

Proje No

2003/SÜF/015

Proje Adı

Ege Denizi'nde Dalga ve Akıntı Etkilerinin Yapay
Resifler Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi

Proje Yürütücüsü

Yard. Doç.Dr. F. Ozan DÜZBASTILAR

Yardımcı Araştırmacılar

Prof.Dr. Altan LÖK

Prof.Dr. Cengiz METİN

Yard.Doç. Dr. Ali ULAŞ

Prof.Dr. Adnan TOKAÇ

EGE ÜNİVERSİTESİ SU ÜRÜNLERİ FAKÜLTESİ

Bornova-İzmir

2005

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	4
ABSTRACT	4
ŞEKİLLER DİZİNİ	5
ÇİZELGELER DİZİNİ	6
1. GİRİŞ	7
2. YAPAY RESİFLERDE TASARIM KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ	9
2.1. Biyolojik Tasarım	9
2.2. Fiziksel Tasarım	11
2.3. Ekonomik Tasarım	11
2.4. Çevresel Tasarım	12
3. DALGALAR VE OLUŞUMU	14
3.1. Dalgaların Genel Özellikleri	14
3.2. Dalgaların Sınıflandırılması	15
3.2.1. Periyotlarına göre sınıflandırma	15
3.2.2. Deniz yüzeyinin görünümüne göre sınıflandırma	15
3.2.3. Su derinliği ile olan ilişkilerine göre sınıflandırma	16
3.2.4. Dalgaları yaratan kuvvetlere göre sınıflandırma	16
3.2.4.1. <i>Rüzgar dalgaları</i>	16
3.2.4.2. <i>İç dalgalar</i>	16
3.2.4.3. <i>Duran dalgalar</i>	17
3.2.4.4. <i>Katastrofik dalgalar</i>	17
4. AKINTILAR VE OLUŞUMU	17
4.1. Akıntılarının Sınıflandırılması	18
4.1.1. Rüzgar akıntıları	18
4.1.2. Termohalin akıntıları	18
4.1.3. Boğaz (yoğunluk) akıntıları	18
4.1.4. Dalga akıntıları	19
4.1.5. Gel-git akıntıları	19
5. MATERYAL ve YÖNTEM	20
5.1. Çalışma Bölgesinin Seçimi	21
5.2. Saha Verilerinin Toplanması	22

5.3. Hidrolik Denemeler	22
5.4. Teorik Tasarım	23
5.4.1. Dalga ve akıntının yapay resif üzerindeki etkisi	23
5.4.2. Resif Bloğuna Etkiyen Parametreler	23
5.4.2.1. <i>Dalga kuvveti (F_{dalga})</i>	24
5.4.2.2. <i>Sürüklenme kuvveti ($F_{sürüklenme}$)</i>	25
5.4.2.3. <i>Atalet kuvveti (F_{atalet})</i>	26
5.4.2.4. <i>Direnç kuvvetleri ($F_{direnç}$)</i>	27
5.4.2.5. <i>Yüzerlik kuvveti ($F_{yüzerlik}$)</i>	27
5.4.2.6. <i>Kaldırma kuvveti (F_{kal})</i>	28
5.4.2.7. <i>Sürtünme kuvveti ($F_{sürtünme}$)</i>	29
5.4.2.8. <i>Güvenlik faktörü (GF) ve dalga kuvveti (F_{dalga})</i>	29
5.4.2.9. <i>Stabilite eşitliği ve stabilite abağı</i>	30
5.5 Lokal Oyulma Oluşumu	31
6. BULGULAR	32
6.1. Çalışma Sahası Gözlemleri	32
6.2. Hidrolik Denemeler	32
6.3. Teorik Hesaplamalar	32
6.3.1. Su derinliğinin stabiliteye etkisi	33
6.3.2. Dalga periyodu ve yüksekliğinin stabiliteye etkisi	35
7. TARTIŞMA	38
8. SONUÇ ve ÖNERİLER	41
9. KAYNAKLAR	44

ÖZET

Bu çalışmada Ege Denizi'nde dalga ve akıntı etkilerinin yapay resifler üzerindeki etkilerinin belirlenmesi için saha çalışması, hidrolik deneme ve teorik hesaplamalar yapılmıştır. Saha çalışmalarında birkaç blok dışında stabilitesini kaybeden bloğa rastlanmamıştır. Hidrolik denemeler dalga kanalında yürütülmüş ve 10 m derinlikteki için boş bloklar 4 m'den yüksek dalga büyüklüklerinde stabilitelerini kaybetmişlerdir. Ayrıca teorik hesaplamalar yapılarak derinlik ile yapay resif ağırlığı arasındaki ilişki ortaya konmuş ve dalga parametrelerinin değişimi ve etkileri incelenmiştir.

