

V
YAT LİMANLARI VE KIYI
MÜHENDİSLİĞİNDE
ÇEVRESEL/YASAL BOYUTLAR

YAT LİMANLARINDA YER SEÇİMİ

Dr. Ersel Zafer ORAL

U.B.DLH İnşaatı 6. Bölge Müdürlüğü, Alsancak, İzmir

ÖZET

Ülkelerin en önemli doğal ve ekonomik zenginlikleri içinde yer alan kıyı bölgelerindeki her faaliyetin ortak faydalar gözeterek planlanması gerekmektedir. Kıyı olanaklarından dengeli ve sürdürülebilir biçimde yararlanılmasını amaçlayan, “Kıyı Bölgesi Yönetimi” çerçevesinde kıyı bölgesini kullanan bir çok faaliyetin bir bütün içinde ele alınması gerekmektedir.

Ülkemizde yat turizmi, yatçılık ve yat limanları konusunda önümüzdeki yıllarda hızlı bir gelişme beklenmektedir. Yat limanlarının teknik ve ekonomik yapılabilirliğinin yanı sıra, yer seçiminde gerek doğal kıyının özellikleri gerekse bölgede yer alan diğer faaliyetlerin (balıkçılık, turizm, ikinci konut gb.) yat limanı projesi ile birlikte bölge üzerindeki olumlu ya da olumsuz etkisinin incelenmesi gerekmektedir.

Bu bildirinin amacı yat limanlarının yer seçiminde göz önünde bulundurulması gereken tüm bu hususların gözden geçirilmesidir.

1. GİRİŞ

Yat turizmi, yatçılık ve yat limanları son otuz yılda bütün kıyı ülkelerinde hızlı bir gelişme göstermiştir. Akdeniz, sahip olduğu doğal ve tarihsel zenginlikleri ile yatların seyir güvenliği açısından elverişli coğrafyası, meteorolojik ve oşinografik şartları sayesinde dünyadaki bu gelişmenin içinde yer almış ve bugün Akdeniz'deki yat sayısı 750.000'i aşmıştır. Akdeniz'deki yat limanlarının toplam kapasitesi ise 250.000 civarındadır. Ülkemizde turizm belgeli yat yatağı yaklaşık 10.000 civarında olup, Deniz Ticaret Odası kayıtlarına göre belgesiz yat yatağı kapasitesi ise 20.000 in üzerindedir. Sektör tespitlerine göre ülkemiz karasuları ve yat limanlarında, ortalama 3.000 yabancı bayraklı yat kalmaktadır. Ülkemizde kışlayan yabancı bayraklı bir yatın bu süre zarfında ortalama harcaması toplam 25.000 dolar civarında gerçekleşmektedir (TÜRDEB, 1999).

Ülkemizdeki bu az sayıdaki yat limanı ve sınırlı imkanlara rağmen yat turizmi 2.5 milyar doların üzerinde bir getiri ile ülkemiz ekonomisine önemli bir katkı sağlamıştır. Her konuda ülkeler arası yoğun bir rekabetin yaşandığı günümüzde gelişen yat turizmine bağlı olarak yat limanlarının, yat yanaşma yerlerinin ve çekek yerlerinin yapımını zorunlu hale getirmiştir.

2. YAT TURİZMİ VE YAT LİMANLARI

Dünyada son yüz yıl içerisinde yaşanan hızlı sanayileşme ile birlikte artan doğa tahribatı, hızlı nüfus artışına bağlı olarak yaşanan hızlı kentleşme doğal güzelliklerin alanını gün geçtikçe daraltmaktadır. Doğal özellikleri bozulmadan kalmış az sayıda bölgeye olan ilgi ise hızlı bir artış göstermiştir. Yat turizmindeki hızlı artışın en önemli nedeni insan faaliyetleri nedeniyle azalan bu doğal güzelliklere olan ilgi ve doğa sevgisidir. Yat turizmini seçen insanların ilk düşüncesi doğa ve tarih ile iç içe yaşamaktır. Ülkemizi ziyaret eden yatçıların ülkemizi seçmesindeki diğer etkenler ise; kıyılarımızın yat turizmine ve su sporlarına uygun olması, ülkemizdeki fiyatların ucuz olması, komşu ülkelerdeki turizm cazibe merkezlerine yakın olması, Türk insanını sevmeleri sayılabilir. Ülkemiz

sahip olduğu doğal, tarihi ve kùltùrel zenginlikleri ile, Akdeniz başta olmak üzere yat turizminin merkezlerinden biri olmaya adaydır (Akyarlı, 1997). 21. Yùzyılda ùlkemiz yakalamış olduğu bu şansı “Kıyı Bölgesi Yönetimi” ile ùlkemiz lehine önemli bir avantaja çevirebilir.

Ùlkemizin yat turizmindeki rekabet gücünü sürdürebilmesi yeni yat limanlarının yapılmasına bağlıdır. Dünya standartlarını yakalayan yeni yat limanlarının yapılmasıyla ùlkemiz sahip olduğu avantajları da kullanarak yat turizminden önemli bir pay alabilecektir.

Genel olarak bir yat limanı kompleksinde bulunması gereken asgari nitelikler şunlardır: Rıhtım ve iskele üzerinde elektrik ve su servis baklarından standartlaştırılmış vana ve skot bulunması, ışıklandırmanın iskele ve rıhtımdan farklı olarak tüm liman dahilinde bulunması, yat bağlama yerlerine 200 metreden daha uzak olmamak üzere her 50 kişiye bir duş ve tuvalet ünitesinin bulunması, katı ve sıvı atık depolama merkezi (çöp toplama üniteleri rıhtım boyunca her 50 metrede bir yerleştirilmiş olması), Tono (mooring) sistemi bulunması, güvenlik hizmeti, acil durumlarda müdahale için yedekleme yapabilecek evsafta tekne, tekne atma - çekme ekipmanları (travel, lift), rıhtım ve iskelelerde yangınla mücadele ekipmanları ve yangın hidrantı, asgari teknik atölye hizmetlerinin sunulması, tekneler için kara park sahası, akaryakıt istasyonu, meteoroloji ve navigasyona yardım için telsiz istasyonu, kiralık depo ve ambarlar, telekomünikasyon hizmetleri, çamaşır-bulaşık-yelken yıkama yerleri, araba ve treyler park alanı, alışveriş merkezleri, yiyecek ve içecek üniteleri (Bezirgan, 1999) ile bunların yanı sıra kamu otoriteleri, gümrüklü depo ve ofisler, marina yönetim binası, personel sosyal tesisi, gemici ve güvenlik kontrol kulübeleri, yat acentaları irtibat ofisleri, sağlık hizmetleri merkezi, helikopter sahası, hobi alanları (yüzme havuzu, tenis kortu, basketbol, voleybol sahası vb. spor alanları, çocuk parkı, sauna ve fitness, kondisyon merkezi, konferans ve konser salonları, yat kulübü vb.), çekek yeri, su deposu, payanda depoları, arıtma, trafo, sintine tesisleri, deniz suyu arıtma tesisi sayılabilir.

Yatçı ve işletmeci açısından yat limanlarında aranılan nitelikler ise : yat limanının konumu, yat limanının güvenli olması, temiz su, sıcak duş, temiz tuvalet, kesintisiz

elektrik, sıvı ve katı atıkların düzenli toplanması, yangın emniyeti, deniz güvenliği ve liman hizmetleri, ikmal istasyonu (akaryakıt, su, buz, gb.), gürültü kirliliği olmaması, yat limanı içi deniz kirliliği olmaması, çevre temizliği, haberleşme imkanı, alışveriş imkanı (market - deniz malzemeleri), personelin saygılı ve güler yüzlü olması, servislerin hızlı ve kaliteli olması, meteorolojik bilgi imkanı, navigasyon bilgi imkanı, ilk yardım imkanı, bakım-onarım ve teknik hizmet, çekek yeri hizmetleri, yat limanı ofis hizmetleri, yat limanının klasifikasyonu, çamaşır yıkama ve yıkatma imkanı, yat bağlama sisteminin olması, yat limanı tesislerinin konumu, liman içi su derinliği, giriş kanalı genişliği, minimum manevra alanı, konaklama imkanı, formalite kolaylığı, doğa güzellikleri, mimari ve estetik görünüm, yapı kalite ve konforu, otopark ve garaj imkanı, depo ve emanet ambarları olanağı, yat limanının genel fiyat politikası, altyapı standardı, küçük tekneler için hangar, mürettebata yönelik sosyal imkanlar, spor, eğlenme ve oyun olanakları sayılabilir (Bezirgan, 1999). Yat limanı içindeki faaliyetlere erişim imkanının kolay olması projelendirme aşamasında dikkat edilecek hususların başında gelmelidir. Projelendirme aşamasında dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli husus ise marina içinde oluşabilecek her tür kazaya karşı gerekli emniyet koşullarının sağlanmasıdır.

3. YAT LİMANLARINDA YER SEÇİMİ

Kıyı bölgelerinde yapımı düşünülen her faaliyetin birbirlerine ve bölgeye getireceği olumlu ya da olumsuz etkilerin bir bütünlük içinde ele alınıp değerlendirilmesi gereklidir. Birbiri ile ilişkisiz görülen ancak aynı ortamı paylaşan faaliyetlerin bütün özellikleri dikkate alınarak kıyı bölgesinin planlaması yapılmalıdır. Örneğin kıyı bölgesinde yapılan turizm amaçlı rekreasyon ve hobi alanları yat turizmini olumlu yönde etkilerken, kafes balıkçılığı yatların seyir güvenliği için ciddi bir tehlike oluşturmaktadır.

Bir kıyı bölgesinin kullanımı planlarıncen ilk adım hiç şüphesiz kıyı bölgesinde yer alan faaliyetlerin (balıkçılık, rekreasyon, turizm, gemicilik / deniz ulaşımı, kum, çakıl, maden ve tuz üretimi, enerji üretimi, meskun alan gelişimi, endüstri, su ürünleri üretimi, tarım, tarama, atık su deşarjı, tatlı su üretimi gb.) her birinin genel özelliklerinin ve yerleşim özelliklerinin bilinmesidir. Her faaliyetin teknik ve ekonomik yapılabilirlik

şartları bölgesel özelliklere doğrudan bağlıdır. Örneğin denizaltı kabloları ve boru hatları için istenen alan özellikleri farklı, gemi demir sahası için istenen alan özellikleri farklıdır. Bir faaliyet türü için çok uygun olan koşullar diğer bir faaliyet türü için uygun olmayabilir. Kıyı bölgelerinin dar ve sınırlı alanlar olduğu düşünülürse faaliyetlerin yer seçiminde ortak faydalar gözeterek planlanması gereklidir. Bu iş için de yine ilk koşul her faaliyet türünün yerleşebileceği en uygun alan özelliklerinin bilinmesidir.

Genel olarak tüm limanlarda (yat limanı, balıkçı barınağı, ticari liman vb.) alan özelliklerinin belirlenmesi iki temel başlık altında toplanabilir. İlki bölgenin sosyo-ekonomik (nüfus, gelir durumu, endüstri, ticaret, tarım, turizm, kentleşme vb.) çalışmaları ile mevcut talebin belirlenmesine yönelik trafik çalışmalarını kapsar. Trafik incelemesinde (yük, yolcu, gemi/tekne trafikleri) mevcut durumun yanı sıra talebin gelecekteki muhtemel değişimleri değerlendirilerek bir liman trafik projeksiyonu oluşturulur. Bu inceleme aynı zamanda projelendirmeye esas teşkil edecek gemi/tekne özelliklerinin (gemi boyutları gb.) sayısal dağılımını verecektir. Bu ilk başlık altında toplanan iki madde (sosyo-ekonomik inceleme ve trafik incelemesi) aynı zamanda projenin fizibilitesinde ayrıntılı olarak incelenecek olan pazar araştırmasını oluşturmaktadır. Alan özelliklerinin belirlenmesinde ikinci temel başlık ise doğal durumun (bölgenin morfolojik, oşinografik, meteorolojik, geoteknik özellikleri vb.) belirlenmesidir.

Doğal durumun belirlenmesi için yapılacak ön çalışmalar,

1- Topoğrafik çalışma.

Geri sahanın mevcut durumu haritalanır. Yükseklikler, arazinin eğimi, kıyı çizgisinin yanı sıra arazinin kullanım şekilleri (tarım arazisi, yerleşim alanı gb.) aynı haritaya işlenir. Yeterli geri sahanın bulunması kadar arazi mülkiyeti (özel şahıs, hazine arazisi gb.) de önemli bir konudur.

2- Batimetrik çalışma.

Klasik iskandil ya da elektronik (akustik, termometrik, hidrostatik, uzaktan algılama gb.) yöntemlerle yapılan su derinliği ölçümleri sonucunda oluşturulan batimetrik haritalardan

deniz tabanının eğimi, kıyının mevcut durumuna ilişkin bilgiler elde edilir. Bu çalışma esnasında su seviyesindeki günlük değişimlerin de mutlaka ölçülmesi gereklidir.

3- Oşinografik çalışma.

Bu çalışma kapsamında denizel ortamın fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreleri ölçülür. Dalgaya ilişkin bilgiler (yüksekliği, yönü, periyodu, gb.), su seviyesindeki uzun periyotlu değişimler (gelgit gb.), ile akıntılar (yüzey, derinlik, mevsimsel akıntılar gb.) zaman serisi olarak kaydedilir. Ayrıca derinliğe bağlı olarak suyun pH değeri, elektrik iletkenliği, ışık geçirgenliği, ağır metal içeriği gb. veriler de toplanır.

4- Meteorolojik çalışmalar.

Mevcut meteoroloji istasyonlarının rasatlarının yanı sıra gerekli durumlarda bizzat arazide yerinde ölçümler ile rüzgar (hakim rüzgar yönü, esme süreleri, şiddeti gb.), yağış ve sis kayıtları ile gün ışığının uzunluğu bilgileri toplanır. Bölge hakkında ön bilgiye sahip olmak için en az beş yıllık veriye ihtiyaç vardır.

5- Geoteknik çalışma.

Arazideki mevcut zemin özelliklerinin belirlenmesine yönelik sondaj çalışmaları ve laboratuvar deneyleri (SPT, Vane, Konsolidasyon deneyi gb.) ile Jeolojik formasyonların yatay ve düşey değişimlerinin incelenmesine yönelik Jeofiziksel çalışmaları (sismik, rezistivite sondajı gb.) kapsar.

6- Depremsellik çalışması

Tarihsel deprem kayıtların incelenmesi ve yerinde yapılan jeofiziksel (sismik/sismolojik) çalışmalar ile mevcut faylar, yönleri, eğimleri, aktiviteleri ve deprem anında zemin davranışı gibi bir çok konu incelenir.

7- Hidrolik çalışmalar

Doğrudan araziden elde edilen veriler (dalga, akıntı, taban malzemesi, taban eğimi, deniz seviyesi değişimleri gb.) ile yapılan fiziksel model çalışmaları ve bilgisayar simülasyonları

ile bölgenin dalga ikliminin incelenmesi, akıntılar (dalga, gelgit, nehir kaynaklı akıntılar gb.) incelenmesi, kıyının hidrolik aktivitesinin belirlenmesi, kıyasal sediment taşınmasının incelenmesi, taban topoğrafyasındaki değişimlerin incelenmesi gibi bir çok konuyu kapsamaktadır.

8- Çevresel Faktörler.

Fiziksel, biyolojik ve sosyal çevre genel olarak değerlendirilir. Ekolojik inceleme ile projenin doğal çevre üzerine etkileri ve olumsuz etkileri minimize etmenin yolları araştırılır.

Alan özelliklerinin belirlenmesinden sonra elde edilen veriler değerlendirilerek faaliyet yeri için alternatif sahalara belirlenir.

Alternatif sahaların değerlendirilerek yat liman yerinin seçiminde öncelikli olarak;

- **Bölgenin coğrafyası** (topoğrafyası, batimetrisi, kıyı çizgisinin mevcut durumu, gerekli olan korunmuş saha ile doğal korunma imkanları, elverişli bir geri sahaya sahip olması gb.). Yat limanı için seçilecek sahanın şekli ve boyutları faaliyetin seçilen bölgede gerçekleştirilebilmesinin ilk koşuludur. İdeal bir yat limanında 80 yat/hektar standart olarak kabul edilmiştir (James ve Elwin, 1989). Su derinliklerinin veya geri saha topoğrafyasının elverişsiz olması nedeniyle büyük miktarda tarama, dolgu veya hafriyat gerektiren sahalarda yat limanı inşa etmek, inşaat tekniği açısından mümkün olsa bile maliyetteki gereksiz artış nedeniyle ekonomik değildir.

- **Meteorolojik özellikler ve iklim durumu** (Hakim rüzgar yönleri, esme süreleri ve şiddetleri, sıcaklık, yağış, sis, nem, gün ışığı uzunluğu gb. rasat değerleri). Yatçı için en önemli konu meteorolojik koşullardır. Şiddetli rüzgar ve yağış, görüş mesafesinin az olması, gün ışığı uzunluğunun kısa olması istenmeyen durumlardır. Mevsimsel özellikler nedeniyle yat sezonunun uzun olması avantaj sağlamaktadır. Ayrıca meteorolojik koşullar yat limanının planlanmasında (dalgakıranların yönleri uzunlukları, giriş ağzı genişliği, yönü gb.) doğrudan kullanılan bilgilerdir. Yat limanı her hava koşulunda yat güvenliği ve yatçıların konforu açısından uygun olmalıdır (James vd., 1989).

- **Bölgenin jeolojisi, jeoteknik özellikleri, jeomorfolojik özellikleri, depremsellik durumu** (genel jeolojisi, mevcut faylar, yapısal ve tektonik oluşumlar, zemin özellikleri, deniz dibi kum hareketleri, kıyı bölgesindeki erozyon ve akümülyasyon vb.). Yat limanının inşaat maliyetini doğrudan etkileyen faktörlerin başında zemin özellikleri gelmektedir. Taşıma kapasitesi düşük, zayıf zeminler inşaat maliyetini arttırmaktadır. Bölgeden geçen aktif faylar ise deprem riskini arttırmakta ve tesisin yapı güvenliği açısından risk oluşturmaktadır. Dalga ve akıntı etkileri ile oluşan kum hareketleri ve karadan yüzey suları ve meteorolojik etkilerle denize sediment taşınımının oluşturduğu sığlaşma yat limanları için önemli bir problemidir. Yat limanlarının taranması işletme özellikleri nedeniyle ticari limanlar gibi kolay yapılamamaktadır. Bu nedenle liman içi sığlaşma probleminin olmaması yada en az olması istenir. Denize malzeme taşınmasının fazla olduğu dere mansapları yat limanları için uygun yerler değildir.

- **Bölgenin oşinografik özellikleri** (dalga iklimi, deniz akıntıları, uzun periyotlu deniz seviyesindeki değişimler, gel-git miktarı ile suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri). Deniz şartları ve meteorolojik özellikler yatların yat limanına ulaşımını ve yat limanının giriş/çıkış koşullarını olumsuz etkilememelidir. Yat limanından beklenen en önemli özellik fırtınalı havalarda ve her deniz koşulunda yeterli güvenliğe sahip olmasıdır. Yatçının konforu açısından ise yat limanı için çalkantı seviyesinin 25-30 cm geçmemesi gerekmektedir. Deniz suyunun kalitesi doğal bir çevre içinde bulunmak isteyen yatçının önem verdiği bir konu olduğu kadar, organik kirleticilerce zengin olan düşük su kalitesi yatlar açısından önemli bir problem olan fauling topluluklarının gelişmesine neden olur.

- **Ulaşım olanakları** (yeterli karayolu ve demiryolu bağlantısının olması, mevcut kasaba veya şehrin durumu, gb.). Yatçı yat limanının içinde bulunduğu süre içersinde zamanının belli bir bölümünü karada geçirir. Gerek yat limanı içindeki tesislere, gerekse liman çevresindeki yatçının merak duygusunu çekecek, cazibe merkezlerine ulaşımın kolay

olması yatçının beklentisidir. Yatçı kıışlamak için bıraktığı yatına sezon başında gelirken (havaalanı, düzgün bir karayolu gibi) yeterli ulaşım imkanına sahip olmak istemektedir.

- Deniz ulaşım özellikleri (mevcut deniz trafiğı, navigasyon, yük ve yolcu yoğunluğu, gb.).

