

KIYI MÜHENDİSLİĞİ UYGULAMALARI II

ORMARA LİMANI İNŞAATI

Ali Rıza Günbak Prof.Dr. STFA Grup A.Ş. İstanbul,Türkiye	Ali İrvalı İnşaat Y.Müh. STFA Temka A.Ş. İstanbul,Türkiye	Hasan Taşan İnşaat Müh. STFA İnş.A.Ş. Ormara,Pakistan	Balamir Yasa İnşaat Y.Müh. STFA Temka A.Ş. Karaçi,Pakistan
---	--	--	---

1-GİRİŞ

Sezai Türkeş-Feyzi Akkaya İnşaat Firması(STFA) 1993-1998 seneleri arasında Pakistan'ın Ormara kasabasında Askeri Liman İnşaa etmiştir.Proje alanı Arap Denizi kıyısında,Karaçi'nin 200km.batısındadır.Ormara'nın Umman Denizindeki yeri Çizim(1a)da gösterilmiştir.Çizim(1b)Limanın inşa edileceği çekiç biçimindeki yaklaşık 450m yükseklikli jeolojik formasyonu ve bu formasyn arkasında oluşmuş tombolo formasyonunu göstermektedir.Çizim(1c) Liman konumunu göstermektedir.Liman inşaatı yapılacak yerde hiçbir liman altyapısı mevcut değildir.Çevre çöldür.Limanın 1994 senesine kadar Karaçi şehri ile bağlantısı 80km si asfalt 350km lik çöl yolu ile sağlanırken 1994 senesindeki çok şiddetli muson yağmurlarından sonra bu yol kapanmış ve kara ulaşımı Karaçi ile 1000km lik yarısı asfalt yol ile sağlanabilmiştir.Bu nedenle İnşaat süresince malzeme daha çok deniz ağırlıklı olarak taşınmıştır.

İşin sahibi Pakistan Deniz Kuvvetleri Komutanlığı,İdarenin müşaviri Hollanda yerleşkeli Frederic Harris(FRH) ile Pakistan yerleşkeli Engineering Consultants firmaları konsorsiyumudur.İşin toplam takribi bedeli 150 milyon Amerikan Dolarıdır.

2- AMAÇ

Liman inşaatı kapsamında dalgakıranlar,palplanşlı rıhtım, kazıklı iskele,tarama ve dolgu işleri yapılmıştır.Bu tebliğin amacı,yapılmış olan Liman inşaatının değişik kalemlerinde yaşanmış ilginç mühendislik problemlerini,o günün şartları altında kabul edilmiş ve uygulanmış çözümleriyle takdim etmek ve kazanılmış tecrübeyi meslektaşları arasında yaymaktır.

3- PROJENİN TANITIMI

Yapılmış olan liman Çizim (2)de gösterilmiştir.Limanda 1200m açık deniz dalgakıranı,250m güney dalgakıranı,150m ve 170m uzunluklarında iki kazıklı iskele,450m uzunluğunda palplanşlı rıhtım,7km kum,silt ve kil dolgu alanlarını

koruyan taş dolgu koruma yapıları, altı milyon metreküp tarama ve yedi milyon metreküp dolgu işleri yapılmıştır. Açık deniz dalgakıranı tipik kesiti Çizim(3)de, güney dalgakıranı kesiti Çizim(4)de, kil dolgu korumanın üç değişik bölümündeki kesitleri Çizim(5a,5b,5c)de, iskeleler çevresindeki dolgu koruma yapısı kesiti Çizim(6)da ve ,palplanşlı rıhtım kesiti Çizim(7)de gösterilmiştir. Dolgu alanlarda dolgu seviyesi +5m, tarama kanalı derinliği -12m ve basen tarama derinliği -10m dir. İskele kazıkları 1200mm çapında çelik ucu kapalı kazıklar olup kazık derinliği -30m dir. Palplanşlar -24m ye kadar çakılan psp1000 I profillerin arasına -16m ye kadar çakılan PZI çelik yüzeylerden oluşmaktadır. Palplanşlar 35m geride 1.68m ara ile çakılmış psp800 çelik I profillere +2.5m kotundan Dwidag çelik ankraj halatlarıyla bağlanmıştır.

İnşaat sırası aşağıda verilmiştir;

- Dolgu koruma taş dolgu yapılar inşa edilmiştir.
- Kanal ve basen taraması yapılmış, taranan malzeme kum, silt ve kil için inşa edilmiş haznelere doldurulmuştur.
- Güney dalgakıranı ve açık deniz dalgakıranı inşa edilmiştir.
- Dalgakıranlarla eş zamanlı olarak iskele ve palplanşlı rıhtım inşaatına başlanmıştır.

4- HİDROGRAFİK VE METEOROLOJİK ŞARTLAR

Uzun dönem ve ekstrem derin deniz dalga dağılımları gemilerden ölçülmüş rüzgar ve dalga rasatlarını kullanarak FRH Firması tarafından yapılmıştır. 50 sene ortalama oluşum sıklığı olan ekstrem dalgalar için yapılmış dalga transformasyon(dalga sapması, kırınımı, sığlaşması, kırılması) çalışmaları sonunda açık deniz ve güney dalgakıranları kafası 4.15m belirgin dalga yüksekliğine ve T=8.5sn dönemine projelendirilmiştir. Güney dalgakıranı gövdesi ve kil bandı boyunca dalga yüksekliği derinlik azalması ve dalga kırılması nedeniyle küçülmekte ve yönü değişmektedir. Bu bölgelerde proje belirgin dalga yüksekliği 3m, dönemi 8.5sn.dir.

Bölgede günde iki kez oluşan ve yüksekliği+3.1m ila -0.35m arasında değişen gel-git su seviyesi oynamaları mevcuttur. Ortalama su seviyesi +1.35m dir.

Bölgeyi etkileyen büyük dalgalar her sene muson dönemi diye tarif edilen Haziran-15Eylül aralığında güneybatı(SW) ve güney(S) yönlerinden gelmektedir. Aynı dönemde çok şiddetli anlık yağışları ve fırtınalar olabilmektedir. Bu dönem dışında diğer yönlerden kısa süreli fırtınalar ve dalga olabilmekte ancak liman sahasında çok etkili olmamaktadır.

İnşaat süresi boyunca arazide Andreaa marka yüzer şamandıra ile açık deniz dalgakıranı doğusunda dalga ölçümü, kıyı istasyonunda gel-git ölçümü ve kara istasyonunda rüzgar-yağış-nemlilik-bulutluluk ölçümleri yapılmıştır. Gel-git ölçümlerinin kaynak(1) ile uyumlu olduğu muson dönemi dalgalarının bu dönemde aralıksız ölü deniz dalgası olarak geldiği görülmüştür. Ölçümlerin

yanında inşaat planlaması amacıyla bir haftalık süreler için dalga,yağış,fırtına tahminleri İngilterede Noble-Denton firmasından satın alınmıştır.

5-DALGAKIRAN VE KORUMA YAPILARI

İhalenin alınmasını takiben İdare arazinin koordinatlarını bağladığı sabit noktaları STFA ya teslim etmiştir.STFA yaptırdığı topoğrafik ve batimetrik harita alımları ve bunları arazide ölçtüğü git-gel ölçümleriyle düzelttiği zaman ihale dökümanı olarak verilmiş derinlik haritalarının 85cm sıg gösterğini İdareye bildirmiştir.İdare kendi ölçümlerini yenilemiş ve STFA ölçümlerini doğrulamıştır.Bu yeni şartların inşaata getireceği ek maliyetlerden kurtulmak için İdare tüm deniz yapılarını yaklaşık 250m kıyıya doğru çekmiş ve yapıları ilk projesindeki derinliklere getirmiştir.

İkinci önemli İhale dokümanı farklılığı Bölgede mevcut taş kalitesinde çıkmıştır.İhale dokümanı magnezyum sülfat erime testi için %12 gibi bir üst sınır tarif edip bu taşın 18km mesafede bulunduğunu belirtmiştir.Yapılan araştırmalar Bölgede mevcut en iyi ocağın 45km mesafede kil taşı olduğunu,bu taşın diğer özellikleri ihale teknik şartnamesini sağladığı halde magnezyum sülfat erime testinin %18 olabileceğini göstermiştir.İdare bu konudada teknik şartnameyi mevcut taşın kullanımına göre değiştirmiş ve iş bundan sonra başlayabilmiştir.

Çizim (2)de gösterilmiş kil bandı koruması STFA nın kili uzun mesafeye basmamak için geliştirmiş olduğu alternatif bir proje olup en ekonomik şekilde STFA tarafından projelendirilmiştir.Çizim(5a)ve(5b)ye dalgalar dik olarak gelmektedir ve mevcut taş büyüklükleri bu bölgelerde koruma taşı olarak taş kullanılmasını engellemiş,3tonluk antifer blok kullanılmıştır.Çizim(5b)deki köşe korumasında yapı eğimi 3/2 den 5/2 ye düşürülmüştür.Bunun temel iki nedeni köşenin stabilite katsayısının gövdeye göre daha düşük olması(Kaynak2) ve bu yapı önünde dalga yansımaları azaltarak beklenen yapı önü oyulmasına mani olmasıdır.Çizim(5c)deki kesite dalgalar 60derece açı yaparak gelmektedir.Bu da dalgakıranın bu kesitinin (1-3)ton taş kullanarak ve dalgakıran kret kotunu +6m ye düşürerek çözümünü yeterli kılmıştır.

Açık deniz dalgakıranı yapının su üzerindeki bölümünden su geçmesi gözetilerek 8 tonluk antifer bloklar kullanılarak FRH tarafından projelendirilmiştir.Mevcut gel-git yükseklikleri gözetildiğinde inşaatın tamamının deniz ekipmanı ile yapılması kaçınılmazdır.Ancak gerek hız kazanmak,gerekse daha kontrollü antifer yerleştirmesini sağlamak için yapı +1.70m kotuna kadar denizden inşa edilmiş daha sonra +1.70m kotuna çelik profillerden imal edilmiş iki adet 1.5m yüksekliğinde 3mx5m ebatlarında platform yerleştirilmiş ve amerikan vinç bu platformların üzerinden antifer blok yerleştirmiştir.Bunu yaparken vinç bir kesiti tamamladıktan sonra öndeki platforma geçmekte,arkadaki platformu kaldırıp ön tarafa koymakta ve o platformdan kalan

yere antifer blok yerleştirerek işi yürütmüştür. Bu metod ile dalgakıran inşaatı öngörölmüş sürenin çok öncesinde istenen kalitede bitirilmiştir.

Antifer ağırlıkları hesaplanırken Kaynak(2)de verilmiş hesap yönteminde stabilite katsayısı dalgakıran gövdesinde 7.4 ve kafasında 4.5 değerleri kullanılmıştır. Antiferler FRH'nın isteğı üzerine Sines dalgakıranındada uygulandığı gibi(Kaynak 3) %44 boşluk oranıyla üç sıra olarak inşa edilmiştir. Bu yerleştirme şekli Çizim(8)de gösterilmiştir. Bu yerleştirme şeklinde, aynı sıradaki komşu antiferler arasındaki mesafe hesabı 3tonluk antiferler için aşağıda verilmiştir;

3tonluk antiferin net hacmi=1.3976m³

Antifer tabaka kalınlığı=2.5m

Boşluk oranı=44%

Doluluk oranı=56%

$$\text{Birim alana düşecek blok adedi} = \frac{2.5 \times 0.56}{1.3976} = 1.0017 \text{ No/m}^2$$

$$\text{Her tabakadaki blok adedi} = \frac{1.0017}{3} = 0.334 \text{ No/m}^2/\text{tabaka}$$

$$\text{Komşu bloklar arasındaki mesafe} = (1/0.334) = 1.73 \text{ m}$$

Kum ve silt koruma yapılarının tamamı taş koruma kullanılarak yapılmıştır. Bunlardan taranan basene bakan yüzdeki koruma kesiti Çizim(6)da gösterilmiştir. Çizim(6)daki orijinallik inşaat metodundadır. İlk kazı yapıldığı zaman 1/1 ve daha dik durabilen silt zemin dalga ve akıntı altında zaman içerisinde 1/5 eğime yatmaktadır. İskeleler bölgesinde böyle yatık bir eğim yer kaybına sebep olmaktadır. Bunu önlemek için -1m ila -14m arasında yapılan tarama sonrası kesitler Çizim(6)da gösterildiğı şekilde derhal kaplanmış ve yaklaşık 3/2 eğimde korumalar tamamlanmıştır.

FRH projelendirdiğı tüm koruma kesitlerinde (0.1-200)kg elenmiş çekidek malzemesi kullanmıştır. STFA projelendirdiğı tüm kesitlerde içinde toz olmyan (0-200)kg taş kullanmıştır. FRH tüm kesitlerinde geotekstil kullanmış, STFA silt dolgu korumalarında geotekstil kullanmamıştır. Dolguların yapılmasını takiben STFA kesitlerinin hiçbirinden denize malzeme kaçması gözlenmezken FRH kesitlerinde zamanla tıkanan kaçaklar gözlenmiştir.

6-KAZIKLI VE PALPLANŞLI SİSTEMLER

Yukarıda anlatıldığı gibi iskeleler önündeki (0.1-200)kg koruma taşlarının taramayı takiben derhal yerleştirilmesi bu bölgelerdeki kazık çakımlarının büyük taşlar nedeniyle tam koordinatlarında tamamlanmasını önlemiş ve yer yer 30 cm mertebesinde kazık kaçıklıkları gözlenmiştir. Bunun üzerine çakılmış kazık dispozisyonlarına göre iskele tatbikat projeleri yenilenmiştir. Çok korrosiv ortam nedeniyle betonda 7.5cm pas payı bırakılmış, beton 0.36 gibi çok düşük bir su-cimento oranında geçirimsiz dökülmüş, içine anti-korrosiv kimyasal karıştırılmış, işin tamamlanmasını takiben tüm beton yüzeyler sil-act isimli kimyasal ile boyanarak yüzeyin su geçirimsizliği sağlanmıştır.

Palplanşlı rıhtımın mevcut projesi ile yeterli emniyeti sağlamıyacağı işin alınmasını takiben aralık 1993 senesinde İdareye yazı ile bildirilmiştir. Sistemin temel zayıflıkları +2.5m kotundaki tek ankraj sisteminin palplanş kesitinde kritik momentlere neden olduğu ve kesitin yetmediği, ilk projede 20m geride olan ankraj kazıklarının aktif kama içinde kaldığı, eskiden -9.5m ye kadar olan ankraj kazık boyunun yetmiyeceği, ankraj kazıklarının zeminden yeterli köprülemeyi alamayacağı bu nedenle bir başlık kirişiyle birbirine bağlanması gerektiği, kren ve deprem yüklerinin hesaplarda yeterince alınmamış olduğu, tüm belirtilmiş gerekçelerin FRH'nın hesaplarında mevcut zemini gerçekte olmıyan derecede kuvvetli kabul etmesinden kaynaklandığı anlatılmıştır (FRH'nın kullandığı $c=130\text{kn/m}^2$, arazide vane shear deneyi ile ölçülen 10kn/m^2). Bunun üzerine İdare inşaat süresince aşağıdaki değişiklikleri getirmiştir;

- Rıhtım önündeki su derinliği -12m den -10m ye azaltılmıştır.
- Ankraj kazıkları 35m geriye taşınmıştır.
- Ankraj kazık boyu -13.5m ye uzatılmıştır.
- Ankraj çubuk çapı büyütülmüştür.
- Tüm rıhtım arkasında 20m eninde bir bölgede wick-drain (1.5m grid) çakarak (-24m ye kadar) +3.5m ye kadar dolgu yapıp konsolidasyonun hızlanmasını, bunu takiben ankrajların bağlanıp dolgunun tamamlanmasını istemiştir.
- Kullanılacak deprem ivmesini 0.16g den 0.04g ye indirmiştir.

Yukarıda tariflenmiş değişikliklerden sonra, palplanşlı rıhtım inşaatı aşağıdaki sırayla gerçekleşmiştir;

- Palplanş yüzeyinden yirmi metre geriden kum dolgu koruma yapısı inşaatı
- Palplanş yüzeyinden 25m açıkta kalacak şekilde basen taraması ve koruma yapısı arkasının +5.0m ye dolgusu
- Palplanşların çakımı ve arkasının +3.5m ye doldurulup, wick drain çakılması

İnşaat yukarıdaki sıra ile yürütülürken palplanşlarda dolgu ve wick-drain yapılmasını takiben 17cm ye yakın denize doğru deplasman gözlenmiş ve iş sırası bu gözlemden sonra aşağıdaki gibi değiştirilmiştir;

- Palplanşın arkasında yaklaşık 5m lik bir bölümün boş bırakılarak geri sahanın doldurulup wick-drain çakımı(Bu şekilde gel-git ile oluşan palplanş arkasındaki 1.8m lik su basınç farkı ve dolgu basıncı kaldırılmıştır)
- Ankraj kazıkları çakılıp,ankraj çubukları bağlanmış.
- Palplanş arkasındaki boşluk doldurulup,wick drain çakılmıştır.
- Başlık kirişi dökülmüştür.
- Palplanş boyunca drenaj sistemi yapılmıştır.
- Bütün rıhtım arkası +4.5m kotuna doldurulmuştur.
- Rıhtım önünde bırakılmış 25m enindeki topuk taranmıştır.

Bu inşaat süresince sürekli olarak palplanş deplasmanları,zemin otumaları ve -7m,-14m ve -25m de piezometre okumaları yapılmıştır.Tarama yapılmasını takiben,projelendirmede öngörülen deplasmanların üzerinde deplasman gözlenmiş ve bunun ankraj kazıklarının deplasmanı olduğu anlaşılmıştır.Bunun üzerine İdare Müşavir FRH ile çalışmaya son verip yeni müşavir olarak Scott Wilson Kirkpatrick(SWK)firmasını seçmiştir.Yeni müşavirin isteği üzerine ankraj kazıkları arasına -16m ye kadar 80lik fore kazıklar çakılıp,kazıklar bir kazık başlığı ile bağlanacaktır.Ayrıca palplanş arkasına kren kirişi altına fore kazık yapılacaktır.Bu işler halen inşa safhasındadır.

Palplanşlı rıhtım arkasında rıhtım boyunca 12 noktada oturma plakaları vasıtasıyla dolgunun zaman içerisindeki oturması ve dört ayrı noktada -7m,-14m ve -24mde su boşluk suyu basıncı ölçümleri yapılmıştır.piezometre ölçümleri dolgunun yapılması ile boşluk suyu basıncında çok ani bir sıçrama ve düşme göstermektedir.Bu sıçrama süresi bir günden kısadır ve bundan sonra boşluk suyu basıncı üzerindeki hidrostatik basınç oynamalarını takip etmektedir.Dolgudan sonra uygulanmış olan wick drain uygulaması ile boşluk suyu basıncında herhangi bir fark görülmemiştir.Oturma plakaları dolguyu takiben altı aya yakın bir süre gittikçe azalan oturma olduğunu göstermiştir.Bir sene sonunda oturmalar sıfıra yaklaşmıştır.Wick drain uygulamasını takiben oturmaların hızlanıp hızlanmadığı konusunda dolgu yapılmasıyla wick drain uygulaması arasında çok kısa bir süre olduğundan ayırım yapılamamıştır.Yazarların görüşü wick drain uygulamasının çok yararlı olmadığı gibi,silt gibi hassas bir zemini örselediği için zararının dahi olmuştur olabileceğidir.Bu düşünceye iten neden ise wick drain uygulamasını takiben palplanş deplasmanlarında artış gözlenmesidir.Gerçekten faydalı bir zemin iyileştirmesi için palplanşı çakmadan ve tarama yapmadan önce hem rıhtım hemde deniz tarafının ciddi bir surşarj yükü ile yüklenmesi ve oturmaları hızlandırmak için wick drain yapılmasıdır.

7-KUMLANMA ÖLÇÜMLERİ

İnşaatı takiben yapılan kumlanma ölçümleri bir sene sonunda navigasyon kanalında 10cm den az bir kumlanma olduğunu göstermiştir. Bunun nedeni kum hareketine neden olabilecek büyüklükteki dalgaların kanal boyunca hareket etmeleridir. Kil dolgu koruması ve güney dalgakıranı etrafında Çizim(9)da gösterilen hatlar boyunca çeşitli tarihlerde derinlik ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçüm hatlarından bazılarının sonuçları Çizim(10)da gösterilmiştir. Bu ölçümlerden görülebileceği gibi, 3 ve 4 hatları bölgesinde oyulma, güney dalgakıranı etrafında ise dolma olmaktadır. Kum hareketi koruma bandı boyunca batıya, güney dalgakıranına doğru gidip dalgakıranın doğusunu doldurmakta, doğusu dolunca dalgakıran etrafından dolaşp dalgakıranın batısına geçmekte ve burada çekilmektedir. Bu hareket gittikçe azalmaktadır. İlk hızlı kum hareketinin tarama sonrası koruma yapısı önüne yığılmış kumun hareketi olarak yorumlanmıştır.

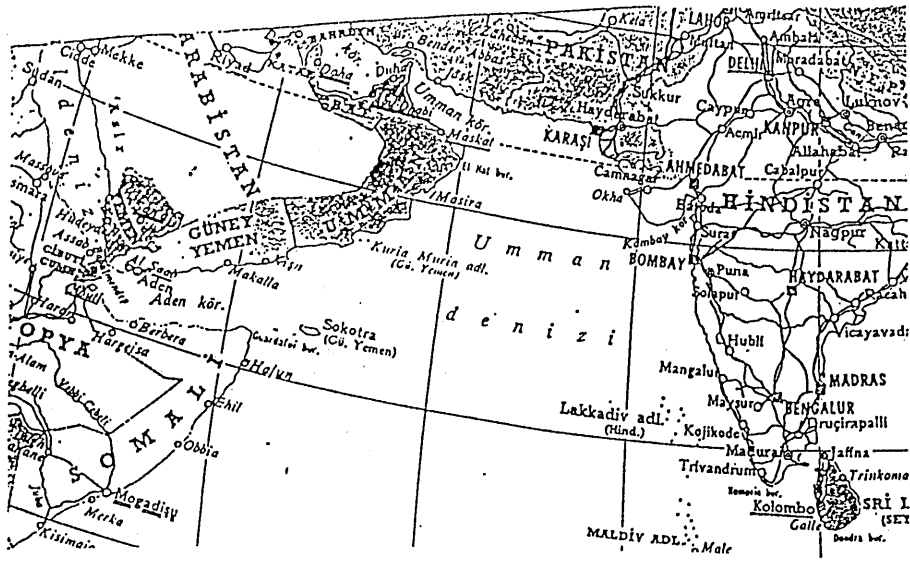
8-SONUÇ

Ormarada inşaa edilmiş olan askeri limanla ilgili yaşanmış bazı teknik konular özetlenmiştir. Bu özet ile ilgili temel sonuçlar,

- Yanlış ve eksik yapılmış ihale dosyalarının işe önemli sıkıntılar, değişiklikler getirebileceği
- Bu gibi hallerde mütaahhitin ilk yapması gerekenin gerçek şartlara göre teknik şartnameleri değiştirmesi gerektiği
- Kil dolgu korumasında olduğu gibi bir dalgakıran boyunca dalga kuvvetlerinin değişmesine uygun olarak değişen dalgakıran kesitleri kullanarak ekonomi sağlanabileceği
- Açık deniz mendireğinde olduğu gibi geliştirilen inşaat metotlarının önemli para ve zaman tasarrufu sağladığı
- Palplanşlı rıhtım inşaatında olduğu gibi sonradan yapılan zemin iyileştirmesinin fayda sağlamadığı, doğru sistem seçiminin ve yapılacaksa zemin ıslahının rıhtım inşaatından önce yapılmasının gerektiği
- Ormara gibi çok sığ ve şiddetli gel-git olan bir limanda yapılan tarama kanalı ve baseninin iyi planlandığı takdirde dolmadan başarılı bir şekilde hizmet verebileceği
- İnşaat süresince yapılacak ölçümlerin faydalı bilgiler vereceği

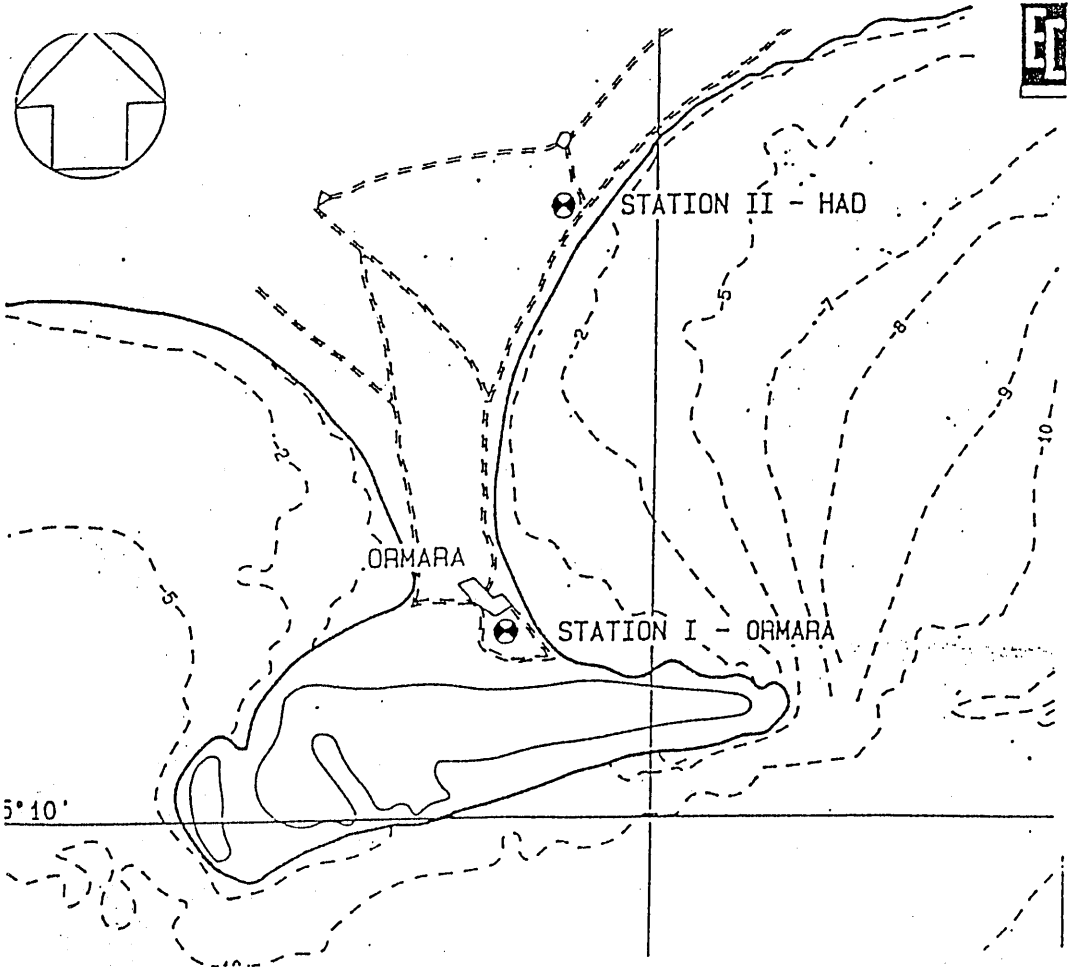
KAYNAKLAR

- 1-Admiralty Tide tables, by hydrographer of Navy, England
- 2-Shore Protection Manual, U.S. Army Corps of Engineers; 1984, USA
- 3-Paoletta G., Larras J., Bellipanni R., 'l'emploi de blocs cubiques rainures pour la reparation provisoire de la digue de Sines



