmış su Kibbutz Lotan ekolojik

araştırmalar merkezinin göçmen kuşların da yediği botanik parkda bulunan yonca bitkilerinin sulamasında ve kuş gözlemlerinin yapıldığı göçmen kuşların gölünde su ihtiyacını karşılamak için kullanılmaktadır. Çökeltme havuzlarında biriken arıtma çamuru (katı madde) çamur kurutma yataklarında kurularak organik gübre haline getirilerek tarım alanlarında kullanılmaktadır (<http://www.kibbutzlotan.com/assets/wetlands>). Foseptik tankında atıksuyun bekleme süresi (retention time) 6-10 gün olup birbirine seri bağlı 5 adet yapay sulak alanda atıksuyun bekleme süresi toplamda 10 gündür. Arıtılmamış atıksu yapay sulak alan havuzuna 40 cm kalınlığındaki çakıl filtresinden geçerek ulaşmaktadır. Son çökeltme havuzu 1000 m² alan kaplamakta ve 1 m derinlikte inşa edilmiştir Yapay sulak alan havuzları 10x14 m boyutlarında ve 0,6 ile 0,8 m derinliklerinde inşa edilmişlerdir. Şekil 22 'de görüldüğü gibi ileriki zamanlarda ihtiyaç olması durumunda 5 adet daha yapay sulak alan havuzu yapılabilecektir. Yapay sulak alan havuzları toplamda 4500 m² alan kaplamaktadırlar. Atıksu kapasitesi yapay sulak alan bölümünde toplamda 120 m³dür. Yapay sulak alan havuzlarına giren suda BOD değeri 1500 mg/l'ten bitkilerle yapılan atıksu arıtımı sonucunda yapay sulak alan havuzlarından çıkan arıtılmış atıksuda BOD konsantrasyonu 5mg/l'ye düşmektedir. Yapay sulak alandan çıkan su son çökeltme havuzunda dinlendirilerek arıtılmış su deposuna ve buradan da dezenfeksiyon havuzuna gönderilmektedir. Son çökeltme havuzu 70 cm derinliğinde, 32 m çapında dairesel bir havuzdur ve hacmi 670 m³dür. Çıkış suyunda azot miktarı günlük 10 -20 kg arasında değişmektedir ve amonyak konsantrasyonu 2 mg/l'nin altındadır. Arıtılmış atıksuyun içerdiği azot 30 ha'lık yonca tarlasının sulanmasında kullanılarak gerekli su ve gübre ihtiyacını karşılamaktadır.

Atıksudan ayrılan çamur organik gübre yapımı için 440 m² alan kaplayan çamur kurutma yatağında kurutulmaktadır. Kibbutz Lotan yapay sulak alan projesi ve inşaatı Avrupa Birliği Life Çevre Fonundan alınan maddi destek ile yapılmıştır. Projeye 2005 başlanmıştır, 2007 yılında başlayan Kibbutz Neot Smadar and Kibbutz Neve Harif yapay sulak alan projelerine için de aynı AB Life çevre fonundan maddi destek alınmıştır. Kibbutz Neot Smadar ve Kibbutz Neve Harif yapay sulak alan projelerinde de İsrail'in çöl iklimine uyum sağlayabilecek yapay sulak alan bitkileri konusunda araştırmalar da yapılması amaçlanmıştır (Cicelsky, 2006).



şekil 22. Kibbutz Lotan yapay sulak alan havuzları
(www.fluidcourse.com/research/2010/2/7/kibbutz-lotan-applied-lessons-from-constructed-wetland.html)

Kibbutz Lotan, Kibbutz ve Kibbutz Neve Harif yerleşim yerlerine ait yapay sulak alan projeleri yakın çevrede bulunan yerleşim yerlerine örnek olabilecek niteliktedirler (Cicelsky, 2006).



Şekil 23. Güneş enerjisi ile çalışan pompa (Ökotec, 2005)

Kibbutz Lotan'da genellikle cazibeli olarak atıksu iletimi sağlanmakla birlikte terfi gerektiren durumlarda Şekil 23'de görülen güneş enerjili pompa sistemleri kullanılmaktadır (www.fluidiscourse.com/research/2010/2/7/kibbutz-lotan-applied-lessons-from-constructed-wetland.html). Şekil 24'de Kibbutz Lotan, Kibbutz Neot Smadar ve Kibbutz Neve Harif yerleşim yerleri harita üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 24. Kibbutz Lotan, Kibbutz Neot Smadar, Kibbutz Ketura ve Kibbutz Neve Harif (Cicelsky, 2006)



Şekil 25. Negev-Arava Çölü (Foto: Ebru YILDIZ, 2006)



Şekil 26. Kibbutz Lotan yapay sulak alan havuzları

(<http://www.kibbutzlotan.com/assets/wetlands/Original%20Files/1.jpg>)

(<http://www.kibbutzlotan.com/creativeEcology/Wetlands.html>)

Şekil 25’de Arava ölu ve Kibbutz Lotan, Şekil 26 ve Şekil 27’de ise Kibbutz Lotan’da bulunan yapay sulak alan havuzları görölmektedir. Şekil 28’de ise bu yapay sulak alanın inşaat aşaması ve Kibbutz Lotan yapay sulak alanında

görölen çiçekli bitkiler görölmektedir. Şekil 29’da ise Kibbutz Lotan yapay sulak alanına dikilmek üzere serada yetiştirilen sucul bitkiler görölmektedir.



Şekil 27. Kibbutz Lotan yapay sulak alan havuzları

(<http://www.kibbutzlotan.com/assets/wetlands/Original%20Files/3.jpg>)



Şekil 28. Kibutz Lotan yapay sulak alanının inşaat aşaması ve yapay sulak alanda kullanılan bitkiler

(http://www.sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=e_BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=Object&enDispWho=Articals^14247&enZone=sus_waste)

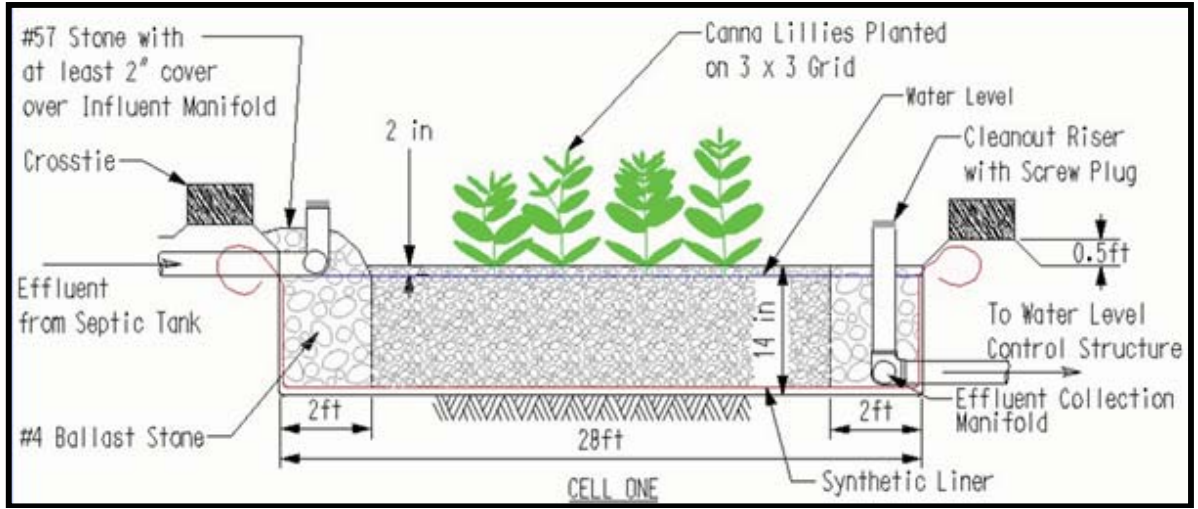


Şekil 29. Kibutz Lotan yapay sulak alanına dikilecek sucul bitkiler (Cicelsky, 2006).

Kibutz Lotan yapay sulak alanında elde edilen arıtılmış suyun tuzluluğu sulama suyu olarak kullanımında önemli bir kriterdir. Kibbutz Lotan yapay sulak alan dizayn kriterleri aşağıda listelenmiştir.

- 1) Ham atıksuyun kirlilik değerleri (Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Askıda Katı Madde (AKM), Toplam Azot (N) ve Fosfor (P) değerleri)
- 2) Kirlilik tipi (evsel kirlilik, endüstriyel kirlilik)
- 3) Arıtılmış su kalitesi standartları
- 4) Çevresel ve iklimsel koşullar (hava sıcaklığı, sulak alan bitkilerinin büyüme günleri, evapotranspirasyon)
- 5) Havuz tabanını oluşturan zeminin porozitesi, şev analizi sonucu belirlenen stabilitesi

Kibbutz Lotan yapay sulak alan havuzunun kesiti Şekil 30'da verilmiştir.

Şekil 30. Kibbutz Lotan yapay sulak alan havuzunun kesiti (Cicelsky, 2006)

Kibbutz Lotan'da tamamen organik tarım yapılarak pestisid ve suni gübre kullanılmamaktadır, pestisid kullanılmamasının bir sebebi de göçmen kuşların zararlı kimyasallardan zarar görmesini engellemektir. Yapay sulak alan tesisinden gelen arıtma çamuru kurutulmuş organik kompost gübreye dönüştürülmekte ve yonca tarlalarında kullanılmaktadır. Yonca ise kibbutzda yetiştirilen inekler için ve göçmen kuşlar için bir besin kaynağı olarak kullanılmaktadır. Kibbutz Lotan'da göçmen kuşlar için yapılan çalışmalar "Birdpark without Border" mastır plan çalışması çerçevesinde Avrupa Birliği tarafından maddi olarak

desteklenmekte ve yapay sulak alanın faaliyetleri İsrail Çevre Bakanlığı tarafından izlenmektedir. Bu kibbutzda göçmen kuş gözlemleri de yapılarak yörenin eko-turizm gelirleri de arttırılmakta ayrıca Ürdün gibi komşu ülkeler de dahil çevreden gelen öğrencilere ekoloji eğitimi verilmektedir (Cicelsky, 2006). Kibbutz Lotan kuş gözlem evi Şekil 31'de verilmiştir.

İsrail'de bir başka yapay sulak alan uygulaması da Beer Sheva'da Lahar Junction'da bulunan bir benzin istasyonunda bulunmaktadır. Bu benzin istasyonunun atıksuyunu arıtan küçük bir yapay sulak alan Şekil 31'de görülmektedir.

Şekil 31. Kuşları ürkütmeyecek bir şekilde dizayn edilmiş olan kuş gözlem evi (Cicelsky, 2006)

Şekil 32. Lahar Junction'da bulunan bir benzin istasyonunun atıksuyunu arıtan küçük bir yapay sulak alan havuzu (Cicelsky, 2006).