ABSTRACT

In this study, to determine effects of wave and current in the Aegean Sea field observations, hydraulic experiments and theoretical calculations were carried out. It was not observed any blocks which has lost their stability except a few blocks in the field studies. Hydraulic experiments were carried out in the wave channel and hollow cubic models in the depth of 10 m lost their stabilities at wave heights higher than 4 m. In addition, theoretical calculations were made in order to determine relationship between the weight of reef blocks and water depth, changes and effects of wave parameters.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Resif kümesi ve arkasındaki korunaklı bölge

Şekil 2. Resif kolon genişliği ve akıntı hızı

Şekil 3. Resif bloğu ve arkasındaki korunaklı bölge oluşumu

Şekil 4. Dalganın genel özellikleri

Şekil 5. Dalga ve akıntı kuvvetlerinin etkisi

Şekil 6. Çok amaçlı oşinografi gözlem cihazının deniz zeminine montajı

Şekil 7. Dalga kanalında dalga oluşumu

Şekil 8. Simülasyonu yapılmış silindirik yapay resif modeli

Şekil 9. Resif bloğuna etkiyen parametreler

Şekil 10. Dalga kuvveti

Şekil 11. Dalga ve direnç kuvveti ilişkisi

Şekil 12. Sürüklenme kuvveti

Şekil 13. Atalet kuvveti

Şekil 14. Direnç kuvvetleri

Şekil 15. Yüzerlik kuvveti

Şekil 16. Kaldırma kuvveti

Şekil 17. Sürtünme kuvveti

Şekil 18. Stabilite abağı

Şekil 19. Resif bloğunun arkasında oluşan ve lokal oyulmaya neden olan türbülanslı akışlar

Şekil 20. Yapay resif uygulamalarında kullanılan beton bloklar

Şekil 21. 5 m su derinliğinde dalga yüksekliği ve periyoduna bağlı bloğun havadaki ağırlık değerleri

Şekil 22. 10 m su derinliğinde dalga yüksekliği ve periyoduna bağlı bloğun havadaki ağırlık değerleri

Şekil 23. 15 m su derinliğinde dalga yüksekliği ve periyoduna bağlı bloğun havadaki ağırlık değerleri

Şekil 24. 20 m su derinliğinde dalga yüksekliği ve periyoduna bağlı bloğun havadaki ağırlık değerleri

Şekil 25. Sabit dalga periyodu ve 5 m su derinliğinde değişen dalga yüksekliklerinin blok ağırlığına olan etkisi

Şekil 26. Sabit dalga periyodu ve 5 m su derinliğinde değişen dalga yüksekliklerinin blok ağırlığına olan etkisi

Şekil 27. Sabit dalga periyodu ve 5 m su derinliğinde değişen dalga yüksekliklerinin blok ağırlığına olan etkisi

Şekil 28. Sabit dalga periyodu ve 5 m su derinliğinde değişen dalga yüksekliklerinin blok ağırlığına olan etkisi

Şekil 29. Sabit dalga periyodu ve 10 m su derinliğinde değişen dalga yüksekliklerinin blok ağırlığına olan etkisi

Şekil 30. Sabit dalga periyodu ve 10 m su derinliğinde değişen dalga yüksekliklerinin blok ağırlığına olan etkisi

Şekil 31. Sabit dalga periyodu ve 10 m su derinliğinde değişen dalga yüksekliklerinin blok ağırlığına olan etkisi

Şekil 32. Sabit dalga periyodu ve 10 m su derinliğinde değişen dalga yüksekliklerinin blok ağırlığına olan etkisi

Şekil 33. Yapay deniz çayırı

Şekil 34. Hareketli beton blok eklenmiş yapay deniz çayırı

ÇİZELGELER DİZİNİ

Tablo 1. Çalışmada kullanılan dalga değerleri

Tablo 2. Dört farklı su derinliğine göre hız (U_x , m/s) ve ivme (U_a , m/s^2) değerleri

1. GİRİŞ

Deniz canlılarının barınma, beslenme, üreme gibi temel davranışları gözetilerek, fiziksel, kimyasal, biyolojik vb. etkileşimler sonucu bu canlıların deniz zeminine farklı amaç, malzeme, boyut ve tasarımlar kullanılarak yerleştirilen insan yapısı habitatlara “yapay resif” adı verilmektedir. Yapay resif uygulamaları 16. yüzyıldan günümüze kadar sürekli gelişen ve farklı disiplinler tarafından incelenen konu olmuştur. Japonya’da ağaçlardan ve bitkilerden dökülen ve kesilerek elde edilen odunsu yapılar, doğal kayalar ve taşlar balıkların bir araya toplanmaları için kullanılmış ilk malzemelerdir (Mottet, 1985). Sonraki yıllarda Japon balıkçılar ve bilim adamları değişik tasarımlar ve malzemeler kullanarak, yapay resif uygulamalarını en üst seviyeye taşımışlardır. Bu nedenle yapay resif tasarımında temel alınan konuların çoğu Japon deneyimlerine dayanmaktadır. Japonlar içi taşlarla doldurulmuş tekneleri batırarak devam ettikleri denemeleri, 1930’lu yıllarda balıkçılığın aktif bir elemanı haline getirmişlerdir (Mottet, 1985). 1950’lerde ise yapay resif uygulamaları ulusal bir program haline gelmiştir (Grove ve Sonu, 1985).