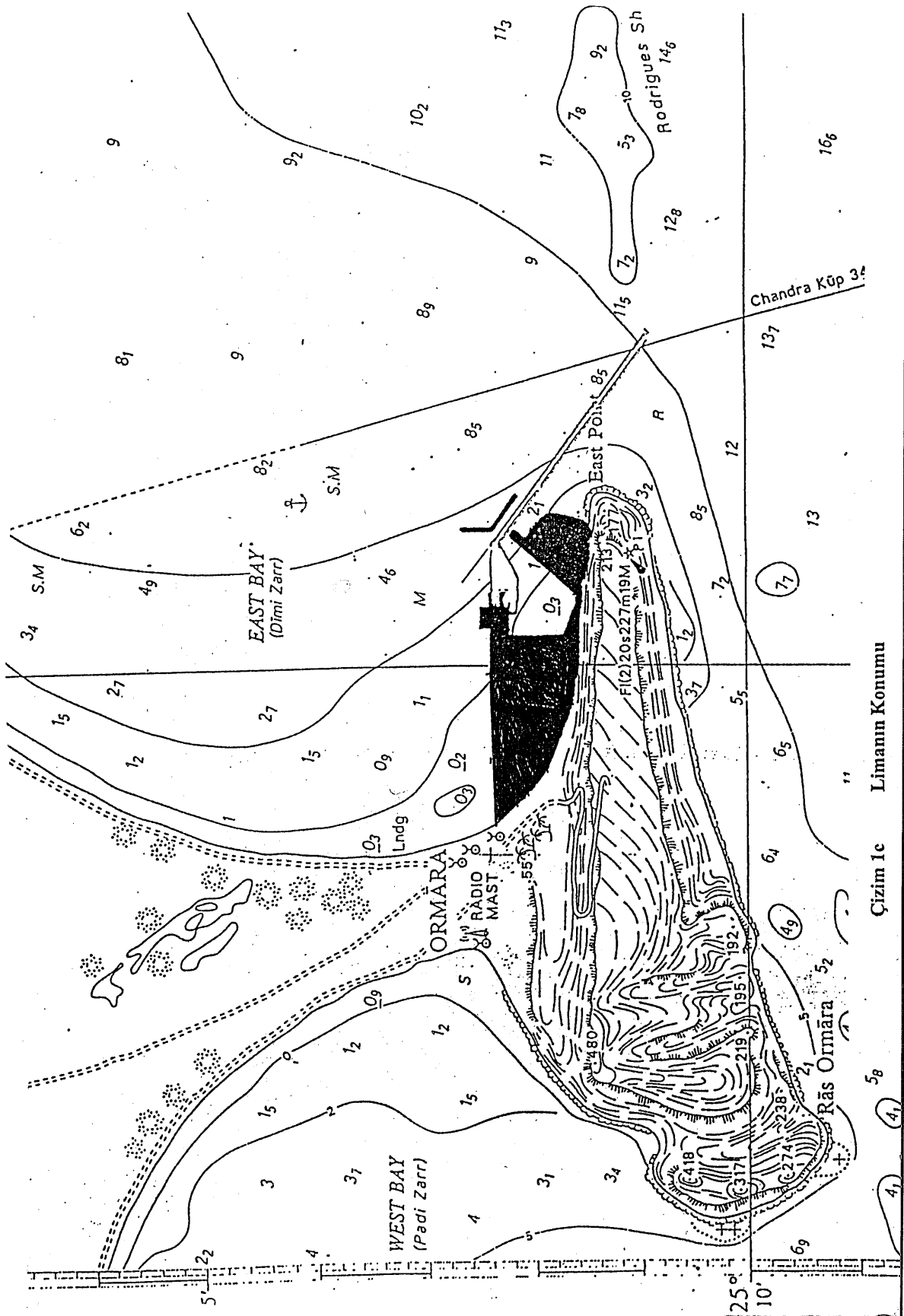
Çizim 1a

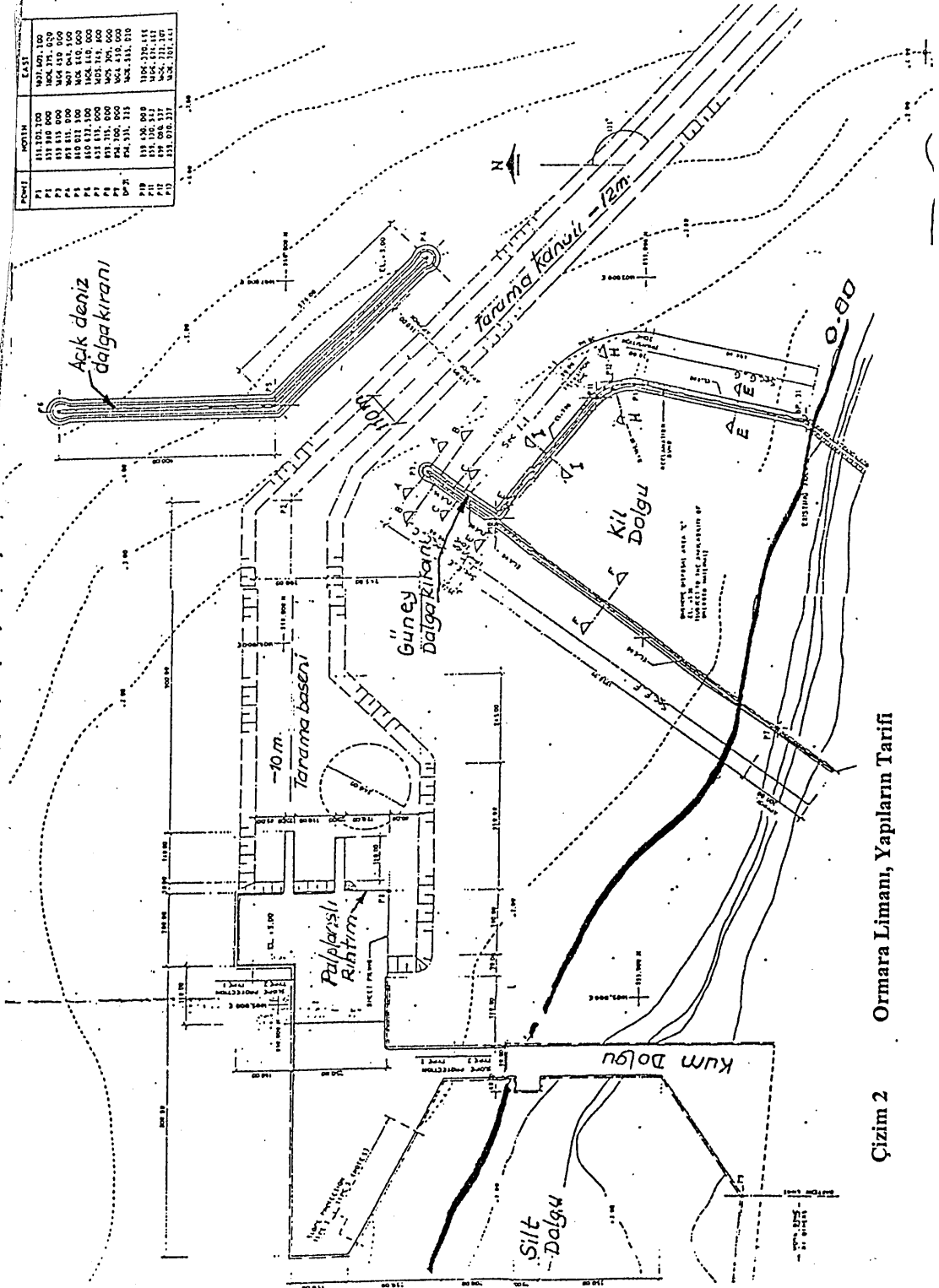
Ormara'nın Umman Denizindeki Yeri



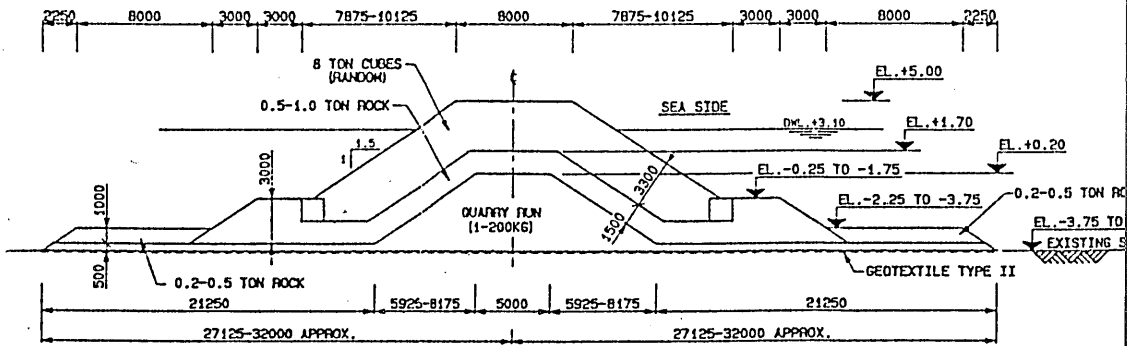
Çizim 1b

Ormara

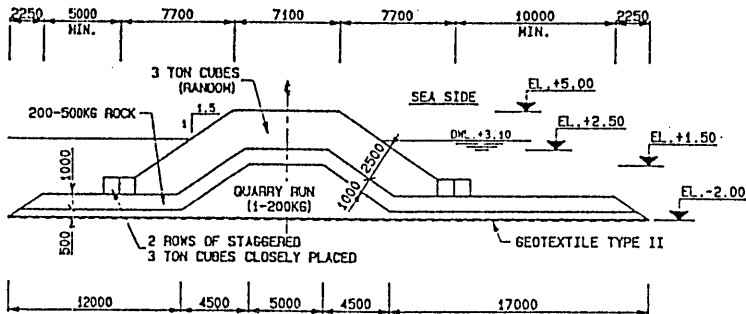




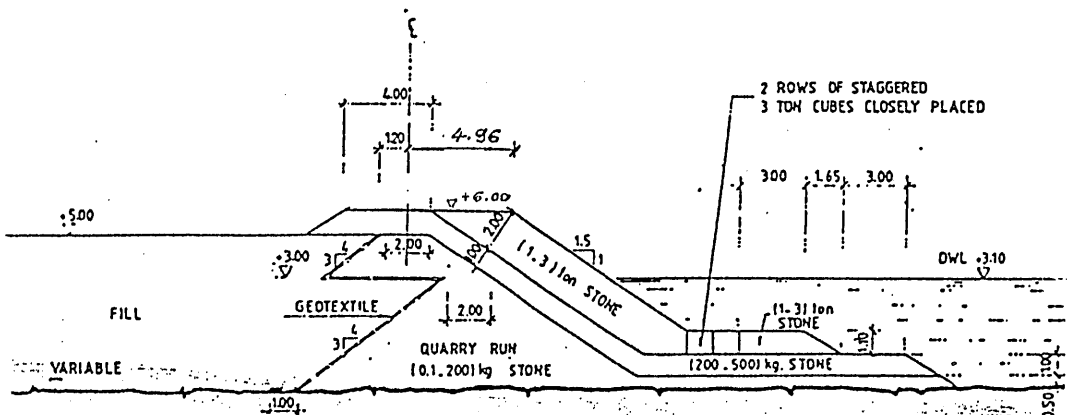
Çizim 2 Ormara Limanı, Yapıların Tarifi



Çizim 3 **Açık Deniz Dalgakıranı Tipik Kesiti**

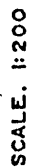


Çizim 4 Güney Dalgakıranı Tipik Kesiti

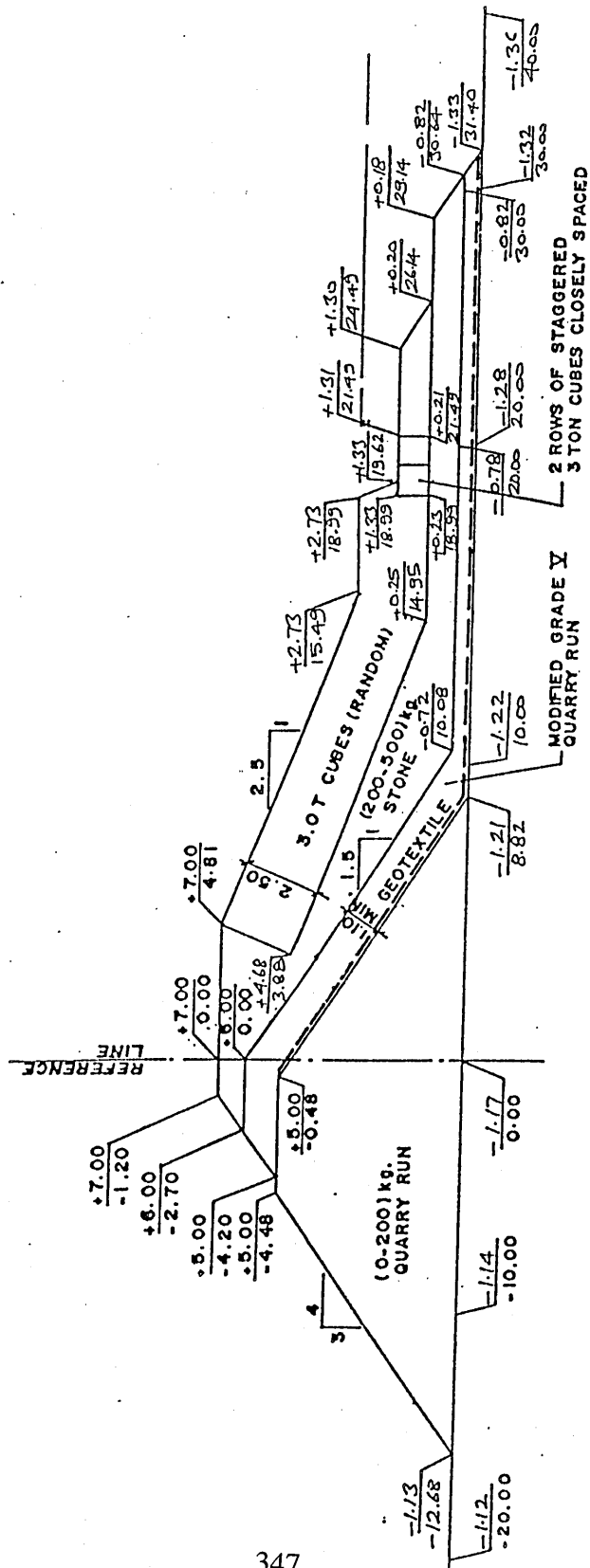


Çizim (5c) Kil Dolgu Alanı Taş Koruma Kesiti

CHAINAGE



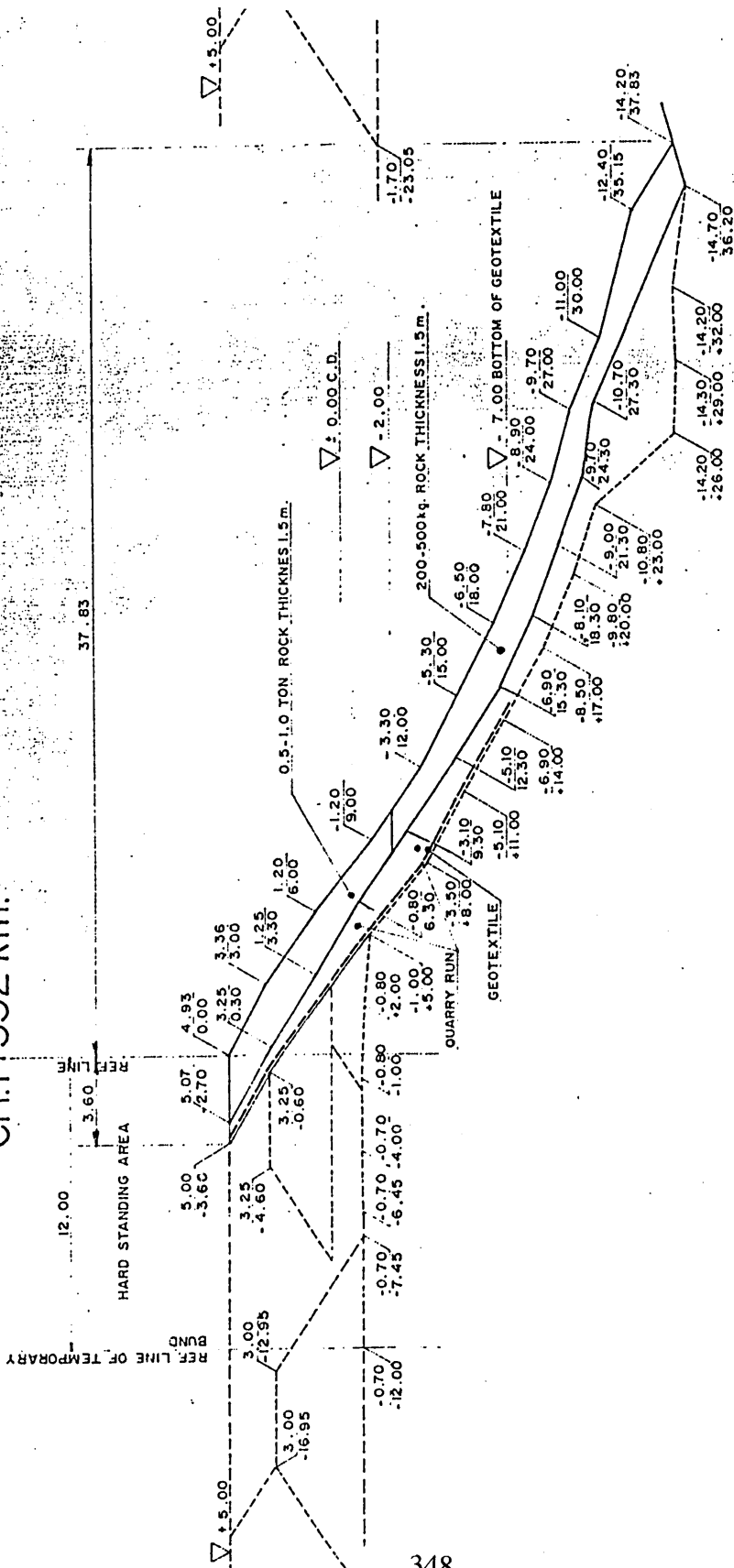
CHAINAGE 0+580

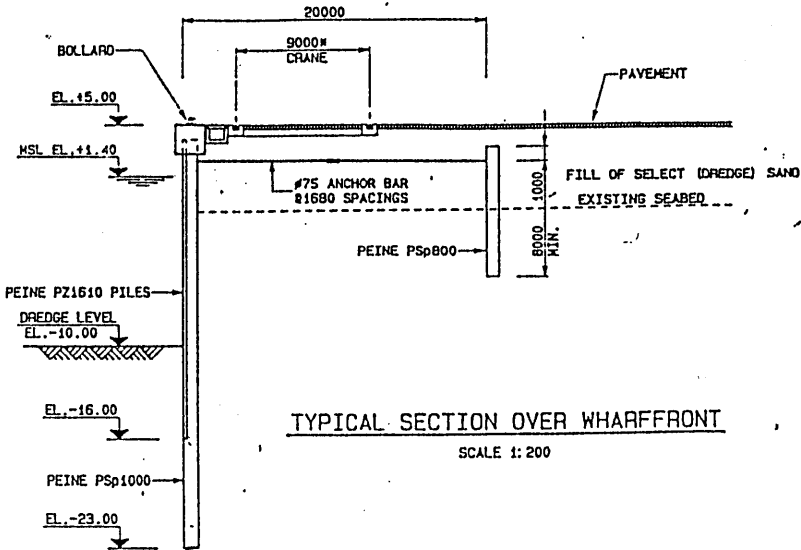


Çizim (5b) **Kil Dolgu Alanı Kurp Koruma Kesiti**

SCALE: 1:200

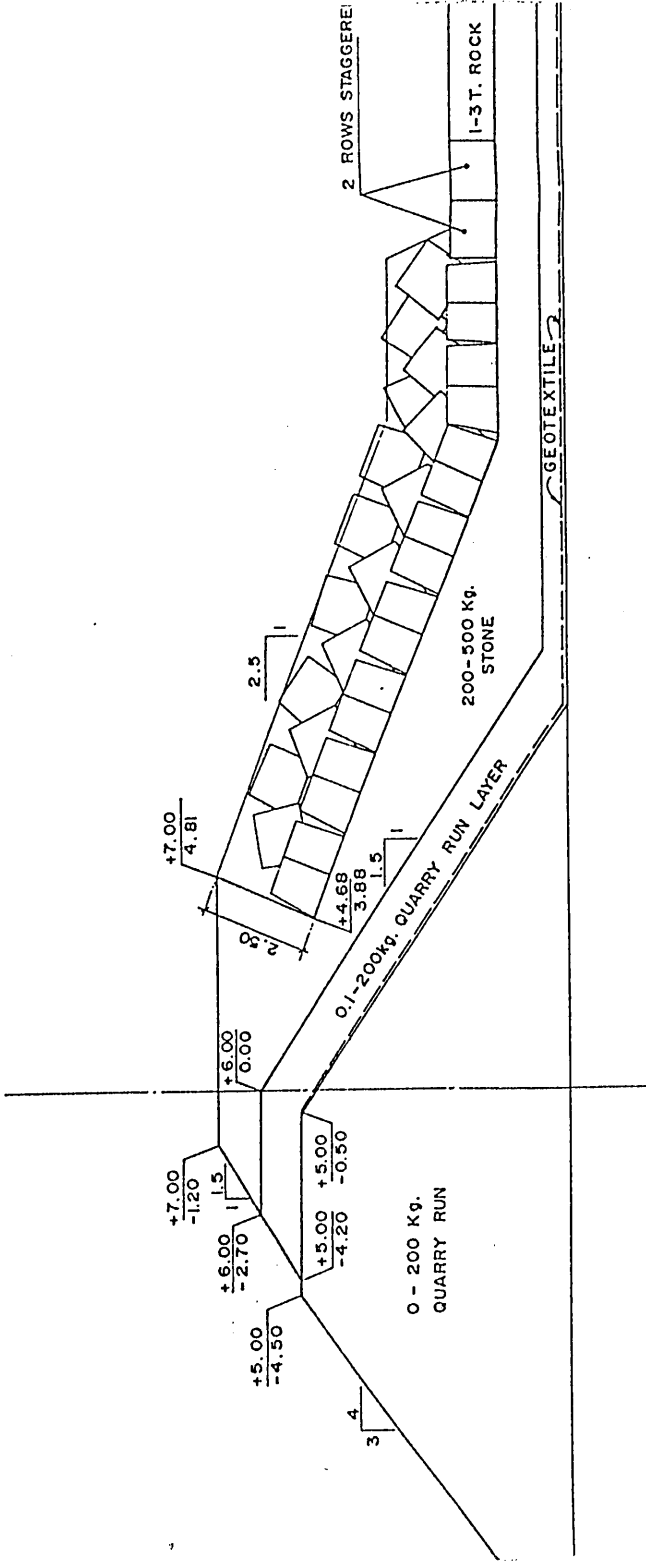
CH.1 +552 km.



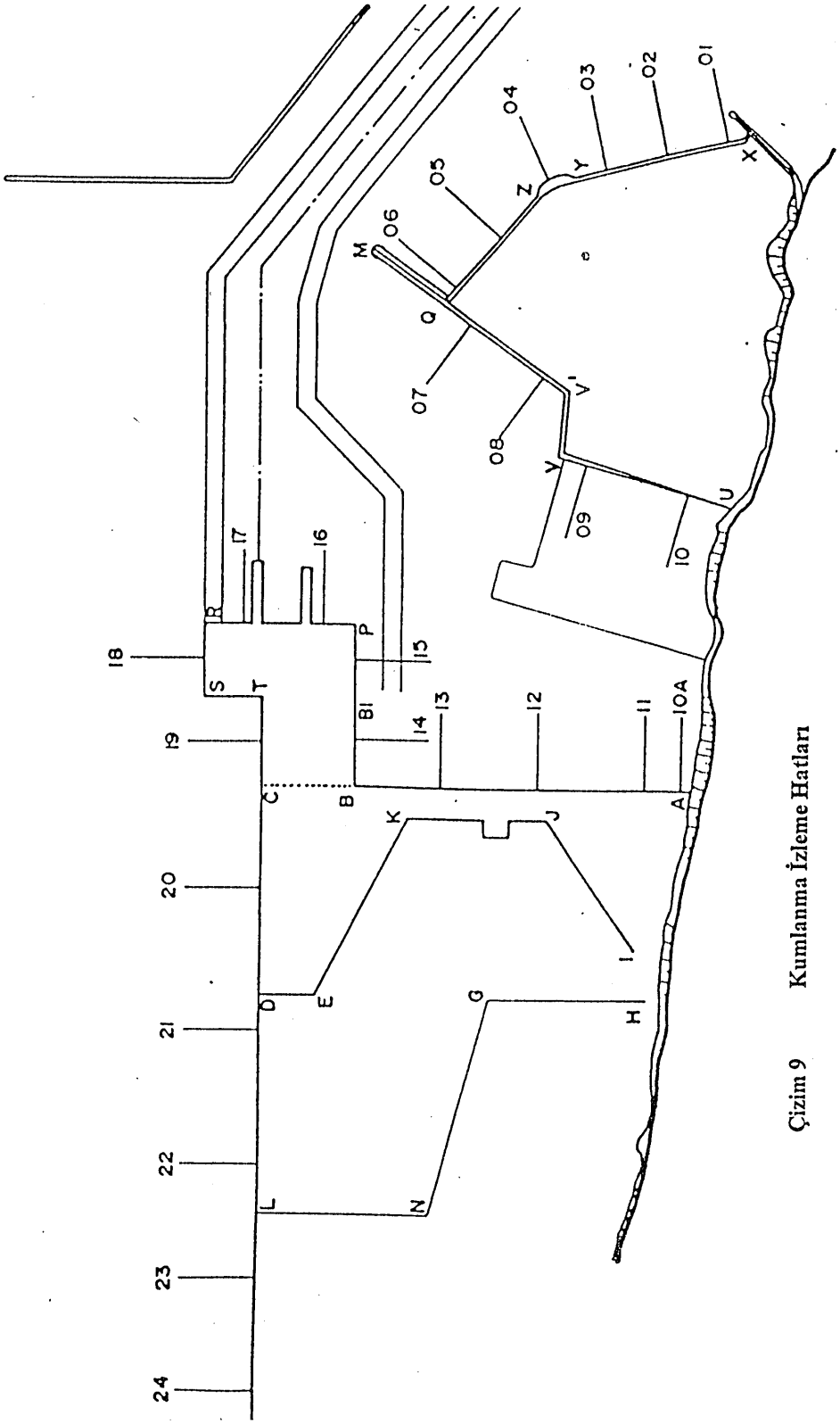


Çizim 7

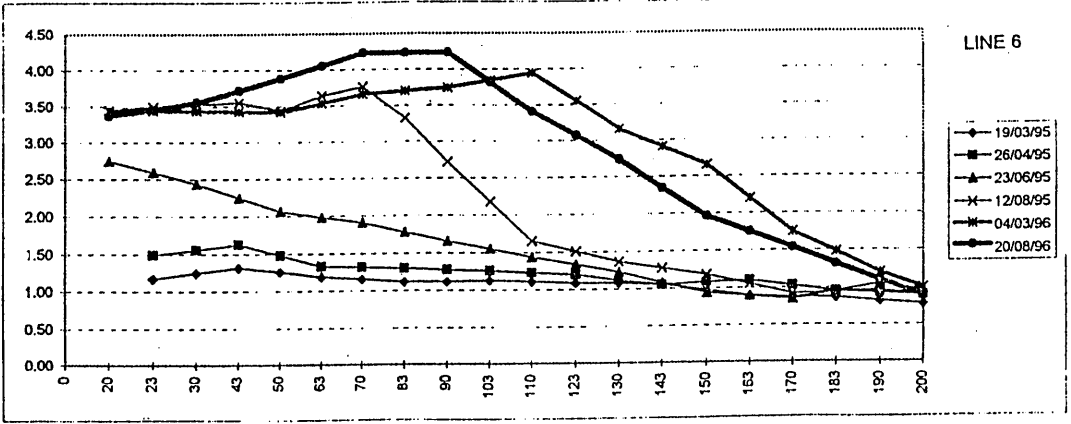
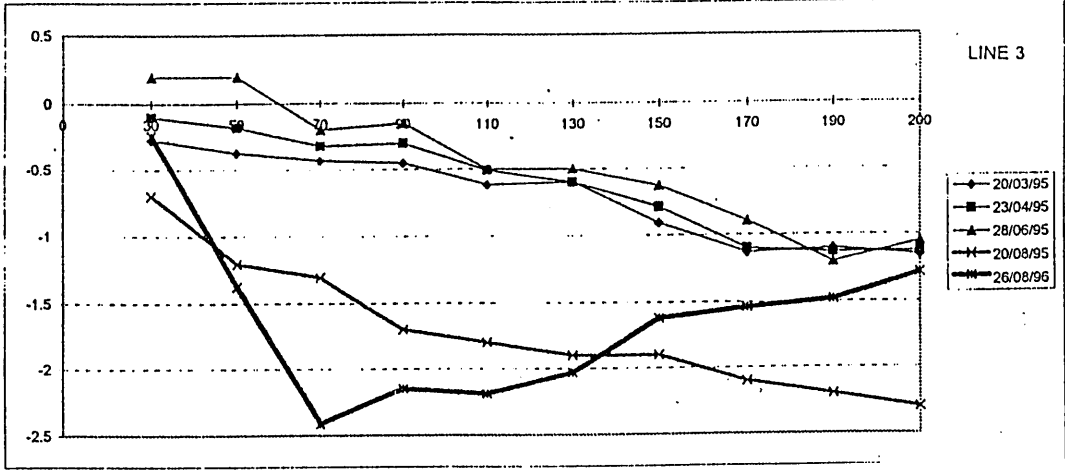
Palplanşlı Rıhtım Kesiti



Çizim 8 Antifer Yerleştirme Şekli

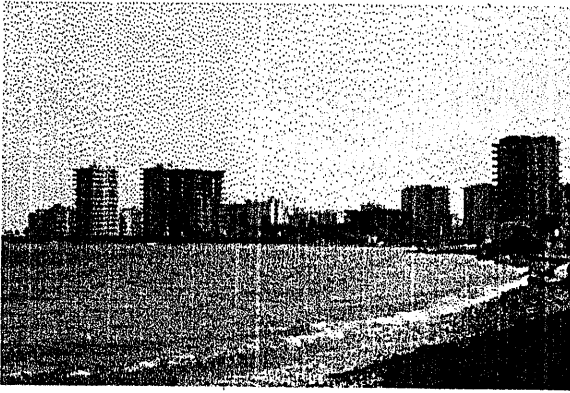


Çizim 9 Kumlanma İzleme Hatları



Çizim 10 Kumlanma Ölçüm Sonuçları

izleyen yıllarda, liman alanından başlayarak Deliçay'a kadar uzanan kentin doğu kısmında büyük sanayi ve yerleşim alanları kuruldu. Nüfus artışına da paralel olarak kentte sanayi kuruluşlarının yakın çevresinden başlayarak, plansız ve altyapısız yeni yerleşim bölgeleri ve gecekondu alanları gelişti. Böylece 1970'li yıllardan itibaren nüfus artışı, limanın dış alım satım kapasitesinin genişlemesi, çeşitlenen sanayideki gelişme kentin yapısını ve sınırlarını zorlamaya başladı. Bu zorlama sonucu, kent çevresinde oluşan yeni yerleşmelerle bütünleşerek hızla değişmeye ve büyümeye başlamıştır. Sanayinin gelişmesiyle birlikte, kente istihdam amacıyla gelen nüfus gerek konut gerekse imarlı arsa olarak ikame edecek bir yerleşim bulamayarak eski şehir merkezinde ve doğuda



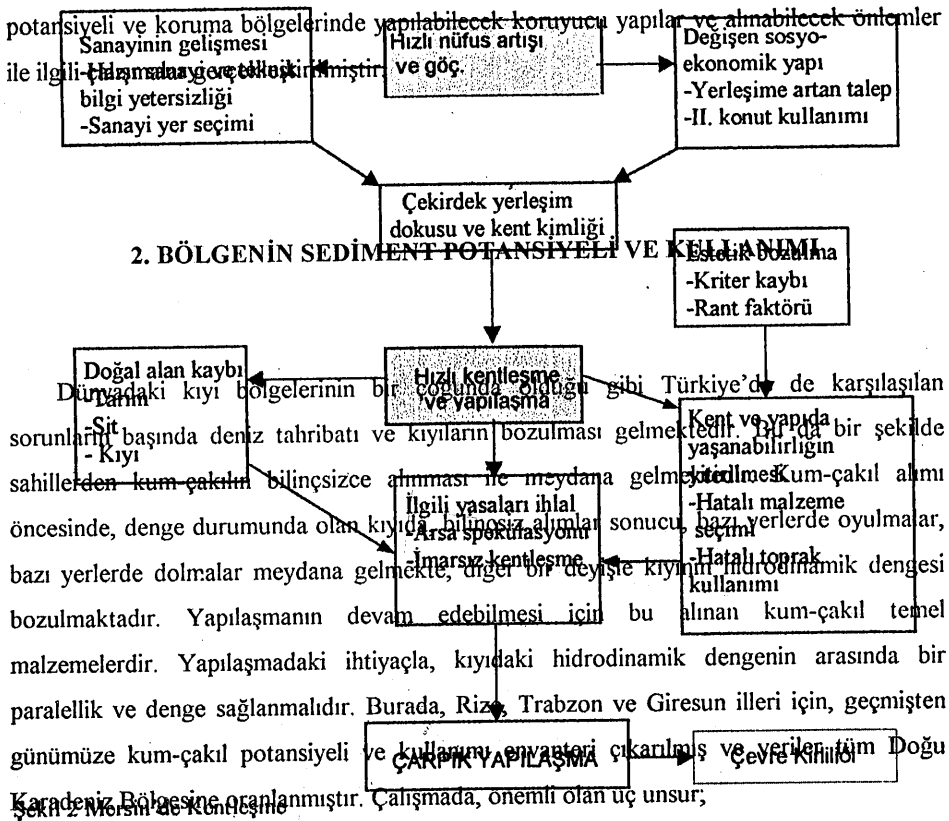
sanayi tesislerinin çevresinde yerleşmeye başladı. Böylece kentte yeni yerleşim alanları gelişti. Kentin kuzeyinde Portakal, Osmaniye, Demirtaş; doğusunda Yenimahalle, Çay, Siteler, gibi gecekondu mahalleleri oluştu (Akçura, 1982).

Şekil 1 Mersin 'de Kıyı Yapılaşması

Şehrin kentsel gelişimini ve yerleşimini tıkayan bu sosyo-ekonomik ve nüfus hareketleri merkezde oturan yerli nüfus ve kente yeni yerleşen orta ve ortanın üstü gelir gruplarını yeni yerleşim alanları aramaya yöneltti. Böylece kent yerleşimi 1975'li yıllardan itibaren batıda sahil bandına doğru genişlemeye başlamıştır (Şekil 1 Mersin'de kıyı yapılaşması).