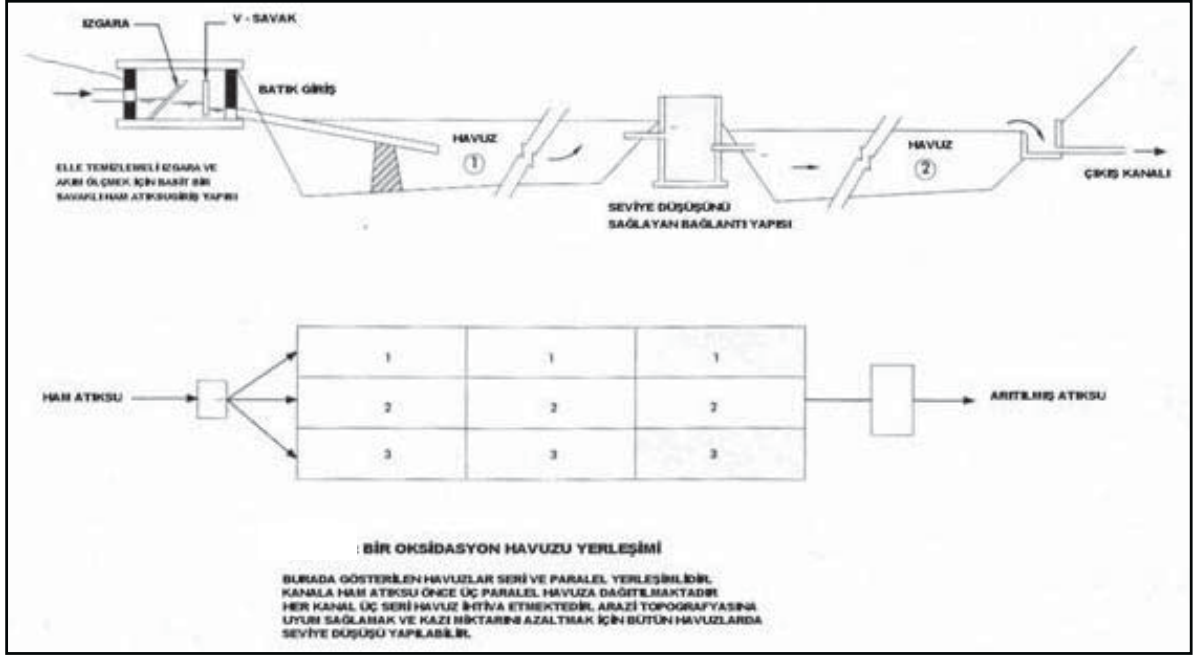


4. TÜRKİYE'DE DOĞAL ARITMA VE YAPAY SULAK ALAN UYGULAMALARI

Türkiye'de atıksu arıtımında genel olarak ileri atıksu arıtımı yapan uzun havalandırmalı aktif çamur prosesinde atıksu arıtımı yapan atıksu arıtma tesisleri kullanılmakla birlikte arıtma tesisi için yeteri kadar geniş alanı olan küçük nüfuslu yerlerde stabilizasyon havuzu ve yapay sulak alan şeklinde doğal arıtma uygulanan atıksu arıtma tesisleri de kullanılmaktadır. Arıtılmamış atıksuyu doğrudan yeraltına sızdırma, eğimli araziye bırakma veya buharlaştırma gibi doğal arıtma yöntemleri insan sağlığı açısından çok tehlikeli olduğu için AB

Su Çerçeve Direktifini uygulama hazırlıklarına başlayan Türkiye'de kullanılmamaktadır.

Stabilizasyon havuzları atık suların suya veya araziye boşaltılmak için dengeli ve kararlı bir hale gelene kadar bekletildiği yapay veya doğal bir su kütleleridir. Stabilizasyon havuzları atık su arıtma tekniklerinin en basiti olup, enerji sarfiyatının olmayışı, güvenilirliğinin yüksek oluşu, bakım ve işletme kolaylığının olması yönünden avantaj sağlamaktadır. Bir stabilizasyon havuzu kesiti ve planı Şekil 32'de, bir stabilizasyon havuzu ise Şekil 33'de verilmiştir.



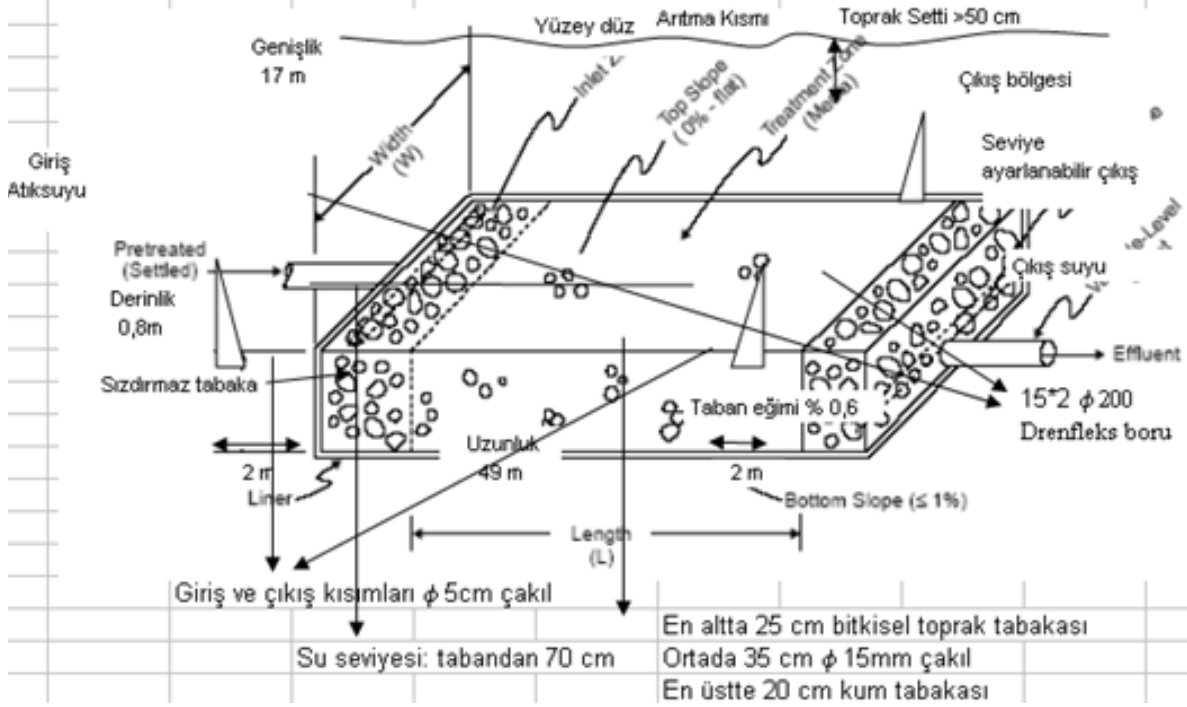
Şekil 32. Stabilizasyon havuzu ile atıksu arıtan bir tesisin kesiti ve planı (Balman ve Balman, 2002)



Şekil 33. Ilgın (Konya) stabilizasyon havuzu (Foto: Ebru YILDIZ, 2009)

Kayseri'de KASKİ Genel Müdürlüğü'nün Kayseri'nin Salur Mahallesi'nde inşa ettiği yüzey altı akışlı yapay sulak alanın kesiti Şekil 34'de ve bu yapay sulak alanın teknik özel-

likleri ile ilgili bilgiler Şekil 35'de verilmiştir. Şekil 34 ve Şekil 35 KASKİ Genel Müdürlüğü Atıksu Arıtma Dairesi'nden temin edilmiştir.



Şekil 34. Salur (Kayseri) yüzeyaltı akışlı yapay sulak alanı (KASKİ, 2009)

Hane Sayısı	:	88
Yaklaşık Nüfus	:	352 kişi
Kişi başına su miktarı	:	100 Lt/kişi*gün
Atıksu sıcaklığı (En soğuk dön.)	:	6 °C
Atıksu giriş BO ₅ konst.	:	200 mg/lt
Atıksu çıkış BO ₅ konst(hedefl.)	:	20 mg/lt
Yatak ortamı	:	Kuvars kumu
Bitki cinsi	:	Karıyış
Bitki kök derinliği (Yatak der.) (d)	:	0,7 m
Yatak eğimi (S)	:	0,0062 m/m
Porozite (α)	:	0,39
Hidrolik iletkenlik (Ks)	:	480 m ³ /m ² *gün
Toplam atıksu miktarı (Q)	:	35,2 m ³ /gün
Gerekli yüzey alanı (As)	:	825 m ²
Yatak genişliği (W)	:	17 m
Yatak uzunluğu (L)	:	49 m

Şekil 35. Salur (Kayseri) yüzeyaltı akışlı yapay sulak alanı ile ilgili teknik bilgiler (KASKİ, 2009)

Salur yapay sulak alanının inşaatında atıksuyun zemine sızmasını önlemek için jeomembran malzeme havuz tabanına serilmiş-

tir, jeomembran kaplanmış yapay sulak alan havuzu Şekil 35'de görölmektedir.



Şekil 36. Salur (Kayseri) yapay sulak alan inşaatı (KASKİ, 2006)

Salur yapay sulak alanına gelen atıksu ilk olarak 13 m uzunluğunda, 5 m genişliğinde 3 gözlü olarak inşa edilen foseptik tankında dinlendirilmekte buradan da yapay sulak alan havuzuna alınmaktadır. Yapay sulak alan ha-

vuzunda arıtılan su tarla drenaj kanalına deşarj edilmektedir. Salur (Kayseri) yüzeyaltı akışlı yapay sulak alanı Şekil 36'da görölmektedir.



Şekil 37. Salur yapay sulak alanı (KASKİ, 2006)

Türkiye'de uygulanabilecek yapay sulak alan arıtılmış su kriterleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Yapay sulak alan tasarım kriterleri (Su Kirliliği Kontrol Yön., 2004)

Sektör: Evsel Nitelikli Atıksular (Yapay Sulak Alan ve Stabilizasyon Havuzları Sistemiyle Biyolojik Arıtma Yapan Kentsel Atıksu Arıtma Tesisleri İçin)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
BİYOKİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (BOİ ₅) (ÇÖZÜNMÜŞ)	(mg/L)	75	50
KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (KOİ)	(mg/L)	150	100
ASKIDA KATI MADDE (AKM)	(mg/L)	200	150
pH	-	6-9	6-9

T.C Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün himayesinde başlayan 'Doğal Arıtma Projesi ile 43 köyde yapay sulak alan ile atıksu arıtımını uygulaması yapılmıştır. KHGM'nin kapatılmasından sonra köylere uygulanan doğal arıtma projeleri İl Özel İdareleri tarafından devam ettirilmektedir. Ankara- Haymana-Dikilitaş Köyü Yapay Sulak Alanı KHGM tarafından inşa edilen ilk sulak alan projesidir. Bu projede 250 kişilik fosseptik çıkışına bir yapay sulak alan inşa edilmiştir. KHGM tarafından inşa edilen İzmir-Torbalı-Korucuk Köyü Yapay Sulak Alan Tesisinde de 1095 kişilik fosseptik çıkışına bir yapay sulak alan inşa edilmiştir. Bu yapay sulak alan yüzeyaltı akışlı olarak inşa edilmiştir. Ayrıca, Ilgın Kapaklı, Akşehir-Çamlı, Tuzlukçu-Erdoğdu köylerinde "Doğal Atıksu Arıtma Projesi" inşaatları tamamlanmıştır. İstanbul Paşaköy arıtma tesisi içinde inşa edilmiş yapay sulak alan ile İstanbul'da mevcut su temin edilen yüzeysel kaynaklarda su kalitesini korumak için inşa edilmiş olan ve atıksu arıtma tesisi çıkış suyu ile beslenen, birbirinden ayrı üç tane sulak alan sistemi vardır. Bu yapay sulak alan yüzeyaltı akışlı bir sistemdir bu nedenle burada sinek ve koku problemi yoktur. Su dağıtımını borularla yapılmakta zeminin geçi-

rimsizliği kille kaplanarak sağlanmakta, dolgu malzemesi çakıl taşı, bitki olarak; köklü bir bitki olan cyperus yani bilinen adıyla Japon şemsiyesi kullanılmaktadır. Japon şemsiyesi yaz aylarında yeşil olup, boyu 1.5-5 m civarındadır (İskender ve diğ., 2005)