Yapay resif uygulamaları geliştikçe ve yaygınlaştıkça yeni tasarımlar (Grove ve diğ., 1991), farklı türlere özel tasarımlar (Ulaş, 2000) ve tasarım kriterleri (Sato, 1985), yerleştirme ve düzenleme teknikleri (Düzbastılar, 2001), yerleştirme ve hizmet süresi problemleri (Düzbastılar ve Tokaç, 2003; Ingsrisawang ve diğ., 1993, 1995; Ingsrisawang, 1996) ortaya çıkmıştır.

Bilim adamları yapay resiflerin biyolojik işlevleri üzerinde dururken son yıllarda çevresel faktörlerin etkilerine göre tasarım yapılmasına gerek duyulmaktadır. Çok değişik amaçlar için kullanılabilen yapay resifler göller, iç denizler, körfezler ve okyanus kıyılarında uygulanmaktadır. Okyanus kıyısı ülkeler ve dalga yüksekliklerinin fazla olduğu denizlerde bazı ek tasarımlar yapmak zorunludur. J.C.F.P.A. tarafından beton resiflerde 30 yıl minimum resif ömrü koşulunu sağlayabilmek için çevresel etkilerin mutlaka göz önüne alınması gerekmektedir (Anonim, 1996).

Çevresel tasarım olarak ifade edilen akıntı ve dalga parametreleri resifler üzerinde ve etrafında yaşayan makro ve mikro canlıları resif ile olan ilişkilerini ve yaşamsal faaliyetlerini etkilemektedir. Örneğin günün belli saatlerinde oluşan gel-gite

bağlı akıntılar resifler etrafında balıkların sürü oluşturmalarını değiştirmektedir (Fowler ve diğ., 1999). Aynı şekilde Kakimoto ve diğ. (1999) resifler etrafında ve üzerindeki prey ve predatör ilişkilerini araştırmış ve blok elemanlarının akıntıyı engelleyen korunaklı bölgede kopepodların yoğun bulunduğu ve buna bağlı bazı balıkların burada yoğun olarak sürü oluşturduğunu belirtmiştir. Bu da dalga ve akıntının canlılarla etkileşimini ifade etmektedir. Yapay resif tasarımında dalga ve akıntının biyolojik etkisini ya da işlevini, resif bloklarının stabil olarak kalmaları ve fonksiyonlarını uzun süreli yerine getirmesine bağlıdır. Özellikle sığ sularda resif bloğunda su hareketlerinden kaynaklanan problemler ve buna bağlı tasarım kriterleri şunlardır:

1. Yapay resifler etrafında ve yapısal elemanların zemine değdiği yerlerde akıntının neden olduğu sedimantasyon sonucu ortaya çıkan lokal oyulma
2. Lokal oyulmanın şiddetlenmesi nedeniyle yapay resif bloğunun stabilitesini kaybetmesi, devrilmesi ya da zemine gömülerek işlevini yitirmesi
3. Dalga ve akıntının resif bloğunun düzenine direk etki ederek devirmesi, yana yatırması veya döndürmesi
4. Akıntı hızına bağlı boyut ve kolon genişliği tasarımı
5. Su derinliği, resif boyutu, türbülans (anafor) ilişkileri

Bu problem ve tasarım kriterleri yapay resif tasarımında dikkate alınmalıdır.

Yapay resifler uygulanacak yer ve amacı belirlendikten sonra mutlaka riskli bölgelerde dalga ve akıntı tasarımı teorik ve uygulamalı olarak yapılmalıdır. Bu amaçla daha önceden elde edilen formüllerle yapılan teorik hesaplar ve simülasyon laboratuvarında model çalışmaları yapılmalıdır. Bunlardan en az birisinin yapılması durumunda yapay resiflerin çevresel tasarım kriterleri hakkında bilgi sahibi olunacaktır.

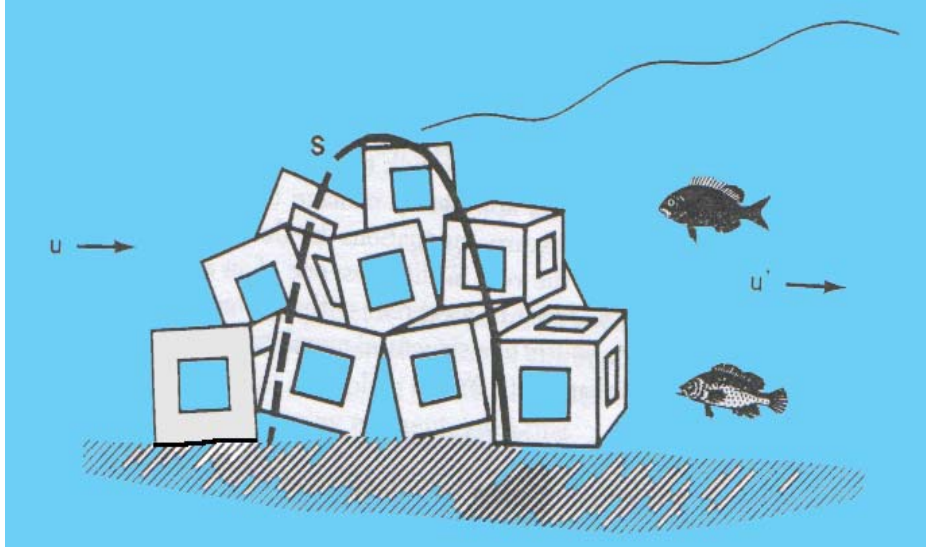
2. YAPAY RESİFLERDE TASARIM KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ

2.1. Biyolojik Tasarım

Hedef tür ve/veya türler belirlenir habitat bağımlı türlerde türe özgü yapay resif uygulamaları yapılmalı ayrıca balık türlerinin resif kümesindeki konumlarına göre de resif küme yüksekliği, uygun boşluk hacmi ve sayısı gibi kriterler göz önüne alınarak planlanmalıdır. Şekil 1’de görüldüğü gibi balık türlerinin resif bloğuna çekilebilmesi için ortamdaki akıntı hızının yavaşlatılması gereklidir. Bunun için;

$$u' = u.(1-C_D.A/2.S)$$

formülünden yararlanılır (Nakamura,1985). Formüldeki u' : resif kümesinin arkasındaki akıntı hızını ($cm.s^{-1}$), u : resif kümesinin önündeki akıntı hızını($cm.s^{-1}$), C_D : sürüklenme katsayısını; A : akıntıya bakan taraftaki küme alanını (cm^2), S : kümenin maksimum koruma alanını simgeler.

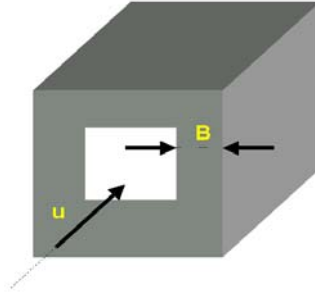


Şekil 1. Resif kümesi ve arkasındaki korunaklı bölge (Anonim, 1986)

Resif kolon genişliğinin akıntı hızına bağlı olarak belirlenmesi gerekir. Bunun için;

$$B \cdot u > 100 \text{ cm}^2/\text{s}$$

eşitliğinden yararlanılır. Formülde B: kolon genişliğini (cm), u: akıntı hızını, ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$) simgeler. Bu sayede bölgedeki akıntıya göre uygun resif kolonu genişliği bulunabilir (Şekil 2).



Şekil 2. Resif kolon genişliği ve akıntı hızı

Resif kümesinin yüksekliği su derinliğine bağlı olarak değişir. Uygun resif kümesi yüksekliği su derinliğinin 1/10 'u kadar olmalıdır. aksi takdirde resif kümesi devrilebilir veya resif kümesi arkasında uygun korunaklı bölge oluşamaz. Korunaklı bölge uzunluğu ise pencereci bloklarda küme yüksekliğinin 4 katı, penceresiz yani dolu bloklarda ise 15 katı kadardır (Şekil 3). Küp şekilli bloklarda pencere genişliği 2 m 'yi aşmamalı ve 5 m'den daha yüksek olmamalıdır (Grove ve diğ., 1989).

$$\begin{aligned} \text{Optimum küme yüksekliği} &= (0,1) \times \text{Su derinliği} \\ \text{Korunaklı bölge uzunluğu} &= \text{Küme yüksekliği} \times 4 \text{ (Pencereci)} \\ \text{Korunaklı bölge uzunluğu} &= \text{Küme yüksekliği} \times 15 \text{ (Dolu)} \end{aligned}$$



Şekil 3. Resif bloğu ve arkasındaki korunaklı bölge oluşumu

2.2. Fiziksel Tasarım

Fiziksel tasarımda yapay resif ünitesinin yapılacağı malzemenin özellikler, üretim şekli ve koşulları, cisim dayanımı gibi özellikler rol oynar. Bunları 4 madde halinde inceleyebiliriz.

1. Malzeme seçimi
2. Malzemenin güvenlik standardı
3. Malzeme dayanımı
4. Resif bloğu dayanımı

Yapay resif tasarımında beton, plastik, doğal malzemeler, çelik vb. kullanılacak malzemeler seçilir. Seçilen malzemeler öncelikle çevreye zararsız olmalıdır. Bu malzemelerin sudaki korozyona, sürtünmeden oluşan aşınmalara karşı dayanımı yüksek olmalıdır. Resif blokları genellikle serbest düşme yöntemiyle yerlerine bırakıldıkları için mukavemetlerinin de yüksek olması istenir. Bu amaçla çeşitli test ve deneyler yapay resif bloğu ve malzemesi üzerinde yapılabilir. Örneğin uçucu küllerin betona dolgu olarak katılması durumunda mutlaka kontrollü bir ortamda elementlerin suya ne oranda karıştığı tespit edilir. Donatılı betondan yapılan bir ünitenin uzun süreli hizmet vermesi için gerekli dozajda çimentoya sahip, bağlayıcı özelliğini uzun yıllar yitirmeyen kalitede bir karışımla hazırlanması gerekir. Ayrıca dinamik etkiler sonucu (çarpma, kırılma, kopma) yapay resif bloğunda oluşabilecek hasarlar önceden atım derinliği, sediment tipi gibi faktörlerin bilinmesiyle tahmin edilebilmektedir.

2.3. Ekonomik Tasarım

Yapay resif maliyeti kısaca aşağıdaki maddelerle açıklanabilir.