Yat limanının yaklaşım rotaları üzerinde seyre emniyetsiz olarak adlandırılan su çekimi sınırlaması ve sefer imkanlarını sınırlayıcı önemli bir engel bulunmamalıdır. Yat limanının içinde yat limanını kullanan her özellikteki yatın güvenli ve kolay manevra yapmasını sağlayacak manevra dairesinin bulunması gereklidir. Her meteorolojik koşul ve deniz şartı altında liman girişı emniyetli olmalıdır. Genel olarak girişin minimum genişliği limanı kullanan en büyük tekne genişliğinin 4.5-5 katı olmalıdır (Yüksel vd., 1998). Yatçının günlük deniz gezisi yapmak istediğı doğal koylar, milli parklar gibi cazibe merkezlerine çok uzak olmamalıdır. Yat limanının bir yat limanları zincirinin içinde bulunması yatçı için tercih nedenlerindendir.

- Sosyo-ekonomik özellikler (bölgenin gelişmişlik düzeyi, eğitim düzeyi, yetişmiş iş gücü durumu, ticari olanakları, şehircilik ve endüstri durumu, gibi tüm sosyal ve ekonomik göstergeler). Yatçılık bir turizm faaliyetidir. Turizm ise doğal ve tarihi güzellikler kadar gelişmiş bir alt yapı gerektirmektedir. Bölgenin ekonomik özellikleri, yerleşik nüfusun ekonomik faaliyetleri yat turizmini doğrudan etkilemektedir.

- Arazi mülkiyeti ve araziden faydalanma durumu (liman geri sahasının mevcut kullanım durumu konut, tarım arazisi, orman ya da tarıma elverişsiz toprak olması gb.). Arazi mülkiyeti proje sahibi ile arazi sahibi arasında çözülmesi gereken bir işlemdir ancak asıl önemli konu proje yerindeki arazinin kullanım şekilleri ve özelliğidir. Proje yerinin “Milli Parklar”, Tabiat Alanları”, “Tabiat Koruma Alanları” içine girip girmediğı, “Yaban Hayatı Türlerinin Yaşam Ortamı”, “Orman Alanı”, “Tarım Alanı”, “Tarımsal Kalkınma Alanı”, “Sulanan 1.,2.,3. sınıf ve kuru şartlarda 1. ve 2. sınıf tarım alanı”, “Özel Mahsul Plantasyon Alanı” olup olmadığı, Sulak alanlar, derinliği 6 metreyi geçmeyen tatlı, acı sulu ve tuzlu göl, lagün (dalyan), akarsu, sazlık, bataklık ve turbiyer ile bu alanların kıyı kenar çizgisinden itibaren kara tarafına doğru ekolojik açıdan sulak alan etkisinde kalan “Hassas Yörelere” kapsamında yer alıp almadığı, “Kültür Varlıkları”, “Sit”, “Koruma Alanı” olarak tespiti ve tescili yapılan alanlardan olup olmadığı; “Kültürel Miras” ve “Doğal Miras”

statüsü verilen kültürel, tarihi ve doğal alanlardan olup olmadığı belirlenerek, ülkemizin doğal ve tarihsel zenginlikleri içinde yer alan yukarıda sayılan bu alanların yapımı düşünülen projeden olumsuz etkilenmemesi için azami gayretin gösterilmesi gerekmektedir. Bir diğer önemli husus ise yat limanını yapılmak istenen yerdeki diğer faaliyetlerin özelliği ve kıyı bölgesini kullanma şekilleridir. Gerek fiziksel gerekse görsel olarak faaliyetlerin birbirlerini tamamlamasalar bile en azından birbirini olumsuz etkilememesi gerekmektedir. Ayrıca yat limanı için düşünülen yerin elektrik, içme suyu, telefon, kanalizasyon gibi olanaklara sahip olması ya da en azından bu alt yapı hizmetlerinin getirilmesine uygun olması proje yeri için önemli bir husustur.

- **Çevresel özellikler** (su sirkülasyonunun yeterli olması, deniz suyu kalitesinin kritik seviyelerde olmaması, koruma altına alınmış ya da popülasyonları hızla azalan denizel organizmaların besin kaynaklarının, üreme ve yaşam alanlarının dışında olması gb.). Yatçının seçimi her zaman bozulmamış, temiz bir çevre olmuştur. Yat limanı, görünüm olarak doğal atmosferin bir parçası olmalı, doğanın saflığı ve temizliğine sahip olmalıdır (Yetgin, 1998). Bu nedenle yat limanının yer seçiminde yat limanının ve çevre şartlarının birbirleri ile etkileşimi arazide yapılan etüt çalışmalarından elde edilen veriler kullanılarak yapılan model çalışmaları ile önceden belirlenmeli ve yatırım fiziksel, kimyasal ve biyolojik çevrenin olumsuz etkileri kaldırabileceği yerlerde yapılmalıdır. Yer seçiminde nehir ağızları, tuzlu ve tatlı sulak alanlar, dalyanlar, su sirkülasyonunun yetersiz olduğu yerlere özellikle dikkat edilmelidir (Oral vd., 1998).

4. SONUÇ

Kıyı yapıları tarım, turizm, ulaştırma ve sanayi sektörlerinin alt yapısını oluşturur ve ülkeler için vazgeçilmez yatırımlardır (Oral vd., 1998). Ülkemiz sahip olduğu doğal ve tarihi zenginlikleri ile özellikle yat turizminde önemli bir gelişme potansiyeline sahiptir. Bu potansiyeli kullanabilmenin ilk koşulu ise kıyı bölgesi yönetimi olarak adlandırılan ve kıyıların olanaklarından dengeli ve sürdürülebilir biçimde yararlanılmasını hedefleyen yönetim modellerini (Akyarlı, 1994) uygulamaktır. Ülkemizde henüz yerleşmemiş olan kıyı bölgesi yönetiminin ilk aşaması kıyı bölgesini kullanan her faaliyet türünün

özelliklerinin belirlenmesidir. Bu düşünce ile yat limanlarını incelediğimizde proje yerinin seçiminde kıyı bölgesini kullanan diğer bir çok faaliyete göre önemli sınırlamalar (Doğal çevrenin bozulmamış olması, su derinliklerinin uygun olması, yeterli geri sahanın bulunması, zemin problemlerinin bulunmaması, ulaşım imkanlarının yeterli olması gb.) önümüze çıkmaktadır. Yat limanlarının yer seçimi alternatif yerler gerekli tüm ön çalışmalar yapılarak belirlenen alan özellikleri dikkate alınarak karşılaştırmalı olarak belirlenmelidir. Her alanda yoğun bir uluslararası rekabetin yaşandığı günümüzde yat turizmi ve yatçılık konusunda sahip olduğumuz potansiyeli değerlendire bilmenin ilk koşulu faaliyet yerinin doğru seçilmesidir.

KAYNAKLAR

AKYARLI, A., (1994), Kıyı Bölgesi Yönetiminin Ekolojik Boyutu, E.Ü.Fen Fak.Dergisi, Seri B, Ek 16/1, 393-404.

AKYARLI, A., YALÇINER, C.Y., (1997), Limanlarda Çevresel Etki Değerlendirmesi, Kıyı Mühendisliğinde Yeni Gelişmeler Semineri, 28 Mart 1997 - Ankara, Rapor No. 1., 1-18.

BEZİRGAN, A.E., (1999), Marina İşletmeleri Fiyat Analizleri. (Yayınlanmadı)

JAMES, J. Ve ELWIN, F., (1989), Marinas-Site Selection, Marinas: Planning and Feasibility., Eds: W.R.Blain, N.B.Webber., Bookcraft (Bath) Ltd., Avon, 85-96.

ORAL, E.Z., ORAL, R. Ve ERGÜN, M., (1998), Kıyı Yapılarının Çevre Boyutu, Bodrum Yarımadası Çevre Sorunları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ed. A.Filibeli, A.Bayram, D. Dölgen, T.Elbir., Cilt.2. sf.744-748.

ORAL, E.Z., (2000), 21. Yüzyılda Dünyaya Açılan İki Yeni Kapı, “İzmir Alsancak Limanı ve Kuzey Ege Limanı”, İzmir Limanları Sempozyumu, 9 Mart 2000 - İzmir, D.E.Ü., 23-31.

TÜRDEB., (1999), Türkiye Deniz Turizmi Birliği, Deniz Turizmi ve Yatçılık Sektör Raporu, Marina Yatırım ve İşletmecileri Derneği & Yat İşletmecileri Derneği. 44 sf.

YETGİN, Ü., (1998), Kıyı Mühendisliğinde Özgün Yaklaşımlar, 2. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 19-21 Kasım 1998 - İçel, Bildiriler Kitabı, 227-232.

YÜKSEL, Y., ÇEVİK, E., ÇELİKOĞLU, Y., (1998), Kıyı ve Liman Mühendisliği, TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara Şubesi, sf. 321.

ABSTRACT

SİTE SELECTION FOR THE YACHT HARBOURS

All kinds of coastal structures, which are the very important natural and economical richness for the countries, should be planned in a way for common interests. All the activities using the coastal areas should be considered in integrity in the framework of the "Coastal Region Management" for the reasons of sustainable development of these regions.

In the further years, it has been hoped a very rapid development in Turkey with respect to the yacht tourism, yachting and yacht harbours. Positive or negative effects over the region should be investigated with respect to the yacht harbour project for the selection of the place towards the natural coastal features as well as the other activities (fisheries, tourism, second buildings etc.).

The purpose of in this presentation is to highlight all the above mentioned aspects for the selection of yacht harbour places.

KIYI KORUMA ALANLARI VE YAT LİMANLARI

Atila URAS

Kıyı Mühendisi, Deniz ve Kıyı Programı Yürütücüsü
Doğal Hayatı Koruma Derneği,
Büyük Postane Caddesi No 43-45 Kat 5-6 Sirkeci, İstanbul
Tel : 0212 5282030 - Fax : 0212 5282040 e-posta: atila.uras@dhkd.org

Harun GÜÇLÜSOY

Biyolog, Bilimsel Danışman
SAD Akdeniz Foku Araştırma Grubu (AFAG) Ege Program Ofisi,
PK 12 Foça, İzmir
Tel & Fax : 0232 8123062 e-posta : sadafag@turnet.net.tr

ÖZET

Türkiye kıyılarının özellikle Ege ve Batı Akdeniz sahillerinde hızla artmakta olan yat limanı yatırımları, çoğu zaman doğal açıdan özel öneme sahip alanlara da sııramaktadır. Bunun örnekleri arasında kaplumbağa üreme kumsalları olan Belek, Dalaman ve Akdeniz foku açısından önemli Bodrum yarımadası çevresindeki yat limanları, özellikle Yalıkavak Yat Limanı yer almaktadır.

Türkiye kıyıları, yelken ve yat turizmine uygun fiziksel ve iklimsel özelliklerinin yanında, gerek doğal zenginlikler gerekse peyzaj açısından da eşsiz öneme sahip, kısa mesafeler içinde birbiriyle bağı karasal (kumul ve orman) ve sucul (göl, sulak alan, denizsel alan) özelliklere sahip ekosistemler mozaiğini barındırmaktadır. Dünyada nesli tehlike altında bulunan birçok tür için ölkemiz adeta bir son sığınak durumundadır. Bütün bunlar, bir ölkede için nesilden nesile miras bırakılması gereken biyolojik ve coğrafi zenginliklerdir. Bu zenginlikler turizmin sürdürülebilirliğinin vazgeçilmez şartıdır.

1980'lerin başlarından beri yapılmakta olan çalışmalar sonucunda kıyılarımızın barındırdığı doğal değerler belirlenmeye başlanmıştır. Çeşitli yasal düzenlemeler yapılarak zengin doğal alanlar farklı koruma statülerine kavuşturulmuş, imzalanan uluslararası anlaşmalarla bu koruma çalışmaları uluslararası düzeyde Türkiye Cumhuriyeti'nin vermiş olduğu taahhütlerle de güç kazanmıştır. Ancak kamu kurumları arasındaki iletişimsizlik, turizm ve diğer yatırım planlamaları sırasında bu koruma alanlarının farkına varılmamasına ve dolayısıyla yatırımcıların mağdur olması ve sivil toplum kuruluşları, yerel yönetimler, bakanlıklar ve yatırımcı firmalar arasında çatışmalara sebep olmuştur.

Bu sorunların çözümü daha planlama aşamasında konu ile ilgili bakanlıkların tümünün, bu konularda çalışmalar yapan üniversitelerin, araştırma merkezlerinin, sivil toplum kuruluşlarının ve bireylerin ortak çalışması ile mümkün olacaktır. Koruma ve kullanmanın bir arada olabileceği dünyada pek çok uygulamada başarı ile kanıtlanmıştır. Sürdürülebilir turizmin ve doğal kaynakların akılcı bir biçimde kullanımının sağlanması katılımcı planlama ve geniş işbirliğinden geçmektedir.

1. GİRİŞ

Türkiye kıyıları, barındırdığı doğal kaynaklar ile özellikle batı Akdeniz'de tamamıyla tükenmiş ya da tükenmekte olan pek çok değere günümüzde de sahip olmayı sürdürmektedir. Dünyada turizmin içinde olduğu eğilimler dikkate alındığında, ülkemizin sahip olduğu değerler turizmin sürdürülebilirliğinin vazgeçilmez unsurlarıdır.

Tüm dünyada nesli tehlike altında olan adi denizkaplumbağası (*Caretta caretta*) ve yeşil denizkaplumbağası (*Chelonia mydas*) günümüzde de Anadolu kıyılarındaki kumsallara üremek üzere gelmektedirler. Türkiye kıyılarında yer alan 17 kumsal, tüm Akdeniz'de denizkaplumbağalarının ürettiği en önemli alanlar arasında gösterilmektedir.

Benzer şekilde yeryüzünde en kritik derecede tehlike altında olan canlılar arasında gösterilen Akdeniz foku (*Monachus monachus*) için de Türkiye kıyıları en önemli yaşam alanlarını barındırmaktadır.

Dünyada çevre korumada "bayrak tür" olarak anılan bu iki canlıya ek olarak Akdeniz'de deniz çayırıları (*Posidona oceanica*) ile yunus ve balinalar da yine bayrak tür olarak tanımlanmaktadır. Ancak bu tebliğde, özellikle 1980'lerden sonra Türkiye kıyılarında artan kontrolsüz yapılaşma, kötü planlama ve 1993'ten sonra yetersiz ÇED Raporları sebebiyle bu uygulamaların artması ile en çok zarar gören deniz kaplumbağaları ve Akdeniz Foku yaşam alanlarına değinilecektir.

2. DENİZKAPLUMBAĞALARI VE AKDENİZ FOKU AÇISINDAN ÖNEMLİ KIYI ALANLARI

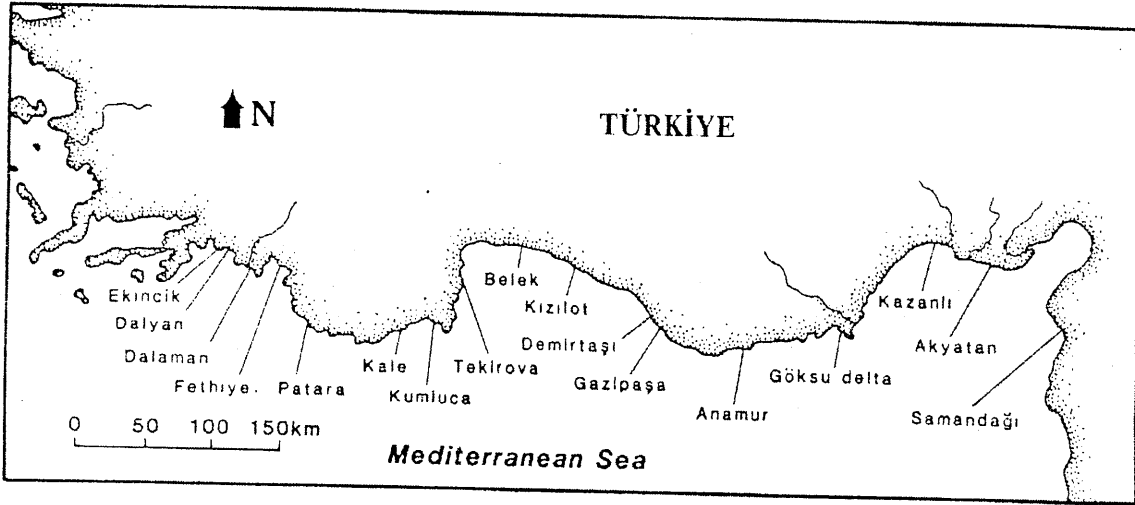
2.1. Denizkaplumbağası Üreme Kumsalları

Türkiye kıyılarında uluslararası öneme sahip 17 denizkaplumbağası üreme kumsalı bulunmaktadır. Bu alanlar, Dünya Doğayı Koruma Vakfı (WWF), Doğal Hayatı Koruma Derneği (DHKD) ve üniversiteler ortaklığıyla hazırlanan raporun Çevre Bakanlığı tarafından sahiplenilmesi ve bu alanların Bakanlar Kuruluna sunulması neticesinde 1988 yılında ilan edilmiştir.

Tablo 1. Deniz Kaplumbağası Üreme Alanları

NO	ADI
1	Ekincik / Muğla
2	Dalyan / Muğla
3	Dalaman / Muğla
4	Fethiye / Muğla
5	Patara / Antalya
6	Kale / Antalya
7	Kumluca / Antalya
8	Tekirova – Çıralı / Antalya
9	Belek / Antalya
10	Kızılot / Antalya
11	Demirtaş / Antalya
12	Gazipaşa / Antalya
13	Anamur / Antalya
14	Kazanlı / Mersin
15	Göksu Deltası / Mersin
16	Akyatan / Adana
17	Samandağ / Antakya

Şekil 1. 17 Önemli Denizkaplumbağası Üreme Kumsalı



Denizkaplumbağası üreme kumsalları ile ilgili yasa ve yönetmelikler aşağıda sıralanmıştır:

- Kıyı Yasası
- Kıyı Uygulama Yönetmeliği
- Çevre Düzeni Planları
- Su Ürünleri Sirküleri
- Barselona Anlaşması / Deniz Kaplumbağası Eylem Planı
- 30 Ekim 1989 tarih ve 20327 sayılı Resmi Gazete
- Türkiye Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi

Denizkaplumbağası üreme kumsalları 4 ayrı bölge ile tanımlanır:

I. Koruma Bölgesi

Deniz Kaplumbağalarının yumurtlama kumsalıdır. Bu bölge her Deniz Kaplumbağası Üreme alanı için ayrıca belirlenmiş tanımları içerir.

II. Koruma Bölgesi

Yumurtlama kumsalının bitiminden itibaren kıyı kenar çizgisine kadar olan alanı kapsar. Deniz kaplumbağalarını dolaylı ve dolaysız olarak etkileyecek olumsuz faaliyetlerin olabileceği tüm kıyıyı içeren alandır.

Tampon Bölge

Kıyı kenar çizgisinden itibaren 100 m.lik alanı kapsar.

Etki alanı

Sahil şeridinin kara tarafında koşullu yapılaşmanın olabileceği alandır.

Bu alanlardaki kısıtlamalar ve koruma etkinlikleri ise:

I. Koruma Bölgesi'nde:

- Kıyı Yasası, Madde 6 (aynı zamanda bkz. Kıyı Uygulama Yönetmeliği, Madde 13)
 - Maddede tanımlanan yapı ve tesisler yapılamaz.
 - Kıyıyı değiştirecek boyutta kazı yapılamaz; kum, çakıl v.s alınamaz veya çekilemez.
 - İskele, liman, barınak, yanaşma yeri, rıhtım, dalgakıran, köprü, menfez, istinat duvarı, fener, çekek yeri, kayıkhanesi, tuzla, dalyan, tasfiye ve pompaj istasyonları gibi, kıyının kamu yararına kullanımı ve kıyı koruma amacına yönelik altyapı ve tesisler ile, faaliyetlerin özellikleri gereği kıyıdan başka yerde yapılmaları mümkün olmayan tersane, gemi söküm yeri ve su ürünleri üretim ve yetiştirme tesisleri gibi, özelliği olan yapı ve tesisler yapılabilir denmesine rağmen deniz kaplumbağası yuvalama alanlarında bu faaliyetler yasaklanmıştır.
- Kıyı Yasası, Madde 7
 - Dolgu ve kurutma yoluyla arazi kazanılamaz.
- Kıyı Uygulama Yönetmeliği, Madde 13
 - Kıyılarda uygulama imar planı yapılmadan sabit olmayan duş, gölgelik, soyunma kabini, 6 metreyi geçmeyen büfe ve kirletici etkisi olmayan fosseptik yapımını gerektirmeyen seyyar tuvalet ve ahşap iskeleler yapılabilir denmesine rağmen deniz kaplumbağası yuvalama alanlarında bu faaliyetler yasaklanmıştır.
- Kıyı Uygulama Yönetmeliği, Madde 14
 - Deniz, tabii ve sunii göl ve akarsularda sadece kamu yararının gerektirdiği hallerde ve uygulama imar planı kararı ile bu yönetmeliğin 13. Maddesinde belirtilen yapı ve tesislerle, sosyal ve teknik altyapı tesislerinin yapılabilmesi amacıyla doldurma ve kurutma işlemi yapılarak arazi kazanılabilir denmesine rağmen deniz kaplumbağası yuvalama alanlarında bu faaliyetler yasaklanmıştır.
- Deniz Kaplumbağaları İzleme ve Değerlendirme Komisyonu kararları
 - Kum çıkarılamaz ve kumulların şekli değiştirilemez.
 - Araç ve binek hayvanı ile dolaşılamaz.
 - Kumsala gölgelik ve kazık çakılamaz, kum kazılamaz, kum üzerinde eğlence amaçlı yuvalara zarar verecek, kumsalı ve denizi kirletecek davranışlar yapılamaz.