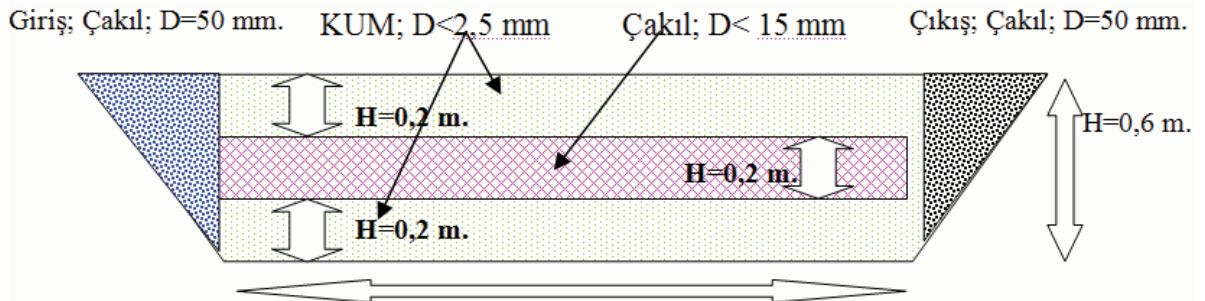
TÜBİTAK MAM tarafından Konya Tuz Gölü Havzası'nda yer alan Aksaray İli Sultanhanı ve Altıneken beldeleri için yüzeyaltı akışlı yapay sulak alan projeleri hazırlamıştır. Yapay sulak alan tasarımında Sultanhanı Beldesinin 2037 yılı nüfus projeksiyonu 4892 kişi olarak hesaplanmış, Altıneken Beldesi'nin 2037 yılı nüfus projeksiyonu 5001 kişi olarak alınmıştır. Arıtılmamış atıksuyun BOİ değeri 250 mg/l olarak alınmıştır. Yapay sulak alan havuzlarında Phragmites Australis isimli saz bitkisinin kullanılması öngörülmüştür. Projede ayrıca çamur kurutma yataklarına da bu saz bitkisinin dikilmesi planlanmıştır. Atıksu fosseptik tankına alınmadan önce 2 cm aralıklı ızgaradan geçirilerek kanalizasyon suyundaki büyük katı maddeler atıksudan ayrılarak atıksuya fiziksel arıtma uygulanacaktır. Fosseptik tankında havasız ortamda bakteriler tarafından kimyasal arıtmaya tabii tutulacak olan atıksu çakıl filtreden geçirilerek yapay sulak alana

alınacak ve burada da bitki ve bakteriler tarafından biyolojik ve kimyasal arıtmaya tabii tutularak arıtılacaktır. Yapay sulak alan projeleri 1500 m³/gün'lük debi ve 5000 kişi için dizayn edilmiştir ve 6 derece hava sıcaklığında BOİ gideriminin (atıksu arıtma veriminin) %92.7 olması öngörölmüştür. Bu proje kapsamında 5 adet birbirine paralel bağlı çalışan yüzeyaltı akışlı yapay sulak alan havuzu projelendirilmiştir. Her bir havuz 2190 m² yüzey alanına sahip (73 m uzunluk ve 30 m genişlik) olup havuzların girişte 0,55 m derinliğinde ve havuz çıkışında ise 0,85 m derinliğinde olması planlanmıştır. Yapay sulak alan havuzlarının tabanı sıkıştırılmış kil veya 2 mm'lik jeomebran muşamba ile kaplanarak geçirimsiz hale getirilecektir, havuz tabanları %1 eğimli olacaktır (TÜBİTAK MAM, 2010).

Türkiye'deki Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre Tablo 2'de göröldüğü gibi stabilizasyon havuzu ve yapay sulak alandan çıkan arıtılmış su numunesinde (2 saatlik kompozit numunede) BOİ değeri 75 mg/l, kimyasal oksijen ihtiyacı 150 mg/l ve askıda katı madde 200 mg/l'den düşük olmalıdır. Yapay sulak alan projesinde ihtiyaç duyulan yapay sulak alan haznelerinin boyutlandırılmasında 20 yıllık projeksiyon esas alınmakta ve kişi başına 1,5 - 4,0 m² alana ihtiyaç duyulmaktadır. Yapay sulak alan atıksu arıtma sistemlerin-

de çok farklı sulak alan bitki türü kullanımı mümkündür. Yapay sulak alan arıtma sistemlerinde kullanılan bitki türlerine örnek olarak; Bulrush (*Scirpus*), Reeds (*Phragmites*), Cattail (*Typha Latifolia*) verilebilir. Bitki seçiminde ekili olan faktörler; bitkinin kolay bulunabilirliği, iklimsel şartlara uygunluğu ve dayanıklılığı, bitkinin sahip olduğu optimum kök derinliğinin sistemde tasarlanan yatak derinliği ile karşılanabilmesi, estetik unsurlar olarak sıralanabilir. Tasarlanan yapay sulak alan arıtma sistemlerinde; Türkiye'nin farklı yörelerinde aksaz, hasır otu, çoban değneği olarak adlandırılan Cattail (*Typha Latifolia*) yapay sulak alan bitkisi tercih edilmiştir. Cattail; özellikle bataklık alanlarda, dere boylarında, durgun su kaynaklarının kenarlarında, sulama kanal/kanaletlerin akış yatakları boyunda yetişmektedir. Anılan tür, ülkemizin hemen hemen her yerinde kendi doğal şartlarında mevcuttur. Yapay sulak alan havuzlarında kullanılan çakıl malzemesinin dane çapı 15 -30 mm olmalıdır. Hazne giriş ve çıkış kısımlarında sırasıyla 150 cm ve 200 cm lik kısımda tüm yatak derinliği boyunca çakıl malzemesi konulmalıdır.

Salda (Burdur) yapay sulak projesinde öngörölen yapay sulak alan havuzunun kesiti Şekil 37'de verilmiştir. Bu projenin fizibilite raporu İller Bankası Antalya Bölge Müdürlüğü tarafından hazırlanmıştır.



Şekil 38. Salda (Burdur) yapay sulak alan havuzu kesiti (Tiryakioğlu, 2006)

Salda (Burdur) yapay sulak alanında kullanılan *Phragmites australis* saz bitkisi Şekil 38'de görölmektedir.

Salda Beldesi Arıtma Sahası'nda yer alan mevcut sazlık bitkileri (Phragmites-australis)
(Tiryakioğlu, 2006)



Türkiye'de yapay sulak alan projelendirme kriterleri aşağıdaki gibi listelenebilir:

- toprak özellikleri,
- iklim,
- taşkın tehlikesi,
- mevcut toprak kullanımı,
- yer seçimi,
- gerekli ön arıtma işlemleri
- topografya,
- bitki seçimi
- kullanılacak olan tasarım parametreleri
(Su kirliliği kontrol yönetmeliği)

5. İSRAİL VE TÜRKİYE'DE ARITILMIŞ SUYUN SULAMADA YENİDEN KULLANIMI

Atıksuyun tekrar kullanımı İsrail gibi birçok Ortadoğu ülkesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sulama suyu olarak arıtılmış suyun yeniden kullanımının en yaygın olduğu yer İsrail'dir, İsrail atıksuların %75'ini geri kazanarak tekrar kullanmaktadırlar (Su ve Çevre Teknolojileri, 2007). Ayrıca İsrail'de sulama suyu olarak genellikle damla sulama ve çim gibi bitkilerin sulanmasında da yağmurlama

sulama sistemi kullanılarak sulama suyu tasarrufu sağlanmaktadır. Ayrıca İsrail'de evlerde %10 su tasarrufu yapılarak yıllık 65-70 milyon m³ su tasarrufu sağlanmaktadır (Jerusalem Post, 2010; www.jpost.com 01.12.2010). Türkiye'de ise genellikle salma sulama tekniği kullanılmakla birlikte sulama suyu tasarrufu yapmak için yağmurlama ve damla sulama teknikleri ülkemizde gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Arıtılmış suyun sulamada tekrar kullanımı İsrail olduğu kadar Güney Avrupa ülkelerinde de çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin İtalya'nın Sardunya Adası'nda ileri arıtma yapılmış atıksu lagünlerde toplanarak sulamada kullanılmakta, İsrail'de ise genellikle arıtılmış atıksu yeraltına sızdırılmakta ve akiferden kuyu ile çekilen su sulama amaçlı olarak kullanılmaktadır (Liphin et.al., 2007). Örneğin Tel Aviv'de bulunan ve 1994'den beri kullanılmakta olan atıksu arıtma tesisinden yıllık 120 milyon m³ arıtılmış su elde edilmektedir, bu arıtılmış su ile Negev Bölgesinde 16 000 ha alan sulanmaktadır, arıtılmış su pamuk, tahıl, meyve ağaçları ve ihraç amaçlı kesme çiçek tarlalarında kullanılmaktadır (Yurtseven ve diğ., 2008). Örneğin İsrail'in Negev Bölgesinde Eilat Şehri Bölgesel Kon-

seyine bağlı kibutzlarda akiferden ve arıtılmış deniz suyundan sağlanan suyun yanında yılda 6,5 milyon m³ sulama suyu arıtılmış sudan sağlanmaktadır (Cicelsky, 2006).

Türkiye'den bir örnek olarak İSKİ Paşaköy Atıksu Arıtma tesisinin ileri arıtılmış suyu yakında bulunan ve TÜBİTAK araştırmalarında kullanılan yapay sulak alanın beslenmesinde kullanılmaktadır (Ayaz ve diğerleri 2008). Türkiye'de ise İller Bankası tarafından yaptırılmış olan bazı atıksu arıtma tesisi projelerinde azot ve fosfor giderimi yapılan uzun havalandırmalı aktif çamur yöntemi ile ileri arıtma yapılan ve dezenfeksiyon işlemi uygulanan arıtılmış atıksular sulama amaçlı olarak barajlara veya sulama havuzlarına deşarj edilmektedir. Baraj ve arıtılmış su havuzlarında toplanan sular sulama suyu olarak kullanılmaktadır. Örnek olarak Karaadilli (Afyonkarahisar) atıksu arıtma tesisi projesinde uzun havalandırmalı aktif çamur yöntemi ile ileri arıtma yapılan ve dezenfeksiyon işlemi uygulanan arıtılmış atıksular bir havuzda toplanarak arıtma tesisi çevresinde bulunan kavak ağaçlarının sulanmasında kullanılmaktadır. Bir diğer örnek olarak İller Bankası tarafından yaptırılacak olan Pınarbaşı (Kayseri) atıksu arıtma tesisi projesinde ileri arıtılmış ve dezenfekte edilmiş arıtılmış atıksu civarda bulunan sulama amaçlı bir baraja deşarj edilecek, barajda depolanan su ile karıştırılarak sulamada kullanılacaktır. Pınarbaşı beldesinde başka bir alıcı ortam olmaması sebebiyle arıtılmış atıksuyun baraja gönderilmesi planlanmış ve bu konuda DSI'den özel izin alınmıştır. Bu projede ana amaç arıtılmış suyun deşarj edileceği barajın su kalitesini bozması, arıtılmış suyun sulama suyu kriterlerini karşlamasıdır. Gelişmiş ölkelerde ileri arıtma ve dezenfeksiyon işlemi uygulanmış arıtılmış atıksular yeraltı suyunun suni beslenmesinde kullanılmakta (örneğin İsrail, Güney Avrupa ve ABD) ve akiferde yeraltı suyu ile karışan arıtılmış atıksu kuyulardan çekilerek sulama suyu olarak kullanılmaktadır.