1. İnşa yöntemine göre maliyet (beton ise kalıp, çelik ise kaynak)
2. Nakliye masrafları (şantiye-atım yeri)
3. Atım maliyeti
4. Proje maliyeti (saha çalışması, tasarım vb.)
5. Katma değer sağlanması (balıkçılık, dalış turizmi vb.)

1 x 1 x 1 m³ ölçülerindeki bir resif bloğunun günümüzdeki fiyatlarla yaklaşık maliyeti 150 YTL civarındadır. Bir resif bölgesine onlarca hatta yüzlerce resif bloğu atıldığı göz önüne alınırsa maliyetin ne kadar arttığı daha rahat anlaşılır. Ayrıca yapay resif bloğu ilk yapımından 30 yıl sonra ilk inşa maliyetine eş bir yarar sağlamış olmalıdır (Nakamura, 1985).

2.4. Çevresel Tasarım

Çevresel tasarım iki farklı tasarım üzerine kurulmuştur. Bunlar:

1. Dalga tasarımı
2. Akıntı tasarımı

olarak ikiye ayrılabilir.

Dalga tasarımında dalga kuvvetlerine göre stabilite hesabı yapılır. Akıntı tasarımında ise akıntıya göre stabilite, lokal oyulma, gömülme gibi kriterlerin tasarımları yapılır. Yapay resif bloklarında kıyısız zona yakın bölgelerde meydana gelen bazı değişiklikler dalga ve akıntı etkilerine bağlıdır (Oh ve diğ., 1995; Otake ve diğ., 1999; Takeuchi, 1999). Kıyısız alandaki dalga etkisi zemindeki resif blokları etrafında sedimentin taşınmasına ve resif bloğunun yapısal elemanlarının zemine değdiği yerlerde oyulma etkilerine neden olabilmektedir (Kim ve diğ., 1995; Lök, 1999). Bloklar etrafındaki oyulma sürekli ve şiddetli bir şekilde devam ederse, bloklar zamanla devrilmeye ya da deniz tabanında gömülmeye başlarlar.

Dalga ve akıntı etkisi bazı koşullarda ise yapay resif bloklarının verimini arttırmaktadır. Yapay resif bloklarından yansıyarak yön değiştiren dalga tesirli akışlar balıkların sucul ortamdaki katı cisimleri algılamasını sağlamaktadır. Blokların üzerinden geçen dalga, burada bulunan bazı balık türlerinin, korunaklı resif alanında saklanma ve barınma güdüsünü harekete geçirir. Dalga etkisiyle resif bloklarının çevresinde oluşan sedimentasyon bentik organizmaları ortaya çıkartarak beslenme ortamı yaratır ve avcı türleri cezbeder. Aynı şekilde dalganın resif bloklarından dönerek oluşturduğu türbülans planktonun yükselmesini sağlayarak yapay upwelling ortamı yaratmaktadır (Grove ve Sonu, 1985; Seaman ve Sprague, 1991).

Dalga ve akıntının etkileri yapay resifin boyutu, şekli, su derinliği, üzerinde bulunduğu sedimentin özellikleri, akıntı şekilleri ve sualtındaki düzenlerine bağlı olarak artmakta veya azalmaktadır (Düzbastılar, 2001).

Sato (1985) tarafından yapay resiflerin yerleştirilmesinin rüzgar, dalga ve akıntı etkileri altında özellikle derin sularda sıradan bir iş olmadığı ifade edilmiştir. Resif bloklarının deniz tabanına düzgün yerleştirilmelerinin deniz zemininde grup halindeki resif bloklarının sinerji etkilerini sağlamak açısından önemli olduğunu vurgulamıştır.

Japonya'da "Yapısal tasarım kılavuzu" olarak yayımlanan yapay resiflerin tasarımı için devlet tarafından hazırlanan kılavuz 3 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm "Çevresel tasarım kriterleri" olarak gel-git, dalgalar, akıntılar, sediment dinamikleri ve jeo-teknik parametreleri içermektedir. Diğer iki bölüm ise resif malzemeleri ve resiflerin serbest düşmesi, yapısal elemanlarının dayanımları, kuvvet ve moment altındaki tepkileri gibi mühendislik konularını kapsamaktadır. İlk bölümde deniz tabanındaki bir resife etkileyen kuvvetlerin hesaplanmasından akıntı hızları tasarımının hesaplanmasına kadar bazı özel faktörler elde edilmiştir (Grove ve ark., 1989).

Lök (1999) sığ sularda kum zemine yerleştirilen yapay resiflerin belli bir süre sonra kuma battıklarını belirtmiş ve bu olayın lokal oyulmayla ilgili olduğunu ifade etmiştir.

Tayland Körfezi'nin 7 km doğusunda 7 m derinlikteki yapay resiflerin etrafında toplanan balıkların avcılığının 2 yıl sonra resiflerin kum zemine gömülmeleri nedeniyle sona erdiğini belirtilmektedir. Yapay resiflerin sadece 1-2 yıl için kullanıldığında büyük bir ekonomik kayba neden olduğuna değinilmiştir (Kimura ve diğ., 1994).