1963'te hazırlanan Mersin imar planında şehrin batısında kalan kıyı şeridi I. sınıf tarım alanı olması nedeniyle yoğunluğu 50 kişi/ha öngörülerek, yapılaşma bir ölçüde önlenmek istenmiş, narenciye bahçeleri içinde tek ve iki katlı konutlar olarak gelişmesi planlanmıştı. Ancak 1970'li yıllarda başlayan iç turizm hareketleri, özellikle kıyı turizmi ve II. konut kullanımının toplumda benimsenmesiyle, bu bölgeler yapılaşmaya başlamıştır. Politik ve toplumsal baskılarla mevcut imar planında cadde genişlikleri artırılarak kat yükseklikleri ve yoğunluk arttırılmış; bölge II. konut olarak 1970'li yıllardan itibaren günümüze kadar olan süreç içinde yapılaşmaya açılmıştır. Böylece kentin batısında kalan sahil bölgesi bir taraftan yapılaşmaya, diğer taraftan mevcut II. konuttan I. konut olarak

kullanıma geçmesiyle hızla kentsleşmektedir. Günümüzde Mezitli hatta Davultepe ilçeleri kentin bir mahallesi konumuna gelmiştir. Planlanırken II. konut olarak projelendirilen daha da önemlisi iskan dışı alanlarda, tarım arazilerinde ve kıyı bölgelerinde gelişen bu konut bölgeleri, tüm kentsel donanım ve altyapıdan yoksun olarak Mersin kentine katılmıştır. Kentin ilk imar planı tarihi 1938, son imar planı tarihi 1986'dır. Ancak kent imar planı yapım süreçlerinde kıyılardaki faaliyetler çoğaldıkça sahil-deniz dengesi bozulmakta ve dalgaların

[illegible]

1. ihtiyaç tespiti,
2. potansiyel tespiti
3. ihtiyaç ve potansiyelin analizi gelecekteki durumdur.

İhtiyacı tespit edebilmek için bölgede 1985-1995 yılları arasındaki veriler bir çok kamu ve özel kuruluştan alınarak derlenmiştir. Mevcut potansiyeli tespit edebilmek için ise, bölgede mevcut olan akarsuların özelliklerini, yöne len madde taşınım miktarları Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü ve Devlet Su İşleri 22. Bölge Müdürlüğü, tarafından geliştirilmiş 3 değişik formülle hesaplanarak, bölgedeki kum-çakıl potansiyelinin miktarı yaklaşık olarak elde edilmiştir.

Nilgün Sultan YÜCEER

2.1. Akarsuların Taşıdığı Sediment Potansiyeli

Ç. Ü. Mimarlık Bölümü

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunan çeşitli akarsular, eğimleri büyük olmasından dolayı çok miktarda sediment taşımaktadırlar. Bir akarsuyun taşıdığı sediment debisi, akışkan ve sediment özellikleriyle, akım şartlarına bağlıdır. Burada sediment debisini hesaplamak için, her şart altında geçerli olan bir yöntem henüz geliştirilememiştir. Yalnız EİE Genel Müdürlüğü'nün Türkiye'deki tüm havzalarda yaptığı gözlemlere dayanarak geliştirdiği formül yardımıyla sediment taşınım debileri tahmin edilebilir[1][2][3][4].

Bu çalışmada Doğu Akdeniz kıyı bandında yer alan Mersin Şehrinin kentsel gelişiminde liman alanının ve kıyı şeridinin etkileri incelenmiştir. 19.yy başlarında kırsal ve homojen bir sosyal yapıya sahip olan Mersin kenti, 1960'lı yıllardan günümüze kadar Ayrıca Doğu Karadeniz Bölgesi'nde gözlem yapılan 7 akarsuyun verilerine göre elde edilen bir denklem aşağıda yer almıştır.

Kent, son 30 yılda bir taraftan ham madde ithalatı ve ihracatın kırılma noktası olan liman alanında gelişen sanayi kuruluşları, diğer taraftan kıyı şeridinde çizgisel bir gelişme gösteren II. konut yerleşimleri sonucunda hızlı, kontrolsüz ve imarsız bir yapılaşma sürecine girmiştir.

Üç Mersin şehri ve kıyısında Bölge Müdürlüğü tarafından sağlanılan Derişik verileri Doğu Akdeniz kıyı bandında sınırlı ölçekteki kirliliğin müddetli olmaktadır. Bu çalışmada Mersin kıyı bandının etkisiyle gelişen bu denetimsiz kentleşme için mevcut koşullar ve yasalar doğrultusunda çözüm önerileri getirilmiştir.

$$Q = k \cdot (Q_{ort} \cdot A)$$

(3)

1.GİRİŞ

Ülkemizde değişen sosyo-ekonomik yapı, sanayileşme, hızlı nüfus artışı ve göç kentleşme alanında olumsuz gelişmeler yaratmıştır. Yerleşimlerdeki kentleşme ve yapılaşma süreci imar plan ve programlarının önünde gitmekte, böylece kentlerin çevresinde kamu hizmet ve denetiminden yoksun yerleşim ve sanayi alanları oluşmaktadır. Bunun yanı sıra ülkemizde planlama ve kentleşme konusunda mevzuat ve bilgi birikimi yetersizliği konuyu daha da çözümsüz kılmaktadır (Akçura, 1982).

Çalışma alanı olan mersin kentinde de söz konusu gelişmeler araştırmalarda izlenmiştir (Yüceer,1997). Kent son 35 yılda doğuda sanayi, batıda II. konut yerleşimlerinin hızla gelişmesi sonucunda plansız ve kontrolsüz bir şehirleşme sürecine girmiştir.

2- ÇALIŞMANIN AMAÇ VE KAPSAMI

Bu çalışmada doğu Akdeniz kıyı şeridinin etkisiyle gelişen Mersin kentinin şehirleşme süreci incelenmiştir. Boyutları ekolojik dengenin bozulmasına kadar giden söz konusu kentleşme için mevcut koşul ve yasalar çerçevesinde çözüm önerileri getirilmiştir.

3- MERSİN KENTİNİN TANITIMI, KENT DOKUSU VE KENTSEL GELİŞİMİ

Mersin aynı adla anılan körfezin kıyısında, kuzeydoğuda Torosların çevirdiği kıyı ovasında kurulmuştur. Ova doğuya Tarsus, Adana yönüne doğru genişlemektedir. Rakımı 5-10 m'dir. Mersin, Çukurova bölgesinin 2. büyük kentidir. İklimi ve ekolojisi narenciye, sebze ve sera tarımına çok elverişlidir. Konumu nedeniyle deniz, hava ve kara ulaşımına olanak vermesi, bölgede sanayi sektörünün yerleşmesine ve gelişmesine neden olmuştur. Günümüzde Mersin Limanı ülkenin 2. büyük limanı durumundadır. Kentin Kıbrıs, Akdeniz ve Ortadoğu'ya kıyısı olan tüm ülkelerle deniz ulaşım olanağı vardır.

Mersin'in 1950 yıllarında kıyıya paralel ve bunu dik kesen yollardan oluşan düzenli yerleşim şeması, sanayileşmeden sonra hızla değişmeye başladı. Limanın yapımını

THE EFFECT OF MEDITERRANEAN SHORE LINES ON THE DEVELOPMENT
OF MERSİN CITY

Nilgün Sultan YÜCEER

Uzman Mimar

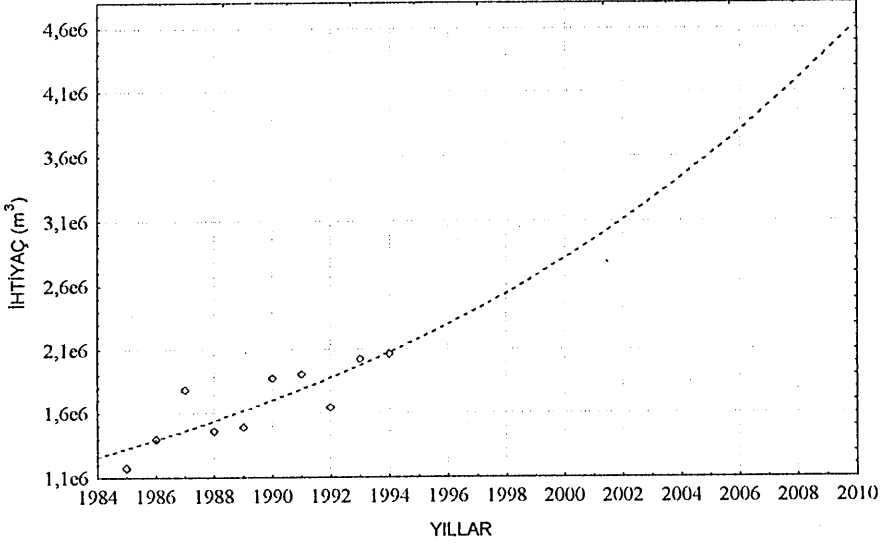
Ç. Ü. Mimarlık Bölümü

Adana, Türkiye, Tel: 33860802913

ABSTRACT

In this study, the effect of Mersin Harbour and shore line on the development of Mersin city is studied. At the beginning of 19th Century, Mersin Which a rural and homogenous social structure has become an important center for the interior movement and parallel to this developed rapidly. In the last 30 years, the city has entered an unplanned and uncontrolled development due to the commercial harbour with many industrial establishments and II. (summer) hangings in the shore line.

Mersin City and unplanned industry and public settlements in the shore line areas have caused pollution in the eastern Mediterranean. In this study, under the direction of laws and conditions, solutional alternatives are given for the unplanned developments which is under the effect of Mersin shore lines.



Şekil 1. 2010 yılına kadar bölgenin kum-çakıl ihtiyacı

Daha önce elde edilen Bölgenin kum-çakıl potansiyeli ve kullanım durumları karşılaştırıldığında ise 2005 yılına kadar bölgenin potansiyeli ihtiyacını karşılayabilmekte, bu değerden sonra ise yavaş yavaş ihtiyacı karşılayamaz duruma gelmektedir. Bölgedeki kum-çakıl potansiyeli ihtiyaçtan fazla olduğu halde, yinede kıyılarda deniz tahribatı olmaktadır. Kıyı tahribatına neden olan olay ise kıyıdaki hidrodinamik dengenin bozulmasıdır.

3. HİDRODİNAMİK SİSTEM

Kıyı erozyonunun nedeni, kıyılara her türlü müdahaleler sonucu, kıyı hidrodinamik dengesinin bozulmasıdır. O halde, “KİYİ HİDRODİNAMİK DENGESİ” nedir? Şekil 2’den de görüldüğü gibi, kıyı sistemine etkiyen bir çok faktör mevcuttur. Hidrolojik olayların bir hidrolojik çevrim içerisinde incelendiği gibi, kıyı ve denizle ilgili olaylarda bu kıyı hidrodinamik dengesi içerisinde incelenmelidir[6].

*Kıyı kullanımında ve planlamada ülkemizdeki ilgili yasalar çalışır duruma getirilmeli ve uygulanmalıdır. Söz konusu yasal düzenlemeler şunlardır.

-3194 Sayılı İmar Kanunu

-2872 Sayılı Çevre Kanunu

-3030 Sayılı Kanun Kapsamı Dışında Kalan Belediyeler Tip İmar Yönetmeliği

-3621 Sayılı Kıyı Kanunu

-07.02.1993 Tarihli Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği

Yukarıdaki konular ele alınıp doğru bir şekilde uygulandığı takdirde kentin ve kıyı bandının devam etmekte olan bozulması ve kirlenmesi önemli ölçüde önlenecektir.

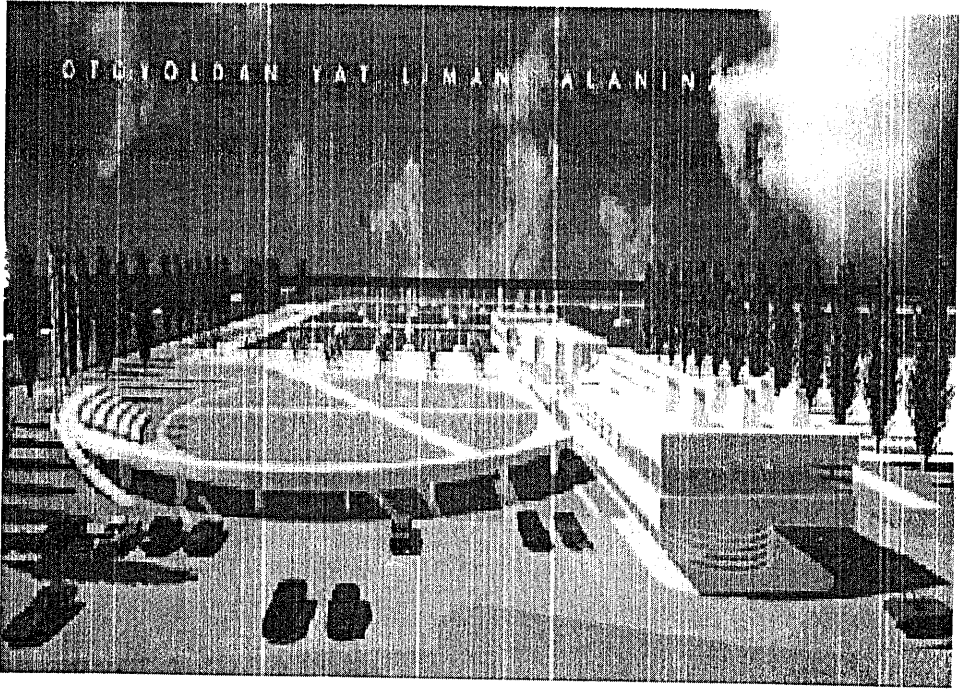
KAYNAKLAR

1. Yüceer, Nilgün Sultan., Mersin Silifke Kıyı Şeridindeki yapılaşmanın Çevreye Etkileri, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği ABD Yüksek Lisans Tezi, Adana, Türkiye, Şubat 1997.
2. Akçura, T., İmar Kurumu Konusunda Gözlemler, O.D.T.Ü. Yayınları, Ankara, Türkiye, 1985, 57. Sayfa.
3. İller Bankası Genel Müdürlüğü, İçme Suyu Projeleri Hidrolojik Raporları, Adana, Türkiye 1985-1993.
4. Çerçi, Serpil., "Kıyı Yerleşimlerinde Fiziksel Çevre Kalitesinin Sağlanması," Türkiye Kıyıları'97 Konferansı, Ankara, Türkiye, 1997, 207. Sayfa

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Yapımına yeni başlanan Rize yat limanı henüz inşaat safhasındadır (Şekil 1). Bitirildiğinde kıyının çehresi değişecektir. Kıyı boyunca Çay bahçeleri, Balık lokantaları, Balıkçı barınakları gibi özel kuruluşlar ile Sanayi sitesi, Karayolları Şube Şefliği, Yeni meyve ve sebze hali, Petrol ofisi ana deposu, Polis evi vb. gibi resmi kurumlar mevcuttur.



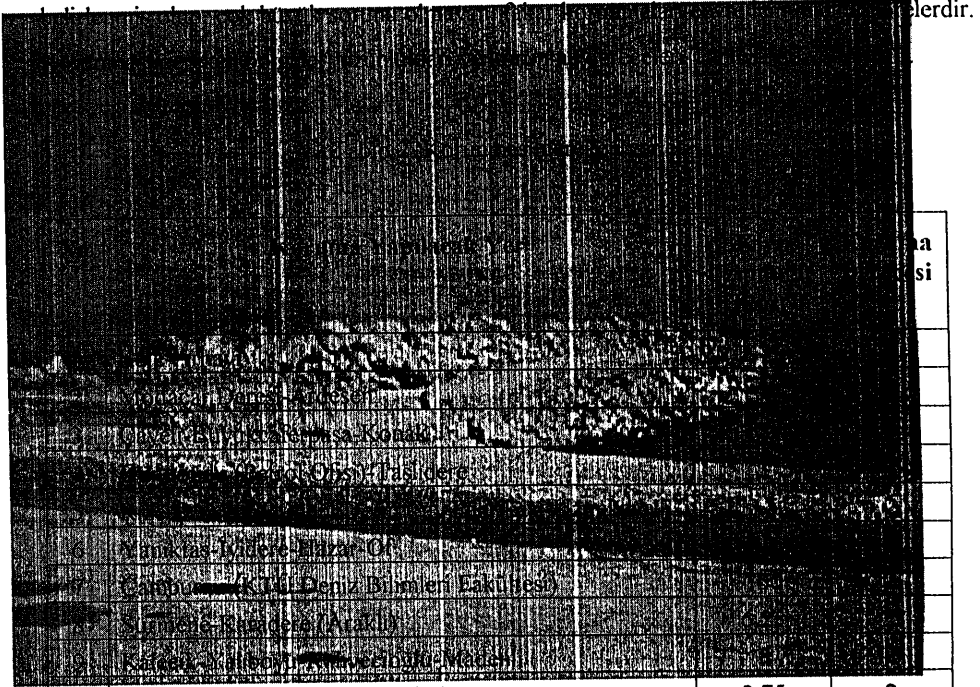
Şekil 1. Rize-Yat Limanının Maket Görünüşü

Hakim dalga yönüne paralel olarak, gerek yeni yapı üzerinde gerekse mevcut kıyı yapıları üzerinde yeni bir etkileşim ve değişim söz konusudur. İyi yönde değişim insanları mutlu, kötü yönde değişim ise, insanları huzursuz edecek onların ekonomik ve ruhsal kayba uğramalarına neden olacaktır.

Bu çalışmada; yukarıda sayılan nedenlerden dolayı, oluşması muhtemel bazı kıyı ve çevre problemlerine şimdiden dikkat çekilmektedir. İşveren ve yüklenici firma durumundaki Rize Belediyesi, kıyıda yapılaşmış resmi ve özel kurumlar ile çevreye duyarlı diğer kişi, kurum ve kuruluşların kıyılarımızı ve çevreyi nasıl korumaları ve bunun için şimdiden hangi tedbirleri alınması gerektiği vurgulanmıştır.

4.3. Üçüncü Derecede Korunması Gereken Yörelər

Bu yörelər ise, kıyı şeridi oluşturmak ve dolayısıyla plajlar meydana getirmek için



10	Arsin Balıkçı Barınağı-Gölcük Ovası	2.75	2
11	Sekil 2, Rize Yat Limanı İnşaatından Bir Görünüş	1	2
12	Trabzon Ziraat Çiftliği-Petrol Ofisi-DSİ	3	1
13	Köy, İzzetleli, Balıkevi, Müdürlük, Kıyısı	0.75	2
14	Trabzonspor Tesisleri-KTÜ Sahil Tesis.-Değirmendere	1.5	1
15	Toplam kıyı uzunluğu yaklaşık olarak 171 Km., nüfusu ise, 55 bin olan Rize'nin belediye sınırları içerisindeki kıyı uzunluğu 17 Km. civarındadır. Bu kıyı boyunca irili ufaklı 122 adet işletme ve tesis bulunmaktadır. Bu dereler bazı yerleşim yerlerinde evsöz atıklar dafil çeşitli sınırlı maddelerle sınırlıdır.	1.6	2
18	Yoroz Burnu Doğu Kesimi	0.3	3
19	Yine kıyı çizgisi boyunca, 7 adet balıkçı barınağı, 1 büyük liman (Rize Limanı) ve antrepo (Çayeli Bakır işletmeleri), 1 adet orta öğretim okulu ve öğretmen Zvi (Ticaret Anadolu	1.25	2
20	Yoroz Burnu (Doğu Kesimi), dolgu alanı ve üzerinde irili ufaklı 300'e yakın dükkan, belediye araç parkı, İtfaiye, 4 adet balık lokantası ve çay bahçesi, 2 adet park, TÇK Şube sefiği, Rize meyve ve sebze hali (İnşaatı devam ediyor), Sınayit Sitesi (yaklaşık 980 dükkan), Rize çay fabrikası, 4 adet orta öğretim okulu ve öğretmen Zvi (Ticaret Anadolu	1.25	2
21	Eskiye Kıyısı	1.25	2
22	Bulancağ-Küçükveçirice Burnu	1.25	2
23	Ticaret, Çay ve Turizm ve Otelcilik, Anadolu Turizm ve Otelcilik Lisesi vb.), 1 adet çay fabrikası, 4 adet benzin istasyonu (bir tanesi denize sıfır), 1.25	1.25	2
25	Akcağaç, Bolaman-Bolaman İmkanı-Faşa-Unye-Terme	60	3

5. KIYI KORUMA YAPILARI

YAPIMINA YENİ BAŞLANAN RİZE YAT LİMANININ KIYI VE ÇEVRE ETKİLEŞİMİ

Kıyılara olumsuz müdahalelerle bozulan kıyı hidrodinamik dengesi sonucu oluşan tahribatları önlemek, olumsuz etkilerini en aza indirebilmek için çeşitli yapılar yapılmaktadır. Bunları başlıca direkt yöntemler ve dolaylı yöntemler olarak ikiye grupta toplayabiliriz[6].

5.1. Direkt Yöntemler

ÖZET

Önceleri, kıyıya paralel yapılmakta olan taş dolgular dik yüzeyli, yatık yüzeyli, daire Doğu Karadeniz Bölgesinde önceleri, ekonomik nedenlerle ve kıyı koruma amacıyla balıkçı barınakları, kıyılar ve deniz kenarları için sıkça uygulanmaktadırlar.

Hem yapımları hem de hasar görmeleri durumunda onarımları basittir. Bazı tipleri dalga Günümüzde ise, hayat standardının yükselmesine paralel olarak mevcut kıyı yapılarını tamir ve dağıtım işlemleri yapılmakta ve dalga tırmanmasını ve taban erozyonunu en aza indirirler fakat bu yapılar denizle halkın ilişkisini kesmektedirler. Bazı

Ülkemizin Sarp sınır kapısı ile dış dünyaya, Karadenizin yayla turizmine atılmasında dalga çemurşinin karşısına geçmesiyle bir yandan karşılaştıkça Rize'de de turizm faaliyetlerinin artmasına neden olmuştur.

sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Daha sonra kıyı koruması ve geliştirilmesi için mahmuzlar ve tahkimat yapıları yapılarak Rize'de de turizm Bölgesinin faaliyete geçmesiyle işadamları da gelmektedir.

Böyle bir potansiyele cevap vermek için, Projesi Rize Belediyesi tarafından KTÜ, Müh. Mim. Fak. İnş. Müh. Bölümü Hidrolik Anabilim dalındaki araştırmacılar hazırlanarak Nisan 1998 ' de Rize Yat Limanı inşaatına başlanmıştır.

b. "L" mahmuzlar

Bu makalede henüz inşaat safhasında olan yat limanının Rize' ye getireceği yararların tahmini ve çevre etkileşimi incelenmiş, alınması gereken çevresel tedbirler belirlenmiştir.

d. açık deniz mendirekleri olarak sıralanabilir.

5.1.1. Mahmuzlar

(1) K.T.Ü., Rize Meslek Yüksek Okulu İnşaat Bölümü Öğretim Üyesi

Kıyılarda inşa edilen mahmuzlar, kıyı boyu katı madde hareketini engellemek, miktarını azaltmak, kıyıya malzeme yığılmasını önlemek ve yeni bir kıyı çizgisi veya koruyucu

(2) O.G.Ü. Mühendislik Fak. İnş. Müh. Bölümü Öğretim Üyesi yapılarıdır. Memba tarafından malzeme hareketini azaltıp, liman ve balıkçı barınaklarının dolmalarını önlemek
Tel : 0 222 239 28 40 / 211, Fax : 0 222 229 05 35,
amacıyla kullanılmaktadır.

YAPIMINA YENİ BAŞLANAN RİZE YAT LİMANININ KİİY VE ÇEVRE ETKİLEŞİMİ

M. Ufuk TURAN

Yrd. Doç. Dr.

Bölüm Başkanı, O.G.Ü. Mühendislik Mim. Fak. İnş. Müh. Bölümü Öğretim Üyesi
RİZE, TÜRKİYE

Veli SÜME

Doktor

Bölüm Başkanı, O.G.Ü. Mühendislik Mim. Fak. İnş. Müh. Bölümü Öğretim Üyesi
RİZE, TÜRKİYE

ÖZET

Doğru Karadeniz Bölgesinde öncelikli ekonomik nedenlerle ve kıyı koruma amacıyla balıkçı barınakları, liman ve menhirler inşa edilmiştir. Günümüzde ise, hayat standartlarının yükselmesine paralel olarak mevcut kıyı yapılarının turizm amaçlı yat limanları inşa edilmesi eklenmiştir. Ülkemizin dış pazarla sınır kapısı ile dış dünyaya Karadeniz'in kıyı turizmine açılması ve turizmin geliştirilmesi için bir yarı köşesi olan Rize'de de turizm faaliyetlerinin artırılması hedeflenmektedir. Yöreyle gelen yerli ve yabancı turizm yatırımcılarının yanı sıra Rize Serbest Bölgesinin faaliyete geçmesiyle işadamları da gelmektedir. Böylece bir potansiyelle cevap vermek için Projesi Rize Belediyesi tarafından KTÜ, Müh. Mim. Fak. İnş. Müh. Bölümü Hidrolik Anabilim dalındaki araştırmacılar tarafından hazırlanarak Nisan 1998 'de Rize Yat Limanı inşaatına başlanmıştır. Bu makalede henüz inşaat safhasında olan yat limanının Rize, ve gelecekteki yararları ve çevre etkileşimi incelenmiştir alınması gereken çevresel tedbirler belirtilmiştir.

oluşturmuştur. Bu problemlerin büyüklüğü, şekli, türü ve oluşturduğu zararların boyutları, yörenin iklimine, coğrafi ve jeolojik yapısına dolaylı veya dolaysız olarak bağlıdır.

Son yıllarda kıyılarının korunması ve geliştirilmesi çalışmalarının önemi artmıştır. Kıyı koruma yapıları önceleri kıyıya paralel ve kıyı bağlantılı olarak ; kıyı duvarları ve kıyı dolguları şeklinde gelişmiş, daha sonraları ise bu yapılardan vazgeçilmiş ve daha yumuşak çözümlerden olan kıyıya dik yapılar ve açık deniz mendirekleri, düz ve "T" mahmuzların uygulama alanları artmıştır (5).

2.2. Çevre Problemleri ve Çevrenin Korunması

Çevre, canlı ve cansız varlıkların bir arada bulundukları, birbirlerini karşılıklı olarak etkiledikleri ve birbirlerine karşılıklı olarak ihtiyaç duydukları ortamdır. İnsanın çevresi sadece içinde bulunduğu yer değil bütün dünyadır.

Çevre kirliliğine insanlar sebep olurlar ve doğanın dengesini bozarak çevre problemlerini artırır. Bu problemlerin başında hava, su ve toprak kirliliği (erozyon) gibi kirlilikler gelir. Sonra ormanların yok olması gibi doğal kaynakların tükenmesi gelir ki, bunun neticesinde havada aşırı karbondioksit birikmesi neticesinde oluşan sera etkisi gelir.

Çevrenin korunması için yapılacak ilk iş tutumlu olmakla başlar. Savurganlığın çevreye en çok zarar veren bir unsur olduğu unutulmamalıdır. İkinci iş ise doğayı sevmektir. Böylelikle elimizde bulunan tabii değerleri korumuş ve onları emanet aldığımız (6,7)

2.3. Rize Yat Limanı Civarında Kıyı ve Çevre Durumu

Yapımı devam eden Rize yat limanının bulunduğu sahile 4 adet küçük dere akmaktadır. Bu derelere az da olsa evsel atıklar ve kanalizasyon suyu karışmaktadır. Yine aynı civarda Rizenin atık su tasfiye tesisi kollektörleri ve derin deniz deşarj sistemi mevcuttur. Kıyıda bulunan çay bahçeleri kullanılmış suları denize bırakmaktadırlar. Ayrıca sahilde yer kazanmak amacıyla yapılan deniz dolgu çalışmaları devam etmektedir. Dolgu için inşaat hafriyatlarının yanı sıra çöp de kullanılmaktadır. Bu gibi olumsuzluklar dan dolayı şu anda deniz ve çevre kirliliği söz konusudur.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak; bu çalışma hazırlanmasında başta, Rize Belediyesi ve Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü gibi büyük resmi kuruluşlar olmak üzere , diğer küçük resmi ve özel kuruluşlar tek tek ziyaret edilerek yat limanının neler getireceği neler götüreceği konusunda aydınlatılmaya çalışılmıştır. Yerli basın ve yayın bilgilendirilerek konuya kıyı ve çevre açısından duyarlı hale getirilmiştir.

Zaman zaman kıyı ve çevre ile ilgili programlar hazırlanmış ve halkın da bilgilendirilmesi sağlanmıştır. Neler yapılması, ne gibi tedbirlerin alınması gerektiği aşağıda aşağıda öneriler şeklinde verilmiştir.

Bu bağlamda neleyi konu alan içerisinde katımadde biriktirme oranı üzerindeki etkisi,

diğer parametrelerin yanında çok azdır. Dalgakıran aralığı, seri tasarımıda önemli bir

1. Deniz dolgu çalışması yapımında süratle çöp dolgu yapılması yöntemi faktörüdür. Birli-yöre diğer tasevulanar serb dalgakar huzavur bir sistem şeklinde çalışabilmesi için,

2. Rize limanından Rize'nin çıkışına kadar olan sınırlı mahallimiz veya açık deniz

dalgakürümleri, sistem olarak çalışmaları uzatlaşıp, tekni olarak çalışmaya başlayacaktır.

Böylelikle mevcut dolguda korunmuş olacaktır. Şu anda dolgu alanının korunması için yapılan kıyıya paralel olarak yapılan kıyı duvarı (sert çözüm)

Bu sınırlar dikkate alınarak, dalgakıran aralığı $0.75 < B/G < 1.25$ sınırları a

Yine eldiver 101-130 aralığında dalgaların rastlarenin katmanında varlığına ve üzerinde

3. cümlede [19] Bu sınıflar içinde dalgakıran tesliş grubu, katı madde yitkimesi veizerinde kıyıdaki vapurlar için özel tasfiye tesisi yapılmalıdır. fazla bir etkisi olmadığı görülmüştür. Dalgakıran aralığı, katımadde biriktirme oranı üzerinde

İtkenin birdenparması ile ölçünce dalgalıdır. Boyu pilsuvarındır holakak bağışın edeb Basi oran $B=G$ bağlanmalıdır.

5. Yat limanı civarında bulunan evlerdeki hayvan ahırları şehir dışına çıkarmalı, gerekirse onlar kapatılmalıdır.

5.2. Dolaylı Yöntemler

6. Yat limanı civarında yapılacak olan eğlence yerleri için şimdiden plan yapılmalı, bunların çevreye vereceği (gürültü kirliliği, çevre kirliliği vb. gibi) kirliliklerin önüne geçmek için alınacak önlemler de aşağıdaki gibi sıralanabilir.

7. Kordon boyunca iyi bir ışıklandırma yapılmalı, araç trafiği ile kordon arasına konan ünitelerin birbiri gibi kuruyapılaşıkla gecek şimşimlere göre planlanması

b. Kıyılardan kum-çakıl alınmasının bir düzene sokulması veya bazı yörelerde tamamen önlenmesi

c. Kıyı yapılarının bir tarafında depolanmış kum-çakılın, öbür taraflarına taşınması

1) Döner Paçay besleme yoluna girilmesi, Rize Yat Limanı ve Barınma Yeri Hesap Raporu , Mart 1998, Rize, 45 Sayfa.

2) KTÜ, Müh. Mim. Fak. İnş. Müh Böl. Hidrolik Araştırma Gurubu (IIAG),
Proje Kurum, Trabzon, 1998.

3) SÜME, Veli, Deniz Yapılarının Dinamik Projelendirilmesi ve Stabilité Etüdü, Yük.Lis.Tezi, KTÜ, Fen Bil.Ens, Trabzon, 1992.