Yeraltı suyunda Sodyum Absorpsiyon Oranı SAR (Sodium Absorption Ratio) ve Na% 'nin yüksek olması durumunda bu suyun sulamada kullanılması çok bitkilere zarar verir. SAR ve Na% 'nin formülü aşağıda verilmiştir.

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{+2} + Mg^{+2}}{2}}}$$

$$SAR = \%Na = (Na^+ / \Sigma K) \times 100$$

Tablo 3. Sodyum yüzdesi, klorür ve Bakiye Sodyum Karbonat (RSC) değerlerine göre sulama amaçlı kullanılacak suların sınıflandırılması (Çakmak, 2010)

SINIFI	Sodyum (Na) (%)	Klorür (Cl) (meq/l)
1.Çok iyi	20'den az	4'den az
2.İyi	20-40	4-7
3.Kullanılabilir	40-60	7-12
4.Şüpheli	60-80	12-20
5. Kullanılamaz	80'den çok	20'den çok

Suyun Sınıfı	RSC (meq/l)
1.Sınıf (iyi)	<1.25
2.Sınıf (orta)	1.25-2.50
3.Sınıf (uygun değil)	>2.50

$$RSC = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{+2} + Mg^{+2})$$

Sulama amaçlı olarak kullanılan arıtılmış suyun insan temasının olmadığı çim, buğday, yonca gibi bitkilerle ağaç sulamasında kullanılması önemlidir. Arıtılmış su sebze sulamasında kullanılmamalıdır. Sulama suyunda tuzluluk önemli bir problemdir, arıtılmış suyun tuz oranı yüksekse bu suyun sulamada kullanılması durumunda tuz parçacıkları topraktaki boşlukları doldurarak toprağı çoraklaştırabilir. Ters osmoz gibi membran sistemleri kullanılarak sulama suyundaki tuzluluk

giderilebilir ancak membran sistemleri çok pahalı metotlardır. Arıtılmış suyun tuzluluğu membran sistem ile giderilebildiği gibi atıksu direkt olarak membran sistemleri ile arıtılıp temizlenebilir. Arıtılmış sudan elde edilen sulama suyunun sulama suyu kriterlerine uygun

olması gerekmektedir. İsrail'de kullanılmakta olan sulama suyu kriterleri Tablo 4'de görülmektedir. Türkiye'de sulama suyu kriterleri ise Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde verilmiştir. Türkiye'de kullanılmakta olan sulama suyu kriterleri de Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 4. İsrail'de kullanılmakta olan sulama suyu kriterleri (Gokcay, 2010)

Parameters	Group of crops/main crops			
	A	B	C	D
	Cotton, sugar beet, cereals, dry fodder seeds, forest irrigation, etc.	Green fodder, olives, peanuts, citrus, bananas, almonds, nuts, etc.	Deciduous fruits ^b , conserved vegetables, cooked and peeled vegetables, green belts, football fields and golf courses	Unrestricted crops, including vegetables eaten uncooked (raw), parks and lawns
<i>Effluent quality</i>				
BOD ₅ total (mg/l)	60 ^a	45 ^a	35	15
BOD ₅ dissolved (mg/l)	–	–	20	10
Suspended solids (mg/l)	50 ^a	40 ^a	30	15
Dissolved oxygen (mg/l)	0.5	0.5	0.5	0.5
Coliforms counts (/100 ml)	–	–	250	12 (80%) 2.2 (50%)
Resid. avail. chlorine (mg/l)	–	–	0.15	0.5
<i>Mandatory treatment</i>				
Sand filtration or equivalent	–	–	–	required
Chlorination (minimum contact time, min)	–	–	60	120
<i>Distances</i>				
From residential areas (m)	300	250	–	–
From paved road (m)	30	25	–	–

^aDifferent standards will be set for stabilization ponds with retention time of at least 15 days. ^bIrrigation must stop 2 weeks before fruit picking; no fruit should be picked from the ground.

Tablo 5. Türkiye’de sulama suyu kriterleri
(Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, 1991)

Kalite Kriteri	Sulama Suyu Sınıfı				
	Sınıf I (çok iyi)	Sınıf II (iyi)	Sınıf III (kullanılabilir)	Sınıf IV (ihtiyatla kullanılabilir)	Sınıf V (zararlı kullanılmaz)
İLETKENLİK EC <i>mikromhos /cm</i>	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	>3000
% Na	<20	20-40	40-60	60-80	>80
Sodium Adsorption Ratio (SAR)	<10	10-18	18-26	>26	
Sodium karbonat bakiyesi (RSC) meq/l	>1.25	1.25-2.5	>2.5		
Sodium karbonat bakiyesi (RSC) mg/l	<66	66-133	>133		
Cl ⁻ , meq/l	0-4	4-7	7-12	12-20	>20
mg/l	0-142	142-249	249-426	426-710	>710
SO ₄ ⁻² , meq/l	0-4	4-7	7-12	12-20	>20
mg/l	0-192	192-336	336-575	575-960	>960
Toplam Tuz, mg/l	0-175	175-525	525-1400	1400-2100	>2100
Bor, mg/l	0-0.5	0.5-1.12	1.12-2	>2	
Sulama Suyu Sınıfı	C1S1	C 1 S 2 . C 2 S 2 . C2S1	C1S3.C2S3. C3S3.C3S2. C3S1	C1S4.C2S4. C3S4.C4S4. C4S3.C4S2. C4S1	
NO ₃ ⁻ or NH ₄ ⁺ , mg/l	0-5	5-10	10-30	30-50	>50
Fekal Koliformlar, /100ml	0-2	2-20	20-100	100-1000	>1000
BOİ, mg/l	0-25	25-50	50-100	100-200	>200
AKM, mg/l	20	30	45	60	>100
pH	6.6-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-9	<6 or >9
Sıcaklık	30	30	35	40	>40

Burada;

EC(Elektrical Conductivity): Elektriksel İletkenlik,

BOİ: Biyolojik Oksijen İhtiyacı, AKM: Askıda katı madde

C1:Az tuzlu su C2:Orta tuzlu su C3:Yüksek tuzlu su C4: Çok yüksek tuzlu su

S1:Az sodyumlu su S2:Orta sodyumlu su S3 :Yüksek sodyumlu su

S4 : Çok yüksek sodyumlu su

TUZLULUK

C1: Az tuzlu su: Her çeşit bitki sulamasında kullanılabilir. Toprak çok düşük geçirgenliğe sahip olmadığı sürece toprakta tuzluluk yaratmaz.

C2:Orta tuzlu su: Tuzluluğa hassas bitkiler hariç bütün bitkilerin sulamasında kullanılabilir. Toprak geçirgenliğinin iyi ve orta dereceli olduğu yerlerde özel tuzluluk kontrol tedbirlerine ihtiyaç yoktur.

C3 :Yüksek tuzlu su: Tuza dayanıklı bitkilerin sulamasında kullanılabilir. Yeterli geçirgenlik ve drenaj şartlarında dahi özel tuzluluk kontrol gerektirir. Drenajı tam olmayan topraklarda kullanılmamalıdır.

C4 :Çok yüksek tuzlu su: Normal şartlarda sulamaya uygun değildir. Fakat tuzluluğa çok dayanıklı bitkilerin seçildiği, yıkama ihtiyacının dikkate alındığı, drenajı ve geçirgenliği çok iyi olan topraklarda özel tuzluluk kontrol tedbirleri ile kullanılabilir.

ALKALİLİK

S1:Az sodyumlu su: Hemen bütün topraklarda sulama için kullanılabilir. Zararlı derecede alkalilik yaratma tehlikesi çok azdır. Bununla beraber taş çekirdekli meyveler gibi alkaliliğe karşı hassas olan bitkilerin etkilenmeleri mümkündür.

S2:Orta sodyumlu su: İnce bünyeli (killi ve yüksek katyon değiştirme kapasitesine sahip) topraklarda bilhassa az yıkama şartlarında hissedilir derecede bir alkalilik tehlikesi ortaya çıkar. Topraklarda jips mevcutsa durum daha az tehlikelidir. Bu sular kaba bünyeli (kumlu) ve geçirgenliği iyi olan organik topraklarda kullanılabilir.

S3:Yüksek sodyumlu su:Çoğu topraklarda zararlı derecede bir alkalilik yaratır. İyi drenaj, fazla yıkanma ve organik madde ilavesi gibi özel tedbirler ister. Jips ihtiva eden topraklarda bu sular tehlikeli bir alkalilik meydana getirmeyebilir. Değişebilir sodyumun erine kal-

siyumu yerleştirmek için bazı kimyasal maddelerin ilavesi gerekebilir. Ancak çok yüksek tuzluluğa sahip sularda kimyasal madde ilavesi mümkün olmayabilir.

S4 :Çok yüksek sodyumlu su: Genellikle sulamada kullanılamaz. Ancak düşük veya orta derecede tuz kapsadığında (C1-S4),(C2-S4) toprakta erimiş kalsiyum bulunması halinde veya jips gibi ıslah edici maddelerin uygulanması şartı ile kullanılabilir.

Sulama suyundaki tuzluluğun belirlenmesinde sulama suyu kriterleri dışında Amerikan Tuzluluk Diyagramı ve Wilcox Diyagramı gibi grafikler de kullanılmaktadır. Sodyum, SAR ve EC'ye bağlı sulama suyu sınıfları Şekil 39'da, Amerikan Tuzluluk Diyagramı ise Şekil 40'da, Wilcox Tuzluluk Diyagramı ise Şekil 41'de verilmiştir. Arıtılmış atıksu sulama suyu olarak kullanımının yanı sıra endüstride soğutma suyu olarak, İsrail'de olduğu gibi akiferin suni beslenmesinde, sulak alanların beslenmesinde, yangın söndürmede, inşaat işleminde ve kıyı akiferlerinde tuzlu su girişiminin önlenmesinde kullanılabilir (Aslan, 2008).