Tüm bu sebeplerden dolayı dalga ve akıntı etkilerinin belirlenmesi amacıyla akıntı ve dalga kanallarında çeşitli hidrolik deneyler yapılmalıdır (Ingsrisawang ve diğ., 1993; Kimura ve diğ., 1996; Düzbastılar, 2001).

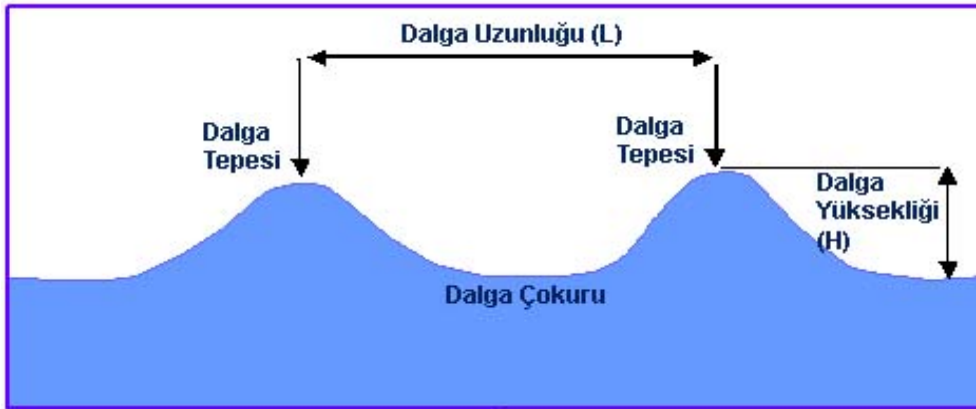
Yapay resiflerin uzun süreli ve etkin olarak işlevlerini yerine getirebilmeleri için doğal koşullara uygun olarak tasarlanmaları gerekmektedir. Bu amaçla farklı tasarım kriterleri ortaya atılmış ve çeşitli sınıflandırmalar yapılmıştır. Yapay resiflerin tasarlanmasında bir çok faktör göz önüne alınmalıdır. Bunlardan en önemlileri ise dalga ve akıntı etkileridir. Bu nedenle dalga ve akıntı kavramlarını tam olarak açıklayabilmek gerekir.

3. DALGALAR VE OLUŞUMU

Periyodik hareketlere dahil olan dalgalar, orijinleri, özellikleri ve etkileri yönünden dinamik fiziksel oşinografinin önemli bir bölümünü oluştururlar. Bu su hareketleri gemiler ve sahildeki yapılar için daimi bir tehlike oluşturduklarından bunların özellikle her yönleriyle bilmede büyük yararlar vardır (Kocataş, 1999).

3.1. Dalgaların Genel Özellikleri

Genel olarak her dalga tepe ve çukur bölümlerden oluşmuştur (Şekil 4).



Şekil 4. Dalganın genel özellikleri (<http://www.dask.org.tr>)

- **Dalga Tepesi** : Dalganın en yüksek yeridir.
- **Dalga Çukuru** : Dalganın en alçak yeridir.
- **Dalga Uzunluğu (L)** : Gelişmiş iki dalga tepesi arasındaki uzaklıktır.
- **Dalga Yüksekliği (H)** : Bir dalganın tepesi ile çukuru arasındaki mesafedir.
- **Dalga Periyodu (T)** : Bir dalganın ard arda iki tepesinin sabit bir noktadan geçiş süresidir.

Dalga boyu (L) ile dalga periyodu (T) arasındaki ilişki;

$$L = 1,56 \cdot T^2$$

formülü ile açıklanır.

3.2. Dalgaların Sınıflandırılması

Okyanus ve denizlerde oluşan dalgalar çeşitli özelliklerine dayanılarak başlıca dört şekilde sınıflandırılırlar (Kocataş, 1999). Bunlar:

1. Dalgaların periyotlarına göre,
2. Deniz yüzeyinin görünümüne göre,
3. Dalgaların dipole olan ilişkilerine göre,
4. Dalgaları yaratan kuvvetlere göre,

3.2.1. Periyotlarına göre sınıflandırma

Periyotlarına göre dalgalar; kapiller dalgalar, graviti dalgalar, gel-git dalgaları, uzun periyotlu dalgalar ve çok uzun periyotlu dalgalar olmak üzere beş grupta toplanır. Özellikle uzun periyotlu dalgalarda su zerrelerinin dikey yönde yer değiştirmeleri yatay yöndeki yer değiştirmelerinden çok küçüktür. Kısa periyotlu dalgalar aynı zamanda yüzey dalgaları olarak ta adlandırılırlar. Bu esnadaki hareket daha ziyade suyun yüzeyindedir ve dikey ve yatay yöndeki su zerrelerinin hızları aynı değerdedir (Kocataş, 1999).

3.2.2. Deniz yüzeyinin görünümüne göre sınıflandırma

Deniz yüzeyine veya dalga şekline bakılarak yapılan sınıflandırmada dalgalar başlıca iki grupta toplanabilirler. Bunlar ilerleyen ve duran dalgalardır. İlerleyen dalgalar belli bir yönde ilerledikleri halde, duran dalgalar ilerlemezler, sadece su yüzeyinin dikey olarak salındığı görülür. Dalgaların çoğu bu iki özellikten birine sahiptir (Kocataş, 1999).