4) Rize Belediyesi Fen İşleri Müdürlüğü, Rize, 1998

5) Yapılan çalışmaların, Bölgedeki Kumçaklı Kötanisiyle ilgili Su Kısıtlı Olabilir Oluşturulmasında Mahmuz ve Acık deniz Mendireklerinin Etkisinin kadardır. Ancak buna rağmen deniz tahribatının olduğu da bir gerçektir. Habula asıl amaç; Araştırılması, KTU, MMF, İnş. Muh. Hidrolik Lab., Trabzon, 1993, 41 Sayfa

hem kıyı yapılarından hem de kıyı malzemelerinden maksimum düzeyde faydalanmak hem de

6) ÖNSOY, Hızır, Kıyı ve Liman Müh. Ders Notları, Trabzon, 1993, 55 Sayfa.

kıyının hidrodinamik dengesini korumaktır. Bunu sağlayabilmek için alınması gereken

7. SÜME, Yalı Öleme Bilgisi (Topoğrafya), Birsen Y.evi, Rize, 1998, 375 Sayfa
Önemli aşağıda sunulmuştur.

1. Kıyılardan kum-çakıl alımları düzenlenmelidir. Gelişigüzel olması önlenmelidir. Kum-çakıl alımları sahilden belli mesafelerde ve belli derinliklerde olmalıdır.

2. Kıyılardan kum-çakıl alımı konusunda Üniversiteler gibi uzman kurumlarla işbirliği yapılmalıdır.

3. Kıyılardan kum-çakıl alımı gün artmakta olan çarpık ve kaçak yapılaşmaya önüne geçilmesi için gerekli alanları kıyılardan uzaklaştırılmalıdır.

4. Kıyılardan kum-çakıl alımı ve kum-çakılın bozgeçirilmesi için gerekli hidrodinamik analizler yapılarak uygun kurulumlar yapılmalıdır.

5. Kıyılardan kum-çakıl alımı için gerekli alanları kıyılardan uzaklaştırılmalıdır.

6. Kıyılardan kum-çakıl alımı için gerekli alanları kıyılardan uzaklaştırılmalıdır.



7. Gerekli olan yerlerde yapay besleme yoluna gidilmelidir.

Şekil 3. Rize Yat Limanının Genel Görünüşü (Bilgisayar Uyarlaması)

1.2. Rize Yat Limanının Yeri

Rize yat limanı Rize - HopKAYNAKLAR4.Km. sinde Bağdatlı mahallesi ile Portakallık mahallesi arasındadır. Balıkçı barınaklarının bulunduğu yere inşaa edilmektedir. Burası sahilin en dar yeri olup yapılaşma alanıdır. Üzeri çay bitkileri ile örtülü, dağlar silsilesi hemen yükselir ve dikleşir. Bu sebeple adeta yeşil ile mavinin buluştuğu, en güzel güneş batımının izlendiği ender yerlerden biri konumundadır (Şekil 3).

1. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Türkiye Akarsularının Sediment Gözlemleri ve Sediment Tasınım Miktarları, 87-44, EİE Yayınevi, Ankara 1987.

1.3. Proje İçerisinde Genel Bilgiler

2. Yüksek Ö. Balıkçı Barınaklarının Dolma Sürecinin Araştırılması ve Uygun Proje Ölçütlerinin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, KTU Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1992. İçerisinde bulunması planlanmaktadır (b). Keşif bedeli 1998 birim fiyatları ile 928.200.000.000 TL. dir. (Şekil 4). Ayrıca 275 metre uzunluğunda, -3.00 metre derinliğinde bir kıyıda balıkçı barınakları olacak planlanmıştır.

3. Orhan, F., Doğu Karadeniz Akarsularında Süzütü Maddesi Hareketi ve Miktarının Etüdü, Yüksek Lisans Tezi, KTU Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Temmuz 1995.

Dalgakıran kesitleri belirgin dalga özellikleri $H=5.5$ metre, $T=8.66$ sn. ve etkin ön köşer (N) olarak tanımlanmıştır. Enilimyeri kararla kalmaması için dalga yüksekliği yüksek kaynaktan (1) alınmış olarak kabul edilmiştir. Limanda -3.00 ve -4.00 metrelik rıhtımlar

çekek yeri ve travel lift rıhtımı iskeleler ise, 2 x (100 x 2.5) yüzer iskele olarak projelendirilmiştir (2,3).



Şekil 4. Rize Yat Limanı Şantiye Bilgileri

Projede yat limanı üzerinde Ana Servis Binaları, İdari Binalar, PTT, Banka, Sağlık Merkezi, Gümrük Binası, Turizm Bürosu, Kafeterya, Restaurant, Yat Kulübü, Yükleme Alanı, Otopark, Oyun Alanı, WC, Çamaşırhane, Balıkçı Barınağı, Antik Tiyatro, Akaryakıt İstasyonu ve Sintini Boşaltma yeri mevcuttur. Yörede yapılan yapılar ve sondaj çalışmalarından dolayı temel zemininin taşıma gücü açısından sağlam nitelikte olduğu, taşıma gücü ve oturmalar açısından sorun yaratmayacağı ilgili idare (4) tarafından söylenmiş olup yapı 4. derece deprem bölgesindedir.

2. KIYI VE ÇEVRE ETKİLEŞİMİ

2.1. Kıyı Problemleri ve Kıyılarının Korunması

Kıyı denildiğinde deniz ile karanın birleştiği çizgi anlaşılır. Bu çizgi bazı durumlarda çok geniş bazen de çok dardır. Hangi halde olursa olsun deniz ile kıyıların yüzyıllar boyu oluşturmuş olduğu denge, insanların sonradan müdahalesi sonucunda değişmiş ve kıyılarda aşınma, dolma, kıyı ilerlemesi, veya gerilemesi şeklinde problemler

**THE REGIONS IN EAST BLACK SEA COAST NEED TO BE PROTECTED
AND THE STUDY OF SHORE PROTECTION CONSTRUCTION**

ABSTRACT

In the region, the main road has been built by filling the sea and it has been built very close to the coastal line. Before the construction of the road, incoming waves breaking on shore with mild slope, after construction, reflect as a result of knocking again roads and revetments. Thus, the existing energy of the waves increases further, coastal sediment is transported foreshoreward and equilibrium of the coast is destroyed. On the other hand, it is continued taking considerable amount of sand and gravel from the coast and near the coast.

In this study, taking the interaction between the coastal road and sea into consideration, the classification of the region, according to the priority in terms of erosion, identifying the parameters by performing wind and wave analysis, hydrographic studies, the existing sediment state and possible potential in the region, the studies concerning protective construction which will be able to be used are performed. As coastal protective constructions, offshore harbors and groins have been considered.

DÜZ MAHMUZ PARAMETRELERİNİN BİRİKTİRME ORANINA ETKİLERİ VE SAYISAL MODEL YAKLAŞIMI

İsmail Hakkı ÖZÖLÇER

Arş. Gör. Dr.

KTÜ-MMF İnş. Müh. Böl.

Trabzon, Türkiye

Ali Remzi BİRBEN

Arş. Gör. Dr.

KTÜ-MMF İnş. Müh. Böl.

Trabzon, Türkiye

Hızır ÖNSOY

Prof. Dr.

KTÜ-MMF İnş. Müh. Böl.

Trabzon, Türkiye

ÖZET

Dünyada, Üniversiteler ve çeşitli araştırma merkezlerinde, kıyı koruması, kıyı çizgisi değişimi, katımadde taşınımı gibi konularda, matematik yöntemlerle çözümün yanı sıra, deneysel çalışmalar da yapılmaktadır. Genelde, kıyı çizgisi ve dalga mekaniği problemleri çok karmaşık ve özel problemlerdir. Henüz bu konularda kullanılan matematiksel ifadeler yeterli değildir. Bu yüzden, bu tür bir problemin çözümünde bir model yaklaşımı da kullanmanın yararları büyüktür. Model çalışması beraberinde bazı hatalar getirse bile, bir çok problemin çözümünde başarı ile uygulanmaktadır. Kıyıların korunmasında ve kıyı boyunca hareket halindeki malzemenin tutulmasında mahmuzlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada, düz mahmuz parametrelerinin kıyı korumasına ve katı madde tutulmasına etkileri deneysel olarak 3 boyutlu deney havuzunda incelenmiştir. Burada, kıyıya dik olarak inşa edilen mahmuzların çeşitli durumları için kıyıya etkileri incelenmiştir. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin özel şartlarına göre, bir mahmuzun boyutları (boy, ve aralık) ne alınırsa, en fazla biriktirme sağlanabilir, bunun araştırılması yapılmıştır.

1. AMAÇ

Uzun bir kıyı şeridine sahip ülkemizde, kıyılar ve kıyı yapıları ile ilgili çalışmalar, İnşaat Mühendisliğinin önemli uygulama alanlarından olmuştur. Dalgaların karmaşık yapıda olması ve mekanizmasının tam çözülemediği olması kıyı yapıları ile ilgili çalışmaları zorlaştırmaktadır. Bir kıyı yapısı tasarımının sadece yapının şekli, yeri ve boyutları ile sınırlı olmadığı görülmektedir. Kıyı yapısının sadece statik olarak yerinde kalması yeterli değildir, yanı sıra görevini ekonomik şekilde gerçekleştirmelidir. Çevreye etkisi az olmalı, akıntıları etkilememeli, ekolojik dengeyi bozmamalıdır. Bir kıyı yapısının planlanması, bir çok faktörü kapsayan ve optimum çözümü amaçlayan geniş bir çalışmadır. Çalışmada, düz mahmuz parametrelerinin kıyı koruması ve katı madde tutulmasına etkileri deneysel olarak 3 boyutlu model havuzunda incelenmiş ve yanı sıra bir sayısal model çalışması da gerçekleştirilmiştir. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin özel şartlarına göre, bir mahmuzun boyutları (boy, ve aralık) ne alırsa, en fazla biriktirme sağlanabilir, bunun araştırılması yapılmıştır.

2. MODEL ÇALIŞMALARI

2.1. Fiziksel Model Çalışmaları

2.1.1. Model Ölçeğinin Seçimi

Bir problemi laboratuarda incelemek için bazı büyüklüklerin belli ölçeklerde küçültülmesi gerekir. Model ölçeği seçimini etkileyen faktörler, yapılan işin cinsi, laboratuvar düzeneğinin durumu, kullanılan malzemenin uygunluğu gibi etmenlerdir. Burada, 30*12*1.2 m ebadında üç boyutlu bir model havuzunda çalışılmıştır. 1/50-1/150 arasında bir model ölçeğinin uygun olacağı, daha önceki çalışmalardan anlaşılmaktadır. Havuzun boyutları, çalışılacak sürelerin uzunluğu, $\lambda=1/75$ ölçeğinin kullanılması ve distorsiyonsuz modelle çalışmasının daha uygun olacağını ortaya koymuştur[1].

2.1.2. Dane Çapı Ve Taban Eğiminin Seçimi

Yapılan çalışmalara göre, Doğu Karadeniz bölgesinde ortalama dane çapı $d_{50}=0.33$ mm civarında bulunmaktadır [1]. Seçilen model ölçeğine göre ($\lambda=1/75$), modeldeki dane çapı $d_{50}=0.112$ mm olmalıdır[2]. Kullanılmakta olan kumun ortalama dane çapı ise $d_{50}=0.16$ mm'dir. Bu boyut tam model çapını karşılamasa bile, yakın bir yaklaşım sağlayacaktır. Önceki çalışmalara göre, Doğu Karadeniz'de ortalama taban eğimi 1/23-1/30 arasındadır[1]. Çalışmada, ortalama yöreyi temsil edebilecek şekilde taban eğiminin 1/25 alınmıştır.

2.1.3. Dalga Yüksekliği, Periyodu Ve Yönünün Seçimi

Bölgenin ortalama belirgin dalga, yüksekliği 1.5-4.5 m, periyodu 4.5-8.0 sn, yönleri N, NNW ve NW olduğu ve dikliği (H_0/L_0) 0.04 kadardır[1][3]. Deneylerde kullanılmak üzere dalga, yüksekliği $H=2.5$ ve 4 m, periyodu $T=6$ ve 7.5 sn, açısı $\alpha=15^\circ$ ve 30° seçildi. Bu değerlerden, dalga dikliği (H_0/L_0) 0.028 ve 0.045 olarak elde edildi[4]. Geometrik büyüklükler için Froude sayısı esas alınmıştır. Froude sayısından yola çıkarak aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\left[\frac{V^2}{g \cdot L} \right]_p = \left[\frac{V^2}{g \cdot L} \right]_m \quad (1)$$

$g_m/g_p=1$ olacağından, model ölçeği, dalga yüksekliği ve periyodu da aşağıdaki gibi bulunur.

$$\left[\frac{V_m}{V_p} \right]^2 = \frac{L_m}{L_p} = \frac{1}{75} = \lambda \quad (2)$$

$$\frac{H_m}{H_p} = \lambda \quad (3)$$

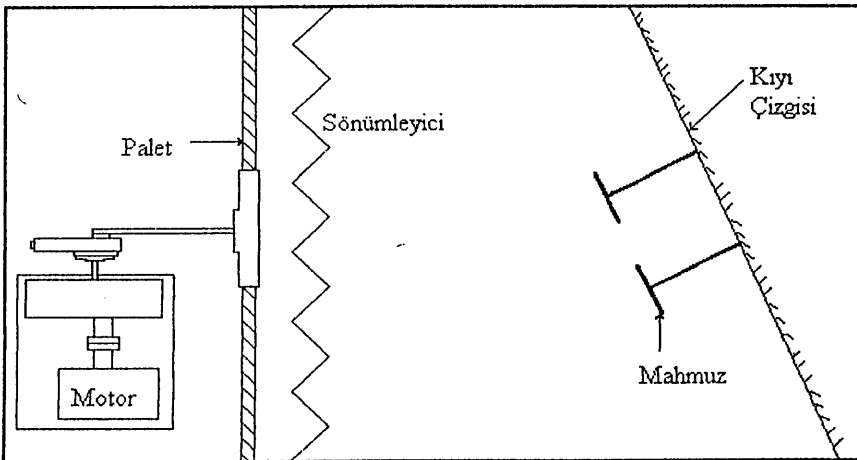
$$\frac{T_m}{T_p} = \frac{(L_m/V_m)}{(L_p/V_p)} = \frac{\lambda}{\sqrt{\lambda}} = \sqrt{\lambda} \quad (4)$$

Deney çalışma süresi 4 saat düşünülmüştür. 4 saat, gerçekte 35 saat etmektedir. Çalışmada, mahmuzların optimum boyutları belirlenmek istendiğinden ve bütün deneylerde aynı süre kullanılacağından, çok uzun süreli deney süresi alınmasına gerek görülmemiştir.

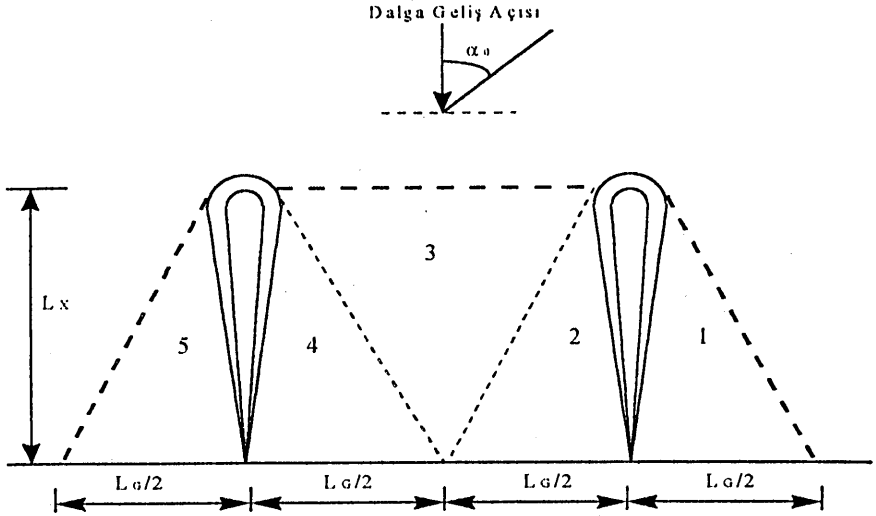
2.1.4. Model Havuzu Donanımı ve Deney Düzeneği

1.2*12*30 m ebadındaki model havuzunda, ölçüm sistemi, dalga üreten bir motor, motor hızını ayarlamak için kullanılan değişken redüktör, sabit hız düşürücü dişli kutusu ve palet sistemi bulunmaktadır(Şekil 1). Dalga yüksekliğini ölçmek için, gerilim farklarını ölçen bir cihaz kullanılmıştır. Havuz içine yerleştirilen prob denilen uçlar sayesinde gelen gerilim farkları belirli oranlarda büyütülerek, yazıcıya gönderilmesi ile dalga yükseklikleri hassas bir şekilde ayarlanmıştır.

Kum havuza serildikten sonra 1/25 seçilen taban eğimi nivo ile ölçülerek oluşturuldu. Kıyı çizgisi, dalga gelme açısına uygun olarak düzenlendi. Mahmuzlar civarındaki dolma ve oyulmaları belirlemek için, havuzun kenarlarında, 25*25 cm'lik bir ölçüm ağı oluşturuldu. Deney başındaki kum derinliği (h_1) ve deneyden sonra aynı noktadaki kum derinliği (h_2) ölçülerek iki okuma arasındaki fark bulunmuştur. Farkın pozitif olması dolmayı, negatif olması oyulmaya göstermektedir[4]. Bu ölçümler mahmuzlar arkasındaki koruma bölgesi olarak adlandırılan kısımda yapılmıştır(Şekil 2).



Şekil 1. Model havuzu donanımı



Şekil 2. Düz mahmuz ölçüm bölgeleri

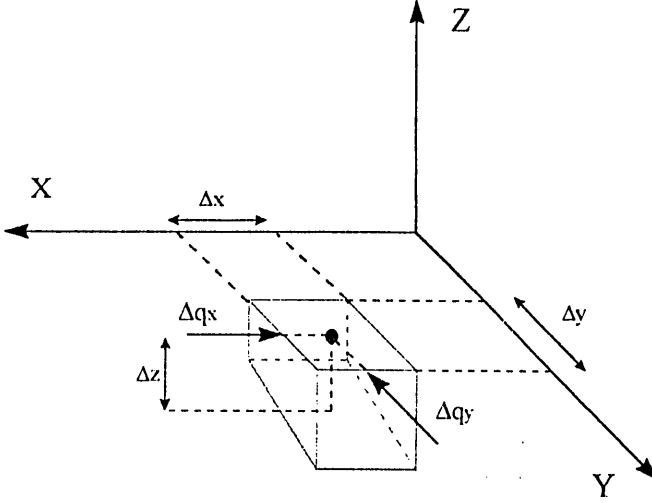
2.2. Sayısal Model Çalışmaları

Sayısal model için literatürde geçmekte olan bazı modeller incelenmiştir. Bu modeller sadece kıyı çizgisinin değişimini dikkate alan one-line model ve bütün taban konturlarının değişimini dikkate alan n-line model bunlardan en bilinenleridir. Çalışmada, sadece kıyı çizgisi değişiminin yeterli olmamasından, mahmuzlar arasında kalan bütün noktalarda değişimin hesaplanması için, nokta nokta kıyı değişimini hesaplayan bir sayısal model geliştirilmiştir. Sayısal modelde kullanılan ve en genel halde kıyı değişimini gösteren süreklilik denklemi aşağıdaki gibidir(Şekil 3).

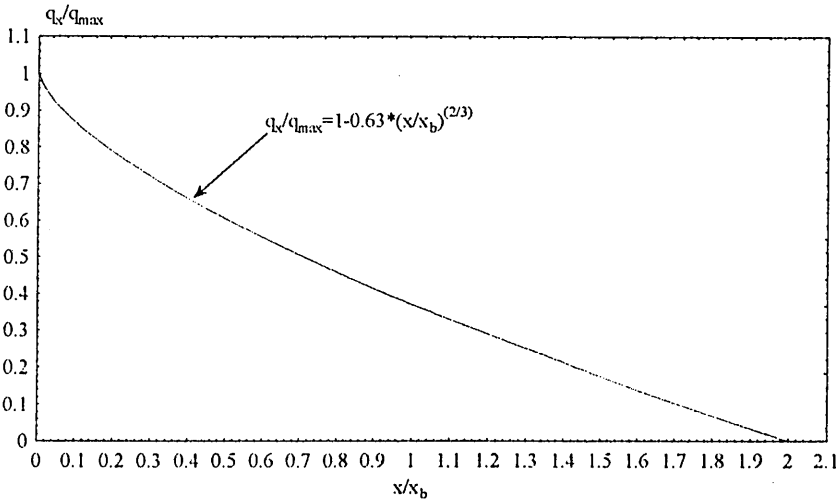
$$\frac{\partial z}{\partial t} = \frac{\partial q_x}{\partial y} + \frac{\partial q_y}{\partial x} \quad (5)$$

Çalışmalardan kıyıya paralel katımadde hareketinin kıyıya dik yayılışının exponansiyel (Rayleigh Dağılımı) olarak değiştiği görülmektedir[5]. Taşınımın maksimum olduğu nokta, $q_x/q_{max}=1.0$ olduğu durumdur. Bu noktayı Watanabe $0.53 < X/X_b < 0.85$ olarak vermekte ve ortalama bir değer olarak, $X/X_b=0.7$ değerini göstermektedir. Burada X, kıyıdan herhangi bir noktanın mesafesi, X_b ise, kırılma noktası mesafesidir. CERC denkleminde ise, $X/X_b=0$ olduğu nokta kullanılmıştır[6][7][8]. Çalışmada, $X/X_b=0$ ve $X/X_b=0.7$ noktalarında debinin

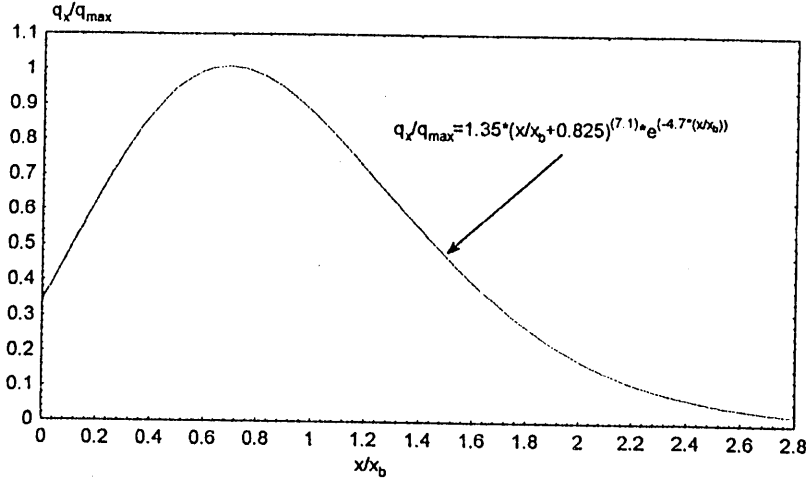
maksimum olduğu iki denklem sayısal modelde kullanılmıştır(Şekil 4, 5). Kınılma anındaki dalga yüksekliği, sıkışma, sapma ve kırınım katsayıları bulunduktan sonra hesaplanabilir. Bu dalga yüksekliği hesaplandıktan sonra, yukarıda verilen denklemlerde yerine konularak Q_x hesaplanmakta ve kıyıboyu taşınımının kıyıya dik yayılışı için verilen denklemlerden istenilen X mesafesindeki taşınım hesaplanabilmektedir.



Şekil 3. Sayısal modelin fiziksel ifadesi



Şekil 4. $X/X_b=0$ için kıyıya paralel taşınımın kıyıya dik yayılışı



Şekil 5. $X/X_b=0.7$ için kıyıya paralel taşınımın kıyıya dik yayılımı

2.2.1. Kıyıya Dik Taşınım Formülü

Sayısal modelin oluşturulmasında literatürde, kıya dik taşınım debisi için geçerli olan ve en bilinen formüllerden biri kullanılmıştır. Burada, U_r Ursel parametresi, Ψ Shields parametresi ve W_0 çökme hızını olarak aşağıdaki formül kullanılmıştır[5][9]:

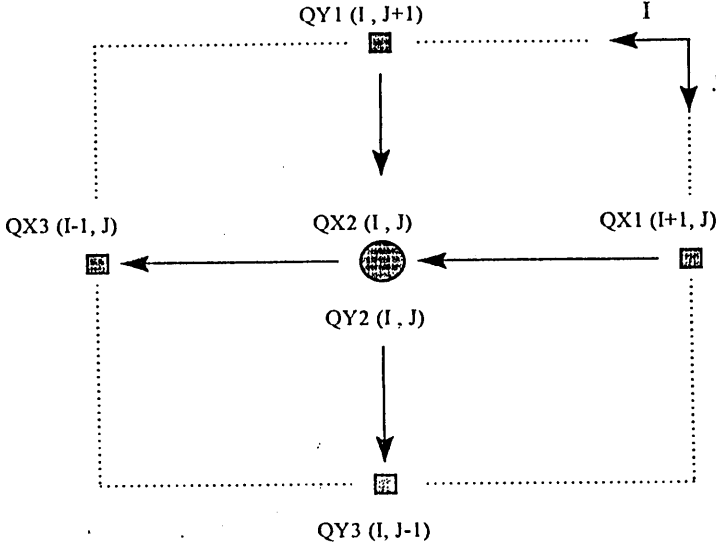
$$q_{net} = -1.15 \cdot 10^{-7} \cdot \omega_o \cdot d_{50} \cdot U_r^{0.2} \cdot \psi \cdot (\psi - 0.13 \cdot U_r) \quad (6)$$

2.2.2. Kıyıya Paralel Taşınım Formülü

Kıyı boyu taşınım için, sırası ile CERC formülü [10] ve Kamphuis'un formülü kullanılmıştır[11][12]. Burada H dalga yüksekliği, T periyodu, α açısı, C_g dalga grup hızı, m taban eğimi, d_{50} ortalama dane çapı, a_1 ve a_2 katsayıları ve b kırılma anını göstermektedir.

$$Q = \left[H^2 \cdot C_g \right]_b \cdot \left\{ a_1 \cdot \sin 2\alpha_b - a_2 \cdot \cos \alpha_b \cdot \frac{\partial H}{\partial x} \right\} \quad (7)$$

$$Q = 0.00203 \cdot H_b^2 \cdot T^{1.5} \cdot m^{0.75} \cdot d_{50}^{-0.25} \cdot \sin^{0.6}(2\alpha_b) \quad (8)$$



Şekil 6. Sayısal modelde bir noktada etkili olan taşınım debileri ve pozitif yönleri

2.2.3. Sayısal Modelin Bilgisayar Uygulaması

Formüllerle kıyadaki değişiklikleri hesaplayabilmek için oluşturulan sayısal modelin bilgisayar uygulaması yapılmıştır. Çalışılan alan karelere bölünmüş ve formüllerden her karedeki taşınım miktarı hesaplanmıştır. Bir noktadaki taşınım, 5 tane noktanın taşınım miktarından hesaplanabilmektedir. Debiler ve pozitif taşınım yönleri Şekil 6'da gösterilmektedir. QX1, QX2 ve QX3 kıyıya paralel taşınım, QY1, QY2 ve QY3 ise kıyıya dik taşınım debileridir. Bu noktadaki toplam debi, işaretleri ile bu 6 debi miktarının toplamı sonucu elde edilmektedir. Debi elde edildikten sonra ise dolma yüksekliği bulunmaktadır.

3. İRDELEME

3.1. Deney Sonuçları

Daha önceki çalışmalardan, düz mahmuzlar için mahmuz boyu (L_x) ve mahmuzlar arası uzaklık (L_G)'nin temel mahmuz parametreleri oldukları görülmüştür. Mahmuz boyunun ve

aralığının dolma miktarına etkisi araştırılmıştır. Daha sonra, dalga parametrelerinin (dalga geliş açısı, yüksekliği ve periyodu) etkisi incelenmiştir. Deney sonuçlarının değerlendirilebilmesi için bir dolma miktarı parametresi tarif edilmiştir[5].

$$R = \frac{D \cdot A_k}{A_m \cdot h_m} \quad (9)$$

D mahmuz koruma alanındaki toplam dolma yüksekliği (cm), A_k oluşturulan ölçüm ağındaki bir karenin alanı ($A_k = 25 \cdot 25 = 625 \text{ cm}^2$), A_m toplam mendirek koruma alanı (cm^2), h_m mendirek önü derinliğidir(cm). A_m , yamuk alanının hesabında Şekil 2 incelenirse, a değeri için, $a=L_G$ ve $c=2 \cdot L_G$ olarak alınmaktadır. Her koruma bölgesindeki karelej noktalarında ölçüm yapıldığına ve ölçüm sayısı n olduğuna göre, toplam koruma alanı, bir karenin alanının n katı olarak bulunur. Sonuç aşağıdaki gibi olur.

$$A_m = \frac{(a+c) \cdot h}{2} = \frac{(3 \cdot L_G) \cdot L_X}{2} = n \cdot 25 \cdot 25 = n \cdot 625 = n \cdot A_k \quad (10)$$

$$R = \frac{D \cdot A_k}{A_m \cdot h_m} = \frac{D \cdot A_k}{n \cdot A_k \cdot h_m} = \frac{D}{n \cdot h_m} \quad (11)$$

3.1.1. Mahmuz Uzunluğunun Dolma Miktarı Parametresine Etkisi

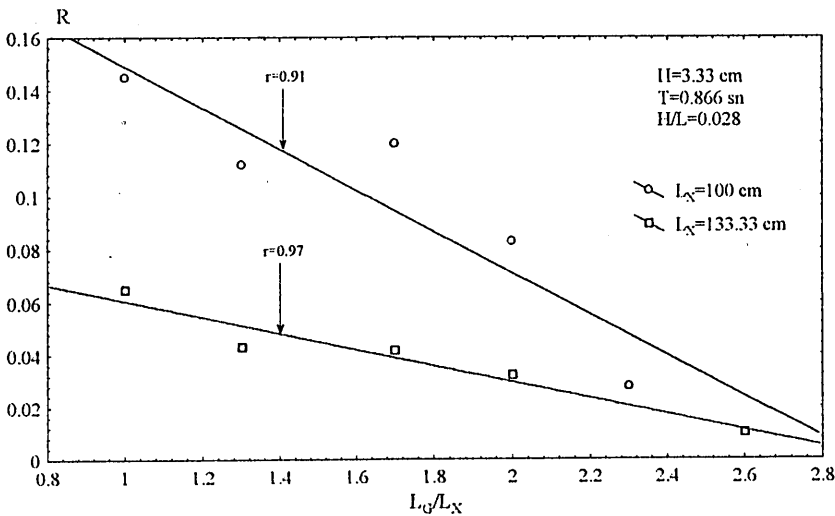
$H_1=3.33 \text{ cm}$, $T_1=0.866 \text{ sn}$ ve $\alpha_2=15^\circ$ kullanılarak iki adet mahmuz boyu $L_X=100 \text{ cm}$, $L_X=133.33 \text{ cm}$ için deneyler yapılmış ve bu deney sonuçları Şekil 7'de verilmiştir(Tablo 1). Şekilden anlaşıldığı gibi, $L_X=100 \text{ cm}$ olan mahmuz uzunluğunda, dolma miktarı parametresinin daha büyük değerler aldığı görülmektedir. Boyutsuz mahmuz aralığı parametresi (L_G/L_X) arttıkça, dolma miktarı parametresinin azaldığı tespit edilmiştir.

3.1.2. Mahmuz Aralığının Dolma Miktarı Parametresine Etkisi

L_G/L_X 'in çok daha küçük olması durumunda, yani mahmuz aralığının daha dar olduğu durumlarda, dolma miktarı parametresi değeri iyi sonuçlar vermiştir.