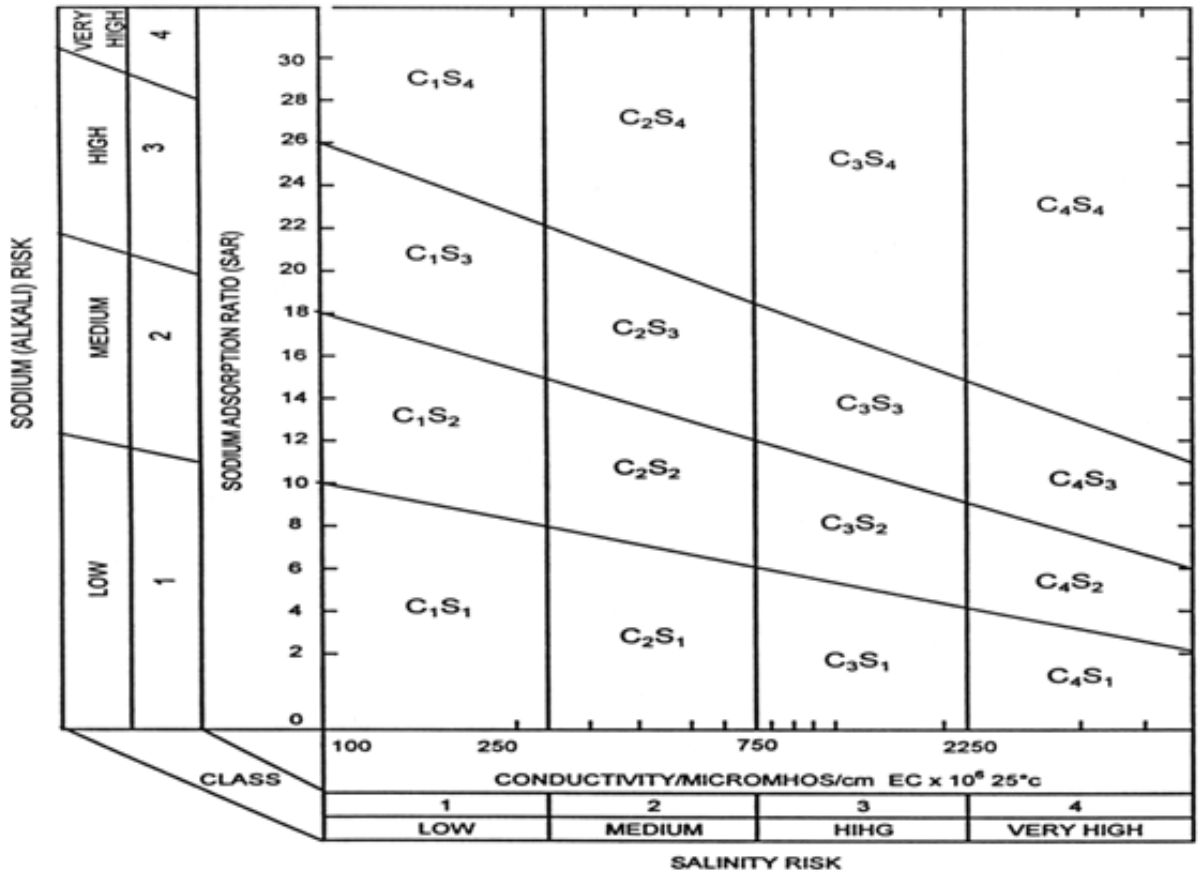
Arıtılmış suyun sulamada kullanımının avantajları aşağıdaki gibi listelenebilir:

- Sulama suyu temininin ucuz olması,
- Uzaklaştırılması gereken atıksuyun aynı zamanda ekonomik bir şekilde bertaraf edilmesi,
- Yüzeysel sulara deşarj standartlarının çok sıkı olduğu ülkelerde, kullanılmış suya daha ekonomik arıtma yöntemlerinin uygulanması ile sulamada kullanılabilmesi,
- Atıksuda mevcut bitki besin elementlerinin etkili bir şekilde kullanılması,
- Yeraltısuyuna karışmadan önce atıksuya ek bir arıtma sağlanması,
- Kurak geçen mevsimlerde su kaynağı oluşturması.

Arıtılmış suyun sulama kullanımının dezentajları ise aşağıda verilmiştir.

- Sulama mevsimsel bir uygulamadır ve ürün ihtiyacına bağlıdır. Dolayısıyla arıtılmış su ile sulamada genellikle arıtılmış suyun depolanması ya da sulama ihtiyacının olmadığı mevsiminde ikinci bir deşarj imkanının sağlanması gereklidir,
- Arıtılmış atıksu sulama sistemlerini ve topraktaki kapiler boşlukları tıkayabilmektedir,
- Atıksuda mevcut çözünmüş bazı bileşenler bitkiler için toksik etki yaratabilmektedir,
- Sağlık ile ilgili bazı kriterler, atıksuyun yenen bazı ürünlerin sulamasında kullanılmasını kısıtlamaktadır,
- İyi bir arıtmadan geçirilmemiş atıksu çevresel açıdan bazı olumsuzluklar yaratabilmektedir

Atıksuda bulunan zararlı mikroorganizmalar, rüzgarın taşınım etkisiyle hem tarlada çalışan çiftçilerde hem de çevrede yaşayanlarda sağlık problemlerine neden olur. Bu sistemi, ancak rüzgarsız bölgelerde ve çok sıcak geçen mevsimlerde uygulamak mümkün olabilir. Çok iyi bir dezenfeksiyondan geçirilmemiş arıtılmış atıksu yağmurlama sulama yöntemi ile tarlaya kesinlikle uygulanmamalıdır (Güneş, 2010). Buğday, yonca gibi bitkilerin sulanmasında yağmurlama sulama, ağaç, sebze gibi bitkilerin sulanmasında ise damla sulama yöntemi kullanılması önemli ölçüde su tasarrufu sağlamaktadır.



Şekil 39. Sodyum, SAR ve EC'ye bağlı sulama suyu sınıfları (Gökçay, 2010).

Sulama sularının asit, nötr yada bazik durumunu saptamak amacıyla pH değeri tayin edilir. Bu değer sudaki erimiş tuzların hidrojen iyonları konsantrasyonunun negatif logaritmasıdır. pH 7'den küçükse çözelti asit, 7'den büyük ise bazik, 7 ise nötr'dür. Sulama suyu örneklerinin pH değeri arazide bu amaç için geliştirilmiş olan pH metre cihazı ile ölçülebilir.

Sulama suyunda tuzluluğun kabul edilebilir değerlerde olmasının yanında bor miktarının

da kabul edilebilir limitlerin altında olması gereklidir. Bitki cinslerine göre sulama suyunda bulunmasına izin verilebilecek olan maksimum bor konsantrasyonları ise Tablo 6'da verilmiştir. Elektriksel İletkenlik (EC) değeri suda erimiş toplam tuz miktarının iyi bir göstergesidir. Elektriksel İletkenlik değerinin arazide kolay ölçülebilir olması nedeniyle su örneklerindeki toplam tuzluluğun belirtilmesinde sıkça kullanılan bir parametredir.

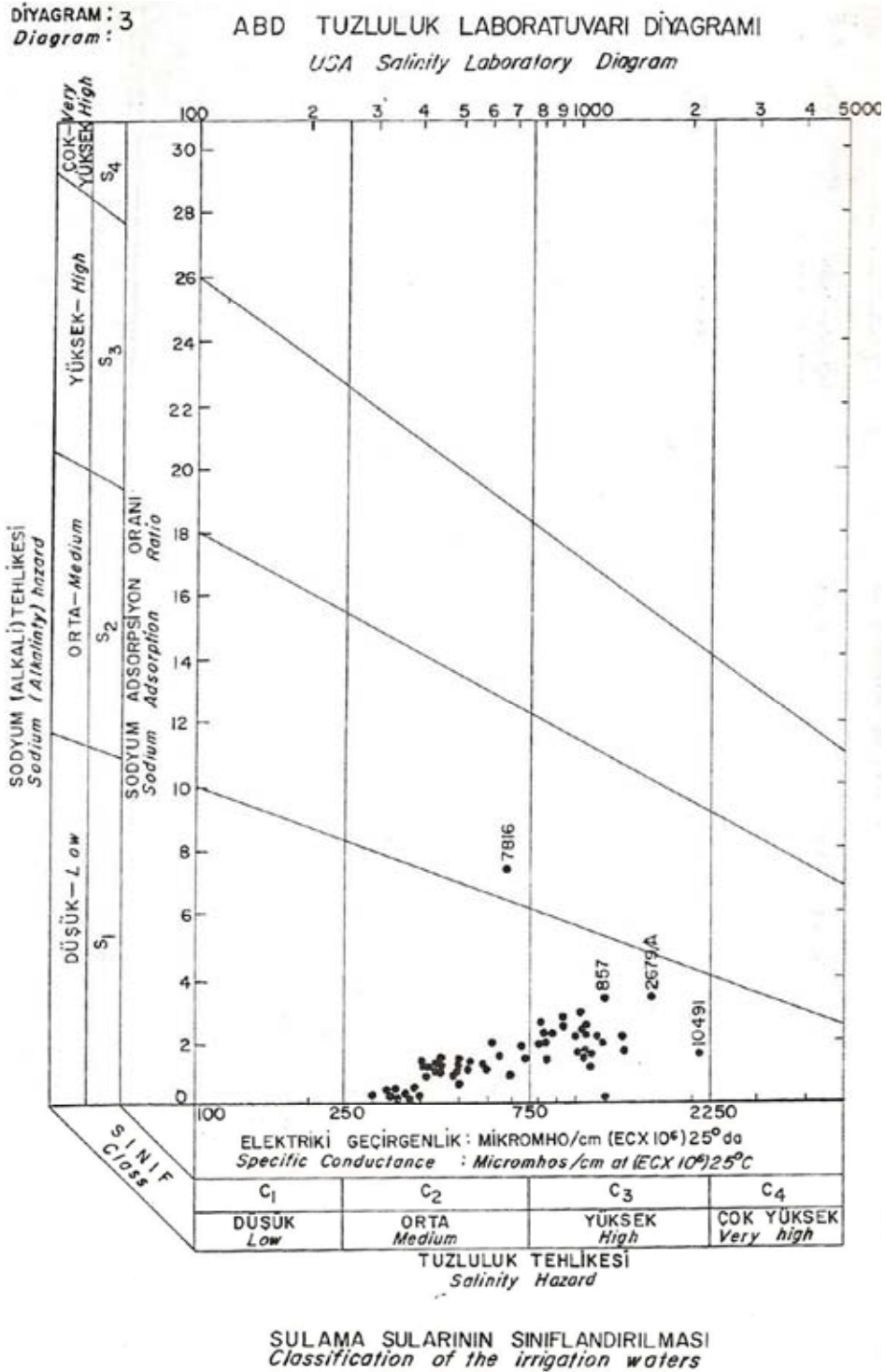
Tablo 6. Bitki cinslerine göre sulama suyunda bulunmasına izin verilebilecek olan maksimum bor konsantrasyonları (Çakmak, 2010).