3.2.3. Su derinliği ile olan ilişkilerine göre sınıflandırma

Dalgaların ikinci sınıflandırılma sistemi ise dalga şekliyle su derinliği arasındaki ilişkilere dayanır. Eğer su derinliği dalga boyunun yarısından fazla ise “derin su dalgası”; buna karşın, derinlik dalga boyunun 1/20’den azsa “sığ su dalgaları” olur. Sığ sulardaki bir dalga zeminin etkisinde olduğu halde derin sulardaki dalgalar böyle bir etkiyle karşılaşamazlar. Dalga boylarının 1/2 ile 1/20 arasındaki derinlikleri içerdiği bölgelerde oluşan dalgalara da “geçiş” dalgası adı verilir. Geçiş zonundan itibaren derin deniz dalgaları sahil dalgalarının zellilerini kazanmaya başlar (Kocataş, 1999).

3.2.4. Dalgaları yaratan kuvvetlere göre sınıflandırma

Deniz bilimlerinde bugün için en geçerli olan dalga sınıflandırma sistemi dalgaları yaratan kuvvetlere göre yapılan sınıflandırma şeklidir. Dalgalar, kendilerini yaratan kuvvetlere göre dört ana bölümde toplanırlar. Bunlar; rüzgar dalgaları, i dalgalar, duran dalgalar ve katastrofik dalgalardır (Kocataş, 1999)

3.2.4.1. Rüzgar dalgaları

Rüzgar dalgaları, rüzgar enerjisinin deniz yüzeyinde yarattığı sürtünme ile meydana gelirler. Denizlerin sakin zamanında yüzeyde esmeye başlayan rüzgarlar enerjilerinin bir bölümünü deniz yüzeyine olan sürtünmede ve basınç değişimlerinde harcarlar (Kocataş, 1999). Yapay resif tasarımımda bu tip dalga son derece önemlidir. Ülkemizdeki dalga oluşumlarının büyük bir kısmı bu şekilde meydana gelmektedir. Bu nedenle yapısının ve nasıl meydana geldiğinin bilinmesi gerekir.

3.2.4.2. İ dalgalar

Bu tip dalgalar, farklı yoğunluğa sahip iki su tabakası arasında oluşurlar. Genellikle gözle görülmezler, ancak özel ölçülerle saptanabilirler. İ dalgalar, genellikle belli bir yerde, dikey yönde sıcaklık, tuzluluk vb. zelliklerin uzun zaman gözlenmesiyle ortaya çıkarılabilir. Bu gözlemlerden sıcaklık ve diğer özelliklerin ritmik olarak alçalıp yükseldiği izlenebilir (Kocataş, 1999).

3.2.4.3. Duran dalgalar

Duran dalgalar koy, körfez veya okyanusların lokal olarak kapalı özellikte olan bölgelerinde ve göllerde oluşan bir dalga tipidir. Bu tip dalgada su yüzeyi aşağı yukarı yönde ritmik olarak hareket eder. Fakat dalga tepesi ve çukuru yatay yönde yer değiştirmez. Duran dalgalar deniz üzerindeki atmosferde oluşan ani basınç değişimlerinden, şiddetli fırtınalar sonucu oluşan dalgaların fırtınadan sonra yavaşlamasından veya su yüzeyinin ani düzensizliğinden oluşur (Kocataş, 1999).

3.2.4.4. Katastrofik dalgalar

Katastrofik dalgalar, fırtına, deprem gibi doğa olayları sonucu oluşan, periyotları çok kısa olan (birkaç saniye) uzun dalgalardır. Bunlarda kendi aralarında Tsunamiler, Fırtına dalgaları ve heyelan dalgaları olarak incelenirler. Tsunamiler, deniz altı faaliyetlerinden, deniz altı faylarından veya deniz dibindeki çamur kaynakları sonucu oluşurlar. Doğuş bölgelerinden itibaren binlerce kilometre ilerleyebilirler. Hızları derinliğe bağlıdır. Açık denizlerde 4000 m. derinlikte 200 m/s olabilir. Periyotları 15 saniye kadardır. Fırtına dalgaları, kasırga ve tayfun gibi şiddetli fırtınaların estiği zamanlarda sahil boyunca deniz seviyesinin 3-5 metre alçalıp yükseldiği görülür. Fırtına dalgaları alçak sahillerde önemli zararlara sebebiyet verirler. Heyelan dalgaları, buzul hareketleri veya depremler nedeniyle karalardan büyük buz veya kara kütlelerinin koparak denize düşmeleri sonucu oluşurlar (Kocataş, 1999).

4. AKINTILAR VE OLUŞUMU

Okyanus ve denizlerde oluşan akıntılar çok karmaşık bir özellik gösterirler; bu hareketleri dikey ve yatay yönlerde etkileyen faktörlerde her zaman önemli değişimler olduğundan bu hareketlerle ilgili verileri değerlendirmek çok güç olmaktadır.