Tablo 1. Deney parametreleri ve sonuçları

Den. No	m	α (°)	T (sn)	H (cm)	h_m (cm)	H/L	L_X (cm)	L_G (cm)	L_G/L_X	R
1	1/25	30	0.86	3.33	4.00	0.028	100.0	100.0	1.0	0.107
2	1/25	30	0.86	3.33	4.00	0.028	100.0	130.0	1.3	0.132
3	1/25	30	0.86	3.33	4.00	0.028	100.0	170.0	1.7	0.126
4	1/25	30	0.86	3.33	4.00	0.028	100.0	200.0	2.0	0.133
5	1/25	30	0.86	3.33	4.00	0.028	100.0	230.0	2.3	0.113
6	1/25	30	0.86	3.33	4.00	0.028	100.0	260.0	2.6	0.064
7	1/25	15	0.86	3.33	4.00	0.028	100.0	100.0	1.0	0.145
8	1/25	15	0.86	3.33	4.00	0.028	100.0	130.0	1.3	0.112
9	1/25	15	0.86	3.33	4.00	0.028	100.0	170.0	1.7	0.120
10	1/25	15	0.86	3.33	4.00	0.028	100.0	200.0	2.0	0.083
12	1/25	15	0.86	3.33	4.00	0.028	100.0	230.0	2.3	0.028
13	1/25	15	0.86	5.33	4.00	0.045	100.0	130.0	1.3	0.030
14	1/25	15	0.86	5.33	4.00	0.045	100.0	170.0	1.7	0.045
15	1/25	15	0.86	5.33	4.00	0.045	100.0	200.0	2.0	0.037
16	1/25	15	0.86	5.33	4.00	0.045	100.0	230.0	2.3	0.037
17	1/25	15	0.69	3.33	4.00	0.045	100.0	130.0	1.3	0.008
18	1/25	15	0.69	3.33	4.00	0.045	100.0	170.0	1.7	-0.004
19	1/25	15	0.69	3.33	4.00	0.045	100.0	200.0	2.0	-0.009
20	1/25	15	0.69	3.33	4.00	0.045	100.0	260.0	2.6	-0.030
21	1/25	15	0.86	3.33	4.00	0.028	133.3	133.3	1.0	0.065
22	1/25	15	0.86	3.33	4.00	0.028	133.3	173.3	1.3	0.043
23	1/25	15	0.86	3.33	4.00	0.028	133.3	226.6	1.7	0.041
24	1/25	15	0.86	3.33	4.00	0.028	133.3	266.6	2.0	0.032
25	1/25	15	0.86	3.33	4.00	0.028	133.3	346.6	2.6	0.010



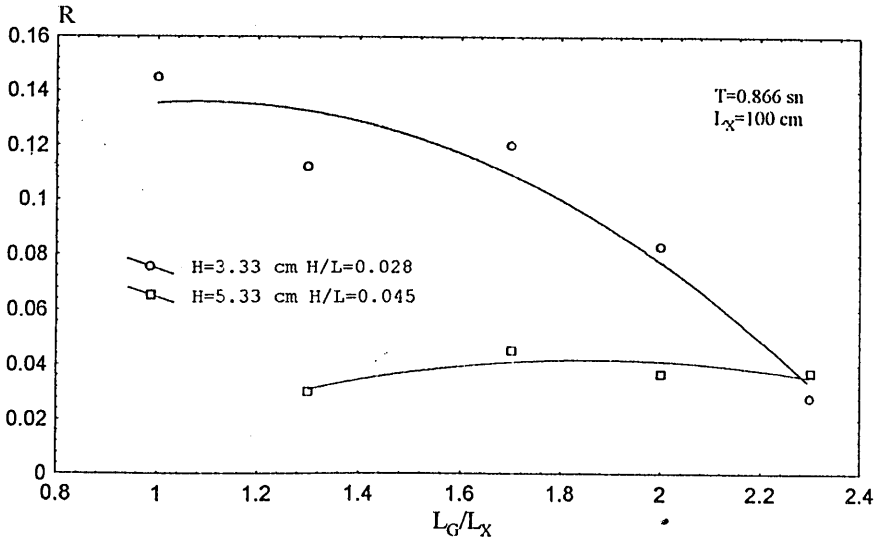
Şekil 7. Mahmuz boyunun dolma miktarına etkisi ($\alpha=15^\circ$)

3.1.3. Dalga Yüksekliğinin Dolma Miktarı Parametresine Etkisi

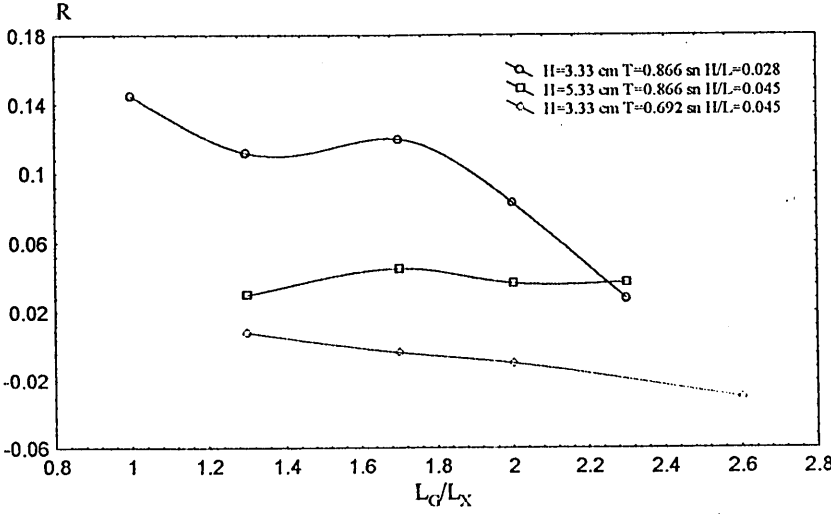
Burada $L_X=100$ cm, $T_1=0.866$ sn ve $\alpha_2=15^\circ$ için, $H_1=3.33$ cm ve $H_2=5.33$ cm dalga yükseklikleri ile deneyler yapılmıştır (Şekil 8). Şekle göre, dalga yüksekliği $H_1=3.33$ cm için elde edilen değerlerin, $H_2=5.33$ cm'ninkilere oranla oldukça fazla görülmektedir. $H_1=3.33$ cm için elde edilen dolma miktarı parametresi $L_G/L_X=1.4$ değerine kadar sabit gitmekte, daha sonra azalmaktadır. Dalga yüksekliği $H_2=5.33$ cm iken, önce küçük bir artış ve daha sonra azalma göstermektedir. Yaklaşık $L_G/L_X=2.3$ değerinde iki değişik dalga sonucunda elde edilen eğrilerin birbirini kestiği görülmektedir.

3.1.4. Dalga Periyodunun Dolma Miktarı Parametresine Etkisi

Burada, iki seri deney gerçekleştirilmiştir. Bu deneylerde $H_1=3.33$ cm, $\alpha_2=15^\circ$, $L_X=100$ cm kullanılmıştır. $T_1=0.866$ sn ve $T_2=0.692$ sn alınmıştır (Şekil 9). Dalga periyodunun $T_1=0.866$ sn'den ve $T_2=0.692$ sn'ye düşmesi ile, dolma miktarı parametresi de azalmıştır. Dikliğinin azalmasının, dolma miktarını artırdığı da şekilden görülmektedir.



Şekil 8. Düz mahmuzlarda dalga yüksekliğinin dolma miktarı parametresine etkisi ($\alpha=15^\circ$)



Şekil 9. Düz mahmuzlarda dalga periyodunun dolma miktarı parametresine etkisi ($\alpha=15^\circ$)

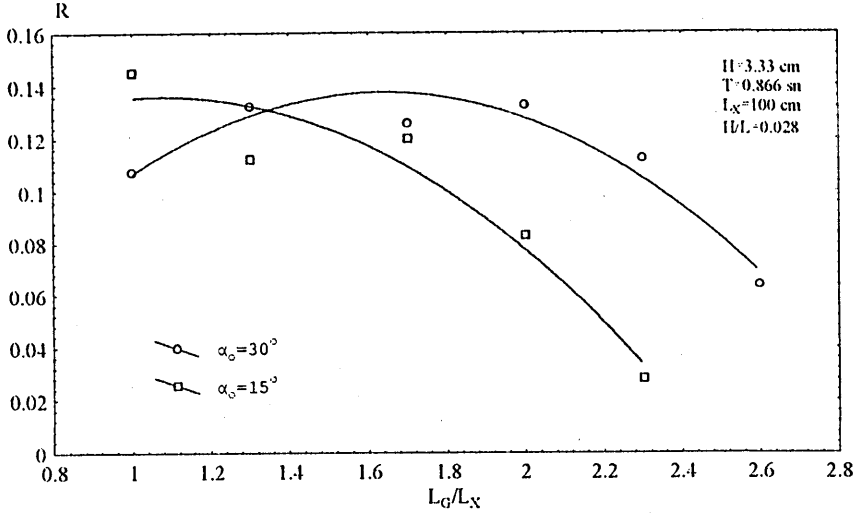
3.1.5. Dalga Geliş Açısının Dolma Miktarı Parametresine Etkisi

$\alpha_1=30^\circ$ ve $\alpha_2=15^\circ$ 'lik dalga geliş açılarının için dolma miktarı parametresine etkisi, $H_1=3.33$ cm, $T=0.866$ sn ve $L_X=100$ cm mahmuz uzunluğu kullanılarak yapılan deneyler irdelenmiştir (Şekil 10). L_G/L_X 'in artması ile, $\alpha_2=15^\circ$ iken dolma miktarı parametresinin, belli eğimle azaldığı görülmekte, $\alpha_1=30^\circ$ 'de ise $L_G/L_X=1.7$ değerine kadar artmakta ve daha sonra; diğer dalga durumunda da benzer bir eğimle azalma görülmektedir. L_G/L_X 'in artması ile, küçük dalga açısı için dolma miktarı parametresi değerinin azaldığı anlaşılmaktadır.

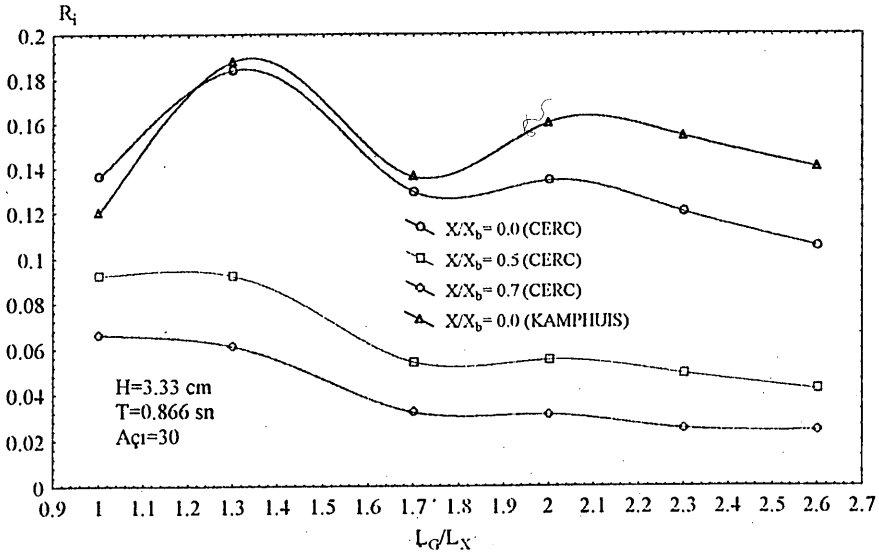
3.2. Sayısal Model Sonuçları

Cerc ve Kamphuis denklemlerinin sonuçlarının yakın oldukları görülmüş ve kıyı boyu malzeme taşınımının kıyıya dik yayılımı için kullanılmış olan $X/X_b=0$ ve $X/X_b=0.7$ noktalarında maksimum taşınım veren denklemlerin incelenmesinde, $X/X_b=0$ noktasında maksimum durumda elde edilen değerlerin daha büyük ve deneylerden elde edilen sonuçlara benzerlik gösterdikleri görülmüştür (Şekil 11, 12). Şekil 12 incelenirse, sayısal model sonuçlarının gidiş olarak benzerlik arz ettiği görülür. Şekil 13 göz önüne alınırsa, deney ve

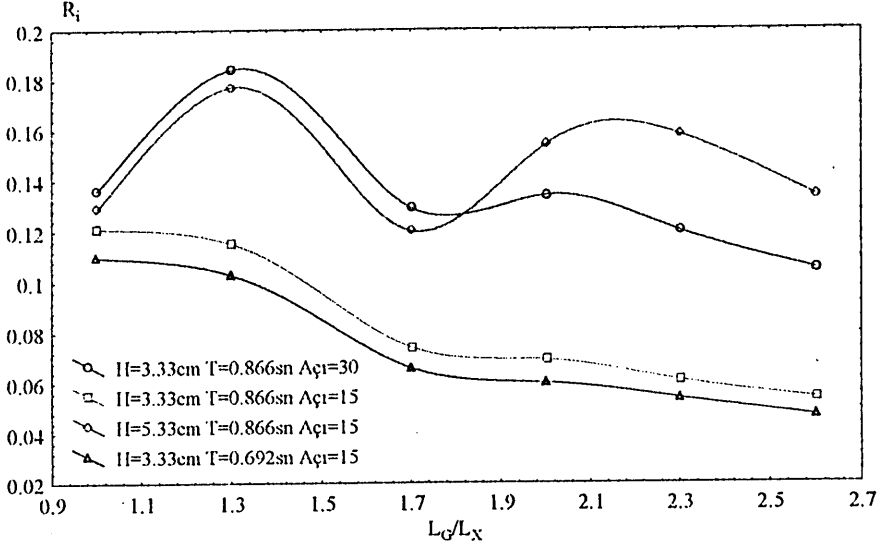
sayısal model sonuçlarının yakın değerler aldığı görülür. Dalga periyodu ve geliş açısının değişimi durumlarında deneylerle benzer olan sayısal model sonuçları, dalga yüksekliğinin değişmesi durumunda deney sonuçlarından bir miktar farklı sonuçlar vermektedir.



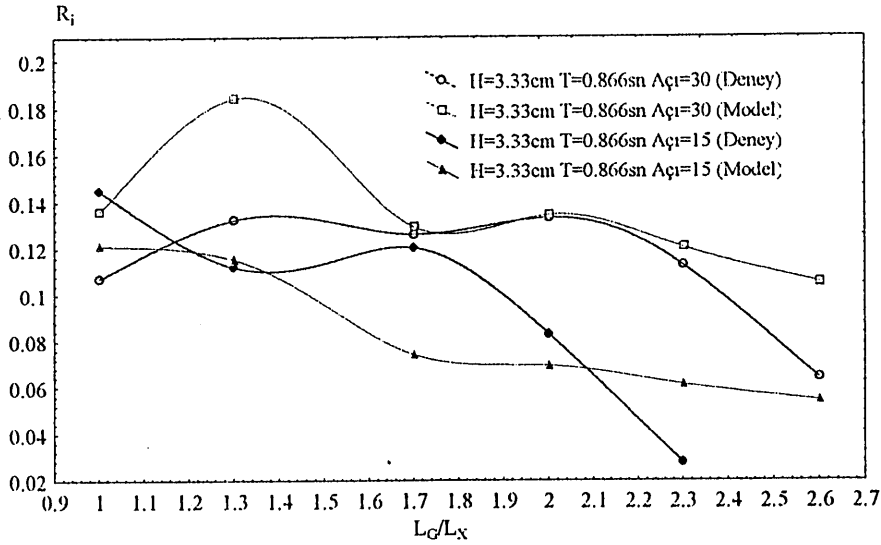
Şekil 10. Düz mahmuzlarda dalga geliş açısının dolma miktarı parametresine etkisi



Şekil 11. Düz mahmuzlar için sayısal modelde kullanılan denklemlerin karşılaştırılması



Şekil 12. Düz mahmuzlarda farklı dalga açısı, dalga periyodu ve dalga yüksekliği durumunda sayısal model sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 13. Düz mahmuzlarda deney sonuçları ve sayısal model sonuçlarının karşılaştırılması

4. SONUÇLAR

Çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesi'nin verileri kullanılmış ve bölgenin benzer diğer bölgelerde de sonuçların kullanılabileceği umulmuştur. Sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

1. İlk olarak, mahmuz boyu araştırılmıştır. İnceleme sonuçlarına göre, düz mahmuzları için mahmuz boyunun artmasının, mahmuzların koruma bölgesi içerisindeki dolma miktarını azalttığı sonucuna varılmıştır.

2. Mahmuz aralığının yaklaşık mahmuz uzunluğunun $L_G/L_X=1.7$ katına kadar, dolmanın sabit kaldığı daha sonra azaldığı görülmektedir.

3. Dalga yüksekliği arttığı zaman, dolma miktarının azaldığı tespit edilmiştir.

4. Dalga periyodu azaldığında, dolma miktarı parametresi azalmaktadır. Buna bağlı olarak, her iki mahmuzda da dalga dikliğinin, periyot azalarak artması sonucunda dolma miktarındaki azalma, dalga dikliğinin dalga yüksekliğinin artması sonucu, oluşan dolma miktarı azalmasından daha fazla olmuştur.

5. Dalga geliş açısının küçülmesi ve mahmuz aralığının artması ile, dolma miktarı parametresinin azaldığı görülmektedir. Ortalama mahmuz aralığı parametresinin $L_G/L_X=1.7$ katına kadar dolma miktarı parametresi artış gösterirken açının küçülmesi durumunda, $L_G/L_X=1.4$ değerine kadar düşmektedir.

6. Sayısal modelden elde edilen sonuçlar deney sonuçları ile bazı farklılıklara rağmen yakın sonuçlar vermektedir. Oluşturulan modellerin güvenilirliği kullanılan denklemlerdeki parametrelerle direkt ilişkilidir. Dalga mekaniğindeki karmaşıklık ve tam çözüm getirilemeyen bazı durumlar modeli etkilemektedir. Deneysel çalışmalarındaki bazı eksiklikler, iki model sonuçlarının tam olarak çakışamaması sonucunu getirmektedir. Örnek olarak deneylerde kullanılmış olan kumun modelde kullanılması gereken kum boyutundan bir miktar daha büyük olması bile dolma miktarlarında az da olsa farklar oluşturabilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Yüksek, Ö., Balıkçı Barınaklarının Dolma Sürecinin Araştırılması ve Uygun Proje Ölçütlerinin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1992.
2. Güler, I., A Study on Coastal Morphological Models, Master's Thesis in Civil Engineering Department, METU, Ankara, 1985.
3. Bilgin, R. ve Ertaş, B., Doğu Karadeniz Sahil Tahkimat Projesi_, Sonuç Raporu, KTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarı, Trabzon, 1986.
4. Özölçer, İ.H., Kıyı Korumasında Mahmuzların Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 27.01.1998.
5. Horikawa, K., Nearshore Dynamics and Coastal Processes, University of Tokyo Press, 1987.
6. CERC, Shore Protection Manuel, Fourth Edition, US Army WES, Washington, 1984.
7. Hanson, H. ve Kraus, N.C., GENESIS: Generalized Model for Simulating Shoreline Change, Report 1, Technical Reference, CERC, Mississippi, 1989, 25-57.
8. Watanabe, A., Total Rate and Distribution of Longshore Sand Transport, Coastal Engineering 1992, 2528-2544.
9. Chiaia, G., Damania, L. ve Petrillo, A., "Analysis of Cross-Shore Transport", International Conference on Coastal and Port Engineerin in Developing Countries, 25/29 September 1995, R.J. Brazil, 412-426.
10. Kräus, N.C. ve Harikai, S., Numerical Model of the Shoreline Change at Oarai Beach. Coastal Engineering, 7 (1983), Amsterdam, 1-28.
11. Kamphuis J.W. "Alongshore Sediment Transport Rate", Proc. 22nd. Coastal Engineering Conference, ASCE, 1990, 2402-2415.(Longshore)
12. Kamphuis, W.J., Alongshore Sediment Transport Rate, Journal of Waterway, Port Coastal and Ocean Engineering, Volume 117, No. 6, November/December 1991, 624-640

THE EFFECTS OF PARAMETERS OF GROINS ON AMOUNT OF ACCUMULATION AND NUMERICAL MODEL APPROACH

ABSTRACT

Some kinds of constructions are built in order to protect the coasts and to trap the moving material along side coast. Groins which are constructions built perpendicular to the coast are those kinds of constructions. The main hydraulic function of groins is to control the flowing along side coast and the motion of the coastal material. In this study the effects of parameters of groin on the protection of coast and the restriction of the material have been experimentally examined in a 3-D experiment basin. The data of the East Black Sea Region have been used in the study.

Here, the effects of groins on coast for various cases have been studied. For the specific condition of the East Black Sea Region, it has been studied on what sizes should be chosen for a groin system so that the most accurate solution will be reached. The amount of sediment accumulation have been researched for a groin system consisted of two groins.

Besides experimental studies, A numerical model in which the formulas of the sediment discharge (i.e. the formulas of CERC and Kamphuis), most known in the literature, is used has been developed. Then experimental results have been compared with the results obtained from the numerical model.

**ÇEVRESEL AÇIDAN DUYARLI BÖLGELERDE YATIRIM PLANLAMASINDA
NÜMERİK MODEL KULLANIMI : GÖCEK ÖRNEĞİ**

Dr. İnş. Müh. Tunç Gökçe
Şirket Müdürü
Artı Proje Ltd. Şti.

İnş. Müh. İpek Baga
Proje Mühendisi
Artı Proje Ltd. Şti.

İnş. Müh. Merih Özcan
Teknik Müdür
Artı Proje Ltd. Şti.

ÖZET

Göcek Özel Koruma Alanı, Akdeniz'in güney batısında, dik yamaçları ve hızla derinleşen denizi ile bölgenin tipik koylarından biridir. Her yıl pek çok yata hizmet veren mevcut yanaşma yerleri ve marinalara ilave olarak, Göcek'te içinde marina da içeren yeni bir turizm kompleksi planlanmaktadır. Marina faaliyetlerinin çevre koruma prensiplerine uygunluğu ve marinanın çevreye etkileri planlama aşamasında kapsamlı nümerik model çalışmalarıyla araştırılmıştır. Bu çalışmalar Göcek Koyu'nun yönetim planının hazırlanmasına ve yapılması planlanan turizm kompleksinin Çevre Etki Değerlendirmesi (ÇED) çalışmalarına kaynak sağlamıştır.

Çalışma kapsamında öncelikli olarak Göcek Koyu'nun Hidrodinamik modeli kurularak, bir yıl süreli akıntı ve gel-git ölçümlerine dayalı olarak kalibre edilmiştir. Daha sonra yürütülen kirlilik model çalışmalarında uzaktan algılama yöntemi ile üretilen kirlilik haritaları kullanılarak, atıksu deşarjının ve tekne kaynaklı kirliliğin etkilerinin değerlendirilmesinde önemli bilgiler sağlamıştır.

Modelleme çalışmaları Danimarka Hidrolik Enstitüsü tarafından geliştirilen MIKE21 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Programın özellikle güçlü animasyon özelliği sayesinde Turizm Bakanı'ndan yerel halka ve yerel yöneticilere kadar geniş bir yelpazede hızlı ve etkin bilgilendirme sağlanabilmektedir.

1. AMAÇ

Göcek Koyu, Güney Batı Akdeniz'de doğal zenginlikleri ile dikkat çeken koylardan biridir. Gerek yakın çevresindeki turizm merkezleri gerek hala bozulmamış sayılabilecek nitelikteki kara ve deniz kaynakları ile yerli ve yabancı turizmin odak noktalarından biri olma özelliğini sürdürmektedir. Koy, korunaklı suları ve bahsedilen doğal zenginliği nedeniyle yatçıların ana uğrak yerlerinden biri konumundadır. Koy içinde Belediye'ye ve özel kuruluşlara ait çeşitli barınma alanları bulunmaktadır.

Göcek Koyu'nda planlanmakta olan yeni turizm kompleksi ile bölgede yeni bir marina gündeme gelmektedir. Göcek gibi Özel Çevre Koruma Alanı olarak ilan edilmiş olan çevresel açıdan duyarlı bölgelerde, deniz yapıları da içeren yatırımlara karar verilmesi aşamasında, doğal kaynakların yapılaşmadan ne kadar etkileneceğinin belirlenmesi gerekli olmaktadır.

Göcek'teki yeni marinanın çevre koruma prensiplerine uygunluğu ve marinanın çevreye etkileri planlama aşamasında kapsamlı nümerik model çalışmalarıyla araştırılmıştır. Çalışmada, koydaki mevcut hidrodinamik sistemler bilgisayar ortamında benzeştirilmiş, daha sonra yapılan Su Kalitesi Modellemesi ile de koy içindeki kirlilik durumu incelenmiştir. Modelleme çalışmaları gerek saha ölçümleri gerekse uzaktan algılama yöntemine dayalı ölçümlerle detaylandırılmıştır.

Göcek Koyu'nda doğal güzellikleri koruyarak, sürdürülebilir bir kalkınma elde etmek amacıyla, koy yönetim planı oluşturulmaktadır. Yürütülmüş olan nümerik modelleme çalışmalarının sonuçları bu koy yönetim planının oluşturulmasına büyük katkıda bulunmuştur.

Bildiride, nümerik model tekniklerinin çevresel açıdan duyarlı bölgelerdeki problemlere uygulanması aşamasında göz önünde bulundurulması gereken hususlara dikkat çekilmektedir. Ayrıca, nümerik model çalışmasının yerel yöneticilere kirlilik tehditinin boyutlarının anlatılması için önemli bir araç olduğunun altı çizilmektedir.

2. ÇALIŞMA YÖNTEMİ

Göcek Koyu için yürütülen modelleme çalışmalarında temel amaç koydaki mevcut kirlilik durumunun ortaya çıkarılması ve yeni marinanın koy kirliliğine etkilerinin belirlenmesi olarak ele alınmıştır. Bu amaç doğrultusunda izlenen çalışma yöntemi aşağıda sıralanmıştır:

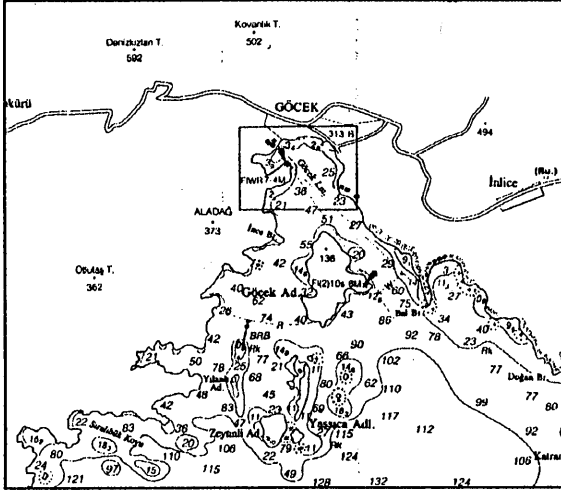
1. Bölgedeki rüzgar ve dalga iklimi belirlenmiştir.
2. Koyda bir yıl süre ile akıntı, gel-git ve su kalitesi ölçümlerine yapılmıştır.
3. Koyun Hidrodinamik Modeli kurularak, etkili hidrodinamik kuvvetler belirlenmiştir. Model, saha ölçümleri kullanılarak kalibre edilmiştir.
4. Koyun Su Kalitesi Modeli kurularak gerek mevcut durumu gerekse farklı kirlletici kaynakların etkisinde koydaki su kalitesinin değişimi simule edilmiştir. Saha ölçümleri de modelin kalibre edilmesinde kullanılmıştır.
5. Çalışmalar sonucunda ortaya konulan bulgular, yerel yöneticilerle tartışılmış, kirlilik tehditine karşı uyarılarda bulunulmuştur. Bu bulgular hem koy yönetim planının oluşturulması hem de planlanan turistik kompleksin ÇED'i açısından büyük önem taşımaktadır.

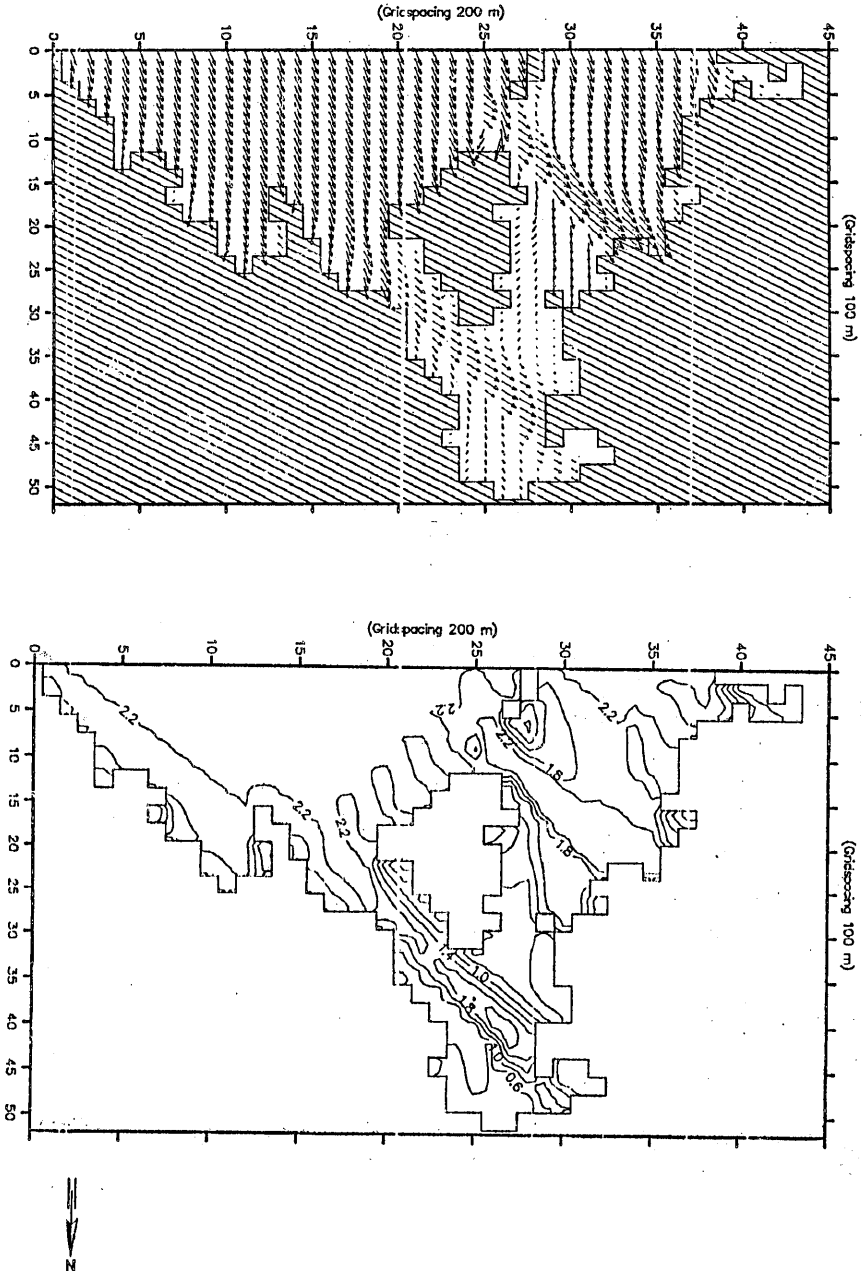
Bildirini aşağıdaki bölümlerinde çalışmalarla ilgili bilgilere yer verilmektedir.