Dayanıklı	Yarı-dayanıklı	Hassas
4.0 ppm	2.0 ppm	1.0 ppm
Athel (<i>Tamarix aphylla</i>)	Ayçiçeği	Pecan
Kuşkonmaz	Patates	Ceviz
Hurma (<i>Phonix canariensis</i>)	Pamuk (Acala ve Pima)	Yer elması
Hurma ağacı (<i>Phonix dactylifera</i>)	Domates	Fasulye
Şeker pancarı	Bezelye	Amerikan Karaağaç
Hayvan pancarı	Turp	Erik
Bahçe pancarı	Tarla bezelyesi	Armut
Yonca	Üçgül	Elma
Kuzgun kılıcı	Zeytin	Üzüm (Sultan ve Malaga)
Bakla	Arpa	İncir
Soğan	Buğday	Amerikan hurması
Şalgam	Mısır	Kiraz
Kabak	Yulaf	Şeftali
Lahana	Zinia	Kayısı
Havuç	Helvacı kabağı	Böğürtlen
	Biber	Potakal
	Tatlı patates	Avokado
	Lima fasulyesi	Greyfruit
		Limon
2.0 ppm	1.0 ppm	0.3 ppm

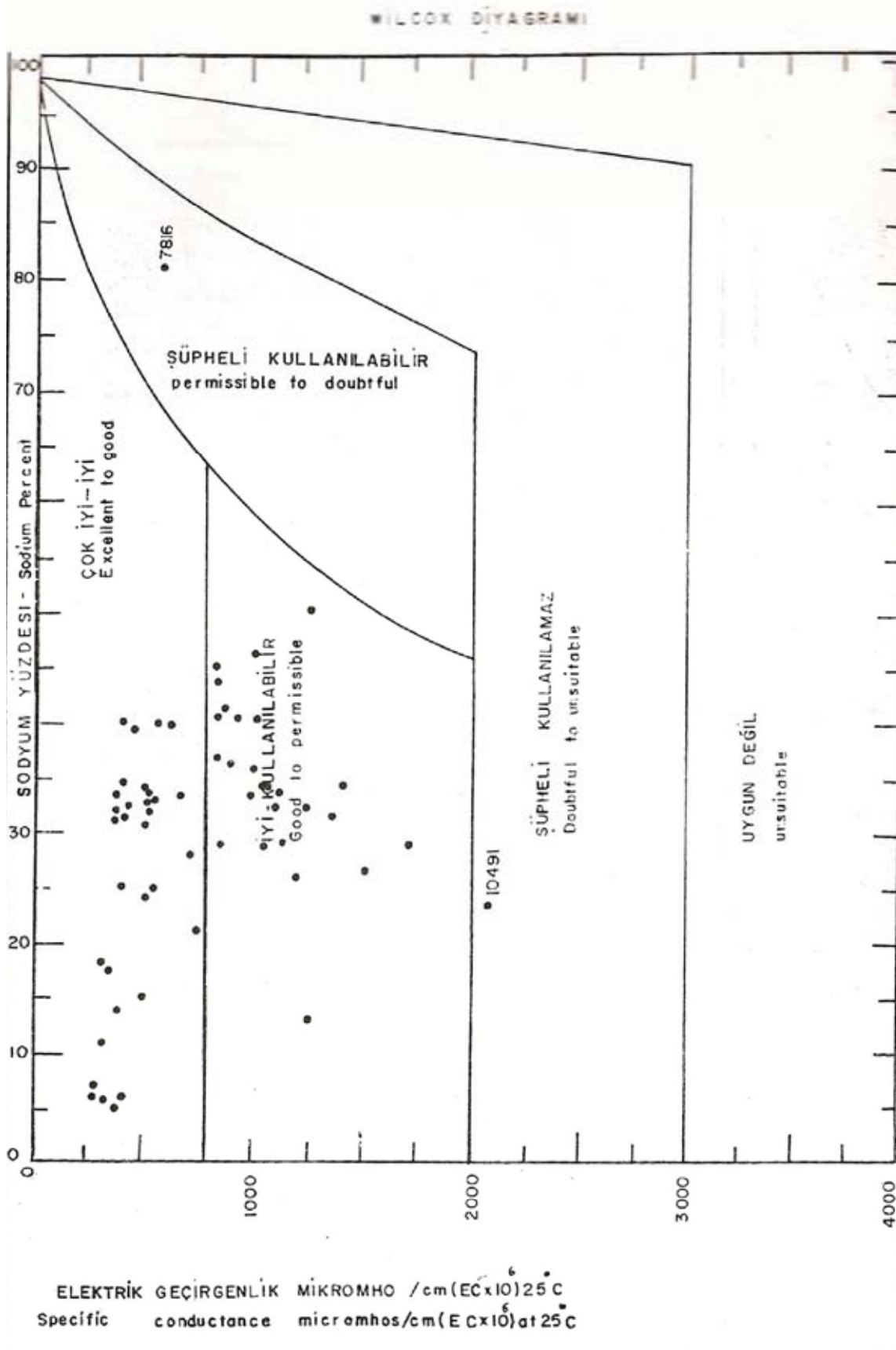
(ppm = mg/l)

Çözelti içerisindeki tüm iyonların (anyon ve kationlar) oluşturduğu etkidir. Bu etkiye “**ozmotik etki**” de denir. Suda eriyebilen tüm katıların toplam etkisidir. Tuzlar çözelti içerisinde bir basınç oluştururlar, buna “**ozmotik basınç**” adı verilir. Bu basınç bitkinin kökleri

ile topraktan suyu alırken yenmek zorunda olduğu bir kuvvettir. Yüksek ozmotik basınç yani yüksek tuzluluk etkisinde bitki suyu almakta zorlanır ve gereksinim duyduğundan daha az su alabilir, bu olaya **fizyolojik kuraklık** denir (Çakmak, 2010).



Şekil 40. ABD tuzluluk diyagramı (DSI, 1970)



Şekil 41. Wilcox Tuzluluk Diyagramı (DSİ, 1970)

İsrail'de kullanılmakta olan damla sulama örneği Şekil 42'de, akiferden sulama suyu için yeraltı suyu çekimi Şekil 43'de, İsrail'de yağ-

murlama sulama örneği Şekil 44'de görülmektedir.



Şekil 42. Kibbuzt Ketura'da damla sulama örneği (Foto: Ebru Yıldız, 2006)



Şekil 43. Kibbuzt Ketura'da damla sulama ile hurma ağaçlarının sulanmasında su çekilen kuyu (Foto: Ebru Yıldız, 2006)



Şekil 44. Kibbutz Ketura'da patates tarlasında yağmurlama sulama uygulaması (Foto: Ebru Yıldız, 2006)

Teknik Usuller Tebliği arıtılmış suyun sulamada kullanılmadan önce klorlanmasına müsaade etmektedir. Ancak, bazı gelişmiş ülkelerde yapılan yeni araştırmalar klorün organik maddelerle verdiği reaksiyonların son ürünlerinin gerek bitki sağlığı gerekse bitkiler yolu ile alınmasını takiben insan sağlığı açısından sakıncalar yarattığını ortaya koyduğundan sulamada kullanılacak atıksuyun dezenfeksiyonunda klor kullanımının kısıtlanmasına gidilmiştir (Alman Standardı DIN 19650 "Irrigation-Hygienic Concerns of Irrigation Water"). Dolayısıyla, dezenfeksiyon yerine bekletme, kuru zeminde infiltrasyon gibi yöntemler düşünülmelidir. Arıtılmış su ultraviyole ışınlarının kullanıldığı UV teknolojisi veya ozon ile dezenfekte edilebilir. Ancak UV ve ozon yöntemleri klora göre pahalı metotlardır. Sulama suyu kalitesi için, en önemli parametrelerden

biri olan SAR ve EC parametrelerinin sağlanıp sağlanamayacağı dikkatle izlenmelidir (DEÜ Çevre Mühendisliği Böl, 2010).

Atıksuyun gerekli düzeyde arıtılmadan sulama amaçlı kullanımı ise, topraktaki bitki besin maddeleri arasındaki dengenin bozulmasına, toksik iyonların birikimine, tuz miktarının artışına ve pH'da gözlenen aşırı derecede düşüşe veya yükselmelere yol açacaktır. Bu gibi toprak özelliklerinde ortaya çıkan değişimleri sürekli dikkate almak, toprağın elden çıkmasını dolayısıyla verim azalmasını önleyecektir (DEÜ Çevre Mühendisliği Böl, 2010).

Tablo 7'de sulama suyunda izin verilebilecek maksimum ağır metal konsantrasyonları mg/l cinsinden verilmiştir.

Tablo 7. Sulama suyunda izin verilebilecek maksimum ağır metal konsantrasyonları (mg/l) (Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, 1991)

Elementler	Birim alana verilebilecek	İzin verilen maksimum konsantrasyonlar	
		Her türlü zeminde sürekli	pH değeri 6,0-8,5 arasında
Alüminyum (Al)	4600	5,0	20,0
Arsenik (As)	90	0,1	2,0
Berilyum(Be)	90	0,1	0,5
Bor (B)	680	-	2,0
Kadmilyum (Cd)	9	0,01	0,05
Krom (Cr)	90	0,1	1,0
Kobalt (Co)	45	0,05	5,0
Bakır (Cu)	190	0,2	5,0
Florür (F)	920	1,0	15,0
Demir (Fe)	4600	5,0	20,0
Kürsun (Pb)	4600	5,0	10,0
Lityum (Li)	-	2,5	2,5
Manganez (Mn)	920	0,2	10,0
Molibden (Mo)	9	0,01	0,05
Nikel (Ni)	920	0,2	2,0
Selenyum (Se)	16	0,02	0,02
Vanadyum (V)	-	0,1	1,0
Çinko (Zn)	1840	2,0	10,0

Türkiye’de de damla sulama yöntemi gün geçtikçe yaygınlaşmakta, hükümet damla sulama uygulaması yapmak isteyen çiftçilere uygun

kredi imkânı vermektedir. Kayseri Develi Ovası’nda yapılan bir damla sulama uygulaması Şekil 45’de görülmektedir.



Şekil 45. Develi Ovası’nda damla sulama uygulaması (Foto: Ebru YILDIZ, 2004).

Kibbutz Lotan'da damla sulama tekniği ile sulanan tarım arazisinde tohum ekimi Şekil 46'da görülmektedir.



Şekil 46. Kibbutz Lotan'da damla sulama tekniği ile sulanan tarım arazisinde tohum ekimi (Cicelsky, 2006).

İsrail'de yapay sulak alanda çökeltme havuzlarında çökelen arıtma çamurunun çamur kurutma yataklarında kurutulurken stabil hale ge-

tirilmesi ile organik kompost gübre elde edilmektedir. Bu gübre Şekil 47'de görülmektedir.



Şekil 47. Kibbutz Lotan'da tarm arazilerinde kullanılan ve yapay sulak alan çamurundan elde edilen kompost organik gübre (Cicelsky, 2006).

Türkiye’de ise genellikle atıksu arıtma tesislerinden elde edilen çamur susuzlaştırılarak katı atık depolama alanlarına gömülmekle beraber bazı büyük atıksu arıtma tesislerinde çamur kurutulmuş organik gübre haline getirilmekte veya çimento fabrikaları için yüksek kalorili yakıt (kurutulmuş çamurun linyit kömürü kadar kalorisi vardır) haline getirilmektedir.

6-SONUÇLAR

Bu çalışmanın ilk bölümünde doğal arıtma yöntemleri ile ilgili detaylı bilgi verilmiş, ikinci bölümde ise yapay sulak alanlar ile atıksu arıtımı tanıtılmıştır. Yapay sulak alanların İsrail’de kullanımı 3.bölümde ve yapay sulak alanların Türkiye’de kullanımı ise 4.bölümde verilmiştir. 5.bölümde ise arıtılmış suların sulamada kullanımı incelenmiş, arıtılmış suyun sulama suyu olarak kullanılabilmesi için gerekli sulama suyu kalite standartları verilmiştir. Arıtılmış suyun sulamada kullanımına ayrıca İsrail ve Türkiye’den örnekler verilmiştir.

Yapay sulak alanlar:

- Ucuz, güvenilir, inşası ve bakımının kolay olması gibi özelliklerinden dolayı kırsal kesimde yapay sulak alan sistemi ülkemizde uygulanmaya başlanmıştır.
- Gerekli sulama suyu kriterleri sağlanabiliyorsa “Doğal Arıtma Projesi” kapsamında arıtılmış su ağaç sulamasında kullanılabilir.
- Su kaynaklarının hızla azaldığı günümüzde, yapay sulak alan tesisi çıkış suları Su Kaynakları Kontrol Yönetmeliği standartlarını sağlamalıdır.
- Küçük yerleşim yerleri için Yapay sulak alan tasarıma daha çok ağırlık verilmelidir.
- Mevcut yapay sulak alanların periyodik bakımları düzenli yapılmalıdır. Yapay sulak alanların atıksu arıtma verimlerinin yüksek olması bu sulak alanların bakımlı olmasına bağlıdır.