- Gece ziyaretçi girişi ve ışık kullanılması yerel idarelerce engellenecek ve bu husus gerekli önlemler alınmak sureti ile denetlenecektir.

II. Koruma Bölgesi 'nde

- Deniz Kaplumbağaları İzleme ve Değerlendirme Komisyonu kararları
- Bu alanda 1. Koruma Bölgesindeki şartlar geçerli olup, sadece sabit olmayan ve kuma çakılmayan gölgelik kullanılabilir.

Tampon Bölge 'de

- Deniz Kaplumbağaları İzleme ve Değerlendirme Komisyonu kararları
- İmar planı kararıyla konaklama hariç, günübirlik turizm yapı ve tesisleri yapılabilir.
- İnşaat çalışmaları üreme mevsimi (1 Mayıs – 30 Eylül) boyunca sadece gün ışığında yapılacaktır, geceleri inşaat çalışmaları yasaklanmıştır.
- Yumurtlama alanında görülecek karayolu kenarında ve otoparklarda motorlu araçların farlarından çıkan ışıkları engellemek için gereken peyzaj düzenlemeleri ilgili idareler tarafından yapılacak veya yaptırılarak denetlenmesi suretiyle ışıkların perdelenmesi sağlanacaktır. Ancak; can ve mal güvenliği açısından zorunlu hallerde izne bağlı ve geçici olarak yükseltilebilir. Bu durumlarda gerekli perdeleme işleminin yapılması zorunludur. İç ışıklandırma ise, mevcut veya yapılacak tüm yapılaşmalarda, yapıların kumsaldan görülebilen bölümlerinde ışığın sızmasını önleyici tedbirler alınacaktır (Perde, panjur, jaluzi, renkli cam)

Etki Alanı 'nda

- Deniz Kaplumbağaları İzleme ve Değerlendirme Komisyonu kararları
- Bu alanda, tampon bölgenin 2, 3 ve 4. Maddelerinde belirtilen hususlara uymak kaydı ile imar planına uygun yapı yapılabilir.

Görüldüğü gibi yasalarda oldukça açık olarak belirlenmiş olan koruma kurallarına rağmen yakın geçmişte 17 alan içerisinde yer alan kumsalların bir kısmında Yap-İşlet-Devret modeli ile Yat Limanı yatırımları planlanmıştır. Belek ve Dalaman'da yapılması planlanan bu limanlarla ilgili projelendirme, ÇED ve benzeri çalışmalar uluslararası anlaşmalar (Barselona Anlaşması, Bern Anlaşması), SİT kararları ve yukarıda söz edilen denizkaplumbağası üreme kumsalları ile ilgili mevzuat nedeniyle özellikle yatırımcının mağduriyeti ile sonuçlanmıştır.

2.2. Akdeniz Foku Yaşam Alanları

Akdeniz fokları 20. yüzyılın başına kadar tüm Akdeniz kıyıları ile doğu Atlantik kıyılarında Portekiz'den Batı Afrika sahillerindeki Senegal'e kadar 1000'lerle ifade edilen bir nüfusa sahip olarak serbestçe yaşamlarını sürdürüyordu. Ancak aşırı avlanma, yaşam alanları kaybı ve deniz ekosisteminin bozulması nedeniyle türün dünya dağılımı daraldı ve nüfusu hızla azaldı. Akdeniz foku bugün dünyada sadece Yunanistan, Türkiye, Fas, Moritanya ve Maderia Adaları'nda yaşamakta olup toplam nüfusu 450 ile 500 arasında tahmin edilmektedir. Moritanya sahillerindeki Akdeniz fokları gerçek bir fok kolonisi özelliği göstererek birlikte yaşamakta popülasyonu ise insan baskısı nedeniyle birlikte bulunmak yerine çoğu zaman tek tek dolaşma ve yaşama şeklini seçmeye zorlanmışlardır.

Akdeniz fokü dünyada birbirinden kopuk 2 ana bölgede yaşamaktadır:

1. Atlantik Nüfusu (Moritanya kıyıları, Maderia Adaları ve Fas)
2. Akdeniz Nüfusu (Yunanistan, Türkiye ve Batı Akdeniz)

T r n en büyük populasyonu Ege Denizi'ndedir. Dolayısı ile Akdeniz fokunun Akdeniz'de soyunu sürdürebilmesi ve ekosistemde varlığını koruyabilmesi esas olarak 2 ülkenin elindedir: Türkiye ve Yunanistan. Bir dünya mirası olan Akdeniz fokunun korunmasında Türkiye önemli bir ülke konumundadır.

Türkiye'de yapılan çeşitli bilimsel çalışmalarda bireysel tanımlama yolu ile 31-44 arasında Akdeniz fok  bireyi tanımlanmış olup, kıyılarımızda 100'den az fok yaşadığı tahmin edilmektedir ki dünyadaki fok populasyonunun 450-500 olduğu göz önünde bulundurulduğunda bu sayı önemli bir yer tutmaktadır. Akdeniz fok  dağılımı kıyı boyunca süreklilik yerine belirli bölgelerde yoğunlaşma özelliği göstermektedir. Türkiye kıyılarında foklar:

1. Karadeniz'de: Samsun Yakakent ile Bartın Boğazı arasında.
2. Marmara'da: Marmara Adaları ve Mola Adaları ile Biga Yarımadası kuzey sahillerinde,
3. Ege'de: Gelibolu Yarımadası Ege kıyıları ile Behramkale arasında ve Yeni Foça ile Dat a arasında.
4. Akdeniz'de: Dat a ile Kemer arasında, Alanya ile Taşucu arasında ve Hatay Samandağ ile Suriye sınırı arasında, kalan sahillerde var olma mücadelesi vermektedir.

Türkiye, imzaladığı Barcelona (1976) ve Bern (1979) Anlaşmalarına göre, arasında Akdeniz Foku'nun da bulunduğu dünya çapında soyu tehlike altında olan türleri, yaşam alanları ile birlikte korumak zorundadır. Ulusal mevzuata göre, tür bazında, 1380 sayılı Su  r nleri Kanunu kapsamında Su  r nleri Sirküleri gereğince, 1979 ve 3167 sayılı Kara Avcılığı Kanunu kapsamında Merkez Av Komiyonu kararları gereğince 1977'den bu yana Akdeniz fok  resmen koruma altına alınmış bir türdür. Yine tür bazında Merkez Av Komisyonu kararı gereğince 1996-97 av sezonundan itibaren Akdeniz Foku'nu öldürenler için kanuni cezalara ek olarak yüklü maddi tazminat cezaları da konmuştur. Yaşam alanı bazında SAD-AFAG'ın 1991 yılında Ulusal Fok Komitesi'ne  nerisi  zerine Su  r nleri Sirkülerinde o tarihten itibaren Akdeniz Foku mağaralarına her türlü vasıta ile girmek, dalmak ve ışık kullanmak yasaklanmıştır.

3. SONUÇ

Kıyı planlamacı, karar verici ve ÇED konusunda yetkili kurum ve kuruluşlar ile kıyı yapılaşmasında yetkileri olan, onay ve görüş veren Turizm, Ulaştırma, Orman, Kültür,  evre, Bayındırlık ve  skan Bakanlıkları ile Belediye başkanlıkları, Valilik ve Kaymakamlıklar ile DPT, kıyılarla ilgili her türlü altyapı ve yatırım planlaması aşamasında ilgili ulusal mevzuat ve uluslararası anlaşmaları göz önünde bulundurmalı ve çok sıkı bir değerlendirmeden geçirmelidirler.

Aslında yukarıda bahsedilen türler, yaşam alanları ile ulusal ve uluslararası koruma mevzuatı yıllardır bilinen konulardır. Gerek ilgili kamu kurumları, gerek Sivil Toplum Örgütleri, gerekse üniversite, enstitü ve bireylerin çabalarının sadece türlerin korunmasına yönelik olduğunu düşünmek oldukça yanlıştır. Bu türlerin varlıkları, bozulmamış doğa için bir gösterge, sürdürülebilir kalkınma ve turizm için ise birer garantidir.

Planlama ve yatırım ile ilgili olarak yerel halk, STK'lar, kamu kuruluşları ve yatırımcıları birbirine düşürebilen sorunların çözümü, daha planlama aşamasında konu ile ilgili bakanlıkların tümünün, bu konularda çalışmalar yapan üniversitelerin, araştırma merkezlerinin, sivil toplum kuruluşlarının ve bireylerin ortak çalışması ile mümkün olacaktır. Koruma ve kullanmanın bir arada olabileceği dünyada pek çok uygulamada başarı ile kanıtlanmıştır. Sürdürülebilir turizmin ve doğal kaynakların akılcı bir biçimde kullanımının sağlanması, katılımcı planlama ve geniş işbirliğinden geçmektedir. Sivil Toplum Kuruluşları olarak sahip olduğumuz tüm bilgi, tecrübe ve işgücünü doğal kaynakların akılcı kullanımı yolunda işbirliğine sunmaya hazır olduğumuzu tekrarlarız.

KAYNAKLAR

URAS, A., GÜÇLÜSOY, (1999), Dalaman Yat Limanı Araştırma Gezisi Raporu, *DHKD-SAD ortak yayını*

KIRAÇ, C., ve diğerleri, (1997), Türkiye'nin Önemli Akdeniz Foku Alanları; Kıyı Planlamacıları İçin Bir Rehber, *Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları I. Ulusal Konferansı, Türkiye Kıyıları 97 Konferansı Bildiriler Kitabı; 24-27 Haziran 1997; Ankara, E. Özhan (editör), sayfa 399-409*

RAPOR (2000), Türkiye'de Alan Koruma İçin Geliştirilmiş Yasal Düzenlemeler ve Alan Statüleri, *(Yayınlanmamış Rapor)*

ÇANAKKALE KIYI YAPILARINDAN (BALIKÇI BARINAĞI, İSKELE, LİMAN) KAYNAKLANAN SORUNLAR VE ÇED YÖNETMELİĞİ UYGULAMALARI

Halil İbrahim DENİZ

İl Çevre Müdürü, ÇANAKKALE

ÖZET

Doğal kaynaklar açısından önemli bir potansiyele sahip olan kıyı bölgeleri korunması gereken hassas alanlarımızdır. Özellikle iktisadi faaliyetlerin yoğunluk ve çeşitliliği buralarda önemli bir baskı unsuru oluşturmaktadır. Balıkçı barınağı, iskele, liman gibi kıyı yapılarının uygun olmayan yerseçimleri, bu yapılardan kaynaklanan katı ve sıvı atıkların olumsuz etkileri kıyılarımızın doğal yapısını bozmakta, büyük bir hızla tahrip olan kıyılar için bir yönetim planlaması ihtiyacını doğurmaktadır.

İlimizde gerçekleştirilen kıyı yatırımlarının bir çoğu ÇED Yönetmeliği çerçevesi içerisinde değerlendirilmeden gerçekleştirilmekte, bu da hukuki ve çevresel problemlere neden olmaktadır.

Öncelikle devletin bu konulardaki yatırımcı kuruluşları başta olmak üzere özel yatırımcıların kıyı yapılarını planlamaları aşamasında ÇED Yönetmeliği hükümleri eksiksiz uygulanmalı, yapının inşaatı ve işletmesi sırasında ortaya çıkabilecek çevresel sorunlar detaylı olarak değerlendirilmelidir.

1. GİRİŞ

Çanakkale İli jeomorfolojik yapısı nedeniyle önemli kıyı alanlarına sahiptir. Yaklaşık 650 km. lik kıyı uzunluğunda; koyları, kumsalları, doğal bitki örtüsü ve zengin deniz ürünlerinin yanı sıra büyük bir kültürel potansiyele de sahiptir.

Dünyada ve ülkemizde olduğu gibi İlimizde de çeşitli amaçlarla kullanım açısından en fazla tercih edilen alanlar kıyılar olmuş, geçmiş dönemlerdeki büyük medeniyet ve kültür hareketleri de bu alanlarda yaşanmıştır. Kıyı alanlarında yerleşim bölgeleri, sanayi tesisleri, turizm, kara ve deniz ulaşımı gibi artan faaliyetler habitat kaybı, erozyon ve su kalitesindeki azalma gibi önemli çevresel sorunları da beraberinde getirmektedir.

Kıyı alanlarının birçok farklı sektör tarafından kullanılması idari açıdan da sorunlar yaratmakta ve pek çok yönetim birimi konuyla ilgili olmaktadır. Ancak, koordinasyonda yeteri kadar başarılı olunamadığından ortak kararlar üretilmesi de güçleşmektedir.

2. YASAL DÜZENLEMELER

Kıyı alanları konusunda ulusal yasal düzenlemelere genel olarak bakıldığında;

Anayasanın 43. maddesinde “kıyılar, devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Deniz, göl ve akarsu kıyılarıyla, deniz ve göllerin kıyılarını çevreleyen sahil şeritlerinden yararlanmada öncelikle kamu yararı gözetilir. Kıyılarda sahil şeritlerinden kullanım amaçlarına göre derinliği ve kişilerin bu yerlerden yararlanma imkan ve şartları kanunla düzenlenir” denilmektedir.

1990 yılında çıkarılan 36211 sayılı Kıyı Kanunu; deniz, tabii ve suni göl ve akarsu kıyıları ile bu yerlerin etkisinde olan ve devamı niteliğinde bulunan sahil şeritlerinin doğal ve kültürel özelliklerini gözeterek koruma ve toplum yararlanmasına açık, tabii ve suni göller ve akarsu kıyıları ile deniz ve göllerin kıyılarını çevreleyen sahil şeritlerine ait düzenlemeleri ve bu yerlerden kamu yararına yararlanma imkan ve şartlarına ait esasları kapsamaktadır.

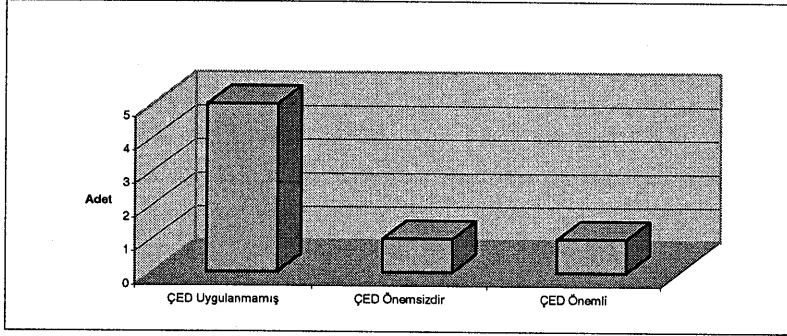
Kıyı Kanunu çerçevesinde çıkarılan “ Kıyı Kanunu’nun Uygulanmasına Dair Yönetmelik “ ile de sahil şeritlerinde planlama ve uygulama esasları açıklanmıştır.

618 Sayılı Limanlar Kanunu ile 3348 sayılı Ulaştırma Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanunla, Ulaştırma Bakanlığına kıyılarda oluşan her türlü yapılaşma için gerekli denetim, izin, tesislerin birbirleriyle uyumlu çalışmalarını temini gibi konularda görevler verilmiştir. Ancak 491 sayılı Denizcilik Müsteşarlığının Kuruluş ve Görevleri Hakkında KHK’nın 27. maddesi ile Ulaştırma Bakanlığı bünyesinde bulunan Deniz Ulaştırması Genel Müdürlüğü ile ilgili kısım kanunun Ana Hizmet Birimleri bölümünden çıkarılmış ve böylece Denizcilik Müsteşarlığına bağlanmıştır. Dolayısıyla bu birimin yetkileri de Müsteşarlığa geçmiştir.

Çevre Kanunu’nun 10. maddesine istinaden çıkarılan Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği, planlama aşamasında faaliyetlerin çevreye olabilecek etkilerinin değerlendirilerek olumsuz etkilerin önlenmesini sağlamaktadır. Kıyılarla ilgili limanlar, mendirek ve marinalar, balıkçı barınakları gibi faaliyetler için ÇED araştırması yapılmaktadır.

3. KIYI YAPILARINDAN KAYNAKLANAN ÇEVRESEL SORUNLAR VE ÇED YÖNETMELİĞİ UYGULAMALARI

Kıyı yapılarının karasal ve denizel ekosistemde istenmeyen değişimlere neden olmaması temel amacını taşımaktadır. Bu amaçla, bahsi geçen kıyı yapılarının planlama aşamasında olabilecek çevresel etkilerinin değerlendirilmesi çalışmaları ilimizde de yürütülmektedir. Ancak, ilimizde yer alan kıyı yapılarını değerlendirdiğimizde ; özellikle balıkçı barınağı, liman, iskele ve römorkör barınağı gibi yapıların birçoğunun ÇED çalışmaları gerçekleştirilmeden yapımının tamamlandığını görmekteyiz (bkz. Şekil 1.).



Şekil 1. İlimizde, ÇED Yönetmeliği kapsamında yer alan ve yapımı tamamlanan başlıca kıyı yapılarının durumu .

ÇED Yönetmeliği gereğince sözkonusu yapılara ilişkin Valilik tarafından yer tetkiki çalışmaları yürütülmeli, bu çalışmalar sonucunda ilgili kurum ve kuruluşların mevzuatları açısından yer seçimi uygun bulunan projelerin çevreye olabilecek etkileri incelenip değerlendirilmelidir. Çevresel etki değerlendirmesi çalışmalarında; faaliyetlerin yalnızca ekolojik sisteme olabilecek etkileri değil, projelerin sosyal, ekonomik, teknolojik ve alternatif yöntemleri detaylı boyutlarıyla ele alınmakta ve faaliyetlerin olumsuz etkilerinin en aza indirilebilmesi sağlanabilmekte, kıyı yapılarının projelendirilmesi aşamasında gerçekleştirilen teknik çalışmaların yeterli olup olmadığı araştırılmakta ve teknik ölçütte projenin alternatifleri değerlendirilmektedir.

Kıyılarımızda ekolojik dengenin çok daha hassas ve onarılmasının çok daha zor olması nedeniyle kıyı yapılarında çevresel etki değerlendirmesi çalışmalarının önemi daha da artmaktadır. Ekosistemlerde yer alan her öge ve proses birbirine bağlı olduğunda bu elemanlardan herhangi birisindeki tahribat tüm ekosistemi etkilemektedir. Kıyılarımızın sonsuz doğal ortamlar olmadığı gerçeğinden hareketle bu alanlarda gerçekleştirilecek faaliyetlerde, sınırlı sayıda bulunan doğal kaynakların en akılcı yöntemlerle, sürdürülebilir kullanım esaslarına uygun tasarlanması gerekmektedir. Kıyı alanlarında, kıyı yönetim planlarının hazırlanarak ilgili kurum ve kuruluşlarca eksiksiz uygulanması temel çözümdür.

Kıyı yapılarında göz önüne alınması gereken temel faktör kıyılarının dinamik jeomorfolojik yapısıdır. Özellikle kumlu kıyılardaki denizel hareketlilik ve erozyon yapılarına önemli etkiye bulunmaktadır. Bu nedenle, yapılarda kullanılacak malzemenin kullanılması önem kazanmaktadır.

Kıyı yapılarında İlimizin morfolojik yapısı ile uyumlu, kültürel ve estetik değerlerin göz önüne alındığı projeler gerçekleştirilmelidir.

Proje çalışmaları esnasında bitkisel örtünün kaldırılması ve drenaj yataklarının değiştirilmesi sonucunda toprak ve kumul erozyonu oluşabilmektedir. Ayrıca hafriyat amacı ile sıyrılan bitkisel toprağın uygun şartlarda depolanarak yeniden kullanımı esasına uyulması gerekmektedir.