3. KOYDAKİ RÜZGAR ve DALGA İKLİMİ

Göcek ve çevresi için rüzgar iklimi çalışmaları Fethiye Meteoroloji İstasyonu'nun saatlik rüzgar doneleri kullanılarak yapılmıştır. Rüzgar kayıtlarının yön ve hız dağılımları incelenerek etkili yön ve hızlar tespit edilmiştir.

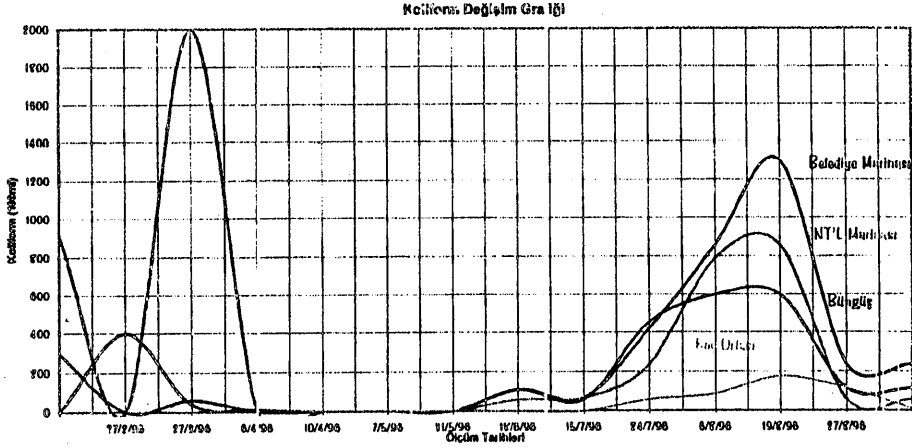
Göcek Koyu açık deniz dalgalarına karşı oldukça korunaklı durumdadır. Koy girişinde yer alan Göcek Adası'nın ve adanın iki yanındaki kanalların koy içindeki dalga iklimi üzerinde önemli derecede etkisi bulunmaktadır. (Bkz. Şekil 1.) Hem Göcek Adasının hem de değişen deniz tabanı (batimetrik) özelliklerin açık deniz dalgaları üzerinde yaratacağı karmaşık etkiler sonucunda koy içindeki oluşacak dalga şartlarının belirlenmesinde nümerik modellerden yararlanılmıştır.





4. SAHA ÖLÇÜMLERİ

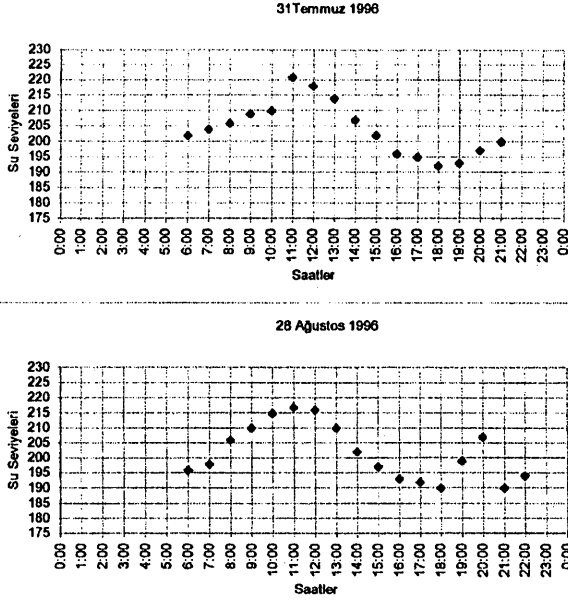
Model çalışmalarının kalibrasyonunda kullanılmak üzere İstanbul Teknik Üniversitesi Hidrolik Laboratuvarı tarafından koy içinde belirlenen noktalarda bir yıl süre ile akıntı ve su kalitesi ölçümleri yapılmıştır (Bkz. Şekil 3.). Koydaki uzun süreli değişimleri gözlemek amacıyla da uzaktan algılama tekniği ile koliform dağılımı haritaları da üretilmiştir.



ŞEKİL 3. İTÜ tarafından yürütülen su kalitesi ölçüm sonuçları

Akıntı ölçüm sonuçları hidrodinamik modelin kalibrasyonunda, su kalitesi ölçümleri ise kalite modeli kalibrasyon ve simulasyon başlangıç şartlarının tanımlanmasında kullanılmıştır.

Bu ölçümlere ilavé olarak, proje bölgesinde bir yıl süre ile su seviyesi ölçümleri de yapılarak gel-git düzeni ve mevsimsel değişimler hakkında bilgi de toplanmıştır. (Bkz. Şekil 4.)



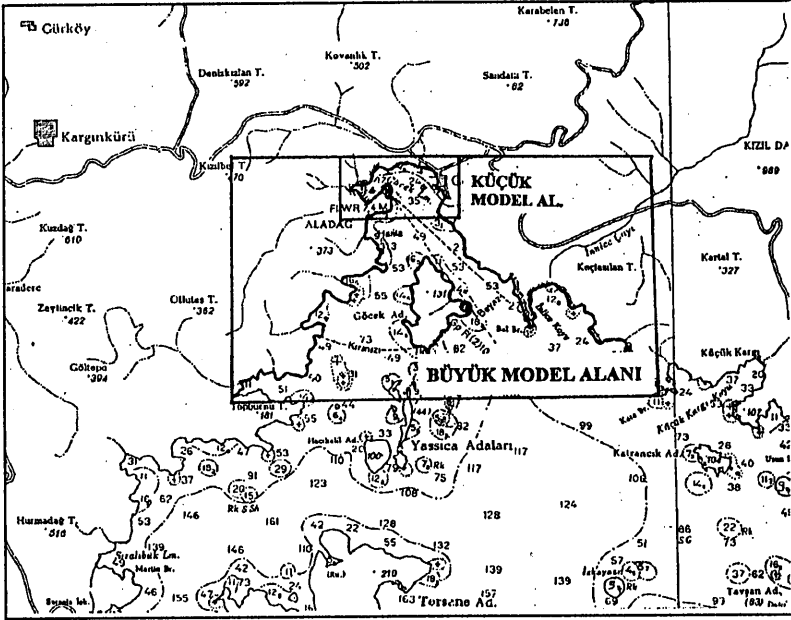
ŞEKİL 4. Su seviyesi ölçümlerinden örnekler

5. KOY HİDRODİNAMİK MODELİ

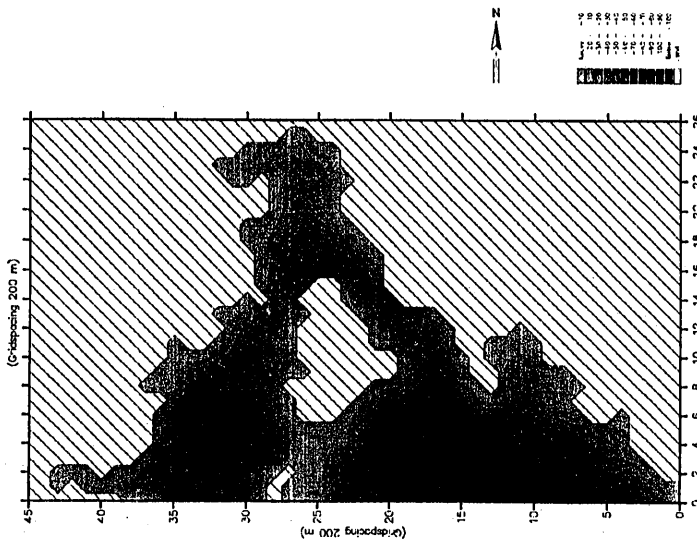
Göcek Koyu için içi içe geçmiş iki model alanından oluşan Hidrodinamik Model hazırlanmıştır. Büyük ve Küçük Model Alanları olarak adlandırılan bu modellerin yerleşimi Şekil 5'de verilmektedir. Seyir haritalarının sayılaştırılması ile oluşturulan model batimetrisinin bir örneği de Şekil 6'da verilmektedir.

Büyük Model Alanı'nda ağ açıklığı 200 metre olan bir karelej sistemi kullanılırken, Küçük Model'de ağ açıklığı 25 metreye düşürülerek hassasiyet artırılmıştır. Büyük modelde yapılan hidrodinamik simülasyon sonuçlarının küçük modele sınır şartı olarak aktarılması yöntemiyle model çalışmaları yürütülmüştür.

Simülasyonlarda gel-git ve rüzgarın, koy hidrodinamiği üzerindeki etkisini araştırmak için çeşitli sayıda deney yapılmıştır. Bunlarda, modelin açık sınırından saha



ŞEKİL 5. Koy Hidrodinamiği Çalışmaları Büyük ve Küçük Model Alanları



ŞEKİL 6. Göcek Koyu Büyük Model Batimetrisi

ölçümleri ile bulunmuş gel-git değerleri yüklenmiştir. Sadece gel-git ile yapılan deneylere ilave olarak aynı anda esmekte olan rüzgarın etkisini de görmek için deneyler yapılmıştır.

Simulasyonlar sonucunda bulunan akıntı düzeni, saha ölçümleri ile kıyaslanarak modelin kalibre edilmesi sağlanmıştır. Şekil 7’de Büyük ve Küçük model alanlarında yapılan hidrodinamik simülasyonlardan örnekler verilmektedir. Model çalışmaları ile koy içindeki akıntı sistematığı belirlenmiş, akıntının zayıf ve güçlü olduğu bölgeler tespit edilebilmiştir. Sirkülasyon azlığı nedeniyle potansiyel kirlilik tehditi altında olan bölgeler bu tür bir çalışma ile tespit edilebilmektedir.

Koy içindeki akıntı düzeni temel olarak, su kalitesi üzerinde etkili olmaktadır. Kirliliğin taşınma ve seyrelme düzeni üzerinde akıntı şartlarının etkisi bulunmaktadır. Göcek koyu için değişik gel-git ve rüzgar durumları için bulunan akıntı düzeni, su kalitesi simülasyonlarında kullanılmıştır.

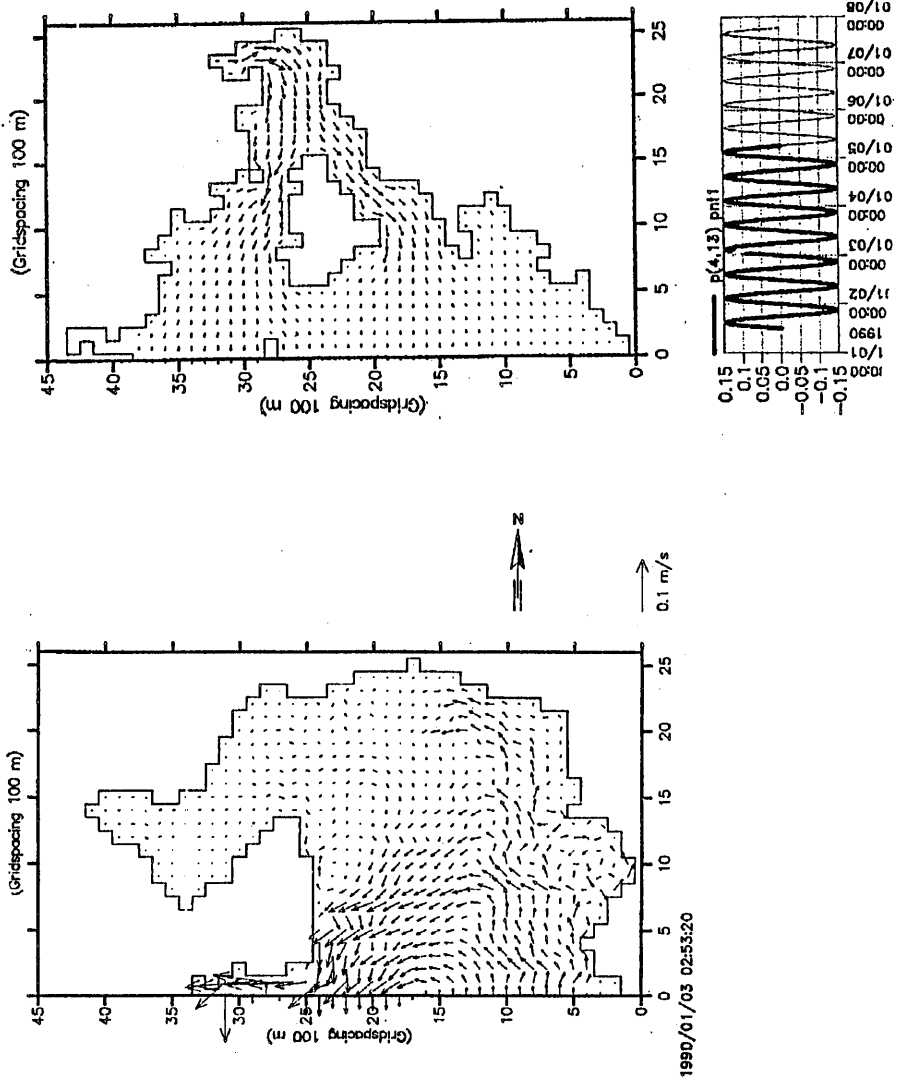
6. KOY SU KALİTESİ MODELİ

Göcek Koyu’ndaki mevcut kirlilik durumunun ve yapılacak marinanın etkilerini belirlemek amacıyla çeşitli sayıda model deneyi yapılarak koy su kalitesi 8 günlük gerçek zamanda araştırılmıştır. Yapılan simülasyonlarda, farklı kirletici kaynakları çeşitli senaryolar altında incelenmiştir.

Yapılan deneyleri aşağıdaki ana başlıklar altında toplamak mümkündür:

1. Mevcut durumda kirlilik değişimi, koydaki marinaların kirliliğe etkisi
2. Koya bırakılan atıksu deşarjının 2015 yılı için koy kirliliğine etkisi

Yapılan deneylerle ilgili bazı örnek çıktılar Şekil 8 ve 9 da verilmektedir.



ŞEKİL 7. Göcek Koyu Hidrodinamiği Örnek Çıktıları

6.1. Mevcut Durumda Kirlilik Değişimi

Bu deneylerde, koy içinde ölçülmüş olan koliform değerleri kullanılarak, koy su kalitesi modellemesi yapılmıştır. Temel olarak modellerin kalibrasyonu için yapılan bu deneylerde koyun ilave bir kirliletiçi kaynağı bulunmadığı taktirde 6 saat içinde kendisini temizleyebildiği bulunmuştur.

Bağlanma yerlerinde yaz sezonu boyunca yapılan gözlemlere dayanarak, ortalama tekne sayısına bağılı kirlilik kaynakları tanımlanmış, bu bağlanma yerlerinin koy kirliliğine etkilerini belirlemek amacıyla bir dizi simülasyonlar yapılmıştır.

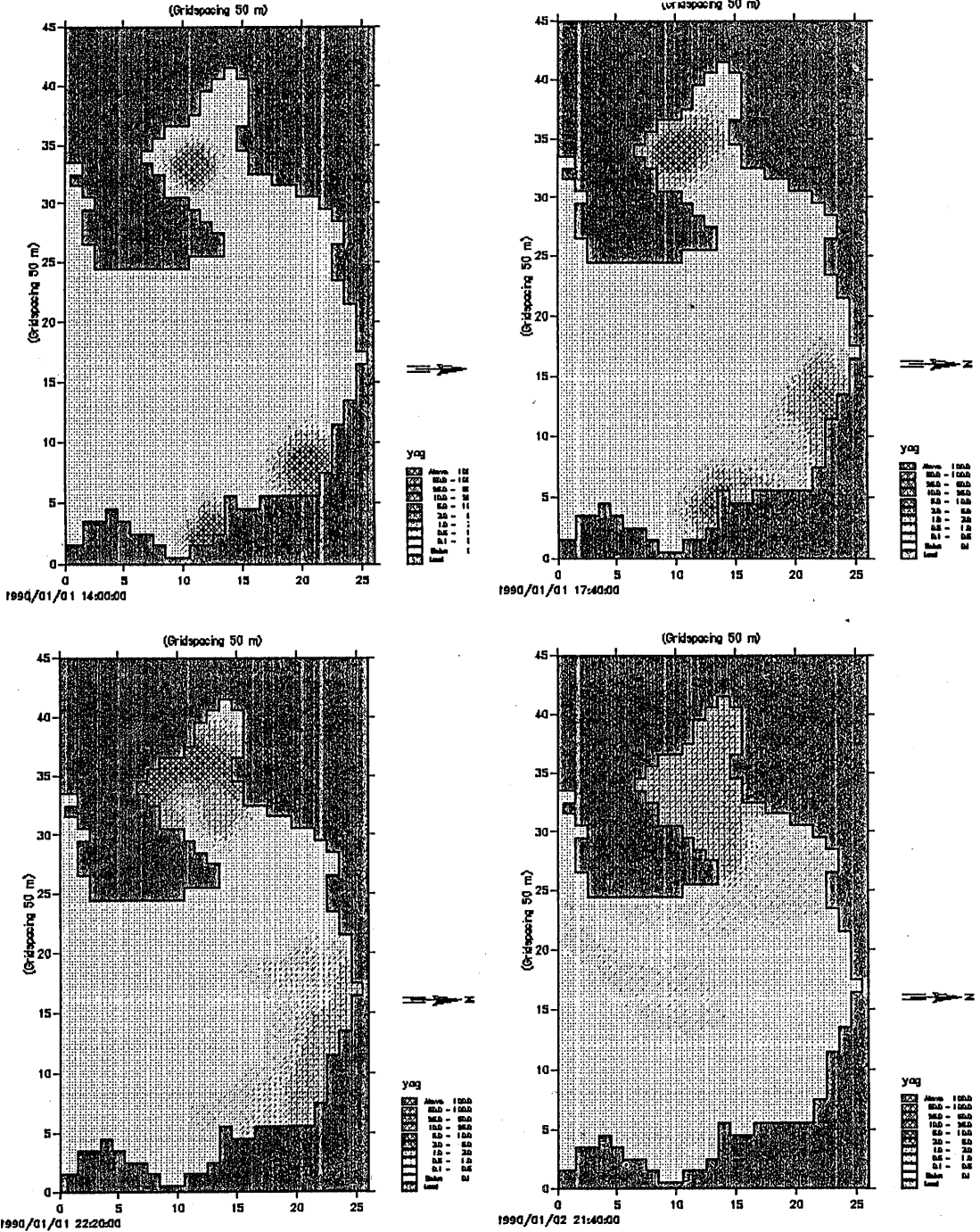
Bu simülasyonlarda, kirlilik bırakılma anlarını takiben koyda su kalitesinde geçici düşmeler olduğu ancak kalıcı sorunlar yaşanmadığı bulunmuştur. (Bkz. Şekil 8.)

Koyda etkili olacak organik madde kirliliği dışında teknelerden kaynaklanabilecek yağ, petrol gibi yokolmayan maddelerin etkisini araştırmak üzere de çeşitli simülasyonlar yapılarak su kalitesi değişimi izlenmiştir. Yokolmayan kirliliğin gerek seyrelme gerekse taşınım hızları diğer tür kirliliğe oranla daha yavaş olması, bu maddelerin özel bir dikkatle incelenmesini gerekli kılmaktadır.

6.2. Deşarj Kaynaklı Kirlilik

Göcek Belediyesi, koya dökülen dere yataklarından bir tanesine atıksu deşarjı yapmayı planlamaktadır. Bu deşarjın koyda yaratacağı etkiyi belirlemek için çeşitli senaryolar hazırlanarak simülasyonlar yapılmıştır.

Simülasyonlar, 2015 yılındaki nüfus projeksiyonlarına göre gerçekleştirilmiştir. Dere ağzından denize verilecek deşarjın 158lt/sn debili olması ve atıksuyun arıtılmış durumda 10^6 / 100ml, arıtılmamış durumda da 10^7 / 100ml koliform içerdiği öngörülmüştür. Deşarjın hem arıtılmış hem de arıtılmamış halleri için simülasyonlar tekrarlanmıştır. Denenen senaryolar arasında, mevcut yavaşma yerlerinden gelen kirliliğin deşarj kirliliği ile birlikte oluşacağı durumlar da göz önüne alınmıştır.



ŞEKİL 8. Göcek Koyunda Yat kaynaklı yok olmayan kirlilik yayılımı(Yağ, Petrol vb.)

Simulasyon sonuçlarında, Göcek Koyu'nun batısında kalan ve Büngüş olarak bilinen koyda deşarj etkisi ile önemli derecede kirlilik oluştuğu bulunmuştur. Koydaki akıntı düzeni, kirliliğin temel olarak Büngüş'e yönelmesine sebep olmakta ve akıntı hızlarının bu bölgede düşük olması kirlilik seyrelmesini engellemektedir.

Yağ, petrol gibi yokolmayan maddeler, teknelerden suya karışabildiği gibi atıksu deşarjlarından da kaynaklanabilmektedir. Deşarjdan kaynaklanacak bu tür kirliliğin etkilerinin belirlenmesi çalışmalarında, yine Büngüş koyu'nun kirlilik altında belirgin bir tehdit altında bulunduğu anlaşılmıştır. (Bkz. Şekil 9.)

Model çalışması sonuçları, yerel idare yöneticilerine aktarılarak bu tür bir atıksu deşarjının koyda yaratacağı olumsuz etkiye dikkat çekilmiş, sorunun boyutları aktarılmıştır.

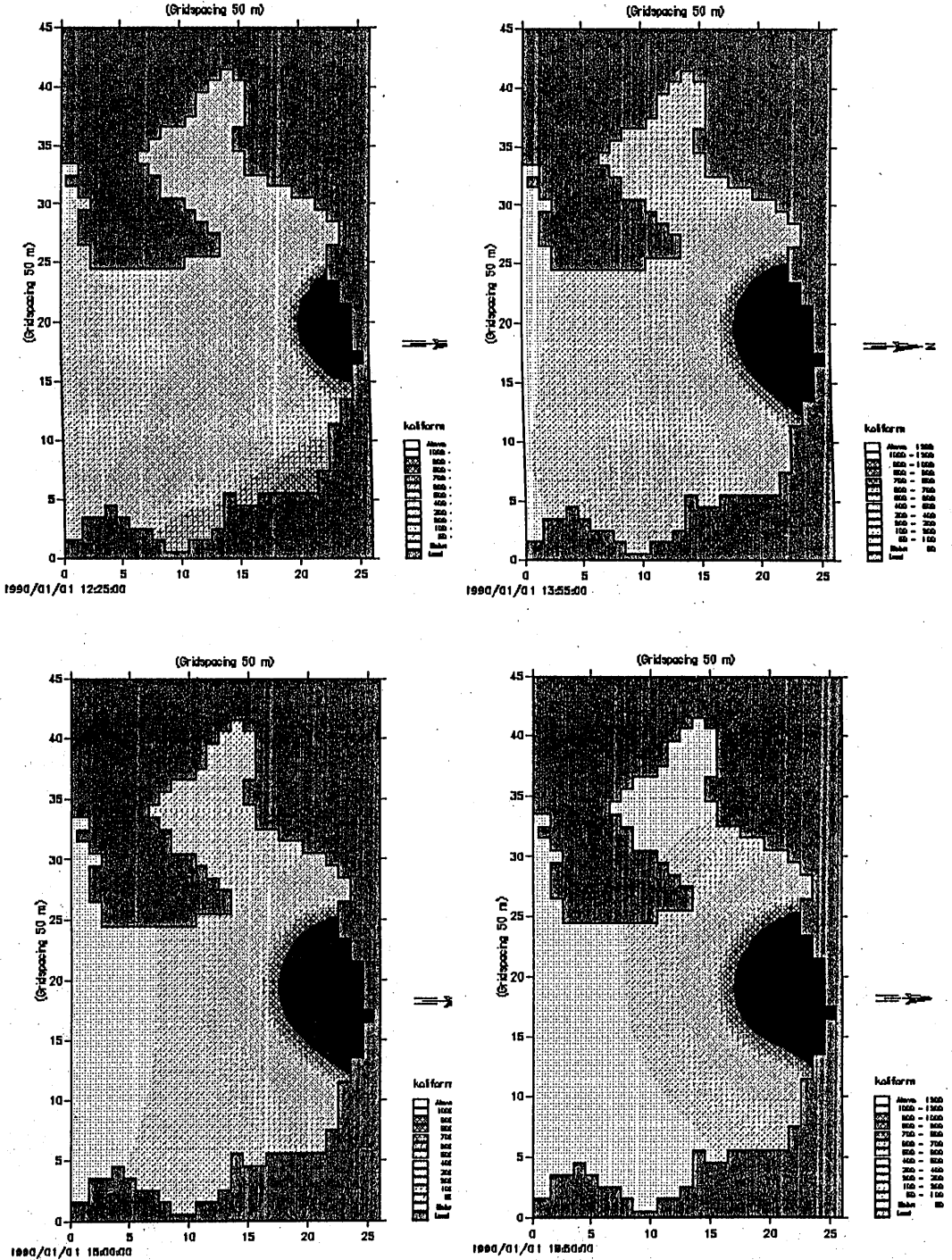
Yapılmış olan su kalitesi simulasyonları, Göcek Koyu için ana tehditin durgun su alanlarında biriken kirlilik olduğu belirlenmiştir. Planlanan marina bölgesindeki akıntı hızları ve yönleri itibarıyla körfezi etkileyecek bir kirliliğin yeni marinadan kaynaklanmayacağı bulunmuştur.

Koy içine özellikle kuzey kıyısına yapılacak deniz deşarjının koydaki su kalitesini oldukça olumsuz yönde etkileyeceği belirlenmiştir.

7. SONUÇLAR

Yukarıdaki bölümlerde, çevresel açıdan duyarlı bölgelerde yatırım planlaması aşamasında yürütülecek çalışma yöntemi Göcek örneği çerçevesinde ele alınmıştır. Örnek çalışmada yer aldığı şekilde, nümerik modelleme araçları kullanılarak önemli bulguların elde edilmesi sağlanmıştır.

Ele alınan örnek doğrultusunda, kıyı alanlarında çevresel etki değerlendirmesi yapılırken nümerik modelleme tekniği ve yönteminin kullanılması ile ilgili temel öneriler aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır:



ŞEKİL 9. Göcek Koyu içerisinde deşarj kaynaklı kirlilik yayılımı

□ Etki değerlendirme çalışmalarında detaylı saha ölçümlerinin tartışılmaz önemi bulunmaktadır. Gerek model sonuçlarının kalibrasyonu için gerekse mevcut şartların belirlenmesi için, programlı ve düzenli saha ölçümlerinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

□ Çevresel açıdan duyarlı bölgelerde su kalitesi problemleri araştırılırken, birbirinden farklı çok sayıda kirlilik senaryosu üretilerek en kritik durumların gözlenebilmesi mümkün olabilmektedir. Denenecek senaryoların seçilmesi, proje bölgesinin fiziksel şartlarıyla yakından ilgili olmakla birlikte saha gözlemi ve araştırmayı da gerekli kılmaktadır.

□ Model çalışmasının sadece rakam ve tablolardan oluşan çıktıları yerine bunlara ilaveten görsel zenginlik içeren animasyon ve benzeri çıktılar içermesi, teknik eğitimleri bulunmayan yöneticilerin aydınlatılması ve bilgilendirilmesi açısından oldukça yararlı olmaktadır. Bilgi akışının hızla sağlanması, gelecek olan ilave taleplerin hızla çalışılıp, sonuçlarının anlaşılır bir dille aktarılabilmesi, çözüm bulunması aşamasında fikir ve anlayış birliği sağlaması bakımından önem taşımaktadır.

Çevresel açıdan duyarlı bölgelerde yapılacak yatırımlarda, hem doğal güzelliklerin korunacağı hem de ekonomik olarak bölgenin kalkınmasını sağlayacak en uygun çözümün belirlenmesi önem kazanmaktadır. Bu amaçla oluşturulan yönetim planlarında çeşitli alternatiflerin etkilerinin incelenebildiği nümerik modelleme sonuçları önemli bir kaynak oluşturmaktadır.

**İZMİR KÖRFEZİNİN KURTULUŞU :
ATIKSU ARITMA TESİSİ HİZMETE GİRİYOR**

Fehmi ÇAKMAK
İnşaat Yüksek Mühendisi
TEKSER İnşaat A.Ş.
İzmir Atıksu Arıtma Tesisi İnşaatı Proje Müdürü

ÖZET

İzmir Körfezi Türkiye'nin en büyük doğal körfezidir. Türkiye'nin ikinci büyük limanına sahip olan İzmir, 2.2 milyon nüfusu ile Türkiye'nin üçüncü büyük şehridir. Ülkemizin ikinci büyük endüstri ve tarım bölgesinin kapısı olan İzmir, Türkiye'nin en büyük ihracat limanıdır. Tabii güzellikleri, tarihi ve arkeolojik varlıkları, benzersiz iklimi ile bir turizm merkezi de olan İzmir, bölgedeki tatil yörelerinin de ulaşım merkezidir.

Fakat, İzmir Körfezi estetik ve sağlık açısından tüm Akdeniz'de en önemli kirlilik yoğunlaşmasının yaşandığı odaklardan biri haline gelmiştir. Özellikle iç körfezde en şiddetli şekilde etkisini gösteren kirlenmeye, evsel ve endüstriyel atıklar, yağışlar, dereler, tarımsal drenaj suları, erozyon, liman faaliyetleri ve gemi trafiği gibi kirletici kaynaklar neden olmaktadır.

Artık alt-yapıya geç ve yavaş da olsa önem vermeye başlayabildiğimiz son yıllarda, İzmir Körfezi için de bir kurtuluş sürecine girilmiştir. Sanayi atıkları her fabrikada veya organize sanayi bölgelerindeki tesislerde arıtılırken, İzmir'in evsel atıklarını arıtacak tesisin yapımına da başlanmıştır. Gelecek yıl sonunda tesis tamamlandığında körfez evsel atıklardan da kurtulacak ve kısa bir süre sonra iç körfezde de denize girilip balık tutulabilecektir.