Arıtılmış ve dezenfekte edilmiş su sulama suyu kriterlerine uyduğu sürece sulama suyu olarak kullanılmasında bir sakınca yoktur, yine de bu suyun insan temasının az olduğu bitkilerin sulanmasında (örnek meyve ağaçları) kullanılması daha uygundur.

Yurtdışında arıtılmış suyun akiferi besleyerek akiferden çekilen suyun sulamada kullanılması yaygın bir yöntemdir. Türkiye’de ise yer altı suyunun kirlenmeye sebep olabileceği düşüncesi ile suni olarak arıtılmış suyla beslenmesi 1960’da kabul edilen Yer altı Suyu Kanunu’na göre yasaktır ancak belli bir yerde atıksu arıtma tesisi yapılacaksa ve ileri derecede arıtılmış ve dezenfekte edilmiş suyun bir alıcı ortamı yoksa (dere, göl vs) DSİ’den özel izin alınarak arıtılmış su açık araziye verilerek yeraltına sızdırılabilir.

Atıksu arıtma tesisi çamurlarının fırınlarda kurutulmuş gübre haline getirilmesi Avrupa, ABD, İsrail ve Türkiye’de kullanılan yöntemlerdir. Yerleşik nüfusun çok küçük olduğu stabilizasyon havuzu, yapay sulak alan gibi küçük doğal arıtma tesislerinde ise atıksu arıtma çamuru çamur kurutma yataklarında kurutulmaktadır. Çamur kurutma yataklarına da saz bitkileri ekilerek çamurun daha hızlı bir şekilde kurutulması sağlanabilir.

7. REFERANSLAR

Akten, M, Atken, S., 2008, Kentsel Atıksu Yönetimi ve Atıksuların Yeniden Kazanımında Yapay Sulakalanların Çevresel Sürdürülebilirlik Üzerindeki Etkileri, TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, Ankara.

Aslan, V., 2008, Türkiye’de Su Potansiyeli ve Atıksuların Geri Kullanımı, TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, Ankara.

Ayaz, S.Ç., Akça, L., Tunçsiper, B., Saygın, Ö., 2003, Eysel Atıksuların Arıtımı için 2 Ka-

demeli Yapay Sulakalan, SKKD, Cilt 13, Sayı:3, s:18-22.

Ayaz, S.Ç., Tunçsiper, B., Akça, L., İnci, A., Güneş, K., Kınacı, C., Saygın, Ö., Hecan, N., 2008, Türkiye'de Uygulanan Bazı Yapay Sulakalan Çalışmaları, Sulakalan Konferansı, 10-11 Temmuz 2008, Kayseri.

Balman, V., Balman., A.H., 2002, Çevre Kirliliği Kontrolünde Atıksu Arıtımı, Arceivala, Soli J., (Türkçe çeviri kitap), 2.Baskı, Ankara.

Bayhan, H., 2004, Bitkilerle Arıtma Ve Ekolojik Koruma" Akdeniz Ülkelerinden Ürdün, Lübnan, Filistin ve Türkiye'de Atık Suyun Etkin Yönetimi, Arıtımı ve Yeniden Kullanımı' Semineri, İstanbul.

Bayhan, H., 2009, Arazide Arıtma Teknikleri, YTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü Ders Notları, İstanbul.

Cicelsky, A., 2006, Kibbutz Lotan Center for Creative Ecology, NATO ASI Course presentation on Integrated Water Resources Management and Security in the Middle East, Eilat, Israel.

Çakmak, B., 2010, Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk, Ders Notları, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ankara.

Çiftçi, H., Kaplan, Ş., Köseoğlu, H., Karakaya, E., Kitiş, M., 2007, Yapay Sulakalanlarda Atıksu Arıtımı ve Ekolojik Yaşam, Erciyes Ün. Fen Bilimleri Dergisi, 23 (1-2) 149-160.

Durmuş, R., 1976, Su Temini ve Uzaklaştırma Esasları-II. Ders Notları, Fen-Edebiyat Fakültesi, Çevre Mühendisliği, Samsun.

DEÜ, Çevre Mühendisliği Bölümü, 2010, İzmir Kenti Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Sulamada Kullanılması Projesi Sunumu, İzmir.

DSİ, 1970, Hydrogeological Investigation Report of Develi-Yesilhisar Plain, Ankara, Turkey.

EC, 2001, Extensive Wastewater Treatment Processes Adopted to Small and Medium Sized Communities, International Office for Water, ISBN 92-894-1690-4, France.

Eremektar, G., Tanık, A., Arslan-Alaton, İ., Gürel, M., Övez, S., Orhon, D., 2005, Türkiye'de doğal arıtma uygulamaları ve projeleri, Arıtılmış Eysel Atıksuların Tarımsal Sulamada Kullanılması Çalıştayı, ODTÜ, Ankara.

Gökçay, C., 2010, Yönetmeliklerin ve Rehber Yönergelerin Geliştirilmesi, ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü, Ankara.

Güneş, S., 2010, Eysel Arıtılmış Atıksuların Sulama Amaçlı Kullanılabilirliği, DEÜ Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir.

İnternet: www.jpost.com Jerusalem Post, 01.12.2010

www.fluidiscourse.com/research/2010/2/7/kibbutz-lotan-applied-lessons-from-constructed-wetland.html

www.kibbutzlotan.com/assets/wetlands

www.kibbutzlotan.com/creativeEcology/Wetlands.html

www.sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=e_BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=Object&enDispWho=Articles^14247&enZone=sus_waste

İskender G., Arslan-Alaton, İ., Tanık, A., Yener, S.G., Gürel, M., Övez, S., 2005 Türkiye'de Yapay Sulakalan Uygulamaları, 6. Ulusal Çevre Mühendisliği Mühendisliği Kongresi, İstanbul.

Kocasoy, G., 1986 Atık Su Arıtma Sistemleri, TMMOB Kimya Mühendisleri Odası, İstanbul.

Köse, G., Yıldız, F.E., 2009, Doğal Arıtma-Yapay Sulak Alanlarla Atıksu Arıtımı Uygulamaları, İller Bankası Hizmetiçi Eğitim Semineri, Antalya

Liphin, C., Pallant, E., Saranga, D., Amster, A., 2007, Integrated Water Resources Management and Security in the Middle East, Publication of NATO Science for Peace Series.

Muslu, Y., 1994 Atık Suların Arıtılması, İTÜ, İstanbul

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, 2004

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği-Teknik Usuller Tebliği, 1991

Ökotec, 2005, Waste water System at Kibbutz Lotan: Report on Design Proposal for a Constructed Wetland for Water Re-Use, Dr.Emile Niklas, Belzig, Germany.

Öztürk, A., 2009, Doğal Arıtma Sunumu

Sözlü görüşme: KASKİ Atıksu Arıtma Dairesi Başkanı ile görüşme, 01.07.2009, Kayseri.

Su ve Çevre Teknolojileri Dergisi, 2007, Su Kıtılığında Su Zenginliğine Giden Yolda İsrail, Sayı:15, sayı:32-38.

Tiryakioğlu, O., 2006, Salda (Burdur) Yapay Sulakalan Arıtma Projesi Açıklama Raporu, İller Bankası Antalya Bölge Müdürlüğü, Antalya.

Topacık, D. Eroğlu, T., 1993 Su Temini ve Atık Su Uzaklaştırması Uygulamaları, İTÜ Rektörlüğü Sayı:1518

TÜBİTAK-MAM, 2010, Tuz Gölü ÖÇK Bölgesinde Yer Alan Sultanhanı ve Altınekin Belediyeleri Doğal Arıtma Sistemi Projelendirme Raporu, Gebze.

Yurtseven, E., Çakmak, B., Kesmez, D., Polat, E., 2010, Tarımsal Atıksuların Sulamada Yeniden Kullanılması, Türkiye Ziraat Mühendisliği 7. Teknik Kongresi.

ORSAM AKADEMİK KADROSU

Hasan Kanbolat
 Prof. Dr. Hayati Aktaş
 Doç. Dr. Veysel Ayhan
 Doç. Dr. Mehmet Şahin
 Doç. Dr. Harun Öztürkler
 Doç. Dr. Özlem Tür
 Habib Hüzmüzlü
 Yrd. Doç. Dr. Serhat Erkmen
 Dr. Neslihan Kevser Çevik
 Dr. Didem Danış
 Dr. Jale Nur Ece
 Dr. İlyas Kamalov
 Dr. Bayram Sinkaya
 Dr. Süreyya Yiğit
 Av. Aslıhan Erbaş Açıknel
 Volkan Çakır
 Bilgay Duman
 Ogün Duru
 Noyan Gürel
 Selen Tonkuş Kareem
 Oytun Orhan
 Sercan Doğan
 Nebahat Tanriverdi
 Selen Tonkuş Kareem
 Uğur Çil
 Nazlı Ayhan
 Leyla Melike Koçgündüz
 Göknil Erbaş
 Aslı Değirmenci
 Jubjana Vila
 Mavjuda Akramova

ORSAM Başkanı
 ORSAM Trabzon Temsilcisi, KTÜ Uluslararası İlişkiler Bölüm Başkanı
 ORSAM Danışmanı, Ortadoğu - Abant İzzet Baysal Üniversitesi
 ORSAM Danışmanı, Ortadoğu - Gazi Üniversitesi
 ORSAM Danışmanı, Ortadoğu Ekonomileri - Afyon Kocatepe Üniversitesi
 ORSAM Danışmanı, Ortadoğu - ODTÜ
 ORSAM Danışmanı, Ortadoğu
 ORSAM Danışmanı, Ortadoğu - Ahi Evran Üniversitesi
 ORSAM Danışmanı, Ortadoğu
 ORSAM Danışmanı, Ortadoğu - Galatasaray Üniversitesi
 ORSAM Danışmanı, Deniz Emniyeti ve Güvenliği
 ORSAM Danışmanı, Avrasya
 ORSAM Danışmanı, Ortadoğu - Atatürk Üniversitesi
 ORSAM Danışmanı, Avrasya
 ORSAM Danışmanı, Enerji-Deniz Hukuku
 ORSAM Danışmanı, Afrika
 ORSAM Uzmanı, Ortadoğu
 ORSAM Yönetici Editörü
 ORSAM İzmir Temsilcisi
 ORSAM Erbil (Irak) Temsilcisi
 ORSAM Uzmanı, Ortadoğu
 ORSAM Uzman Yardımcısı, Ortadoğu
 ORSAM Uzman Yardımcısı, Ortadoğu
 ORSAM Uzman Yardımcısı, Ortadoğu
 ORSAM Uzman Yardımcısı, Ortadoğu
 ORSAM Uzman Yardımcısı, Ortadoğu & Projeler
 ORSAM Uzman Yardımcısı, Ortadoğu & Projeler
 ORSAM Uzman Yardımcısı, Karadeniz
 ORSAM Uzman Yardımcısı, Ortadoğu
 ORSAM Uzman Yardımcısı, Ortadoğu
 ORSAM Uzman Yardımcısı, Ortadoğu

ORSAM Su Araştırmaları Programı

Dr. Tuğba Evrim Maden
 Dr. Seyfi Kılıç
 Kamil Erdem Güler
 Çağlayan Arslan

ORSAM Su Araştırmaları Programı Hidropolitik Uzmanı
 ORSAM Su Araştırmaları Programı Hidropolitik Uzmanı
 ORSAM Uzman Yardımcısı, ORSAM Su Araştırmaları Programı
 ORSAM Uzman Yardımcısı, ORSAM Su Araştırmaları Programı