Dalgakıran, iskele ve set gibi yapıların kum akışını engellemesi ve bazı denizel yapıların erozyonu artırması sonucu kumsallar azalmaktadır.

Aynı şekilde bitkisel örtünün kaldırılması, sulak alanların doldurulması ve su kirliliği habitat kaybına neden olmaktadır. Bölgenin morfolojik yapısı, kayaç özellikleri ve renklerine uyumlu olmayan yapılar ise görsel kirliliğe neden olabilmektedir.

İskele, rıhtım gibi tesisleri tahmil-tahliye alanı olarak kullanılacak ve açık-kapalı hizmet birimlerinin inşaa edileceği sahanın yüzeysel akışlardan meydana gelebilecek taşkınlara karşı çok iyi bir şekilde korunmuş olması gerekmektedir. Bu nedenle havzaya ait detay “ Hidrolojik Etüd ” yapılmalıdır. Tesis ve işletme sahalarının taşkınlara karşı korunmasını sağlayacak taşkın by-pass kanallarının konum ve kesit karakteristiklerinin belirlenmesi bu transfer sistemlerinin deniz deşarj kesiminin dalga ve oyulma yığılma şeklindeki kıyı hareketlerine karşı korunması ve akış sürekliliğini sağlayacak yapı ve önlemlerin belirlenmesi gereklidir.

Özellikle bölgenin depremselliği göz önüne alınarak projelendirme öncesi detay zemin etüt çalışmaları gerçekleştirilmelidir.

Planlanan kıyı yapılarının, mevcut kıyı profili ve stabilitesine olacak etkilerinin incelenmesi ve gerekiyorsa kıyı koruma yapı ve önlemlerinin planlanması gibi çalışma sonuçları ile uygulama projelerine esas olmak üzere hazırlanan ön projelere ait ayrıntılı bir teknik raporun hazırlanması gerekmektedir.

4. SONUÇ

Sonuç olarak, İlimizde gerçekleştirilmesi planlanan kıyı yapılarının sosyal, ekonomik, teknolojik, kültürel, ekolojik ve alternatif projelerini kapsayan detaylı bilgilerin tümünün değerlendirilmesi temelini taşıyan çevresel etki değerlendirmesi çalışmaları büyük önem taşımaktadır.

Mevcut durumlarda ise; inşaatı tamamlanan balıkçı barınağı ve iskelelerde deniz araçlarından kaynaklanan yoğun bir kirlilik yaşanmakta, bu tür yapılarda kirliliğin önlenmesine yönelik herhangi bir alt yapı bulunmamaktadır. Barınakların kıyı boyunca

sağında ve solundaki halkın kullanımına açık kumsallar, dalga ve akıntının engellenmesinden dolayı kıyı yapısında büyük bozulmalar, aşırı yosun birikintisi gibi etkilerle kullanılmaz hale gelmektedir.

İlimizde gerçekleştirilecek kıyı yatırımlarına ilişkin ÇED çalışmalarının tamamlanması sonucunda arazi hazırlanması, inşaat ve işletme aşamasında oluşabilecek tüm çevresel problemler analiz edilebilecek ve gereken tedbirlerin alınması sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

AVCI, İ., (1998), İTÜ Geliştirme Vakfı, AR-GE Proje No: 163
Çevre Bakanlığı (1995), Çevre Koruma, Çevre Yazıları-12, syf. 31-34.
Sitting & Design Guidlines for Structures on the Victorian Coast, May 1998,
www.vcc.gov.au/sitting/ecology.htm.

ABSTRACT

Coastal regions having a significant potential from point view of natural resources are sensitive areas to be protected. Especiaaly variety and consentrated economical activities form a pressure over these regions. Solid and liquid wastes resulted from coastal structures with improper site selections (like harbour, jetty, sea ports etc.) make negative affect on the naturel structure of the coasts.

Most of the coastal investment realized in our province are not being evaluated by EIA (enviromental impact assesment) regulation, this results in juridical and enviromental problems.

Firt of all state owned investor companies, later private companies have to obey the steps of EIA regulation at the begining of coastal structure planning.

BANDIRMA ALTERNATİF KIYI DOLGU PROJESİ FİZİBİLİTE ÇALIŞMASI

H. DEMİR, S. SAVRAN, E. N. OTAY

Boğaziçi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 80815 Bebek, İstanbul
demirhus@boun.edu.tr, savran@boun.edu.tr, otay@boun.edu.tr

ÖZET

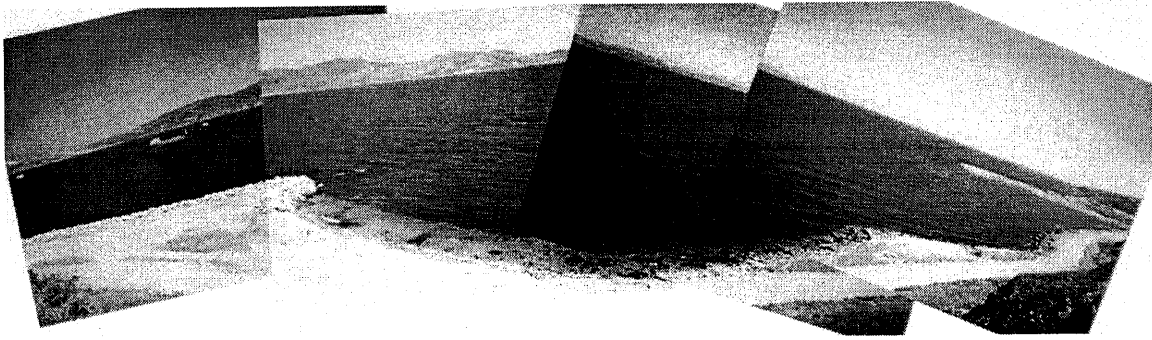
Bu çalışmada, Bandırma'nın Levend sahilinde başlatılmış olan dalgakıran ve kıyı düzenleme projesinde öngörülen beton yapılara alternatif olarak bir kumsal beslemesi sunulmuştur. Bandırma Körfezi'nin korunaklı yapısı ve Marmara Denizi'nin yumuşak dalga iklimi, kum dolgu için yeterli ön şartları sağlamaktadır. Kum dolgu projesinde yabancı moloz türü malzemeler yerine, açıktan çıkarılan doğal kum kullanılarak kıyı ekolojisine en az düzeyde zarar verilecektir. Böylelikle gelişen şehirlerimizin önemli sorunlarından olan betonlaşmadan kaçınılacaktır. Bu çalışmada, kıyı çizgisinin yanal sediment taşınımıyla değişimi "tek çizgi" yöntemiyle geliştirilen bir bilgisayar modeli ile hesaplanmıştır.

1. GİRİŞ

Kıyı dolguları büyük hacimlerdeki kum veya benzeri malzemenin kıyı şeridinde ve denize doğru yerleştirilmesiyle oluşan yapılardır. Deniz kumu kullanılarak yapılan kıyı dolguları, kıyı erozyonuna karşı koymak ve aynı zamanda kumsal kullanımını arttırmak amacıyla dünyada 1930'lerden itibaren giderek yaygınlaşarak uygulanmaktadır [Work, 1991]. Özellikle sakin ve orta şiddetli dalga iklimine sahip kıyılarda başarılı sonuçlar alınmış, teoride ve uygulamada önemli birikimler sağlanmıştır [Dean, 1995]. Bu tür kıyı projelerinin ülkemizdeki uygulamaları ise son derece kısıtlıdır. Ülkemizde doğal kum yerine kaya dolgu, beton duvar veya mahmuzlar kullanılmaktadır. Çevreye uyumlu ve doğal görünümlü kum dolguların gelişen çevre bilinciyle beraber giderek artması beklenmektedir.

Marmara Denizi'nin güneyinde yer alan Bandırma'nın Levend sahilinde 1995 yılında DLH (Demiryollar, Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü) tarafından sonuçlandırılan ihale ile bir balıkçı barınağı ve çevre düzenlemesi projesi inşaatına başlanmıştır. Balıkçı barınağı projesi, kıyının kaya ve molozla doldurulup düzleştirilmesini ve betonla örtülmesini öngörmektedir [Baykal, M., Büyükgüllü, M., 1996]. Şekil 1'deki kıyı şeridinin sağında dalgakıran inşaatının başladığı görülmektedir. Bu çalışmada ise,

inşaatına başlanmış olan balıkçı barınağına alternatif olarak doğal deniz kumundan bir kıyı dolgusu seçeneği incelenmiştir.



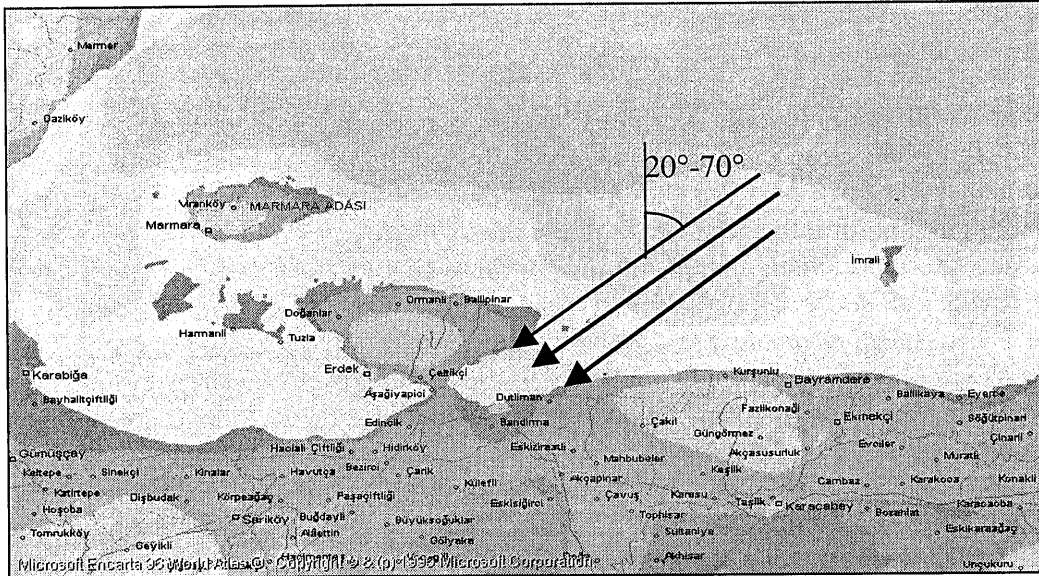
Şekil 1. Dolgu Alanının Görünüşü

2. FİZİKSEL ŞARTLAR

Bandırma; Marmara Denizi'nin güneyinde, Kapıdağ Yarımadası ile korunumlu bir koy bölgesidir. Levend sahili ise Bandırma Limanı'nın yaklaşık 1 km. doğusunda yer alır.

2.1. Dalga Özellikleri

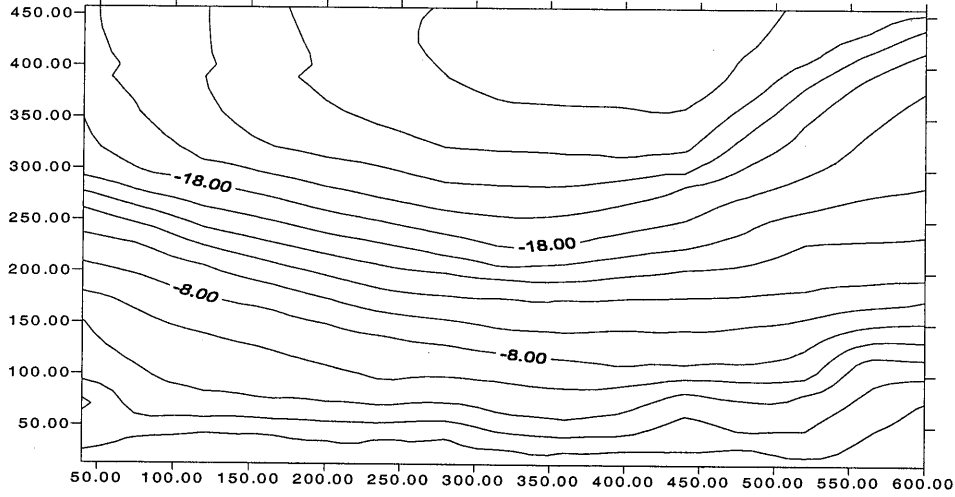
Marmara Denizi bir iç deniz olması nedeniyle yumuşak bir dalga iklimine sahiptir ve bu sahile gelen dalgaların yüksekliği oldukça küçüktür. Levend sahili Kapıdağ Yarımadası'nın iç kısmında kaldığından batı ve kuzeybatıdan dalga almaz, bu sahil yalnızca doğu ve kuzeydoğu dalgalarına açıktır. Dalgalar, bu sahile kuzeyle 20° - 70° açı yapacak şekilde gelirler (Şekil 2).



Şekil 2. Bandırma Körfezi

2.2. Yakın Kıyı Batimetrisi

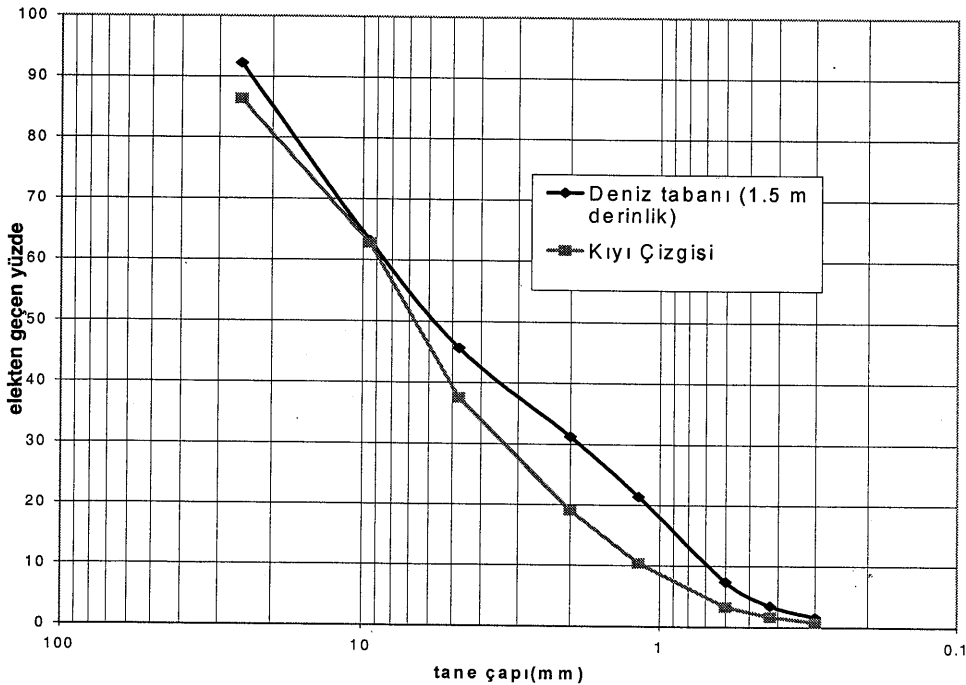
Levend sahili, monotonik bir kıyı profiline sahiptir. Mevcut batimetri haritalarından buradaki kıyının eğimi ortalama %8 olarak hesaplanmıştır (Şekil 3 ve 5).



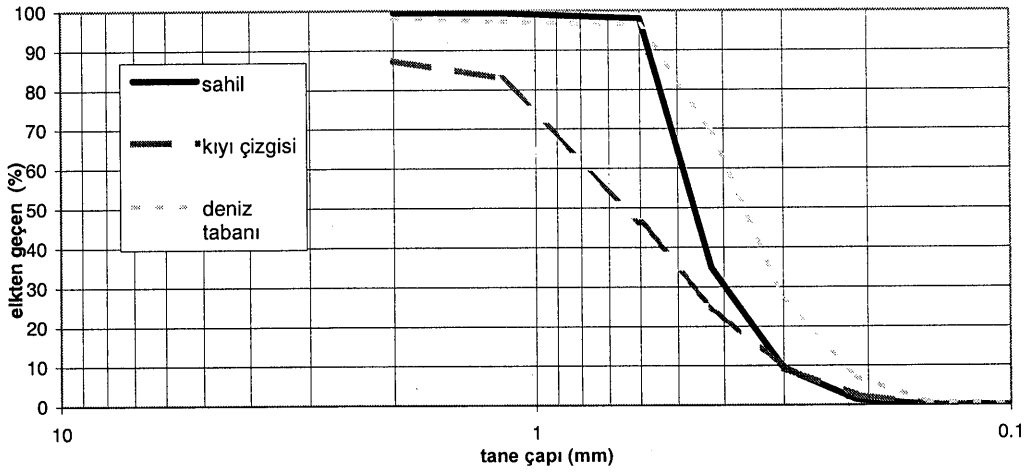
Şekil 3. Kıyı Batimetri Haritası

2.3. Sediment Özellikleri

Şekil 1’de görüldüğü gibi Levend sahili moloz dolgu zemine sahip bir kıyıdır. Kıyı, sahil yolu yapmak amacıyla doldurulmuştur. Dolgu malzemesi yumuşak toprak ve inşaat atığıdır. Kıyidan ve denizden alınan kum örneklerinin incelenmesi sonucunda elde edilen dane çaplarının dağılımı Şekil 4.a ve Şekil 4.b’de gösterilmiştir.



Şekil 4.a. Dolgu Alanından Alınan Malzemenin Elek Analizi



Şekil 4.b. Yakın Kumsallardan Alınan Sediment Örneklerinin Elek Analizi

Kıyıdan ve denizden alınan sediment örneklerinde kile rastlanmadı fakat az miktarda fosil kalıntısı ve midye kabuğu görüldü. Örnekler çakıl gibi iri malzemeden oluşmakta ve mat siyah renkliydi. Doğal malzemenin etkin dane çapı 6 mm. olarak bulundu.

3. DENGİ PROFİL ANALİZİ

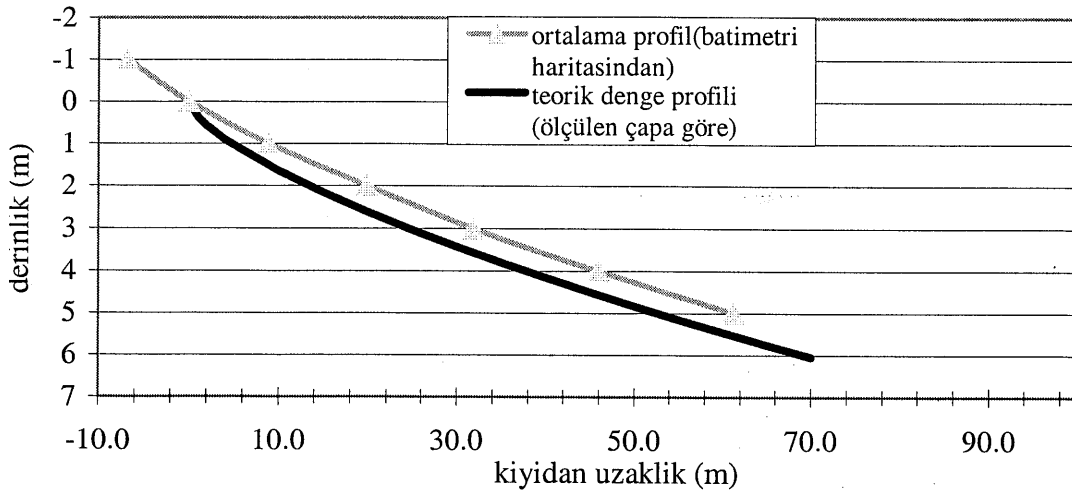
Denge profili yöntemi [Dean,1977] kıyıyı etkileyen dalga enerjisi ve taşınan malzeme arasındaki dengeye dayanarak kıyı profilinin şeklini açıklar ve (1) ile gösterilir. Burada $h(m)$ ortalama deniz seviyesinden olan derinlik, $y(m)$ sahil şeridinden olan uzaklık ve $A(m^{1/3})$ da sediment özelliklerine bağlı katsayıdır. Aynı zamanda kıyı eğiminin de bir göstergesi olan A katsayısı, artan sediment çapıyla beraber artar.

$$h(y) = A y^{2/3} \quad (1)$$

Batimetri haritasındaki eşdeğer derinliklerden elde edilen ortalama kıyı profili ve ölçülen sediment çapına karşılık gelen $A = 0.356 m^{1/3}$ göre oluşturulan denge profili Şekil 5'te gösterilmiştir [Campbell, et al., 1990]. İki çizgi arasındaki benzeşmeden ölçülen kıyı profilinin yerel dalga enerjisiyle uyumlu olduğu sonucuna varabiliriz.