İZMİR KÖRFEZİNİN KURTULUŞU : ATIKSU ARITMA TESİSİ HİZMETE GİRİYOR

1. İZMİR KÖRFEZİ

1.1 Körfez Hakkında Genel Bilgiler

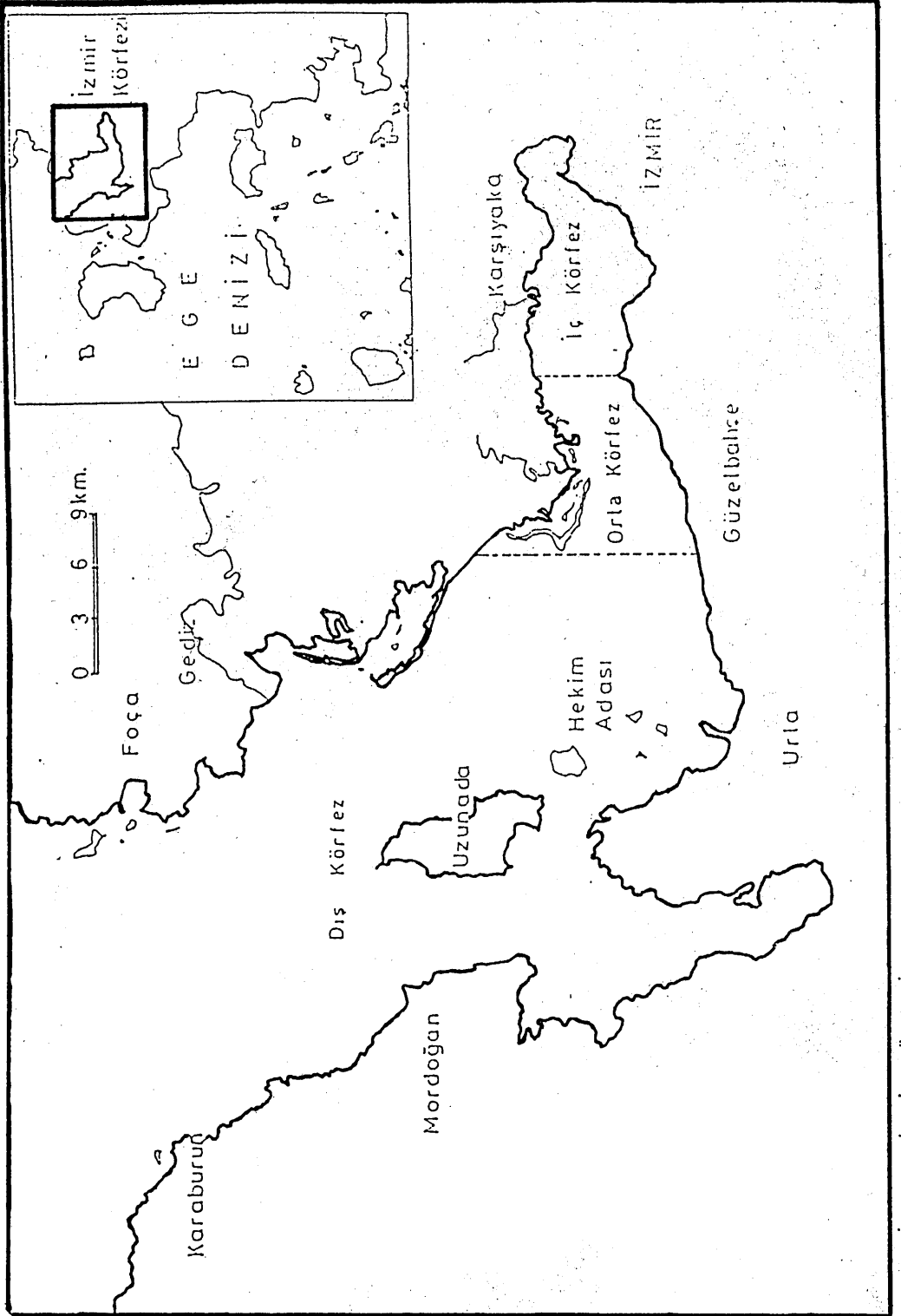
İzmir Körfezi Ege Denizi'ne açılan doğal bir oyuntudur, L harfi biçimindedir. L'nin kısa bacağı 20 km, uzun bacağı 40 km'dir. İç Körfez, Orta Körfez, Dış Körfez olmak üzere üç bölüme ayrılır (Şekil 1.1). Su derinlikleri, İç Körfez'de 20 m, Orta Körfez'de 40 m, Dış Körfez'de 65 m'dir (Şekil 1.2-1.3). Körfez'in toplam hacmi yaklaşık 15 milyar m³'dür.

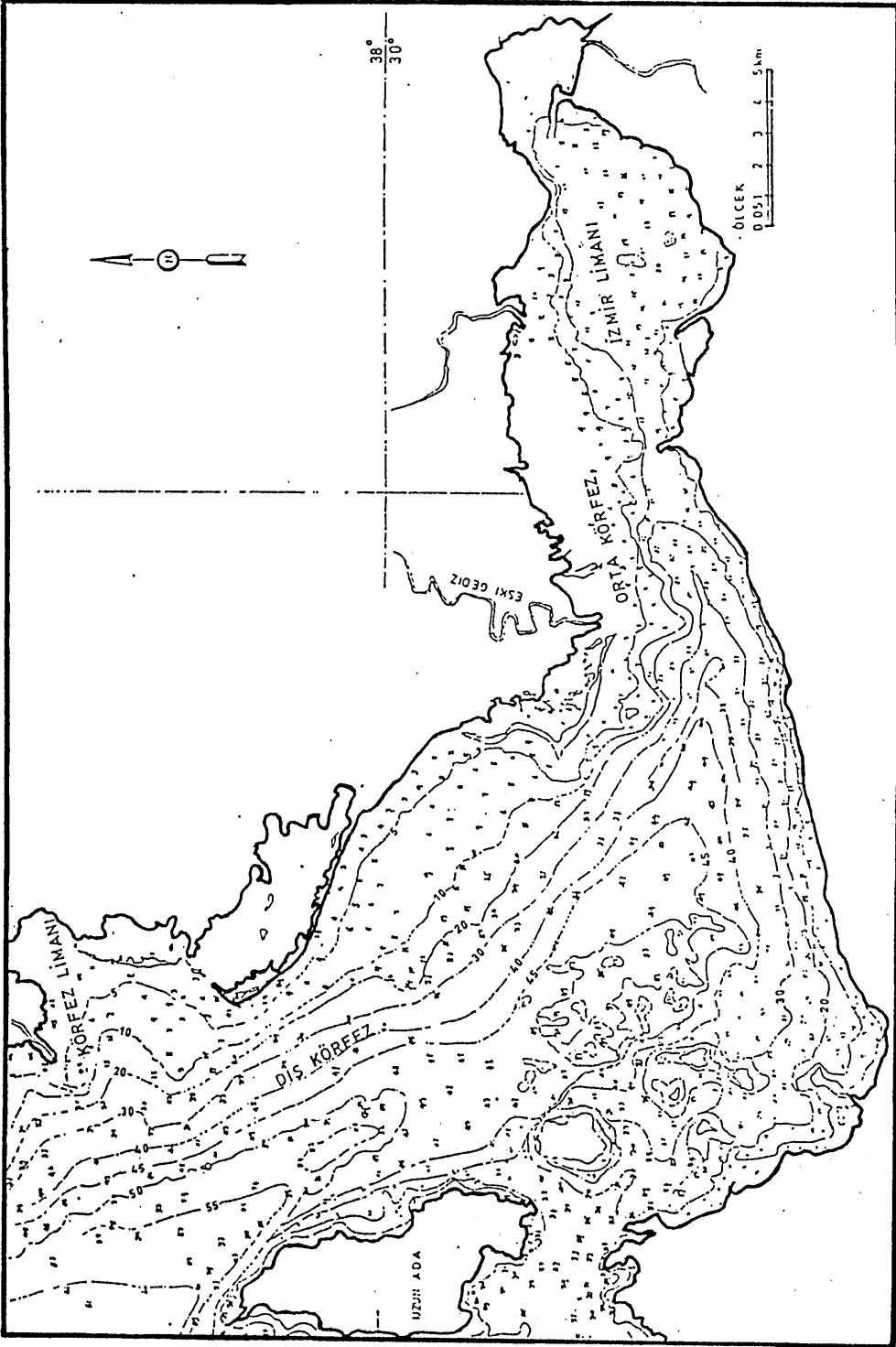
İzmir Körfezi'nin kıyı kesimi, başta İzmir kentsel yerleşim alanı olmak üzere, çok değerli yerleşim alanlarını barındırmaktadır. Metropolitan alan dışındaki kıyı şeridi yüksek rekreasyon potansiyeline sahiptir. Bu kesim Türkiye'de arazi değerlerinin en yüksek olduğu bölgelerden biridir. Körfezin çevresinde önemli tarımsal faaliyet alanları da yer almaktadır. Kuzeyde Menemen Ovası sulu tarımın yapıldığı önemli bir üretim alanıdır. Körfez Gediz Havzasında yer alan tarımsal faaliyetlerden de etkilenmektedir.

Ege Denizi'nin Batı Anadolu'nun içlerine doğru 60 km kadar girmesiyle oluşan İzmir Körfezi jeolojik, morfolojik ve biyolojik özellikleriyle deniz canlılarının barınması, gelişmesi ve üremesi için uygun bir ortam oluşturmuştur. Körfez bugün Türkiye'nin Ege Denizi'nden elde ettiği su ürünlerinin yaklaşık %50'sini vermektedir.

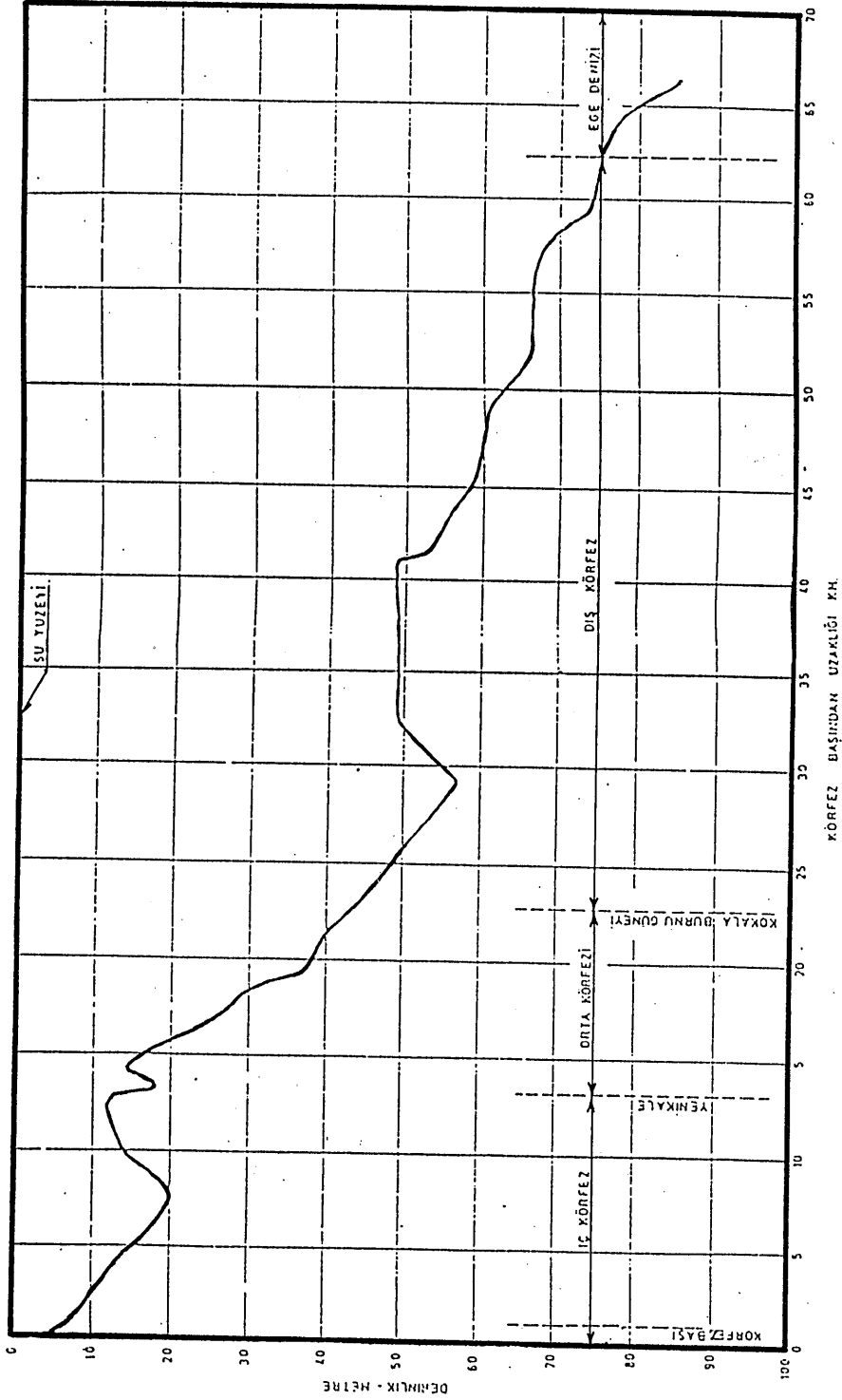
İzmir Türkiye'nin en büyük ihracat limanıdır. Burada elleçlenen yük miktarı her yıl artmakta, buna paralel olarak ülkemizin döviz gelirlerine azımsanmayacak katkıda bulunmaktadır. Özellikle konteyner taşımacılığında önemli hamleler yapılmıştır.

İzmir Körfezi çevresinde yüksek ekolojik değeri haiz sulak alanlar bulundurmaktadır. Bunlardan en önemlisi Çamaltı Tuzlası kuzeyindeki Kuş Cennetidir ve koruma altındadır.





ŞEKİL 1.2 İZMİR KÖRFEZİ'NDE SU DERİNLİKLERİ



ŞEKİL 1.3 İZMİR KÖRFEZİ TABAN PROFİLİ

İç Körfezin kuzey kesimleri 19. yüzyılın 2. yarısına değin Karşıyaka'nın hemen batısına dökülen Gediz Nehri'nin taşıdığı alüvyonlarla dolmuş ve sığlaşmıştır. Bu nedenle İzmir Limanı dolma tehlikesi ile karşılaşmış ve 1886 yılında Gediz Nehri'nin yatağı değiştirilip Dış Körfez'e kanaliz edilmiştir. Gemiler İzmir Limanı'na ulaşmak için Narlıdere ile Eski Gediz Deltaı arasında yer alan ve derinliği 10 m civarında olan sığ bir kanalı izlerler.

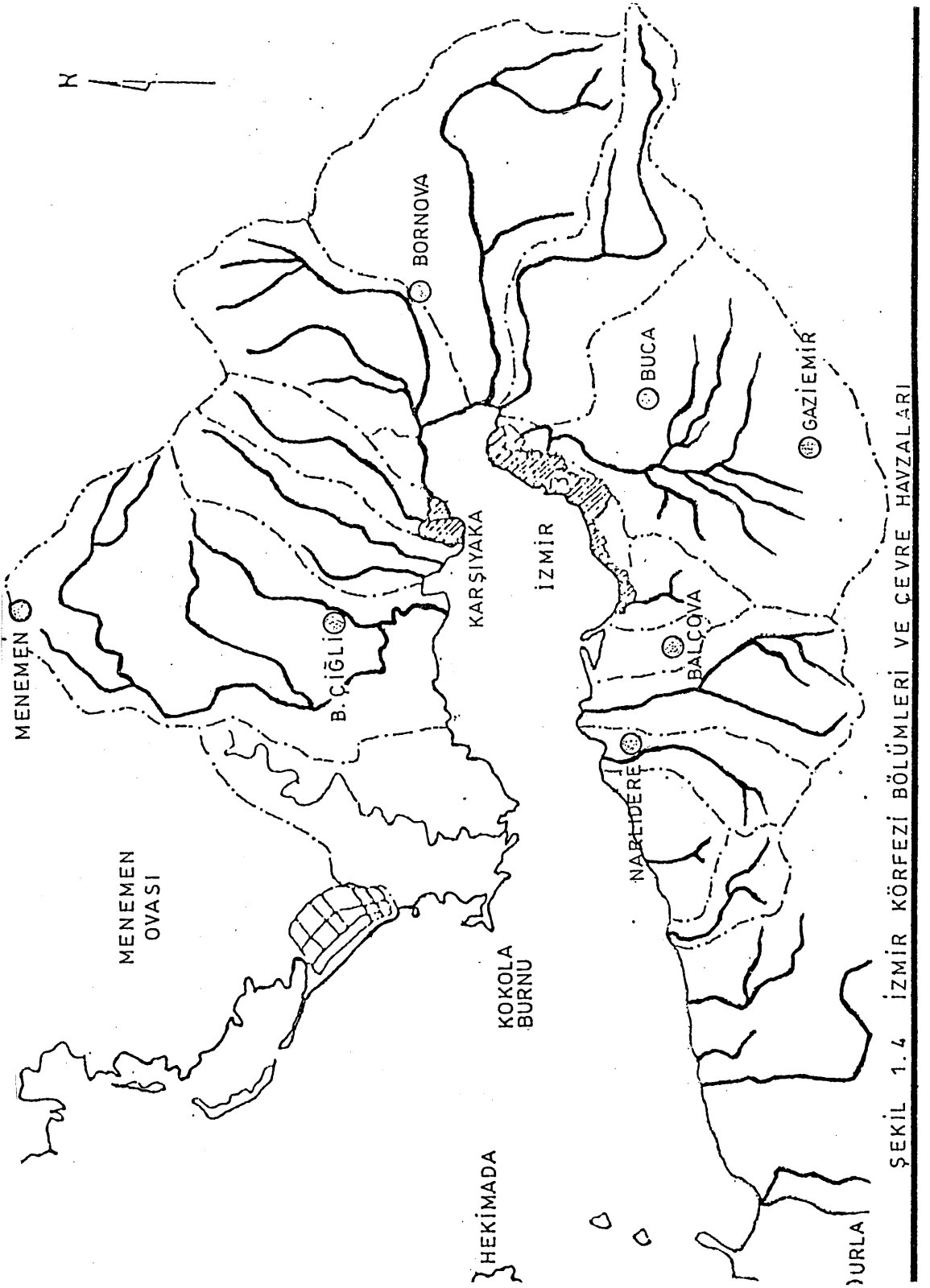
İzmir Körfezi'nin toplam havza alanı 20.000 km² civarındadır. Bu alan Gediz Nehri'nin havza alanından ve Körfez'e deşarj eden çok sayıda derenin havza alanlarından oluşur (Şekil 1.4). Çevre havzalar ve Körfez bölümleri Tablo 1.1'de belirtilmektedir. 401 km uzunluğundaki Gediz Nehri Körfez'e yılda 2.5 milyar m³, diğer küçük dereler de yılda yaklaşık 200 milyon m³ tatlısu akıtlarlar. İzmir Körfezi Bölümlerinin alan ve hacimleri ve çevre havzalardan gelen yıllık toplam akımlar da Tablo 1.2'de gösterilmektedir.

1.2 Körfez'in Oşinografik Özellikleri

Körfez'de gel – git etkisi sınırlıdır. Ölçülen maksimum genlikler 15 cm civarındadır. Körfez'deki akıntılar için gerekli enerjinin %85'i rüzgarın su yüzeyine tatbik ettiği gerilmelerle sağlanır. Geriye kalan %15 gel – git ve güneşin sağladığı kısa dalgalı radyasyonun önce ısı daha sonra da mekanik enerjiye dönüşümünden kaynaklanır. Yüzey suların tuzluluğu binde 37 ile 39 arasındadır. Deniz yüzeyi sıcaklıkları 11° ile 26° arasında kayıt edilmiştir.

1.3 Körfez'in Biyolojik Özellikleri

Doğal barınak görünümündeki Körfez jeolojik, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile her türlü deniz canlısının beslenmesi, barınması ve çoğalması için çok uygun bir ortam oluşturmuştur ve bu özellikleri nedeniyle, biyolojik çeşitlilik ve verimlilik gösterir. Gıda zincirinin ilk halkasını oluşturan planktonik organizmalardan son halkaları oluşturan deniz kaplumbağaları, foklar, yunuslar ve kuşlara kadar her grup canlının pek çok çeşidi Körfez'de bulunmaktadır. Yılda 10.000 ton su ürünü avlanan Körfez'de barbunya, mercan, balığına rastlanmaktadır.



ŞEKİL 1.4 İZMİR KÖRFEZİ BÖLÜMLERİ VE ÇEVRE HAVZALARI

Tablo 1.1: Çevre Havzalar ve Körfez Bölümleri

Sıra No	Havza Adı
1	Melez Çayı
2	Arap Deresi
3	İzmir Şehir İçi Bölgesi
4	Manda çayı
5	Poligon Deresi
6	Laka ve Bornova Dereleri
7	Balçova Deresi
8	Turan Bölgesi
9	Balçova Ilıca Deresi
10	Karşıyaka Ilıca Deresi
11	Narlıdere
12	Bostanlı Deresi
13	Abdullahaga Bölgesi
14	Çiğli Deresi ve Eski Gediz Yatağı
15	Yağ Çayı
16	Kaklıç Köyü ve Eski Gediz Yatağı
17	İç Körfez Liman Bölgesi
18	İç, Orta ve Dış Körfez Bölgeleri

Tablo 1.2: İzmir Körfezi Bölümlerinin alan ve hacimleri ve çevre havzalardan gelen yıllık toplam akımlar

Körfez Bölümünün Adı	Alan (km ²)	Hacim (10 ⁶ m ³)	T. Akım (10 ⁶ m ³ / yıl)
İç Körfez Liman Bölgesi	6,7	73,3	93,58
İç Körfez	58,9	562,9	62,90
Orta Körfez	56,5	924,3	25,46
Toplam	122,1	1560,6	181,94

1.4 Körfez’de Akıntılar

İzmir Körfezi yarı kapalı ve sığ bir koy olduğu için Ege Denizi ile su alışverişi kısıtlıdır. Çevresindeki yerleşim bölgelerinden gelen büyük miktardaki evsel ve endüstriyel atıksular ile başta Gediz Nehri olmak üzere pek çok akarsu tarafından beslenmektedir.

Körfez’de, özellikle Arıtma Tesisi’nden gelecek arıtılmış suyun körfeze verilmesi ile ilgili, akıntı ve seviye araştırmaları yapılmıştır. Körfez’de oluşacak fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişikliklerin tesbiti amacı ile bioekolojik, jeoteknik ve hidrodinamik araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalardan biri, Dokuz Eylül Üniversitesi’nce Prof. AKYARLI önderliğinde yapılan “İzmir Körfezi’nde Deniz Hareketleri” araştırması 1987 – 1998 yıllarında gerçekleştirilmiştir. Uzun ve kısa süreli akıntı ölçümleri, deniz seviyesi ölçümleri, deniz suyu parametreleri ölçümleri yapılmıştır. Yabancı firmaların değişik vesilelerle yaptığı çalışmaların dışında çeşitli kuruluşlarca pek çok araştırma gerçekleştirilmiştir. Özellikle Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü’nün sayısız çalışması vardır.

Karaburun önlerinde geniş bir alanda Ege Denizi’nden Körfeze güney, güney-doğu yönünde akıntılar izlenmiştir. Aynı bölgede Foça önlerinde daha dar bir bölgede Körfez’den açık denize doğru ve daha büyük hızı olan kuzey, kuzey-doğu yönlü akıntılar vardır.

Karaburun önlerinden Körfez’e doğru yönelen akıntılar Uzunada’nın kuzey-batısında ikiye bölünmekte, bir kısmı Uzunada’nın kuzeyinden doğuya yönelip açık denize giden akıntı ile birleşirken, bir kısmı da Mordoğan Geçidi’nden Uzunada’nın batısı boyunca güneye yönelip Uzunada’nın güneyini yalayarak Hekimadasının batısından Urla’ya yaklaşarak kuzeye dönmektedir.

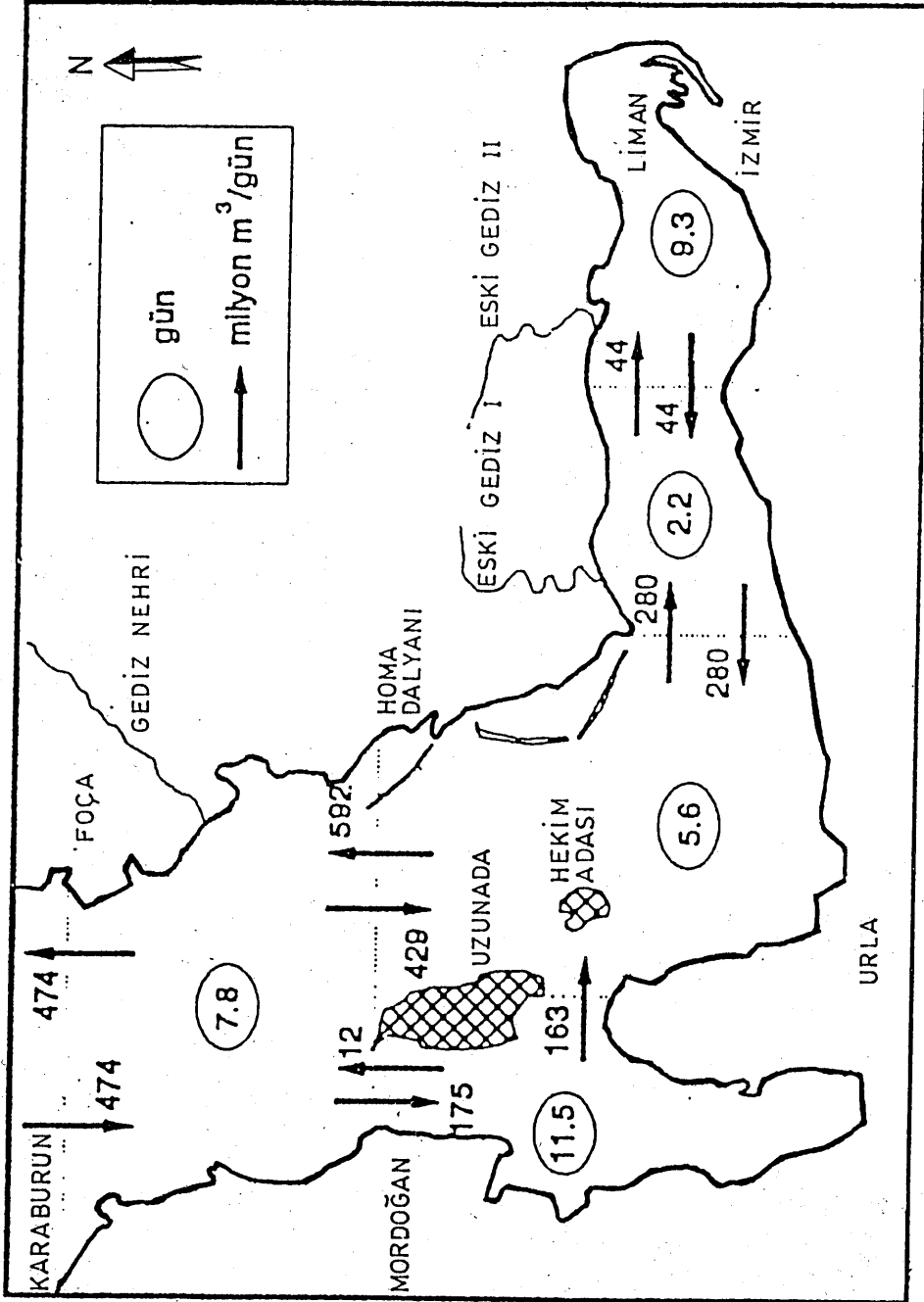
Tuzla kıyılarında ise güney – doğu yönünde hızlı akıntılar mevcuttur. Bunların bir kısmı Orta Körfez’e yönelirken, bir kısmı da daha güneyde kuvvetli bir çevrim hareketi oluşturmaktadır. Buradaki akıntı yönleri güney-doğudan kuzey-batıya kadar değişim göstermektedir.

Orta ve İç Körfez'in kuzey kesimlerinde, Dış Körfez'den İç Körfez'e doğru yönelen akıntılar görülmektedir. Güney'de ise akıntıların yönü Dış Körfez'e doğrudur (Şekil 1.5) .

Bu akıntılar neticesi Körfez'den açık denize girip – çıkan su miktarı $15.000 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır. Ayrıca bu periyod boyunca Körfez'deki su hacminde 115 milyon m^3 artma veya azalma görülmektedir.

1.5 Körfez Havzasının İklimsel Özellikleri

Yörede hava sıcaklığı yıllık ortalaması 17°C 'dir. En yüksek $30 - 35^\circ\text{C}$, en düşük $6 - 8^\circ\text{C}$ tesbit edilmiştir. Yıllık ortalama yağış 543 mm 'dir. Buharlaşma ise kışın $40 - 50 \text{ mm/ay}$ iken yazın $200 - 250 \text{ mm/ay}$ olmaktadır. Bağıl nem ise $\% 50 - 70$ arasında değişmektedir. Rüzgar yönleri ise Çiğli'de kış – ilkbaharda doğu, yaz – güz kuzey, Güzelyalı'da kış – ilkbaharda güney, yaz – güz batıdır.



ŞEKİL 1.5 İZMİR KÖRFEZİ'nde AKINTI YÖNLERİ

2. KÖRFEZ'İN KİRLLENMESİ

2.1 Kirliliğin Sebepleri

Körfez kirliliği çeşitli sebeplerden ortaya çıkmıştır. Bunlar;

1. Körfez çevresinde yaşayan yaklaşık 3 milyon insanın yarattığı evsel kökenli kirlilik,
2. İzmir ve çevresinde yerleşik endüstri kuruluşlarının atık suları,
3. Kentsel alana ve Körfez'in toplama havzasına düşen yağışların beraberinde getirdiği kirlilik,
4. Körfez'in toplama havzasındaki tarımsal faaliyetler sonucunda oluşan yüzey ve drenaj sularının getirdiği tarımsal mücadele ilaçları, yapay ve doğal gübrelemenin neden olduğu kirlilik,
5. Liman faaliyetleri ve deniz trafiğinden kaynaklanan kirlilik,
6. Körfez'e ulaşan dereler ve Gediz Nehri'nin getirdiği kirlilik,

Körfez kirliliğine neden olan kaynakların katkıları Tablo 2.1' de belirtilmektedir.

Tablo 2.1: Körfez kirliliğine neden olan kaynakların katkıları

Kaynaklar	Yüzde (%)
Evsel ve endüstriyel atıksular	50
Yağışlar	15
Dereler	10
Tarımsal drenaj suları	10
Erozyon	8
Liman faaliyetleri ve gemi trafiği	4
Diğer kaynaklar	3

Kentteki hızlı nüfus artışı ve sanayileşme, her 15 yılda Körfez'e gelen yüklerin ikiye katlanmasına neden olmuştur. Son 20 – 30 yılda atıksu yükleri ülkemizde giderek büyüyor. kıyı kentlerindeki denizlerde ciddi bozulmalara yol açmıştır. Bu bozulmaların önüne geçmek için geliştirilen projeler, yatırımlar için gerekli kaynakların bulunmaması nedeniyle tamamlanamamıştır. İzmir Körfezi, Atıksu Arıtma Tesisi İnşaatı'nın başlaması ile kurtuluşa doğru büyük bir adım atma şansını yakalamıştır.

2.2 Körfez’de Dip Sedimentleri

Körfez’e gelen kirli sular dibe çökerek deniz dibi sedimentlerinin de kirlenmesine yol açmaktadır. Ağır metaller, organik maddeler, fosfor, azot ve diğer katı maddeler kirli bir sediment yapısı ortaya çıkarmışlardır. Tüm Körfez’i etkisi altına alan bu oluşum İç Körfez’de sulu, tuzlu, kokulu bir bataklık görünümü almıştır. İç Körfez’in temizlenmesi amacı ile yapılan tarama çalışmaları sırasında çıkarılan sedimentlerin Dış Körfez’e boşaltılması ile kısmen az kirli olan bu bölgelerin de kirlenmesi hızlandırılmıştır. Körfez akıntıları bu sedimentleri her tarafa yaymış, Orta ve Dış Körfez’de ilave bir kirlilik ortaya çıkmıştır.

Sedimentasyon, genel olarak erozyon sonucu oluşan ve denizlere taşınan parçacıklarla suda asılı halde bulunan parçacıkların dipte birikimleri sonucu oluşur. Sadece karasal kökenli parçacıklar denizlerin sahile yakın çukur bölümlerinde biriktikleri halde, suda asılı halde bulunan parçacıklar tüm deniz diplerine homojen olarak dağılma özelliğindedirler. Dip akıntıları da sedimentleri tekrar suspanse hale getirir ve kirlilik transferine neden olurlar. Dalgaların oluşturduğu hava kabarcıkları da partikülleri su yüzeyine çıkarırlar.

Deniz kirliliğine neden olan unsurlar olağanüstü çeşitlilik gösterir. Askıda katı maddeler, inorganik tuzlar, atık ısı, sentetik deterjanlar, yağlar ve benzeri maddeler, yapay organik kimyasal maddeler, ağır metaller, azot, fosfor, organik maddeler, hastalık yapıcı mikroorganizma ve virüsler bunların başlıcalarıdır ve İzmir Körfezi bu kirliliği en yoğun biçimde yaşamaktadır.