ORSAM DANIŞMA KURULU

Dr. İsmet Abdülmecid
 Prof. Dr. Hayati Aktaş
 Hasan Alsancak
 Prof. Dr. Meliha Benli Altunışık
 Prof. Dr. Ahat Andican
 Prof. Dr. Dorayd A. Noori
 Prof. Dr. Tayyar Arı
 Prof. Dr. Ali Arslan
 Başar Ay
 Prof. Dr. Mustafa Aydın
 Doç. Dr. Ersel Aydınlı
 Doç. Dr. Veysel Ayhan
 Prof. Dr. Hüseyin Bağcı
 İtir Bağdadı
 Prof. Dr. İdris Bal
 Yrd. Doç. Dr. Ersan Başar
 Kemal Beyatlı
 Barbaros Binicioğlu
 Prof. Dr. Ali Birinci
 Doç. Dr. Mustafa Budak
 E. Hava Orgeneral Ergin Celasin
 Volkan Çakır
 Doç. Dr. Mimat Çelikpaala
 Prof. Dr. Gökhan Çetinsaya
 Dr. Didem Danış
 Prof. Dr. Volkan Ediger
 Prof. Dr. Cezmi Eraslan
 Prof. Dr. Çağrı Erhan
 Yrd. Doç. Dr. Serhat Erkmen
 Dr. Amer Hasan Fayyadh
 Av. Aslıhan Erbaş Açıknel
 Cevat Gök
 Mete Göknel
 Osman Göknel

Irak Danıştay Eski Başkanı
 Karadeniz Teknik Üniversitesi, Uluslararası İlişkiler Bölüm Başkanı
 BP & BTC Türkiye, Enerji Güvenliği Direktörü
 ODTÜ, Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürü
 Devlet Eski Bakanı, İstanbul Üniversitesi
 Irak'ın Ankara Büyükelçiliği Kültür Müsteşarı Yardımcısı
 Uludağ Üniversitesi, Uluslararası İlişkiler Bölüm Başkanı
 İstanbul Üniversitesi, Tarih Bölümü
 Türkiye Tekstil Sanayi İşveren Sendikası Genel Sekreteri
 Kadir Has Üniversitesi Rektörü
 Bilkent Üniversitesi Rektör Yardımcısı & Fulbright Genel Sekreteri
 ORSAM Ortadoğu Dan., Abant İzzet Baysal Üni., Uluslararası İlişkiler Böl.
 ODTÜ, Uluslararası İlişkiler Bölüm Başkanı
 İzmir Ekonomi Üni. Öğretim Gör., Uluslararası İlişkiler ve Avrupa Birliği Böl.
 TBMM 24. Dönem Milletvekili
 Karadeniz Teknik Üniversitesi, Deniz Ulaştırma İşletme Müh. Bölüm Başkanı
 Irak Türkmen Basın Konseyi Başkanı
 Ortadoğu Danışmanı
 Polis Akademisi
 Başbakanlık Devlet Arşivleri Genel Müdür Yardımcısı
 23. Hava Kuvvetleri Komutanı
 ORSAM Danışmanı, Afrika
 Kadir Has Üniversitesi, Uluslararası İlişkiler Bölüm Başkanı
 İstanbul Şehir Üniversitesi Rektörü
 ORSAM Ortadoğu Danışmanı, Galatasaray Üniversitesi, Sosyoloji Bölümü
 İzmir Ekonomi Üniversitesi, Ekonomi Bölümü
 Başbakanlık Atatürk Araştırma Merkezi Başkanı
 Ankara Üniversitesi ATAUM Müdürü, SBF Uluslararası İlişkiler Bölümü
 ORSAM Ortadoğu Dan., Ahi Evran Üni., Uluslararası İlişkiler Böl. Başkanı
 Bağdat Üniversitesi, Siyaset Bilimi Fakültesi Dekanı
 ORSAM Danışmanı, Enerji-Deniz Hukuku
 Irak El Fırat TV Türkiye Müdürü
 BOTAŞ Eski Genel Müdürü
 BTC ve NABUCCO Koordinatörü

Timur Göksele
 Prof. Dr. Muhamad Al Hamdani
 Habib Hüzmüzlü
 Numan Hazar
 Doç. Dr. Pınar İpek
 Dr. Tuğrul İsmail
 Dr. İlyas Kamalov
 Doç. Dr. Hasan Ali Karasar
 Doç. Dr. Şenol Kantarcı
 Selçuk Karaçay
 Doç. Dr. Nilüfer Karacasulu
 Prof. Dr. M. Lütfullah Karaman
 Yrd. Doç. Dr. Şaban Kardaş
 Doç. Dr. Elif Hatun Kılıçbeyli
 Prof. Dr. Aleksandr Knyazev
 Prof. Dr. Erol Kurubaş
 Prof. Dr. Talip Küçükcan
 Arslan Kaya
 Dr. Hicran Kazancı
 İzzettin Kerküklü
 Doç. Dr. Mustafa Kibaroğlu
 Prof. Dr. Mosa Aziz Al Mosawa
 Prof. Dr. Mahir Nakip
 Doç. Dr. Tark Oğuzlu
 Prof. Dr. Çınar Özen
 Murat Özçelik
 Doç. Dr. Harun Öztürkler
 Dr. Bahadır Pehlivan Türk
 Prof. Dr. Victor Panin
 Doç. Dr. Fırat Purtaş
 Prof. Dr. Suphi Saatçi
 Ersan Sankaya
 Dr. Bayram Sinkaya
 Doç. Dr. İbrahim Sirkeci
 Dr. Aleksandr Sotnichenko
 Zaher Sultan
 Dr. Irina Svistunova
 Doç. Dr. Mehmet Şahin
 Prof. Dr. Türel Yılmaz Şahin
 Mehmet Şüküroğlu
 Doç. Dr. Oktay Tanrısever
 Prof. Dr. Erol Taymaz
 Prof. Dr. Sabri Tekir
 Dr. Gönül Tol
 Doç. Dr. Özlem Tür
 M. Ragıp Vural
 Dr. Ermanno Visintainer
 Dr. Umut Uzer
 Prof. Dr. Vatanyar Yagya
 Dr. Süreyya Yiğit

Beyrut Amerikan Üniversitesi Öğretim Üyesi
 Irak'ın Ankara Büyükelçiliği Kültür Müsteşarı
 ORSAM Ortadoğu Danışmanı
 Emekli Büyükelçi
 Bilkent Üniversitesi, Uluslararası İlişkiler Bölümü
 TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Uluslararası İlişkiler Bölümü
 ORSAM Avrasya Danışmanı
 Bilkent Üniversitesi, Uluslararası İlişkiler Bölümü
 Kırıkkale Üniversitesi, Uluslararası İlişkiler Bölümü
 Vodafone Genel Müdür Yardımcısı (Türkiye)
 Dokuz Eylül Üniversitesi, Uluslararası İlişkiler Bölümü
 Fatih Üniversitesi, Uluslararası İlişkiler Bölüm Başkanı
 TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Uluslararası İlişkiler Bölümü
 Çukurova Üniversitesi, Uluslararası İlişkiler Bölüm Başkanı
 Rus-Slav Üniversitesi (Bişkek, Kırgızistan)
 Kırıkkale Üniversitesi, Uluslararası İlişkiler Bölüm Başkanı
 Marmara Üniversitesi, Ortadoğu Araştırmaları Enstitüsü Müdürü
 KPMG, Yeminli Mali Müşavir
 Irak Türkmen Cephesi Türkiye Temsilcisi
 Kerkük Vakfı Başkanı
 Okan Üniversitesi Uluslararası İlişkiler Bölüm Başkanı
 Bağdat Üniversitesi Rektörü
 Erciyes Üniversitesi İİBF Öğretim Üyesi
 Bilkent Üniversitesi, Uluslararası İlişkiler Bölümü
 Ankara Üniversitesi, SBF Uluslararası İlişkiler Bölümü
 Türkiye Cumhuriyeti Bağdat Büyükelçisi
 ORSAM Ortadoğu Danışmanı, Afyon Kocatepe Üni. İktisat Bölümü
 TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Uluslararası İlişkiler Bölümü
 Pyatigorsk Üniversitesi (Pyatigorsk, Rusya)
 Gazi Üni. Uluslararası İlişkiler Bölümü TÜRKSOY Genel Sekreter Yard.
 Kerkük Vakfı Genel Sekreteri
 Türkmeneli TV – (Kerkük, Irak)
 ORSAM Ortadoğu Danışmanı, Atatürk Üniversitesi
 Regent's College (Londra, Birleşik Krallık)
 St. Petersburg Üniversitesi (Rusya Federasyonu)
 Lübnan Türk Cemiyeti Başkanı
 Rusya Strateji Araş. Merk Türkiye-Ortadoğu Araş. Masası Uzmanı
 ORSAM Ortadoğu Danışmanı, Gazi Üni. Uluslararası İlişkiler Bölümü
 Gazi Üniversitesi, Uluslararası İlişkiler Bölümü
 Enerji Uzmanı
 ODTÜ, Uluslararası İlişkiler Bölümü
 ODTÜ, Kuzey Kıbrıs Kampusü Rektör Yardımcısı (KKTC)
 İzmir Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dekanı
 Middle East Institute Türkiye Çalışmaları Direktörü (ABD)
 ORSAM Ortadoğu Danışmanı, ODTÜ Uluslararası İlişkiler Bölümü
 2023 Dergisi Yayın Koordinatörü
 Vox Populi Direktörü (Roma-İtalya)
 İstanbul Teknik Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri
 St. Petersburg Şehir Par. Milletvekili, St. Petersburg Üni. (Rusya Fed.)
 ORSAM Avrasya Danışmanı

ORTADOĞU ETÜTLERİ YAYIN KURULU

Meliha Benli Altunışık
 Bülent Aras
 Tayyar Arı
 İlker Aytürk
 Recep Boztemur
 Katerina Dalacoura
 F. Gregory Gause
 Fawaz Gerdes
 Ahmet K. Han
 Raymond Hinnebusch
 Rosemary Hollis
 Bahgat Korany
 Peter Mandaville
 Emma Murphy

Orta Doğu Teknik Üniversitesi
 Dışişleri Bakanlığı Stratejik Araştırmalar Merkezi Başkanı
 Uludağ Üniversitesi
 Bilkent Üniversitesi
 Orta Doğu Teknik Üniversitesi
 Londra Ekonomi Üniversitesi (Birleşik Krallık)
 Vermont Üniversitesi (ABD)
 Londra Ekonomi Üniversitesi (Birleşik Krallık)
 Kadir Has Üniversitesi
 St. Andrews Üniversitesi (Birleşik Krallık)
 City Üniversitesi (Birleşik Krallık)
 Durham Üniversitesi (Birleşik Krallık)
 George Mason Üniversitesi (ABD)
 Durham Üniversitesi (Birleşik Krallık)

ORTADOĞU ANALİZ YAYIN KURULU

Prof. Dr. Meliha Benli Altunışık
 Hasan Kanbolat
 Doç. Dr. Hasan Ali Karasar
 Yrd. Doç. Dr. Serhat Erkmen

ODTÜ, Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürü
 ORSAM Başkanı
 Bilkent Üniversitesi, Uluslararası İlişkiler Bölümü
 ORSAM Dan., Ahi Evran Üniversitesi Uluslararası İlişkiler Böl. Başkanı



MithatpaŐa Caddesi 46/4 Kızılay-ANKARA
Tel: 0 (312) 430 26 09 Fax: 0 (312) 430 39 48
www.orsam.org.tr, orsam@orsam.org.tr