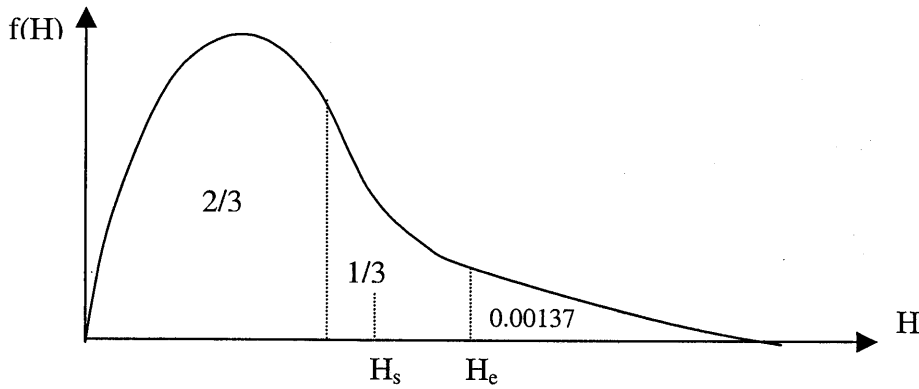
3.1. Dalga Şartları ve Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi

Denge profili ve yanal kıyı çizgisinin değişiminin modellenmesinde kullanılacak olan dalga ve profil parametreleri için belirgin dalga yüksekliği, H_s 'in hesaplanması gerekmektedir. Bölgede sürekli dalga ölçümünün olmayışı nedeniyle belirgin dalga yüksekliğinin hesaplanmasında fırtına verilerine dayalı bir olasılık hesabına başvurulmuştur. Marmara Denizi'nde beş sene içinde iki defa kaydedilen fırtınalarda rüzgara dayalı bilgisayar modellemesi yardımıyla maksimum dalga yükseklikleri yaklaşık $H^* = 3.8$ metre ve dalga periyodu 6 saniye olarak hesaplanmıştır [Özhan, 1998].



Şekil 5. Ortalama Profil ve Denge Profili

Açık denizde dalga yüksekliklerinin Rayleigh dağılımına (Şekil 6) bağlı olarak belirgin dalga yüksekliği hesaplanmıştır.



Şekil 6. Açık Deniz Dalga Dağılımı

$$\Pr\{H \geq H_*\} = \frac{6}{(5)(365)(24)(3600)} = 3.8 \cdot 10^{-8} = 1 - \Pr\{H \leq H_*\} = 1 - F(H_*) = 1 - \int_0^{H_*} f(H) dH \quad (2)$$

Burada $f(H)$ Rayleigh dağılımı olup, matematiksel açılımı (3)'te verilmiştir.

$$f(H) = \frac{2H}{R} e^{-\frac{H^2}{R}} \quad (3)$$

Buradaki R , Rayleigh parametresi olup, toplam spektral enerjinin veya diğer bir deyişle, standart sapma değerinin karesinin 8 katı olarak verilmiştir, $R = 8\sigma^2$. Standart sapmanın belirgin dalga yüksekliği, H_s ile bağıntısı (4)'te verilmiştir.

$$H_s = 4.0 \sigma \quad (4)$$

Denklem (3) ve (4)'ü kullanarak aşağıdaki olasılık sıklığı, $f(H)$, ve olasılık dağılım, $F(H)$, fonksiyonlarını buluruz.

$$f(H) = \frac{2H}{R} e^{-\frac{H^2}{R}} = \frac{4H}{H_s^2} e^{-\frac{2H^2}{H_s^2}} \quad (5)$$

$$F(H) = \int_0^H f(H) dH = 1 - e^{-\frac{2H^2}{H_s^2}} \quad (6)$$

(2) ve (6)'yı kullanarak, H_* ve H_s arasında aşağıdaki bağıntıyı buluruz.

$$3.8 \cdot 10^{-8} = 1 - F(H_*) = e^{-\frac{2H_*^2}{H_s^2}} \quad (7)$$

Bu işlemler sonucunda çıkan $H_s = 0.34 H_*$ bağıntısından belirgin dalga yüksekliği 1.32 metre olarak bulunur.

Kıyı denge profili hesaplarında kullanılan “sınır derinlik” Hallermeier [1981] tarafından $h_c = 1.56 H_e$ olarak verilmiştir. Buradaki H_e yılda 12 saat geçilen dalga yüksekliği olarak tanımlanmıştır. Dalgaların açık denizde Rayleigh dağılımında olduğu varsayıldığında, aşağıdaki bağıntı bulunur.

$$\Pr\{H \geq H_e\} = \frac{12}{(365)(24)} = 0.00137 = 1 - \Pr\{H \leq H_e\} = 1 - F(H_e) = 1 - \int_0^{H_e} f(H) dH \quad (8)$$

(6) ve (8)'i kullanarak aşağıdaki bağıntıyı buluruz.

$$0.00137 = 1 - F(H_e) = e^{-\frac{2H_e^2}{H_s^2}} \quad (9)$$

Buradan H_e hesaplanır.

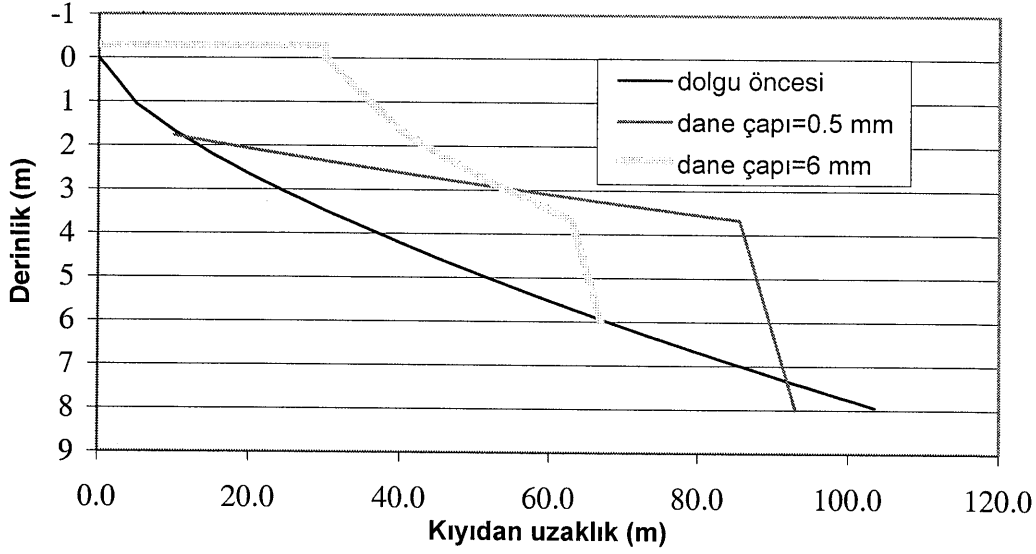
$$H_e = H_s \sqrt{\frac{-\ln 0.00137}{2}} = 2.4 \text{ m} \quad (10)$$

Buradan da sınır derinlik $h_c = 3.74$ metre olarak hesaplanır.

3.2. Dolgu Sonrası Kıyı Profiline Değişimi

Yapay besleme yapıldıktan sonra kıyı profili kıyıya dik taşınım ile yeni bir denge konumuna ulaşacaktır. Bu yeni oluşacak profilin şeklini belirleyecek asıl etmen dolgu malzemesinin etkin çapının doğal kumun çapına oranıdır. Bu çalışmada iki alternatif göz önünde tutulmuştur. İlkinde, kıyının yerel malzemeyle aynı çapa sahip olan bir malzemeyle doldurulması öngörülmüştür. Oluşacak yeni denge konumunun eğimi varolan eğime eşit olacaktır. Diğer alternatif, yan kumsalda bulunan ince bir malzeme kullanmaktır. Bu malzemenin elek analizi sonuçları Şekil 4.b’de verilmiştir. Bu malzeme denge konumunda çok daha düz bir eğim alacaktır. İlk alternatifteki kadar dolgu hacmi

kullanıldığında kuru sahil kazanımı mümkün değildir (Şekil 7). Kıyı boyunca 30 metre kumsal genişlemesi kazanmak için bu hacmin üç katından fazlası gerekir ki, bu hacim 158 m³/m olarak hesaplanmıştır.



Şekil 7. Dolgu Sonrası Alternatif İki Dolgu için Kıyı Profil Değişimi

4. KIYI DEĞİŞİMİNİN MODELLENMESİ

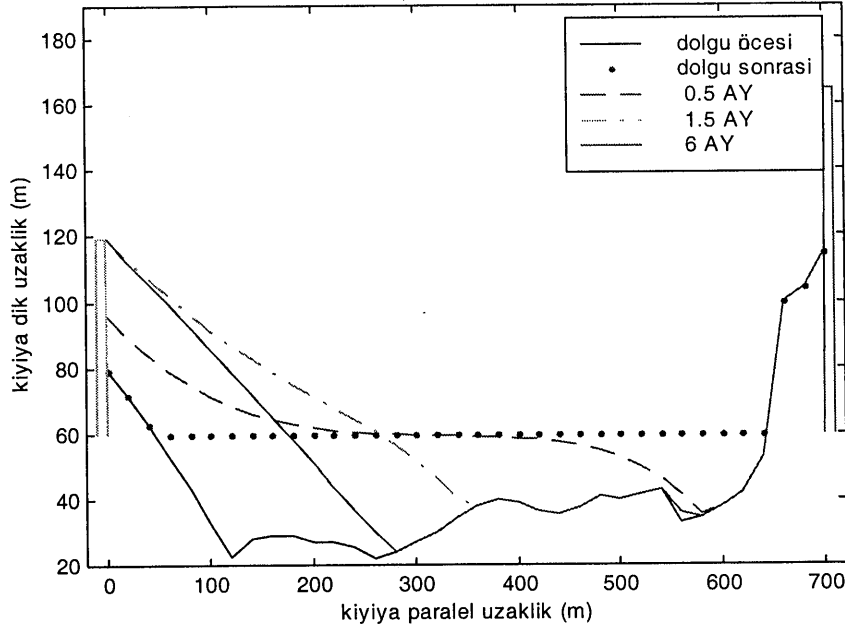
Kıyı hidrodinamiğinin en önemli ve direkt gözlenebilir sonuçlarından biri olan kıyı çizgisinin yer değiştirmesi, toprak kaybı ya da kazancı sonucunda meydana gelmektedir. Kıyıların şekillenmesinin temel nedeni olan sediment taşınımı doğrudan kıyı hidrodinamiğiyle bağlantılıdır. Kıyı yapılarının varlığı, dalga ve akıntı özelliklerini değiştirdiğinden, mühendislik bakış açısıyla kıyının ne yönde, ne kadar değişeceği ve buna bağlı olarak deniz yapılarının doğru olarak tasarlanması ve kıyı akıntılarıyla uyumlu ve fonksiyonel olması sağlanabilir.

Kum dolgu yapılırken ve yapıldıktan sonra, dalga ve akıntılarının etkisiyle bir değişim süreci başlayacaktır. Bu doğal olayların yapı üzerindeki etkilerini tahmin etmek ve değişik yapıım alternatiflerini incelemek üzere modelleme çalışması yapılmıştır.

4.1. Kıyıya Paralel Taşınım

Kıyıya paralel taşınımın modellenmesinde bu proje için geliştirilen ve Matlab ile yazılmış bir program kullanılmıştır. “Tek çizgi modeli” tekniğine dayanan ve kıyı çizgisinin dalga etkisiyle zaman içerisindeki değişimini gösteren bu modelin detayları [Güngördü & Otay, 1997]’de verilmiştir. Fakat kıyı profilinin denge konumunda olduğu yani dikey taşınım olmadığı varsayımını yapar. Dikey dengeye ulaşmanın yatay taşınımına oranla çok daha hızlı olduğu göz önüne alınırsa bu varsayımın uygulanabilir olduğu görülür. Bu çalışmada da kıyıya paralel taşınımın modellenmesine başlangıç koşulu olarak Şekil 5’de gösterilen denge konumu alınmıştır. Sağ kenar koşulu olarak Şekil 1’de görülen geçirimsiz bir dalgakıran kullanılmıştır.

Şekil 8.a.'da kıyının dolgu sonrasında, 15 gün, 1.5 ay ve 6 ay sonra hangi şekilleri alacağı gösterilmektedir. Bu projede Şekil 1'de gösterilen ve yapımına başlanılan mahmuzun 40 metre uzunluğunda olacağı ve dalgaların kıyıya kuzeydoğudan geleceği kabul edilmiştir. Burada dolgu malzemesinin taşınımı 1.5 aya kadar mahmuzların arasında korunmaktadır. Bir buçuk aydan sonra yanıl taşınım 40 m. boyunda olan mahmuzu aşmaya başlamaktadır dolgu alanından malzeme kaybolmaya başlamaktadır.



Şekil 8.a. Kıyı çizgisinin değişimi. (Mahmuz Uzunluğu 40 m, Dalga Yüksekliği 1.3 m)

Şekil 8.b'de ise mahmuzun 65 metre yapılması halinde kıyının dolgu sonrasında ve 15 gün, 1.5 ay ve 6 ay sonra alacağı şekiller gösterilmektedir. Mahmuzun 65 metre yapılması halinde kumsalda kum kaybı olmamaktadır. Buradaki yanıl taşınım 65 metre boyundaki mahmuzu geçmemektedir. Yanıl sediment taşınımı yaklaşık 6 ay gibi bir süre sonra denge halini almakta ve bundan sonraki değişimler çok küçük miktarlarla sınırlı kalmaktadır.

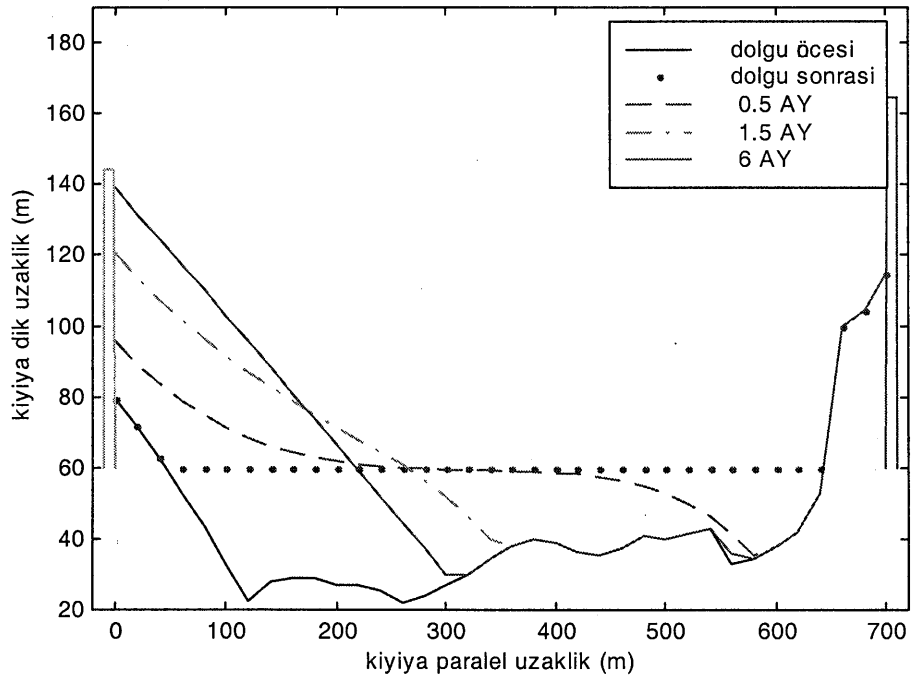
Belirgin dalga yüksekliği 0.3 metre olarak alındığında Şekil 8.c ve 8.d 'seki sonuçlar elde edilmektedir. Bu dolgu şartlarında kıyı çizgisinin alacağı, bir değişiklik olmaz, fakat zaman aralıkları önemli ölçüde uzar. Örneğin 40 metrelik mahmuzun geçilmesi 1.5 ay yerine 5 yıl sürecektir.

5. YAPIM ŞARTNAMESİ

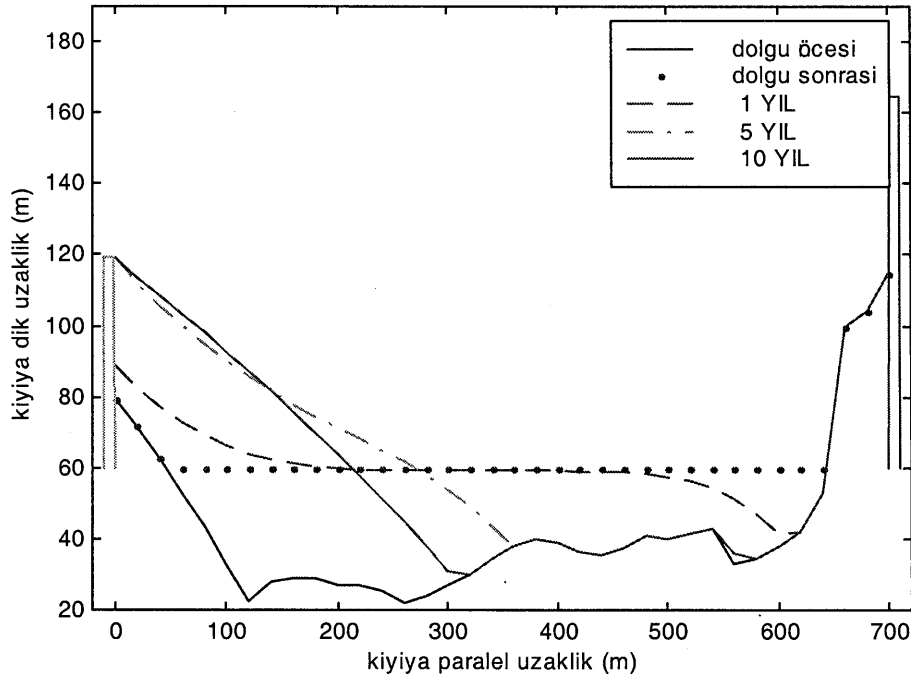
Yukarıda teknik özellikleri ve mühendislik detayları verilmiş olan fizibilite çalışmasının öngördüğü yapım projesi için müteahhite düşen sorumlulukları özetleyen bir şartname taslağı benzer kıyı dolgu projelerine örnek teşkil etmesi açısından aşağıda verilmiştir.

5.1. Sunuş

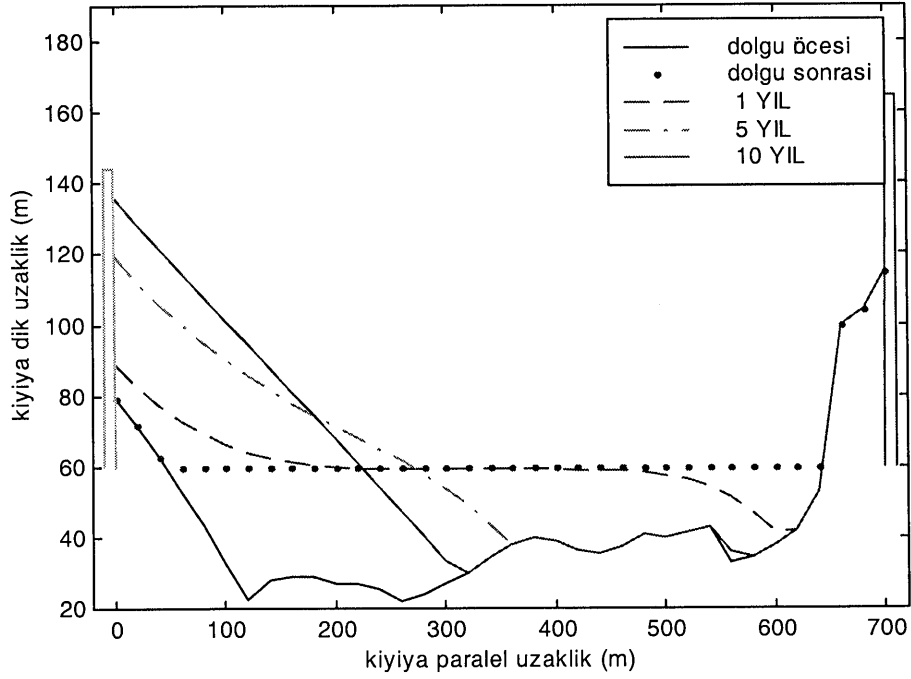
Tarama operasyonları başlamadan önce Müteahhit "Bandırma Liman Müdürlüğü"ne projenin amacını bildiren bir yazı vermelidir. Tarama alanı yardım şamandıraları ya da ışıkları ile işaretlenmelidir. Bu şamandıra ve ışıklar deniz trafiğini engelleyici olmamalıdır.