3. BÜYÜK KANAL PROJESİ

İzmir Körfezi kirliliğini en büyük sebebi olan evsel ve endüstriyel atıksuların toplanıp arıtılması amacı ile 60'lı yıllardan başlayarak çeşitli otoritelerce çeşitli kuruluşlara fizibilite ve projelendirme çalışmaları yaptırılmıştır. Bazı bölümleri Yap – İşlet – Devret bazında ihaleye çıkarılmış fakat vazgeçilmiştir. Endüstriyel atıkların her fabrikada veya organize sanayi bölgesinde özelliğine göre arıtılması esası getirilmiştir.

İzmir Büyükşehir Belediyesi Büyük Kanal Projesini gerçekleştirmektedir. 65 km uzunluğunda ana kuşaklama kanalı, 6 adet pompa istasyonu, 95 km uzunluğunda tali kollektörler ve 2000 km uzunluğundaki (mevcut) atıksu toplama şebekesi ve sistemin sonundaki Atıksu Arıtma Tesisi Büyük Kanal Projesini oluşturmaktadır (Şekil 3.1). Büyük Kanal Kollektörleri hat boyutları ile beraber Tablo 3.1'de belirtilmektedir.

Büyük Kanal Projesinin toplam maliyeti 364.08 milyon USD olarak planlanmıştır. 1998 Eylül ayı itibarıyla yapılan toplam harcama 311.07 milyon USD'dır. Şu ana kadar yapılan yatırımların özeti Tablo 3.2'de verilmektedir.

Proje ihalesi henüz gerçekleştirilmiş olan şehrin batı bölgesi kanalları dışındaki ana kuşaklama ve tali kollektörler ile pompa istasyonlarının yapımı çok büyük oranda tamamlanmıştır. Bu arada dere bağlantıları da yapılmaktadır. 1998 yılında yukarıdaki ana bileşenlerin ve Arıtma Tesisinin ilk bölümlerinin devreye alınmasından sonra Büyük Kanal Projesinin diğer kollektörleri, Ana Kuşaklama Kanalının Güzelbahçe – Narlıdere – Balçova – Konak arası bölümü ve kanalizasyon şebekeleri inşaatları çalışmaları başlatılacaktır. Büyük Kanal Projesi ana bileşenlerinin tamamlanma durumları Tablo 3.3'de verilmektedir

Tablo 3.1: Büyük Kanal Kolektörleri

İşin Tanımı	Hat Çapı	Hat Uzunluğu
Basıncılı Hat (Çelik Boru)	ϕ 2400 mm	2 x 4273 m
Büyük Çiğli Kolektörü	ϕ 1000 – 1400 mm	3669 m
Egekent Kolektörü	ϕ 1200 – 1400 mm	2495 m
Şemikler Kolektörü	ϕ 900 – 1200 mm	3542 m
Karşıyaka Kolektörü	ϕ 900 – 1400 mm	4389 m
Soğukkuyu Kolektörü	ϕ 500 – 800 mm	1057 m
Alaybey Kolektörü	ϕ 800 – 1400 mm	2292 m
Cumhuriyet Kolektörü	ϕ 600	702 m
Alsancak Kolektörü	ϕ 800 – 1200 mm	2720 m
Şehitler Kolektörü	ϕ 800 – 1000 mm	1931 m
Piyale Kolektörü	N – 330	3758 m
Eşrefpaşa Kolektörü	ϕ 600 – 1200 mm	2720 m
Narlıdere Kolektörü	ϕ 400 mm	1180 m
Ilıca Kolektörü	ϕ 500 mm	1733 m
Balçova Kolektörü	ϕ 400 – 900 mm	2950 m
Yeşilyurt Kolektörü	ϕ 600 mm	1577 m
Çitlenbik Kolektörü(Mevcut)	ϕ 600 – 800 – 900 mm	
Üçyol Kolektörü	ϕ 600 – 800 mm	1831 m
Bozyaka Kolektörü	ϕ 600	1579 m
Aşağı Melez	ϕ 2000 – 2200 mm	4853 m
Gürçeşme Kolektörü	ϕ 500 mm	1153 m
Boğaziçi Kolektörü	ϕ 400 – 500 mm	867 m
Gültepe Kolektörü	ϕ 500 – 800 mm	2393 m
Buca Kolektörü	ϕ 600 – 1000 mm	3532 m
Altındağ Kolektörü	ϕ 600 – 1000 mm	1768 m
Sanayi Kolektörü	ϕ 800 – 1600 mm	10268 m
Çamdibi Kolektörü	ϕ 800 – 1600 mm	1739 m
Siteler Kolektörü	ϕ 400 – 600 mm	2130 m
Bornova Kolektörü	ϕ 400 – 600 – 1000 mm	7508 m
Çay Kolektörü	ϕ 400 – 800 mm	1332 m
Pınarbaşı Kolektörü	ϕ 400 – 800 mm	1560 m
Işıklar Kolektörü	ϕ 600 mm	1020 m
Koşuyolu Kolektörü	ϕ 500 – 1200 mm	3532 m

Tablo 3.2: Büyük Kanal Projesi Yatırımları Özeti

Sıra No	İŞİN ADI	1998 Eylül İtibariyle	TUTARI (Milyon \$)	
			Kalan İşler	TOPLAM
1	Müşavirlik Hizmetleri	12.49	0.74	13.23
2	Çiğli Pompa İstasyonu	16.95	-0.43	16.52
3	Karşıyaka Pompa İstasyonu	7.03	0	7.03
4	Bayraklı Pompa İstasyonu	7	0.4	7.4
5	Gümrük Pompa İstasyonu	1.88	2.82	4.7
6	Ekipman Satın Alınması	24.74	0	24.74
7	İller Bankası Yatırımları	85.4	0	85.4
8	Enerji Temini İşleri	1.76	-0.29	1.47
9	Kutu Menfez	2.53	0.39	2.92
10	Basınçlı Hat	10.4	0.7	11.1
11	Yapımı Devam Eden Kollektörler	12.62	-4.02	8.6
12	Tünel Kaplaması	2.06	0.38	2.44
13	Geçişler; Önyükleme vb. işler	3.2	0.17	3.37
14	Kanal Şebekeleri (*)	53.29	-3.63	49.66
15	Kamulaştırma (*)	48.76	-0.11	48.65
16	Arıtma Tesisi Avansı	13.87	56.13	70
17	Dere Islahları	7.09	-0.24	6.85
GENEL TOPLAM		311.07	53.01	364.08

Tablo 3.3: Büyük Kanal Projesi Ana Bileşenleri Uygulama Programı

İşin Tanımı	Tamamlama Tarihi
1. Pompa İstasyonları	
1.1 Gümrük Pompa İstasyonu	1999 yılı
1.2 Bayraklı Pompa İstasyonu	Tamamlandı.
1.3 Karşıyaka Pompa İstasyonu	Tamamlandı.
1.4 Çiğli Pompa İstasyonu	Tamamlandı.
1.5 Enerji İşleri Temini	Tamamlandı.
2. Ana Kuşaklama Kanalı	Aralık 1998
2.1 Basmane – Melez arası	Tamamlandı
2.2 III. Ve IV. Kısım Kollektörleri (İller Bankası)	Tamamlandı
2.3 Tünel Kaplaması	Tamamlandı
2.4 Kutu Menfez İnşaatı	Kasım 1998
2.5 Basınçlı Hat İnşaatı	Ekim 1998
3. Kollektörler	
3.1 Sanayi Kollektörü	Tamamlandı
3.2 Karşıyaka Kollektörleri	Aralık 1998
3.3 Bornova Kollektörleri	Aralık 1998
3.4 Güneybatı Kollektörleri	Proje İhaleleri Yapıldı
4. Atıksu Arıtma Tesisi	Birinci faz 1998 sonu İkinci faz 1999 sonu

4. ATIKSU ARITMA TESİSİ

4.1 Proses Seçimi

İzmir'in atıksuyunu arıtmak için yapılacak tesisin projelendirilmesi uzun yıllar boyunca ve çeşitli teknolojiler esas alınarak yapılmış, özellikle lagün sistemi üzerinde durulup, bu proje ile ihaleye çıkılıp, vazgeçilmiş, neticede ileri biyolojik arıtma teknolojisinde karar kılınmıştır. Biyolojik arıtma teknolojisinde son gelişmeler de dikkate alınarak, havalandırma verimliliği yüksek olan ince kabarcıklı difüzör sistemi ile hava veren ve tamamen biyolojik olarak azot ve fosfor gideren uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi seçilmiştir. Bu ileri biyolojik sistemle Avrupa Standartları'na da uygun çok iyi kalitede arıtılmış atıksu zararsız bir şekilde Körfez'e verilebilecektir.

7 m³/s kuru hava debisi ile çalışacak olan tesis, 9 m³/s maksimum debi ve fırtına durumunda da 3 saat için 12m³/s debi için projelendirilmiştir.

Giriş Atıksu Özellikleri;

BOİ	400 mg/l
KOİ	600 mg/l
AKM	500 mg/l
Azot	60 mg/l
Fosfat	6 mg/l

Çıkış Suyu için sağlanacak değerler ise;

BOİ	20 mg /l
KOİ	100 mg/l
AKM	30 mg/l
Azot	12 mg/l
Fosfat	1 mg/l

Pompa istasyonundan gelen atıksu öncelikle giriş yapısı, ince ızgaralar, kum tutucu yapısı, parşal savağı ve dağıtım yapısından oluşan ön arıtmadan geçecektir. Dağıtım yapısında toplanan atıksu, paralel çalışan 3 hatta dağıtılacaktır. Her hatta atıksu, sırasıyla ön çökeltme tankı, bio-fosfor tankı, oksidasyon hendeği ve son çökeltme tanklarından geçecektir. Buradan da deşarj hattı vasıtasıyla denize deşarj yapılacaktır (Şekil 4.1). İzmir Atıksu Arıtma Tesisi'nin temsili resmi Şekil 4.2'de verilmektedir.

Biyolojik proses esas olarak, ön çökeltmeli ve biyolojik olarak azot ve fosfor giderimi yapan modifiye edilmiş oksidasyon hendeğidir. Tanklar arasında cazibe ile akım sağlandığı için sistemin enerji ihtiyacı çok düşüktür (~ 7 MW). Çamur arıtımı için ön ve son çökeltmeden gelen fazla çamur ayrı ayrı yoğunlaştırıcıdan geçirilip polielektrik dozlaması ile belt press vasıtasıyla %30 katı madde muhtevasında bir kek haline getirilip depo sahasına gönderilecektir. Tesisin işlemesi tam otomatik olarak yapılacaktır.

4.2 Arıtma Tesisi İnşaatı

Arıtma Tesisi İnşaatı ihalesi, alışılmış yöntemlerin aksine proses seçimini teklif sahibine bırakacak şekilde yapılmış ve tabii burada, uygun teklif verme kriteri yanında uygun ileri teknolojiyi içeren teklifin seçimi esas alınmıştır. En düşük fiyatı (en yakın rakibin %30 altında) veren TEKSER liderliğindeki grubun getirdiği teknoloji de en ileri biyolojik arıtma sistemidir. Dünyanın en büyük modern biyolojik arıtma tesisi olacak projenin teknolojsi TEKSER tarafından geliştirilip projelendirilmiştir. Tavan metraj, dolayısı ile tavan fiyat esasına göre yapılan mukaveleye göre teklifteki metrajlar ödemede aşılmayacak, fakat eksik metraj gerçekleşmesi halinde sadece yapılan metraj karşılığı ödeme yapılacaktır. İhale bedeli 70 milyon USD'dir ve aşılamayacaktır. 1998 başında işe başlanmıştır, süre 2 yıldır. Bu bedele, tesis, lojmanlar, idari bina, atölye, sulama suyu pompa istasyonu, iki yıllık işletme ve eğitim, iki yıllık yedek parça temini ve laboratuvar ekipmanı dahildir.

Bölgede zeminin mukaveti çok düşük olduğundan bütün tesis kazıklı temeller üzerine inşa edilmektedir. Bugüne kadar (Eylül 1998) toplam 2200 adet çelik kazık çakılmış, 2600 adet jetgrout kolon imalatı yapılmıştır. Ön çökeltme ve son çökeltme tanklarının zemin

ıslah çalışmaları tamamlanmıştır. Proses tanklarının çelik kazık çakımı ve jetgrout kolon imalatı devam etmektedir.

Önarıtma bölgesindeki giriş yapısı, kum tutucu yapısı, parşal savakları, dağıtım yapıları ile by-pass kanallarının inşaat işleri tamamlanmıştır. 2.5 km uzunluğundaki deniz deşarj kanalının inşaatı devam etmektedir.

Birinci hattaki dört adet ön çökeltme ve dört adet son çökeltme tanklarının temel kazıları yapılmış ve grobetonları dökülmüştür. Ön çökeltme tanklarından ikisinin, son çökeltme tanklarından birinin radye betonu tamamlanmıştır. Diğer tanklardaki beton işleri ve proses boruları montajı devam etmektedir. Tüm tesiste 500 000 m³ kazı ve 90 000 m³ beton dökümü ve 15 000 m boru montajı ile büyük miktarda mekanik, elektrik, elektronik ekipman montajı gerçekleştirilecektir.

Tesiste yapılması planlanan arıtma işlemlerinin gerçekleştirileceği proses yapıları ve proses servis binalarının büyüklükleri ve adetlerine ait bilgiler Tablo 4.1 ve Tablo 4.2’de verilmiştir.

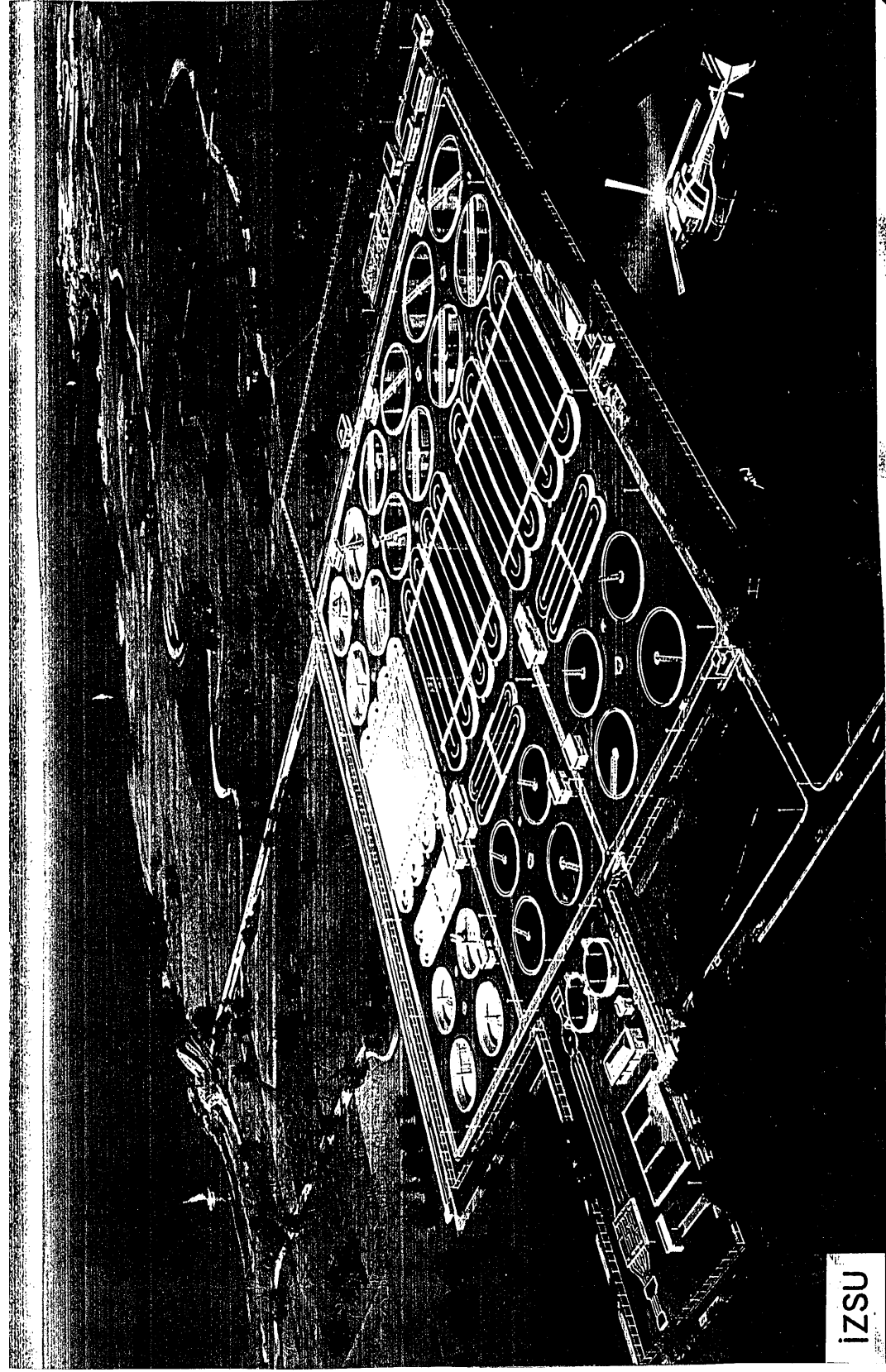
Tesisin tamamlanmasında ara hedefler de konulmuştur. 1998 sonunda ön arıtmadan geçirilecek atıksu bir by-pass kanalı ve 2.5 km’lik deşarj hattı ile denize verilecektir.

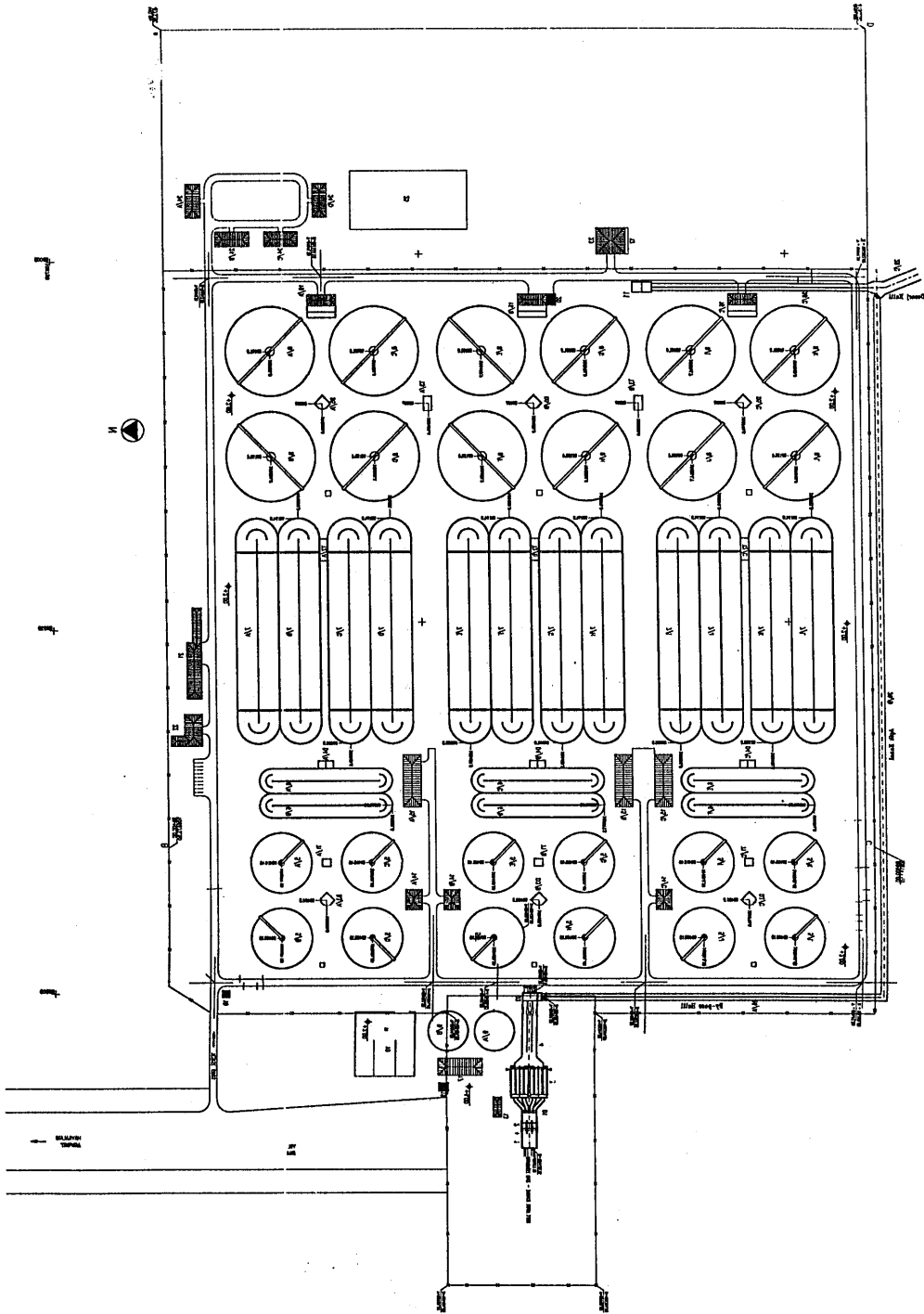
Mayıs 1999’da Tesis’in üçte biri hizmete girecektir. 2000 yılının ilk aylarında da Tesis tamamen hizmete açılacaktır.

İZSU

İZMİR ATIK SU ARITMA TESİSİ

TEKSER - AEE- PBI KONSORSİYUMU





Şekil 4.1: İzmir Atıksu Arıtma Tesisi Yerleşim Planı

- GENEL - ÇEVRE
- 1. İZMİR İLİ
 - 2. İZMİR İLİ
 - 3. İZMİR İLİ
 - 4. İZMİR İLİ
 - 5. İZMİR İLİ
 - 6. İZMİR İLİ
 - 7. İZMİR İLİ
 - 8. İZMİR İLİ
 - 9. İZMİR İLİ
 - 10. İZMİR İLİ
 - 11. İZMİR İLİ
 - 12. İZMİR İLİ
 - 13. İZMİR İLİ
 - 14. İZMİR İLİ
 - 15. İZMİR İLİ
 - 16. İZMİR İLİ
 - 17. İZMİR İLİ
 - 18. İZMİR İLİ
 - 19. İZMİR İLİ
 - 20. İZMİR İLİ
 - 21. İZMİR İLİ
 - 22. İZMİR İLİ
 - 23. İZMİR İLİ
 - 24. İZMİR İLİ
 - 25. İZMİR İLİ
 - 26. İZMİR İLİ
 - 27. İZMİR İLİ
 - 28. İZMİR İLİ
 - 29. İZMİR İLİ
 - 30. İZMİR İLİ
 - 31. İZMİR İLİ
 - 32. İZMİR İLİ
 - 33. İZMİR İLİ
 - 34. İZMİR İLİ
 - 35. İZMİR İLİ
 - 36. İZMİR İLİ
 - 37. İZMİR İLİ
 - 38. İZMİR İLİ
 - 39. İZMİR İLİ
 - 40. İZMİR İLİ
 - 41. İZMİR İLİ
 - 42. İZMİR İLİ
 - 43. İZMİR İLİ
 - 44. İZMİR İLİ
 - 45. İZMİR İLİ
 - 46. İZMİR İLİ
 - 47. İZMİR İLİ
 - 48. İZMİR İLİ
 - 49. İZMİR İLİ
 - 50. İZMİR İLİ
 - 51. İZMİR İLİ
 - 52. İZMİR İLİ
 - 53. İZMİR İLİ
 - 54. İZMİR İLİ
 - 55. İZMİR İLİ
 - 56. İZMİR İLİ
 - 57. İZMİR İLİ
 - 58. İZMİR İLİ
 - 59. İZMİR İLİ
 - 60. İZMİR İLİ
 - 61. İZMİR İLİ
 - 62. İZMİR İLİ
 - 63. İZMİR İLİ
 - 64. İZMİR İLİ
 - 65. İZMİR İLİ
 - 66. İZMİR İLİ
 - 67. İZMİR İLİ
 - 68. İZMİR İLİ
 - 69. İZMİR İLİ
 - 70. İZMİR İLİ
 - 71. İZMİR İLİ
 - 72. İZMİR İLİ
 - 73. İZMİR İLİ
 - 74. İZMİR İLİ
 - 75. İZMİR İLİ
 - 76. İZMİR İLİ
 - 77. İZMİR İLİ
 - 78. İZMİR İLİ
 - 79. İZMİR İLİ
 - 80. İZMİR İLİ
 - 81. İZMİR İLİ
 - 82. İZMİR İLİ
 - 83. İZMİR İLİ
 - 84. İZMİR İLİ
 - 85. İZMİR İLİ
 - 86. İZMİR İLİ
 - 87. İZMİR İLİ
 - 88. İZMİR İLİ
 - 89. İZMİR İLİ
 - 90. İZMİR İLİ
 - 91. İZMİR İLİ
 - 92. İZMİR İLİ
 - 93. İZMİR İLİ
 - 94. İZMİR İLİ
 - 95. İZMİR İLİ
 - 96. İZMİR İLİ
 - 97. İZMİR İLİ
 - 98. İZMİR İLİ
 - 99. İZMİR İLİ
 - 100. İZMİR İLİ

Tablo 4.1 Proses Yapıları Listesi

YAPI	Ebatları,m			Adet	Toplam Yüzey Alan,m ²
Giriş Yapısı	12	7.8	2.03	1	93.6
Izgara Kanalları	2.4	6	2.68	3	43.2
Kum Tutucu Kanalları	5.5	21	5.4	4	462
Parshall Savakları				3	
Ön Çökeltim Tankları	Çap = 40.9 (Dairesel)			12	15766
Bio-fosfor Tankları	90	16.4	6.6	6	8856
Proses Tankları	154.4	28.4	6.6	12	52620
Son Çökeltim Tankları	Çap = 60 (Dairesel)			12	33930
Son Çökeltim Çamur Alış Haznesi	4	16.2	3	3	194.4
Çamur Geri Dönüş Pompa İst. Tankı	3	16.2	4.7	3	145.8
Ön Çökeltim Köpük Toplama Hazneleri	2	2	3	3	12
Son Çökeltim Köpük Toplama Hazneleri	3	3	3	3	27
Çamur Toplama Tankı	Çap = 27 (Dairesel)			2	1145
Filtrat Pompa İstasyonu Tankı	8.5	8.5	3	1	72.3

Tablo 4.2 Servis Binaları

YAPI	Ebatları,m			Adet	Toplam Yüzey Alan,m ²
Ön Çökeltim Çamur Pompa İstasyonu	11	14		3	462
Trafo ve Blower Binası	12	36		3	1296
Geri Devir Pompa İstasyonu	16	20		3	960
Çamur Susuzlaştırma Ünitesi	22	30	8.5	1	660
Blower Binası	6	14		1	84
Trafo Binası I	7	7		1	49
Trafo Binası II	5	9		1	45
Bekçi Kulübesi	5	5		1	25
İdari Bina	10	20	2 kat	1	200

5. ARITILMIŞ SUYUN SULAMA AMAÇLI KULLANILMASI

Arıtma Tesisinden çıkan arıtılmış suyun Menemen Ovasında sulama amaçlı kullanılması projesi bu ovada ilave su kaynaklarına ihtiyaç duyulmasından ortaya çıkmıştır. Bu arada arıtılmış da olsa Körfez'e ilave bir deşarj yapılmaması avantajı da elde edilmiş olacaktır.

Arıtma Tesisi çıkış suyu kriterleri Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde öngörülen parametrelere kıyasla daha kalitelidir. Fakat, bu suyun içerisinde bulunan organik maddeler, yönetmeliklerin izin verdiği sınırın altında olmasına rağmen, yine de Körfez'de deniz hayatını etkileyecektir. Halbuki sulama suyunda bu maddeler bitkiler için besin niteliğindedir.

Menemen Ovası 30.000 hektarlık tarımsal alanda sulama ihtiyacını, süratle azalan yeraltı suyu ile yoğun kirlilik yaşayan Gediz Nehri'nden karşılamaktadır. Özellikle Gediz Nehri Suyu'nun ağır metal kirlenmesi dolayısı ile sulamada kullanılması sakıncalı hale gelmiştir. Bu durumda arıtılmış suyun Menemen Ovasına gönderilmesi, üstelik bu suyun içerdiği azot ve fosfor gibi maddelerin avantaj teşkil etmesi projeyi her açıdan olumlu hale getirmiştir. Sulama yapılmayan kış aylarında arıtılmış atıksuyun mevcut, ya da yapılacak barajlarda depolanması düşünülmektedir.

Arıtma Tesisi'nden Emiralem Regülatörüne 36.5 km'lik 2 adet ϕ 2200'lük isale hattı gerekmekte, buradan da 1.5 km'lik bir hatla Göktepe Barajı'na ulaşılmaktadır. Yapılacak barajlar ve Göktepe Barajı'na kazandırılacak ilave kapasite ile 6 aylık biriktirme dönemi için gereken 110 milyon m³'lük hacim elde edilecektir. İsale ve terfi hatları ile pompa istasyonları için 90 milyon USD gereklidir.

Menemen Ovası'nda arıtılmış suyun kullanılması ilk yatırımı uygun, getirisi büyük ve kendini kısa sürede amorti edecek bir projedir.

6. SONUÇ

İzmir Körfezi yılların birikimi olan kirliliğinden artık kurtulacaktır. Atıksular Körfez'i kirletmeyecektir. Hele sulama amaçlı kullanıldığında arıtılmış su bile Körfez'e akmayacaktır. Türkiye'nin gözbebeği, iftihar vesilesi İzmir Şehri bir utancından arınacak, İzmir'in pis kokusu sadece anılarda yaşayacaktır. İç Körfez'de bile balık tutulacak, denize girilecektir.

Bu onurda bir nebze olsun payımın olmasından bir kıyı mühendisi olarak büyük gurur duyuyorum.

KAYNAKLAR

1. Türkiye'de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu II, 22-23 Mayıs, 1997, Cilt I-II
2. Kıyı Sorunları ve Çevre Sempozyumu, 10-11 Kasım, 1994
3. DEÜ Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir Atıksu Arıtma Tesisi Çevresel Etki Değerlendirme Raporu, İzmir 1998
4. İTO, İzmir'in Çevre Sorunları, 1992

**REGENERATION of İZMİR BAY AREA:
WASTEWATER TREATMENT PLANT**

Fehmi ÇAKMAK

Civil Engineer MSc

TEKSER Construction Industry & Trading Inc.

İzmir Wastewater Treatment Plant Construction Project Manager

ABSTRACT

The city of İzmir has got the largest natural bay area in Turkey. İzmir is the third biggest city of Turkey with its 2.2 million population, which has the second biggest harbour of Turkey. With its position as a door to the second largest industrial and agricultural region, İzmir is the biggest export harbour of Turkey. The natural beauty, historical and archaeological resources, unique and delightful climate makes İzmir a touristic centre as well as a junction point of the ways to the other touristic resorts in the same region.

But in the other hand, İzmir Bay Area has become an important location in the Mediterranean Sea with its pollution concentration. Especially the municipal and industrial wastes, soil erosion, in-port activities, condensed ship traffic and wastewater sources such as rain, agricultural drainage and stream flows cause the pollution which affects the inbound of the bay heavily.

In recent years, municipal infrastructure works has become a focus of importance and a regeneration possibility for the Bay Area of İzmir. As the industrial wastes are treated at the local plants of industrial zones, the construction of municipal Wastewater Treatment Plant has been also started. At the end of the next year, when the plant is activated, İzmir Bay Area will be cleared from municipal wastes soon where swimming and fishing at the inbound of the bay area will also be possible.