Şekil 8.b. Kıyı çizgisinin değişimi. (Mahmuz Uzunluğu 65 m., Dalga Yüksekliği 1.3 m)



Şekil. 8.c. Kıyı çizgisinin değişimi. (Mahmuz Uzunluğu 40 m , Dalga Yüksekliği 0.3 m)



Şekil 8.d. Kıyı çizgisinin değişimi. (Mahmuz Uzunluğu 65 m , Dalga Yüksekliği 0.3 m)

5.1.2. Tarihi gemi enkazına rastlanması

Eğer herhangi bir gemi enkazı, kayıp hazine ya da tarihi esere rastlanırsa, Müteahhit hemen tüm operasyonları durdurup, durumu “Bandırma Liman Müdürlüğü” ve “Bursa Müzeler ve Anıtlar Kurulu” na bildirmekle sorumludur.

5.1.3. Günlük / Aylık operasyon raporları

Müteahhit her gün, günlük operasyon raporu hazırlayıp o günü takip eden gün saat 10:00’a kadar Proje Mühendisleri’ne sunmalıdır. Günlük operasyon raporları gerekli hacim hesaplarıyla birlikte kazı hacmi, dolgu hacmi ve bulanıklık izleme raporlarını içermelidir.

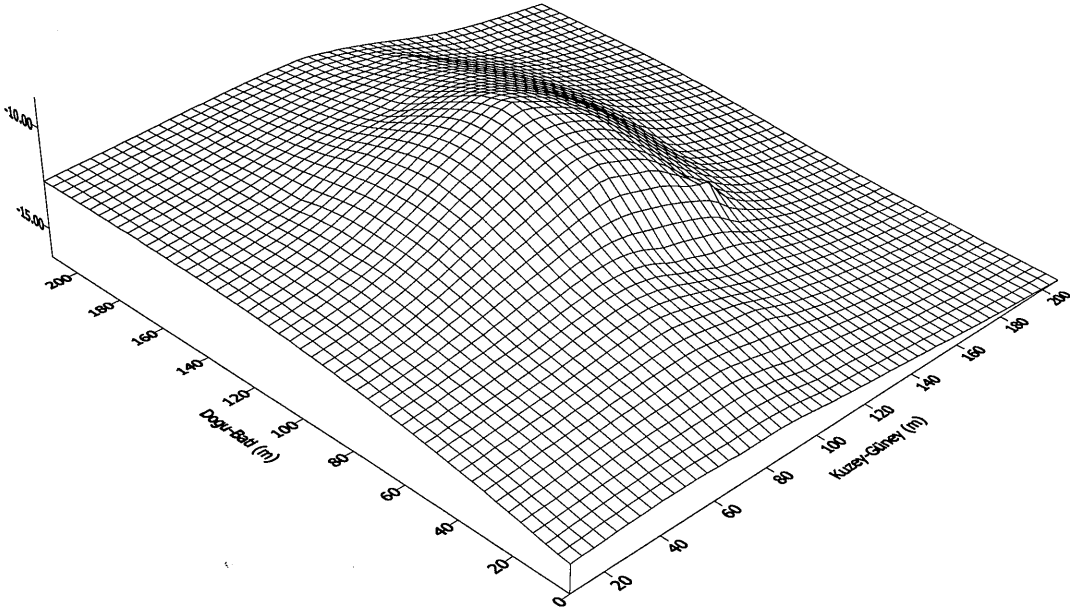
5.2. İş Düzeni

5.2.1. Dolgu alanı

Dolgu alanı 50 m.lik parsellere bölünerek yapılmalıdır. Dolgu aynı anda en fazla iki alan parçasında devam etmelidir. Müteahhit dolgu alanında doldurulacak parsel sırasının seçiminde serbesttir. 6 mm.lik malzeme ile dolgu yapılması halinde gerekli hacim yaklaşık 74,400 m³ olarak hesaplanmıştır. Gerekli hacim Şekil 9’daki kazı alanında mevcuttur.

5.2.2. Kazı alanı

Her ne sebeple olursa olsun Şekil 9’da gösterilen kazı alanının dışında kazı yapılmamalıdır. Kazı alanı 100’er metre aralıklarla şamandıralar ile işaretlenmelidir. Eğer kazı alanının dışında kazı yapılırsa, bu kazının ücreti ödmeden düşülür.



Şekil 9. Kazı Alanının 3-Boyutlu Görünüşü

5.3. Ödemeler

5.3.1. İş makinelerinin seferberliği ve terhisi

Proje Danışmanlarının iş makineleri kurma planını onaylamasını takip eden 2 gün içerisinde Müteahhide iş makinelerini getirmesi ve kurması için gerekli ödeme yapılmalıdır. İş bitiminde ise iş makinelerinin sökülmesi ve geri götürülmesi için gerekli ödeme, son ödemeye birlikte tüm söküm ve götürme işlemleri tamamlandı ve proje alanı temizliği yapıldıktan sonra yapılacaktır.

5.3.2. Kıyı dolguşu

Kıyı dolgusu için yapılacak ödemeler, her ay aylık raporun Proje Danışmanı'na sunulmasının ardından 5 gün içerisinde yapılmalıdır. Dolgu hacmi miktarı dolgu öncesi ve sonrası en kesitlerine göre ortalama alan metodu ya da Proje Danışmanı'nın kabul ettiği diğer metotlardan biri ile m^3 cinsinden hesaplanır. Belirlenmiş dolgu alanı sınırları dışında yapılan hiçbir dolgu için ödeme yapılmayacaktır.

5.3.3. Kazı alanı

Belirtilmiş ve şamandıralarla işaretlenmiş alanın dışında ya da en kesitlerde gösterilen profiller haricinde malzeme alımı yapılmayacaktır. Belirlenen alan ve derinlik dışında yapılan kazı malzemesi için ödeme yapılmayacaktır. Kazı alanından alınan malzemelerin laboratuvarda elek analizleri yapılmalıdır. Müteahhit kazı alanı içerisinde kazı yeri önceliğini kendisi belirleyebilir.

5.4. İnşaat Alanı Sınırları ve İnşaat Girişleri

İnşaat alanı, dolgu ve kazı alanının her bir tarafından 50'şer metre genişliğindeki bir alanı kapsar. İnşaat alanının sınırları denizde şamandıralarla, karada ise işaret levhalarıyla işaretlenmelidir. Bu alan içerisindeki deniz ve kara trafiği düzenlenmeli ve burada kesinlikle aktif trafiğe izin verilmemelidir. İnşaat alanı tüm girişleri, giriş planında gösterilen giriş koridorları takip edilerek yapılmalıdır. Müteahhit giriş alanının hazırlanması ve restorasyonu sorumludur.

5.5. Kazı

Kıyı dolgusu için gerekli bütün kazı, yalnızca sınırları kazı planında ve derinlikleri de kazı profillerinde belirtilen alandan yapılmalıdır. Müteahhit en iyi malzemeyi bulmak için istediği yeri seçmede serbesttir fakat kazı; oyuklara, vadilere ya da sırtlara sebep olmayacak şekilde yapılmalıdır. Kazı alanında uygun olmayan malzemeyle karşılaşıldığında, bu Günlük Kalite Kontrol Raporu'nda belirtilmelidir.

5.5.1. Bulanıklık

Bulanıklık derecesi kesinlikle belirtilen sınırların üzerinde olmamalıdır. Kazı ve dolgu işlemleri suyun bulanıklığını minimumda tutacak şekilde yapılmalıdır. Eğer bulanıklık derecesi sınırların üzerine çıkarsa, Müteahhit bulanıklığı azaltmak için operasyon prosedürünü değiştirebilir.

5.5.2. Kazılan malzemenin taşınması

Müteahhit dolgu malzemesinin yüklenmesi ve taşınması yöntemlerini seçmede serbesttir, istediği yöntem ve makineleri kullanabilir, fakat dökülmeye, sızmaya ve taşmaya kesinlikle izin verilmez. Eğer bunlar olursa, gerekli onarımlar ve düzeltmeler yapıncaya kadar operasyonlar durdurulur, gerekirse yöntemler geliştirilir ya da tamamen değiştirilir. Daha sonra Proje Danışmanı'nın onayı ile operasyonlar yeniden başlar. Taşınan malzemeler denize düşürülmemelidir. Eğer hidrolik pompa ve boru hattı kullanılıyorsa, bunlar sağlam bir şekilde sabitlenmeli ve tüm bağlantılar ve tertibatlar sıkıca yapılmalıdır. Boru hattını tutturmak ya da kazı yapmak için kullanılan tüm aletler ve diğer malzemeler operasyonlar bittiği zaman kaldırılıp, uzaklaştırılmalıdır. Operasyonların sebep olduğu bütün sağlık sorunlarından Müteahhit sorumludur. Olabilecek herhangi bir kazayı önlemek için sinyal, bariyer ve şamandıralar koymak gibi gerekli bütün önlemler alınmalıdır.

5.6. Kıyı Dolgusu

Bütün dolgu malzemesi plan ve en kesitlerde gösterildiği gibi dolgu sınırları içerisinde bulunmalıdır. Kaya, odun, yıkıntı, yapı atığı, keskin maddeler ve kumsal için doğal olmayan tüm malzemeler Bandırma Belediyesi'nin gösterdiği depolama alanına atılmalıdır. Hiçbir yapı ekipmanı iş alanının dışında yer almamalıdır ve bitki örtüsü üzerinde ya da özel veya kamuya ait kısımda bulunmamalıdır.

5.7. Mevcut Yapıların Korunması

Proje alanı etrafındaki tüm mevcut yapılar proje öncesi ve sonrası incelenmeli ve zarar görüp görmediği tespit edilerek raporda belirtilmelidir. İş çalışmaları sonucu zarar gören mevcut yapıların bütün yasal sorumluluğu Mütahhide aittir.

5.8. Gürültü Kontrolü

Projede kullanılan bütün buldozer, traktör, kamyon gibi kazı, yükleme ve taşıma araçları yeterli susturucularla ya da çeşitli ses azaltıcılarla donatılmalıdır. Korna kullanımı minimum düzeyde olmalı ve sadece güvenlik amacıyla kullanılmalıdır.

5.9. Kalite Kontrol

Mütahhit; kazı ve dolgu alanı konumunu, alan emniyeti gereksinimlerini, dolgunun eğimi ve derecelenmesini, kazı malzemesinin elek analizlerini, iş alanına dökülen malzeme ve kaybolan malzemeyi, yakındaki yapıları ve zararlar kontrollerini her zaman yapıp rapor etmelidir.

5.10. Çevresel Korunma

Çevresel korunma; hava, kara ve su ile birlikte gürültü, katı atıkların değerlendirilmesi ve diğer kirleticileri de kapsar.

5.10.1. Yeşilin korunması

Mütahhit, Proje Danışmanı'nın onayı olmadan hiçbir ağacı yaralayamaz, tahrip edemez, yıkamaz veya kesemez. Kesilmek zorunda kalan ya da zarar gören ağaçların yerine yeni ağaçlar dikilmeli, yeşil alan yeniden restore edilmelidir.

5.10.2. İş bitimi temizliği

Mütahhit iş bitiminde, iş alanındaki bütün yapı işaretlerini kaldırmalı, tüm atıkları ve çöpleri temizlemeli ve inşaatın hiçbir iz bırakmamalıdır.

5.10.3. Dökülme

Atık sıvı, petrol, yağ, kimyasal madde, gres yağı ve diğer kirleticilerin doğaya ve yapılara zarar vermesini önlemek için özel önlemler alınmalıdır.

5.10.4. Deniz dibinin korunması

Bütün proje işlemlerinde ve her zaman deniz dibinin ve doğasının korunmasına büyük önem verilmelidir. Kazı ve dolgu operasyonlarında deniz dibinde ters etki yapmaması için gerekli önlemler alınmalıdır. Demirleme yalnızca kumlu alanlarda Bandırma Liman Müdürlüğü'nden izin alınarak yapılmalıdır.

6. SONUÇ

Bandırma'nın Levend sahilinde başlatılmış olan dalgakıran ve kıyı düzenleme projesinde öngörülen beton yapılara alternatif olarak bir kıyı besleme projesi sunulmuştur. Bandırma Körfezi'nin korunaklı yapısı ve Marmara Denizi'nin yumuşak dalga iklimi, kum dolgu için yeterli ön şartları sağlamaktadır. Kum dolgu projesinde beton ve moloz türü yabancı malzemeler yerine, açıktan çıkarılan doğal kum kullanılarak kıyı ekolojisine en az düzeyde zarar verilecek ve betonlaşmadan kaçınılacaktır. Diğer taraftan, oluşacak kumsal, doğal görünümü ve düzenlenecek sosyal aktiviteleriyle bölgeyi çekici bir hale getirecektir.

Yapılan fizibilite çalışması sonucunda komşu kumsallarda rastlanan 0.5 mm. etkin dane çaplı ince malzemenin dalga ve morfolojik şartlara uygun olmadığı tespit edilmiştir. Bunun yerine dolgu alanındaki etkin dane çapı 6 mm. olan yerel malzemeye benzer özelliklerde sediment kaynaklarının bulunarak dolgunun yapılmasının projedeki net kıyı kazanımı ve proje yarılanma ömrü açısından çok daha kazançlı olacağı saptanmıştır.

Elek analizleri, batimetri haritalarının incelenmesi ve denge profili analizleri sonucunda yaklaşık 600 metrelik bir kıyı şeridini kapsayacak şekilde ve morfolojik değişimler sonucunda net 30 m. kıyı genişliği elde etmek için yaklaşık 75,000 m³ dolgu malzemesine ihtiyaç olduğu hesaplanmıştır. Dolgu yapılacak kıyıya yaklaşık 500 m. uzaklıkta ve 9 m. derinlikte kaynak teşkil edecek su altı tepecikleri tespit edilmiştir. Hacim hesaplamaları sonucunda bu bölgedeki 40,000 m²'lik bir alanın su yüzeyinden -15 m.'ye kadar taranması halinde yaklaşık 86,500 m³ malzeme elde edilebileceği ve bunun da gerekli talebi karşılayacağı hesaplanmıştır.

Kıyı çizgisinin değişimini hesaplamak için "tek çizgi" yöntemiyle bir bilgisayar modeli geliştirilmiştir. Kıyı düzenleme projesi dahilinde inşaatı başlamış olan ve 600 m.lik kıyı çizgisinin iki tarafını koruyan taş dolgu mahmuzlara da modellemede yer vererek, kıyının etkin dalga yönüne dik bir konum alması yaklaşık 10 yıl olarak hesaplanmıştır. Mahmuz yapımının şu an ulaştığı 40 m.lik uzunlukta kalması ve etkin dalgaların 20° kuzey-kuzeydoğu'dan gelmesi halinde bu mahmuzun yaklaşık 5 yıl içinde köprüleneceği hesaplanmıştır. Mahmuz uzunluğunun 65 m.'ye çıkarılması halinde, dolgu malzemesinin mahmuz kompartmanının hiçbir zaman dışına taşmayacağı belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- CAMPBELL, T., DEAN, R.G., MEHTA, A.J., WANG, H., (1995), Short Course on Principles and Applications of Beach Nourishment, Florida Shore and Beach Preservation Association, Coastal and Oceanogr. Eng. Dept., University of Florida.
- DEAN, R.G., (1995), Beach Nourishment: Planform Considerations, Proceedings of The International Conference on Coastal Research in Terms of Large Scale Experiments, S.533-546.
- DEAN, R.G., (1977), Equilibrium Beach Profiles: U.S. Atlantic and Gulf Coasts, Ocean Engineering Rep., No.12, Department of Civil Engineering, University of Delaware, Newark, DE.
- GÜNGÖRDÜ, Ö., OTAY, E.N., (1997), Kıyı Şeridi Değişiminin Sayısal Modellenmesi, İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler, III. Teknik Kongre Bildiriler Kitabı, S.701-710, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

- ÖZHAN, E., (1998), Erdek Çakılköy Balıkçı Barınağı Dalgakıranda Hasar Oluşturan İki Fırtına İçin Dalga Tahminleri ve Yapı Dengesinin Değerlendirilmesi, Basılmamış Rapor, Deniz Mühendisliği Araştırma Merkezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- WORK, P.A., (1992), Sediment Transport Processes at a Nourished Beach, Ph.D., Dissertation, Coastal & Oceanographic Engineering Department, University of Florida, Gainesville, FL., ABD., UFL/COEL-TR/087.
- BAYKAL, M., BÜYÜKGÜLLÜ, M., (1996), Bandırma Balıkçı Barınağı Koordinatlı Genel Vaziyet Planı (1:1000), BBB-002, Ulaştırma Bakanlığı Demir Yollar Limanlar Ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü, Ankara

ABSTRACT

A feasibility study has been completed for the beach restoration project progressing at Levend Beach of Bandırma. An alternative beach nourishment project is investigated to replace the hard structures including breakwaters and seawalls considered in the original design. The protective setting of Bandırma Bay and the mild wave conditions in the Marmara Sea satisfy the necessary conditions to justify the beach fill. Bathymetric charts indicate the availability of nearshore sand sources to nourish the existing coastline. Use of native beach material instead of concrete or other massive hard material proved itself as more friendly with the coastal environment and less harmful to the existing ecology. A numerical model is developed to simulate the planform evolution of the shoreline based on longshore sediment transport theories and the one-line method.

HAVZA KAYNAKLI KİRLİLİĞİ AZALTMAK VE ATIKSULARI ARITMAK AMACIYLA KULLANILAN EKİLMİŞ SULAKALANLAR

Elif Asuman KORKUSUZ

Çevre Yüksek Mühendisi
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
Oda No: Z-11 06531 ODTÜ Ankara/Türkiye
E-mail: akelif@metu.edu.tr

ÖZET

Sucul bitki ve doğal sulakalan ekosistemlerinin modellenmesi ile oluşturulan “ekilmiş sulakalanlar” (constructed wetlands), son yıllarda dünyanın birçok yerinde, nokta kaynaklı ya da havza kökenli kirliliği arıtmak üzere, o yöreye ait özellikler göz önünde bulundurularak, farklı amaçlarla, çeşitli ölçeklerde ve değişik tasarımlarla kullanılmaktadırlar. Bir eko-teknoloji uygulaması olan ekilmiş sulakalanlar, artık birçok ülkede geleneksel arıtma teknolojilerine umut vadeden alternatifler olarak değerlendirilmektedirler.

Bu bildirinin temel amacı, henüz Türkiye’de tam anlamıyla uygulanmaya başlanmamış olan ekilmiş sulakalan sistemlerinin atıksu arıtımında ve havza kirlilik yüklerini azaltmak amacıyla ülkemizde de kullanılmaya başlayabilmesi ve yaygınlaştırılması için bilimsel bir alt yapı oluşturacak bilgileri sunmaktır.

1. GİRİŞ

Son yıllarda yaşam standartlarının yükselmesi ile tüm dünyada evsel, tarımsal ve endüstri kökenli atık ve atıksu miktarında büyük bir artış gözlenmektedir. Birçok bölgede hiçbir arıtım yapılmadan bertaraf edilen atık ve atıksular, toprak, hava ve su kalitesini global ölçekte tehdit etmektedirler. Özellikle okyanuslar ve denizler, uzun yıllar boyunca yeraltı suları, akarsular, göller ve doğal sulakalanlar gibi, insan kaynaklı çeşitli aktiviteler sonucunda ortaya çıkan atık ve atıksuların boşaltıldıkları doğal ortamlar olarak kabul edilmişlerdir (Pomore, 1988). Ancak, ekosistemin çok önemli parçaları olan doğal su kütleleri ve yaşama ortamı sağladıkları canlılar, doğrudan ya da dolaylı yoldan maruz kaldıkları kirliliğin yanı sıra, plansız yapılaşma, kaynakların aşırı kullanımı, yabancı türlerin ortamlarına salınması, doğal su akışları ile oynanması gibi etkenler yüzünden artık ciddi sinyaller vermektedirler.

Noktasal olarak deşarj edilen ya da havzadan gelen yüksek konsantrasyonlardaki besin tuzlarının (azot, fosfor), organik ve inorganik kirleticilerin su kalitesini bozması ve doğal döngülerin işleyişini yıkması sonucunda, içkara sularında olduğu gibi, Kuzey Denizi, Karadeniz ve Akdeniz gibi birçok deniz ötrofikleşme problemi ile karşı karşıyadır (Heatwaite and Sharply, 1999). Birçok ülkede halk sağlığını tehdit edebilen ve hatta insanları sosyo-ekonomik açıdan olumsuz yönde etkileyebilen ötrofikasyonu yavaşlatmak ve durdurmak üzere sürdürülebilir kalkınma kriterleri ışığında alınan çevresel kararlarda öncelik, su kütlelerine ulaşan kirliliğin azaltılmasına verilmiştir.

Gelişmiş ülkelerde kirliliğin en aza indirgenmesi için, yüzyıla yakın bir süredir, çeşitli arıtım sistemleri ve teknolojileri kullanılmaktadır. Bu sistemlerin oldukça yüksek yatırım, inşaat ve işletim maliyetleri yanında yetişmiş işletme personeli gerektirmeleri nedeniyle, gelişmekte olan ülkeler 21. yüzyılda hala halk sağlığını ve çevreyi tehdit eden kirlilik problemleri ile uğraşmaktadırlar. Bu ülkelerde çevreyi ve insan sağlığını tehdit eden problemlerin ortadan kaldırılabilmesi, ancak basit, ucuz, güvenilir, işletimi kolay ve teknolojik bir dışa bağımlılığı gerektirmeyen arıtım yöntemlerinin geliştirilmesi ve uygulamaya başlaması ile mümkün olabilecektir.

Çeşitli doğal döngü ve proseslerin hızlandırılarak ve kontrollü olarak uygulanması ilkesine dayanan eko-teknolojiler, konvesiyonel arıtım sistemlerine umut veren alternatifler olarak karşımıza çıkmaktadırlar. Sucul bitki ve doğal sulakalan ekosistemlerinin besinleri ve değişik kirleticileri tutabilmesi ve tampon bölge olmasının anlaşılmasının yanı sıra, doğal olan bu sistemlerdeki hidrolik parametrelerin, proseslerin ve bitki türlerinin modellenmesi sonucu oluşturulan “ekilmiş sulakalanlar” (constructed wetlands) da arıtım amaçlı eko-teknolojiler arasında yerini almıştır (Tarnocai, 1979).

Günümüzde ekilmiş sulakalanlar dünyanın birçok yerinde, nokta kaynaklı ya da havza kökenli kirliliği arıtmak üzere, o yöreye ait özellikler göz önünde bulundurularak, farklı amaçlarla, çeşitli ölçeklerde ve değişik tasarımlarla kullanılmaktadırlar (Haberl ve diğerleri, 1997). Ekilmiş sulakalanlar, geleneksel arıtma teknolojilerine göre uygulanabilirliği daha kolay, daha düşük maliyetli, yüksek ve pahalı teknoloji ekipmanı gerektirmeyen, düşük enerji ile çalışan, flora ve fauna habitatlarını destekleyen, hasat edilebilen bitkilerinin biyokütlesinden çeşitli amaçlarla (biyogaz, gübre, hayvan yemi, hasır, vb.) kullanılabilen sistemlerdir.

Gelişmiş ülkelerde ekilmiş sulakalanların su kalitesini iyileştirmek üzere kullanılması konusunda büyük ölçekli projeler sürdürülmektedir (Hamilton ve diğerleri, 1993; Denny, 1997). Ayrıca, doğal sulakalanların restore edilerek ötrofikasyon problemi olan su kütlelerinin kirlilik yükünü hafifletmesi için yapılan uygulamalar da giderek yaygınlaşmaktadır (Reddy, 1982; Szilagyi, 1990). Fakat bu sistemler, bir ya da iki deneysel çalışma haricinde (Akca ve diğerleri, 1998) henüz Türkiye’de tam anlamıyla uygulanmaya başlanmamışlardır.

Bu bağlamda, su kirliliği problemi olan birçok bölgemizde ekilmiş sulakalan sistemlerinin evsel, tarımsal ve endüstriyel atıksuları arıtmak ve havza kökenli kirlilik yüklerini azaltmak amacıyla kullanılmaya başlayabilmesi ve yaygınlaştırılması için, ekilmiş sulakalan sistemlerine ilişkin özet literatür bilgileri aşağıda sunulmaktadır.

2. EKİLMİŞ SULAKALAN SİSTEMLERİ

Dünyanın değişik bölgelerinde yıllar boyunca doğal sulakalanlar, birçok insana göre rahatsızlık veren ve hiçbir işe yaramayan, yok edilmesi gereken alanlar olarak kabul edilmişlerdir. Sivrisinek yuvası olarak görülüp, kurutulmaya çalışılmış, doğal su dengesi ile oynanmış, havzadan gelen zehirli ve organik kirleticilerle doldurulmuş, ve ekosistemleri tehdit edilmiştir (Mitsch ve Gosselink, 1993). Fakat bu hatalar yapıldıktan sonra, akarsu, göl ve kıyı şeritlerinde yer alan bu bölgelerin azot ve fosfor gibi besin tuzlarını, sediman yükünü, organik kirleticileri ve toksik kimyasalları etkin bir biçimde tuttuğu anlaşılmıştır (Hutchinson, 1957; Odu 1971; Sather ve Smith, 1984; Bastian ve Hammer, 1993). Böylece yakın bir geçmişe kadar “atık alanlar” olarak algılanmış ve sömürülmüş olan sulakalanlar, artık günümüzde çevresel problemlerin çözülmesinde yer almaya başlamışlardır.

2.1. Sulakalan Tanımı

Doğal ya da ekilmiş sulakalan sistemlerini tanımlayabilmek üzere, birbirinden farklı ve kimi zaman birbirleri ile çelişebilen birçok tanım yapılmıştır. Bilimdeki

evrensellik anlayışı doğrultusunda, uluslararası antlaşmalarda oy birliği ile karar oluşturulan ve yaygınca kullanılan sulakalan tanımları bulunmaktadır. Türkiye Çevre Bakanlığı tarafından da kabul edilmiş olan Ramsar Sözleşmesi'ne (1994, IUCN) göre, "doğal veya yapay, suları durgun ya da akıntılı, denizlerin gelgitlerinin çekilmesi sırasında 6 metreyi geçmeyen derinlikleri kapsayan tatlı, tuzlu, acımsı suların bulunduğu alanların tümü sulakalandır".

Daha kapsamlı bir tanım Tarnocai (1979) tarafından yapılmış olup; bu tanım daha çok sulakalan sistemlerinin su kalitesi iyileştirme amacıyla yararlanıldığı sulakalanlar için geçerlidir. Buna göre "sulakalanlar, su tablasının yer yüzeyine yakın ya da üstünde olduğu veya sucul bitkilerin yetiştiği, birçok biyolojik aktivitenin gerçekleştiği ve suya doygun toprak koşullarının sürekli ya da belirli periyotlarda sağlandığı kara parçalarıdır."

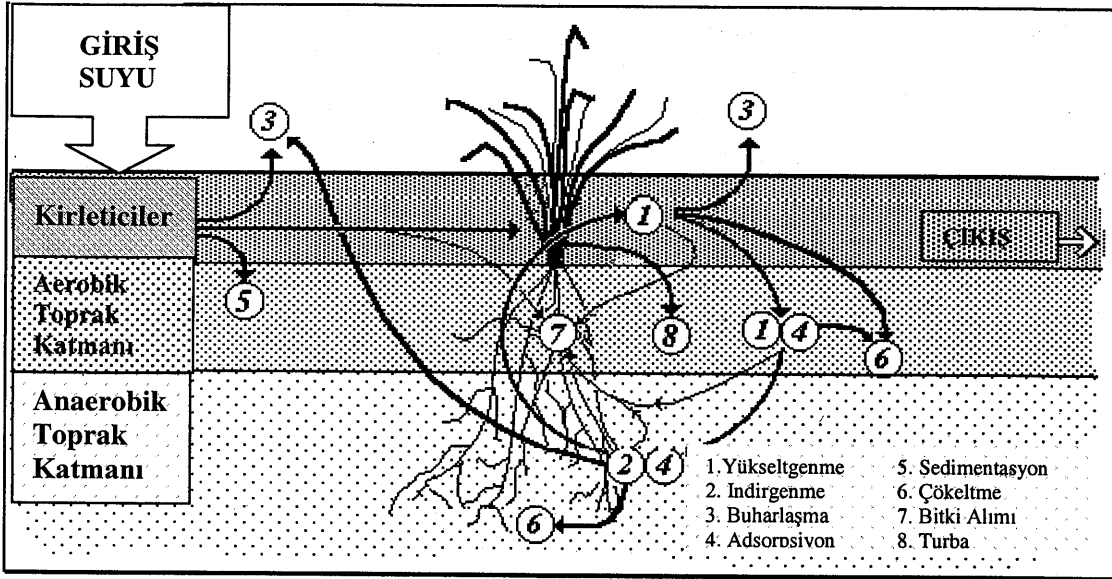
Sulakalan ekosistemlerinin az bilinmekle beraber pekçok faydası vardır. Örneğin sulakalanlar önemli yeraltı suyu deşarj ve reşarj alanlarıdır. Tortuların çökeldiği, suların doğal ortamda filtre edildiği ve taşkınların önlendiği bölgelerdir. Sulakalanlar, nem oranını yükselterek yağış ve sıcaklığı dengeler; yerel iklimi yumuşatarak, olumlu etkiler yaratırlar. İçerdikleri su ve besin maddeleri ile sulakalan bitkileri (sazlar ve göl otları gibi) sokuşları başta olmak üzere birçok hayvan ve bitki türü için uygun habitatlar oluşturarak, biyolojik çeşitliliği desteklerler. Sosyo- ekonomik kullanımları arasında balıkçılık, avcılık, bitkilerin değerlendirilmesi ve rekreasyonel kullanımlar sayılabilir.

2.2. Sulakalanlarla İlgili Araştırmalar

Sulakalanlarla ilgili araştırmalar ilk olarak ekologlar ve biyologlar tarafından başlatılmış olup, bu çalışmalar daha çok bu sistemlerdeki canlılar ve cansızlar arasındaki materyal akışını, besin zincirlerini ve ekolojik döngüleri anlamayı hedeflemekteydi (Bastian ve Hammer, 1993). Bu çalışmalar, sulakalan sistemlerinin hidrolojik, biyolojik ve biyokimyasal fonksiyonlarının anlaşılmasını sağlamışlardır (Hutchinson, 1957; Odum, 1971; Sather ve Smith, 1984).

Doğal çevre koşullarında su, toprak, bitki, mikroorganizma ve atmosferin etkileşmesi sonucunda ortaya çıkan kimyasal, biyolojik ve fiziksel mekanizmalar, arıtma tesislerinde kullanılan çökeltme, filtrasyon, gaz transferi, adsorbsiyon, iyon değiştirme, kimyasal çökeltme, kimyasal yükseltgenme ve indirgenme, biyolojik çevrim ve ayrıştırma mekanizmalarının tümünü içermesinin yanı sıra, fotosentez, foto-oksidasyon ve bitki alımı gibi özel doğal mekanizmaları da kapsar (Bakınız Şekil 1). Arıtma tesisindeki dizinsel işleyişin tersine bu mekanizmalar, tek bir ekosistem reaktörünün içinde doğal hızlarda ve kendiliğinden yürümektedir (USEPA, 1991). Bu mekanizmaların anlaşılmaya başlanması ile beraber, sulakalanların da diğer ekoteknoloji uygulamalarında (kompostlama, bertaraf

edilmiş olan aktif çamurların arazide kullanılması, pond sistemleri) olduğu gibi, değişik kaynaklı ve farklı karakterdeki atıkların ve atıksuların arıtılması amacıyla kullanılabileceği düşünülmüştür.



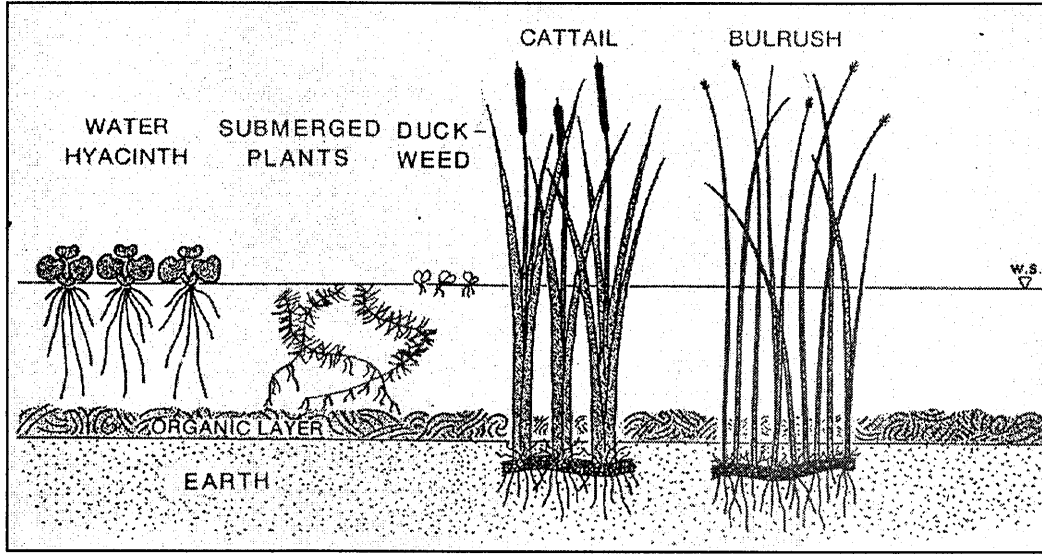
Şekil 1. Sulakalanlardaki önemli prosesler

İlk olarak Seidel, 1952 yılında Almanya Plon'daki Max Planck Enstitüsü'nde, sulakalan bitkilerinin atıksu arıtımında rolünü belirleyebilmek üzere deneysel çalışmaları başlatmış ve o yıllarda birçok çalışmaya imzasını atmıştır (Seidel, 1955, 1961, 1976). Onun öğrencisi olan Kickuth ise 1975 yılından itibaren deneylere ve uygulamalara devam etmiş ve Avrupa'da evsel ve endüstriyel atıksu arıtma amaçlı 200'ü aşkın sulakalan sisteminin kurulmasını sağlamıştır (Kickuth, 1985). Bu tecrübeler sayesinde, artık dünyanın hemen her yerinde ikincil ve üçüncül arıtım amaçlı sulakalanlar üzerine çalışmalar devam etmektedir (Bastian ve Benforado, 1983; Reddy ve Smith, 1987; Reed ve diğerleri, 1988, Hammer, 1989; Cooper ve Findlater, 1990; Etnier ve Guterstam, 1991; Tchobanoglous ve Burton, 1991; Kadlec ve Knight, 1995; Kadlec ve Brix, 1995).

2.3. Ekilmiş Sulakalanların Tasarım Kriterleri

Ekilmiş sulakalanların tasarımında önemli rol oynayan birçok parametre bulunmaktadır. Bu parametrelerden biri bitkinin cinsidir. Genel olarak sucul bitkiler, bitkinin sudaki konumuna göre sualtı (submerged), su üstü (cattail, bulrush, vb.) ve yüzen su üstü bitkiler (water hyacinth, duckweed, vb.) olarak üç ana gruba ayrılırlar (Şekil 2). Ekilmiş sulakalanlarda en yaygın olarak kullanılan bitkiler ise kedicili, kamış, saz, koğalık ve ayakotudur. Bu bitkiler oldukça arsız olup, don koşullarına da dirençlidirler. Bu

bitkilerin arıtım performansları ile ilgili birçok araştırma bulunmaktadır ve bunların bazıları Tablo 1’de verilmiştir. Bitkiler, sağladıkları mekanik direnç sayesinde suyun bekleme süresini artırırlar, ve filtre görevi görerek askıdaki katı maddelerin çökmesini sağlarlar. Ayrıca, denitrifikasyon gibi mekanizmalar için uygun koşullar yaratarak azot giderimini hızlandırırlar. Kökleri arasında sağladıkları anoksik ortamlar da fosforun sedimana bağlanmasına izin verir.



Şekil 2. Sulakalanlarda bulunan sucul bitkiler

Tablo 1. Sucul makrofit türlerinin özellikleri

Tür	Biokütle (ton/ha)	Büyüme (ton/ha.yıl)	N Giderim Verimi (%)	P Giderim Verimi (%)
SU ÜSTÜ BITKİLERİ				
<i>Eichhornia</i>	20-24	60-110	1.0-4.0	0.14-1.2
<i>Lemna</i>	1.3-3.5	6-26	2.0-7.0	0.2-2
<i>Pistia</i>	6-11	50-80	1.2-4.0	0.15-1.2
<i>Hydrocotyle</i>	7-11	30-60	1.5-4.5	0.2-1.3
<i>Salvinia</i>	2-3	9-45	2.0-5.0	0.2-0.9
SU ALTI				
<i>Myriophyllum</i>	0.5-9	5-90	3.1-6.4	1.3-2.7
<i>Cladophora</i>	-	-	5	0.37
<i>Enteromorpha</i>	2	10-20	-	-
<i>Elodea</i>	-	13-47	2.6-7.3	0.46-2.3
EMERGENT				
<i>Phragmites</i>	6-37	10-60	1.8-2.1	0.2-0.3
<i>Typha</i>	4.3-22.5	8-61	0.5-2.4	0.1-0.4
<i>Glyceria</i>	-	9-12	-	-
<i>Scirpus</i>	-	20-46	0.8-2.7	0.1-0.3
<i>Juncus</i>	2.2	53	1.5	0.2

Kaynak: Gumbricht, 1993.

Atıksu arıtımı için geliştirilen sulakalan tasarımları birbirinden çok farklı olabilmektedirler (Hammer, 1989; Cooper and Findlater, 1990; Moshiri, 1993). Bitkiler haricinde, bu çeşitliliği yaratan faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir (Haberl, 1999):

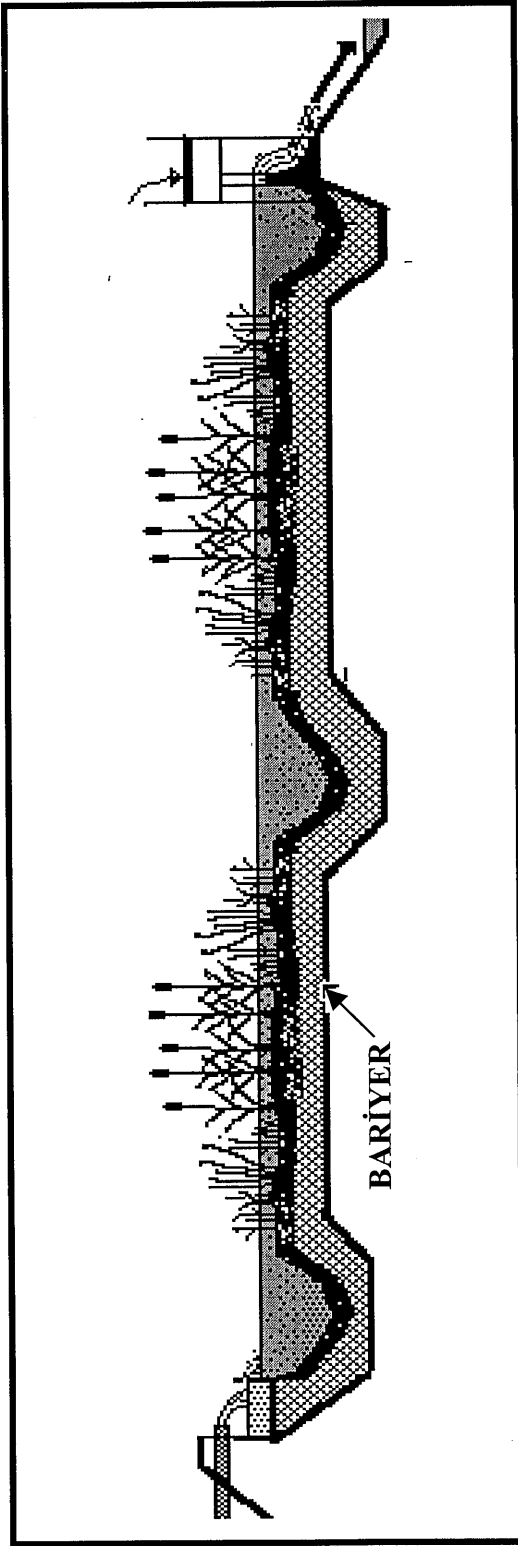
- Atıksuyun cinsi (evsel, endüstriyel ya da tarımsal atıksu, yeraltısu, yüzey suyu, yağmursuyu, çöp sızıntı suyu, vb.),
- Suyun akışı ve su dağıtım yapısı,
- Akışın cinsi (kesikli ya da sürekli akış),
- Substrat cinsi (kum, toprak, vb.),
- Sistemin konfigürasyonu (paralel veya seri, hibrit).

İşletilmekte olan ekilmiş sulakalanlar, genel olarak Serbest Su Yüzeyli (SSY) ve Yüzeyaltı Akış Sistemli (YAS) olmak üzere başlıca ikiye ayrılır (USEPA, 1991). Bu sistemlerin kesitleri sırasıyla Şekil 3 ve Şekil 4'de verilmişlerdir. Serbest su yüzeyli sistemler sığ bir yatak veya kanal içerisinde uygun bir vejetasyon içerirler. İsminden de anlaşılacağı gibi su yüzeyi, kanal boyunca atmosfere açıktır. Yüzeyaltı akış sistemleri ise, 30 cm veya daha derin geçirgen ortama (kaya, çakıl, kum ve çeşitli cinsten toprak) sahiptir. Fakat bu sistemde su geçirgen sistemin içinden yüzeye çıkmadan arıtılır. Burada da uygun kök sistemine sahip bitkiler bulunmaktadır. Serbest su yüzeyli sistemlerdeki oksijen kaynağı yüzey havalandırmasıdır. Biyokimyasal bozunma reaksiyonlarının başlıcalarının, bitkilerin su altında kalan bölümleri ile dip birikim yapısının üzerindeki bölgelerde gerçekleştiği bilinmektedir. Bitkilerin gövdeleri ise, yapraklardan köklere oksijen taşımaktadır. Yüzeyaltı akış sistemlerinde oksijenli ortamı sağlamak üzere sadece bu mekanizma yeterli olmaktadır (USEPA, 1991). Her iki sistem için, su kayıplarını ve olası bir yeraltı kirliliğine sebep olacak su sızıntılarını önlemek için bir bariyere gereksinim vardır. Her iki sistemin de kullanılmak istendiği duruma göre avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır (Reed, 1993). Bazı ekilmiş sulakalan tasarım kriterleri Tablo 2'de verilmiştir.

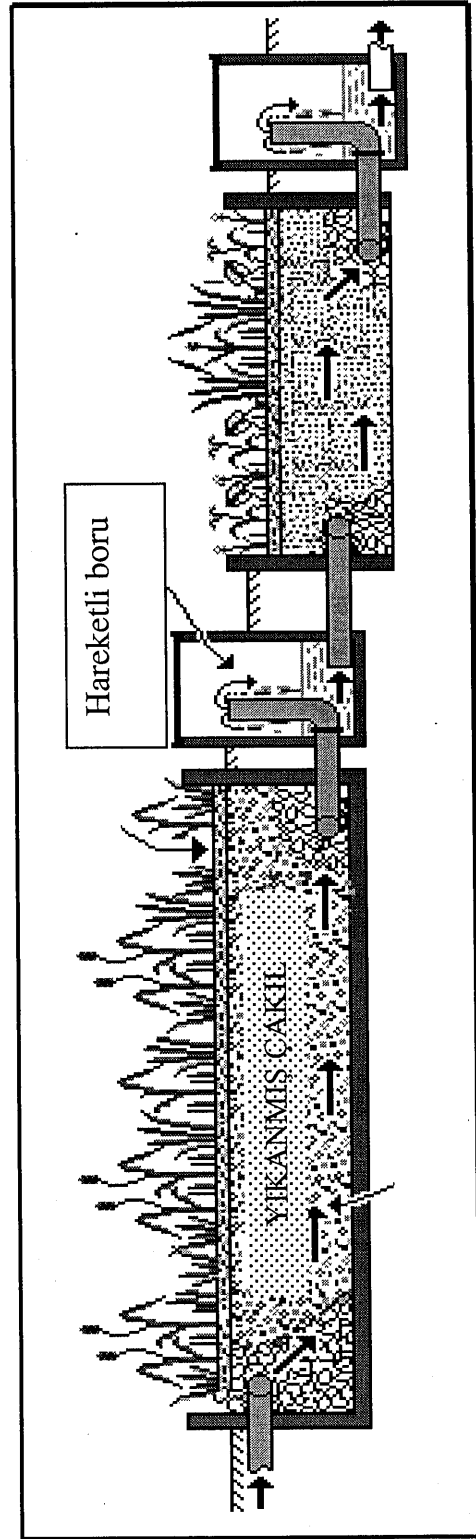
Tablo 2. Ekilmiş sulakalan tasarım parametreleri

Tasarım Faktörleri	Tavsiye Edilen Tasarım Değerleri	
	SSY	YAS
Organik yükleme ($\text{kg BOI}_5 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{gün}^{-1}$)	80-110	80 - 120
Nitrogen Loading ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{gün}^{-1}$)	TN < 60	TN < 60
Hidrolik Bekletme Süresi (gün)	5-14	2 - 10
Hidrolik Yükleme (cm/gün)	2.5-5	6 - 8
Su Derinliği (cm)	<10 (sıcak aylarda) <45 (soğuk aylarda)	30 - 90
Uzunluk : En Oranı	2:1, 4:1, 10:1	0.25:1, 5:1
Alan Gereksinimi ($\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{gün}^{-1}$)	20-140	10-70
Konfigürasyon	Seri ve paralel reaktör	Paralel reaktörler

Kaynak: Reed, 1993.



Şekil 3. Serbest Su Yüzeyli Ekilmiş Sulan Alan Kesiti



Şekil 4. Yüzeyaltı Akışlı Ekilmiş Sulan Alan Kesiti

Deneysel amaçlı ya da tam uygulamalı ekilmiş sulakalanlarda arıtım performansı söz konusu olduğunda, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI_5) %50-60, askıda katı madde miktarında %40-94, azotda %30-98 ve fosforda %20-90'lara varan arıtım verimliliği elde edilmiştir. Yine aynı sulakalanlardaki fekal koliform giderimi ise %100'leri bulmaktadır (Bastian ve Hammer, 1993). Ağır metallerin, çeşitli kimyasalları ekilmiş sulakalanlarda giderimi konusunda yapılan çalışmaları sayısı gittikçe artmaktadır.

2.4. Ekilmiş Sulakalanların Maliyeti

Ekilmiş bir sulakalanın uygulanması sırasında göz ardı edilmemesi gereken bir diğer konu da bu işin maliyetidir. Sistemin maliyeti yöreye ait özelliklere, sistemin büyüklüğüne ve amacına göre değişebilir (Kent, 1994). Birçok faktörün değişken olması ve uygulamaların değişik şekillerde yapılması nedeniyle, ekilmiş sulakalanların maliyetlerinin belirlenmesinde kesin bir yöntem yoktur. Hochheimer'e (1991) göre ilk yatırım maliyeti 1.5-20 ABD Doları / m^2 yüzey alan arasında değişirken, Crites ve Ogden'e (1998) göre serbest su yüzeyli ekilmiş sulakalanlarda ortalama maliyet 1.8 ABD Doları / m^2 yüzey alan; yüzeyaltı akışlı sistemlerde ise 3.2-16 ABD Doları / m^2 yüzey alan'dır. Aynı sistemler için işletme maliyetleri sırasıyla 0.026-0.08 ABD Doları / m^3 ve 0.01-0.02 ABD Doları / m^3 'dür.

2.5. Dünyadaki Ekilmiş Sulakalan Uygulamaları

Bu arıtım sistemlerinin kendini kanıtlamasıyla, son yıllarda bu ekoteknolojiye olan ilgi giderek yükselmiş; buna paralel olarak da ve Avrupa, ABD ve Avusturalya'daki uygulama alanları ve sayıları artmıştır (Denny, 1997). Son zamanlarda daha çok evsel atıksuların ikincil ve üçüncül arıtımı amacıyla kullanılan sulakalan sistemleri, örneğin Hollanda'da yağmur suyu drenaj sularını arıtmak üzere kullanılmaktadır (Denny, 1997). Çek Cumhuriyeti'nin değişik bölgelerinde su mercimeğinin evsel atıksuların ileri derecede arıtımında kullanılıp kullanılamayacağı yoğun olarak araştırılmıştır (Zakova, 1990, 1991). Bu çalışmaların devamında ise sazların hakim olduğu yatay ve dikey akışlı sulakalanlar üzerinde yoğunlaşmaya başlanmıştır. Çek Cumhuriyeti'nde 39 adet izlenen ve başarılı sonuçlar elde edilmiş olan ekilmiş sulakalan mevcuttur (Zakova, 1996). Macaristan'da petrokimyasal atıksuların ileri arıtımında kullanılan sulakalanlara ait tasarım kriterleri ve performans verileri Lakatos ve arkadaşları (1997) tarafından sunulurken, soğuk iklim kuşağındaki sulakalan sistemleri Wittgren ve Maehlum (1997) tarafından incelenmiştir. New Delhi'de günde birkaç bin litre atıksu arıtan ve %60 civarında azot giderebilen çok küçük sistemlerin (50 m x 50 m) daha büyüklerinin yapılması düşünülmektedir (White ve Burken, 1998). Deneysel ve büyük ölçeklerde uygulanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiş sulakalanların örnekleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Ekilmiş Sulakalan Örnekleri

Uygulamaya Geçiş Tarihi	Atıksuyun Cinsi	Ölçeği	Referans
1956	Hayvan Çiftliği	Laboratuar	Seidel, 1961
1975	Petrol Rafine	Tam uygulamalı	Litchfield, 1989
1978	Tekstil	Tam uygulamalı	Kickuth, 1982
1978	Asitli Maden Drenaj	Laboratuar	Huntsman, 1978
1979	Balık Çiftliği	Tam uygulamalı	Hammer ve Rogers, 1980
1982	Asitli Maden Drenaj	Laboratuar	Pesavento, 1985
1982	Ötrofik Göl Suyu	Tam uygulamalı	Reddy, 1982
1982	Yüzey Suları	Tam uygulamalı	Silverman, 1989
1983	Kağıt Fabrikası	Laboratuar	Thut, 1989
1988	Kompost Liçi	Tam uygulamalı	Pauly, 1990
1988	Yergömüt Liçi	Laboratuar	Trautman ve Porter, 1988
1988	Hayvan Çiftliği	Tam uygulamalı	Hammer ve Pullin, 1989
1989	Ötrofik Göl Suyu	Tam uygulamalı	Szilagyi, 1990
1990	Liman Drenaj Atıkları	Laboratuar	Pauly, 1990
1991	Kağıt Fabrikası	Tam uygulamalı	Thut, 1991

Kaynak: Bastian ve Hammer, 1993.

Özellikle gelişmekte olan ülkeler için, atıksu arıtımında kullanılan ekilmiş sulakalanların klasik arıtım teknolojilerine alternatif bir yöntem olacağı düşünülmüştür (Hamilton ve diğerleri, 1993). Bu sistemlerin az gelişmiş ülkelerde uygulanmasının olası faydaları Denny (1997) tarafından sunulmuştur. Fakat gelişmekte olan ülkelerin hemen hiçbirinde hala büyük ölçekli sayılabilecek bir uygulama olmadığından, bu sistemlerin verimliliği ve işletim gereksinimleri hakkında yeterli veri bulunmamaktadır (Gopal, 1999).

KAYNAKLAR

AKCA, L., TUNA, M., SEVIMLI, M.F., BAYHAN, H. 1998. "Wastewater Treatment in Constructed Wetlands". *First International Workshop on Environmental Quality and Environmental Engineering in the Middle East Region*, Konya, Turkey.

BASTIAN, R.K., BENFORADO, J. 1983. "Waste Treatment: Doing What Comes Naturally". *Technol. Rev.* 86(2):58.

BASTIAN, R.K., HAMMER, D.A. 1993. "The Use of Constructed Wetlands for Wastewater Treatment and Recycling". *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*, CRC Press, Florida.

COOPER, P.F., FINDLATER, B.C. 1990. *Constructed Wetlands in Water Pollution Control*. Pergoman Press, New York.

CRITES, R.W., OGDEN, M. 1998. "Costs of Constructed Wetland Systems". *Proceed. Water Environment Federation 71st Annual Conference Exposition*, Orlando.

DENNY, P. 1997. "Implementation of Constructed Wetlands in Developing Countries". *Water Science and Technology*, Vol. 35, No. 5, Elsevier Science, Oxford.

ETNIER, C., GUTERSTAM, B. 1991. *Ecology Engineering for Wastewater Treatment*. Boksogen/Stensund Folk College, Sweden.

GOPAL, B. 1999. "Natural and Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: Potentials and Problems". *Water Science and Technology*, Vol. 40, No 3, Oxford.

GUMBRICHT, T. 1993. "Nutrient Removal Processes in Freshwater Submersed Macrophyte Systems". *Ecological Engineering*, Vol. 2.

HABERL, R. 1999. "Constructed Wetlands: A Chance to Solve Wastewater Problems in Developing Countries". *Water Science and Technology*, Vol. 40, No. 3, Oxford.

HABERL, R., PERFLER, R., LABER, J., COOPER, P. 1997. "Wetland Systems for Water Pollution Control". *Water Science and Technology*, Vol. 35, No. 5, Oxford.

HAMILTON, H., NIX, P.G., SOBOLEWSKI, A. 1993. "An Overview of Constructed Wetlands as Alternatives to Conventional Waste Treatment Systems". *Water Pollution Research J. Canada*, Vol 28.

HAMMER, D.A. 1989. *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: Municipal, Industrial and Agricultural*. Lewis Publishers, Chelsea, MI.

HAMMER, D.A., PULLIN, B.P. 1989. "Constructed Wetlands for Livestock Waste Treatment", in *Proc.Natl. Nonpoint Conf.-The Water Quality Act-Making Non-Point Programs Work.*, St. Louis.

HAMMER, D.A., ROGERS, P. 1980. "Treating Fish Rearing Pond Discharge Waters with Artificial Wetlands". Mimeo, Knoxville, TN.

HEATWAITE, L. and SHARPLY, A., 1999. "Evaluating Measures to Control the Impact of Agricultural Phosphorus on Water Quality". *Water Science and Technology*, Vol. 39, No. 12, Oxford.

HOCHHEIMER, J., YATES, C. and CAVACAS, A. 1991. "Constructed Wetlands as a Nonpoint Source Control Practice". *Draft Report prepared for USEPA*.

- HUNTSMAN, B.E., SOLCH, J.G., PORTER, M.D. 1978. "Utilization of a *Sphagnum* sp. Dominated Bog for Coal Acid Mine Drainage Abatement". *Geological Society of America*, Toronto, Ontario.
- HUTCHINSON, G.E. 1957. *A Treatise on Limnology*. Vol I, II, John Wiley & Sons, New York.
- KADLEC, R., BRIX, H. 1995. "Wetland Systems for Water Pollution Control". *Water Science and Technology*, Vol. 32, No 3, Oxford.
- KADLEC, R., KNIGHT, R.L. 1995. *Treatment Wetlands*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.
- KENT, D. M. (ed) 1994. *Applied Wetland Science and Technology*. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, USA.
- KICKUTH, R. 1982. "Das Wurzelraum verfahren-ein kostgunstiges Klarverfahren dur den dezentralen Einsatz in Kommunen und Gewerbe". *Der Tropenlandwirt, Zeitschrift fur die Landwirtschaft in den Tropen und Subtropen*, Vol 83.
- KICKUTH, R. 1985. "Grundlagen und Praxis Naturnaher Klarverfahren-10 Jahre Othfresen", *Sammelband des Symposiums*, Liebenburg, Germany.
- LAKATOS, G., KISS, M.K., JUHAZS, P. 1997. "Application of Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Hungary". *Water Science and Technology*, Vol. 35, No 5, Oxford.
- LITCHFIELD, D.K., SCHATZ, D.D. 1989. "Constructed Wetlands for Wastewater Treatment at Amoco Oil Company's Mandan, North Dakota Refinery", in *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: Municipal, Industrial and Agricultural*, Lewis Publishing, Chelsea, MI.
- MITSCH, W.J., AND GOSSELINK, J.G. 1993. *Wetlands (Second Edition)*. Van Nostrand Reinhold, New York, U.S.
- MOSHIRI, G.A. 1993. *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*. Lewis Publishers, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- ODUM, E.P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. W.B. Saunders, Philadelphia.
- PESAVENTO, B.G., STONE, R.W. 1985. "Micro- and Macro- Biological Characteristics of Wetlands Removing Iron and Manganese". *Wetlands and Water Management on Mined Lands*, Pennsylvania State University, University Park, PA.
- POMARE, M., 1988. "Marine Disposal of Wastewater – A Maori view". *Proc. International Conference on Marine Disposal of Wastewater*, Wellington, New Zealand, 23-25 May.
- REDDY, K.R., CAMPBELL, K.L., GRAETZ, D.A., PORTIER, K.M. 1982. "Use of Biological Filters for Agricultural Drainage Water Treatment". *Journal of Environmental Quality*, No 11:591.
- REDDY, K.R., SMITH, W.H. 1987. *Aquatic Plants for Water Treatment and Resource Recovery*, Magnolia Pub., Orlando, FL.
- REED, S.C. 1993. "Subsurface Flow Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: A Technology Assessment". *USEPA Report*, EPA 832-R-93-001, Office of Water, Washington, D.C.
- REED, S.C. 1993. "Subsurface Flow Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: A Technology Assessment". *USEPA Report*, EPA 832-R-93-001, Office of Water, Washington, D.C.
- REED, S.C.; MIDDLEBROOKS, E.J., CRITES, R.W. 1988. *Natural Systems for Waste Management*. McGraw-Hill Book Company, New York.

- SATHER, J.H., SMITH, R.D. 1984. *An Overview of Major Wetland Functions and Values*. FWS/OBS84/18, Western Energy and Land Use Team, U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C.
- SEIDEL, K. 1955. "Die Flechtbinse *Scirpus lacustris*, in Ökologie, Morphologie und Entwicklung, ihre Stellung bei den Völkern und ihre wirtschaftliche Bedeutung". *Schweizerbartsche Verlagsbuchhdlg*, Stuttgart.
- SEIDEL, K. 1961. "Zur Problematik der Keim-und Pflanzengewässer", *Verh. International Limnology*, 14:1035.
- SEIDEL, K. 1976. "Macrophytes and Water Purification". *Biological Control of Water Pollution*, Pennsylvania University Press, Philadelphia.
- SILVERMAN, G.S. 1989. "Development of an Urban Runoff Treatment Wetlands in Fremont, California", in *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: Municipal, Industrial and Agricultural*, Lewis Publishing, Chelsea, MI.
- SZILAGYI, F., SOMLYODY, L., KONCSOS, L. 1990. "Operation of the Kis-Balaton reservoir: Evaluation of Nutrient Removal Rates". *Hydrobiologia*, No 191:297.
- TARNOCAI, C. 1979. "Canadian Wetland Registry". In *Proceedings of a Workshop on Canadian Wetlands*, C.D.A. Rubec and F.C. Pollett (eds), Environment Canada, Lands Directorate, Ecological Land Classification Series, No. 12, Saskatoon, Saskatchewan.
- TCHOBANOGLIOUS, G.T., BURTON F.L. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*. McGraw-Hill, New York.
- THUT, R.N. 1989. "Utilization of Artificial Marshes for Treatment of Pulp Mill effluents", in *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: Municipal, Industrial and Agricultural*, Lewis Publishing, Chelsea, MI.
- USEPA, 1991. "Design Manual: Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment", EPA/625/1-88/022, Center for Environmental Research Information, Office of Research and Development, Cincinnati, OH.
- WHITE, K.D., BURKEN, J.G. 1998. "Natural Treatment and On-Site Processes". *Water Environment Research*, Vol. 70, No 4.
- WITTGREN, H.B., MAEHLUM, T. 1997. "Wastewater Treatment Wetlands in Cold Climates". *Water Science and Technology*, Vol. 35, No 5, Oxford.
- ZAKOVA, Z. 1990. *New Biotechnologies for Wastewater Treatment and Production of Organic Matter*. Part I., VUV, Brno.
- ZAKOVA, Z. 1991. *New Biotechnologies for Wastewater Treatment and Production of Organic Matter*. Part II., VV, Brno.
- ZAKOVA, Z. 1996. "Constructed Wetlands in the Czech Republic-Survey of the Research and Practical Use". *Water Science and Technology*, Vol. 33, No 4-5, Oxford.

ABSTRACT

In many parts of the world, a variety of constructed wetlands that were created by modelling natural wetland and aquatic plant ecosystems have been designed, implemented and operated for the purpose of treating point and diffused source pollution. Being an integral of eco-technology applications, constructed wetlands are now considered as alternatives to the conventional treatment systems. The main objective of this paper is to review the literature and summarize the knowledge of constructed wetland systems in order to develop a scientific base for the future implementations of this technology in Turkey.