Okyanus ve denizlerdeki akıntılarının oluşmasında ve yönlerinde etkili olan kuvvetler birincil kuvvetler ve ikincil kuvvetler olmak üzere ikiye ayrılırlar. Bunlardan birincil kuvvetler; akıntıları yaratan ve besleyen kuvvetler olup, hareket yaratan kuvvetler olarak da adlandırılırlar. İkincil kuvvetler ise yeryuvarının kendi etrafında

dönmesi sonucu veya bölgesel bazı etkiler sonucu ortaya çıkan ve ancak mevcut akıntılarının yönünü değiştirebilen kuvvetlerdir (Kocataş, 1999).

4.1. Akıntılarının Sınıflandırılması

Okyanus ve denizlerde gözlene akıntılar kendilerini yaratan nedenlere göre beş grupta toplanabilirler. Bunlar; rüzgar akıntıları, termohalin akıntıları, boğaz (yoğunluk) akıntıları, dalga akıntıları, gel-git akıntılarıdır.

4.1.1. Rüzgar akıntıları

Rüzgar akıntıları; rüzgar enerjisiyle oluşan sığ akıntılardır (100-200 m). Yüzeyde esen baskın rüzgarlarla sıkı ilişkide olan bu akıntılar üzerinde ikincil kuvvetlerden olan “Koriolis Kuvveti” nin, sürtünmenin ve deniz dibinin şeklinin de etkisi olabilir. “Koriolis Kuvveti” ekvatorial bölge dışındaki suların akıntı yönünü önemli ölçüde etkiler. Rüzgar orijinli akıntılar üzerinde etkili olan diğer bir faktör de deniz dibinin şeklidir. Eğer deniz dibinin şekli akıntı yönüne uygunsa herhangi bir etki oluşmaz. Eğer uygun değilse akıntı sahillere çarpar ve bunun sonucu olarak da yüzeyde veya derinlerde geri dönmüş akıntılar oluşur (Kocataş, 1999).

4.1.2. Termohalin akıntıları

Okyanuslarda çeşitli nedenler sonucu oluşan sıcaklık ve tuzluluk değişimleri yoğunluğu direkt etkileyerek değişimine neden olur. Çeşitli bölge suları arasında oluşabilen bu yoğunluk farkları da Termohalin akıntılara neden olur (Kocataş, 1999).

4.1.3. Boğaz (yoğunluk) akıntıları

Boğazlar okyanuslarla denizler ya da denizlerle denizler arasındaki ilişkiyi sağlayan geçitlerdir. Boğaz akıntılarındaki akım buharlaşma, yağış ve nehir debilerinin etkisindeki hidrolojik şartlara bağlı olarak gelişir (Kocataş, 1999).

4.1.4. Dalga akıntıları

Rüzgarın neden olduğu yüzeysel akıntılarla yoğunluk farklarının neden olduğu akıntılar geniş ölçekli su hareketleridir. Bu büyük akıntılar yanında özellikle sahil mühendisliğinde, balıkçılıkta ve turistik faaliyetlerde önemli olan ve sahil boylarında dalgalar tarafından oluşturulan küçük ölçekli akıntılarda mevcuttur (Kocataş, 1999). Yapay resif tasarımı bu tip akıntılar son derece önemlidir. Rüzgar akıntıları yapay resiflerin yerleştirildiği sığ su alanını etkisi altına alır. Ayrıca sediment üzerinde su hareketlerine bağlı değişiklikler yapar. Bu da yapay resif bloklarının gömülmesi, yan yatması veya devrilmesi gibi bazı olayları ortaya çıkarabilir.

4.1.5. Gel-git akıntıları

Gel-git, Ay ve Güneş'in Dünya üzerindeki çekim etkisi nedeniyle oluşan su hareketidir. Gel-git akıntıları açık denizlerde çok önemsiz olmakla beraber kendilerine özgü şekil ve topografik yapıları, her okyanusta olabilirler. Bu akıntılar sığ sularda ve nehir ağzlarında jeolojik yönden etkili olabilir (Kocataş, 1999). Bu tip akıntılar özellikle okyanus kıyısı ülkelerin yapay resif faaliyetlerinin doğrudan etkilemektedir. Çok güçlü bir su kütlesi değişimi sonucu yapay resif blokları zamanla sedimente gömülürler.

Yapay resif tasarımı yaparken genelde dalga ve akıntı ayrı ayrı hesaba katılmaktadır. Ancak iki doğal olay da birleriyle ilişkili su kütlesi hareketleridir. Resif blokları üzerindeki etkileri de genelde ortaktır. Bu nedenle dalga ve akıntı etkisi birlikte göz önüne alınmalıdır. Bu iki kuvvetin resif bloğundaki etkisi şematik olarak gösterilmiştir (Şekil 5)



Şekil 5. Dalga ve akıntı kuvvetlerinin etkisi

5. MATERYAL ve YÖNTEM

Çevresel tasarımda dalga ve akıntı değerleri belirlenerek yapı üzerindeki etkileri incelenir. Bunun için 3 farklı yöntem vardır. Bunlar:

1. Sahada gözlem ve ölçüm
2. Laboratuar deneyleri
3. Teorik hesaplamalar

olarak sınıflandırılabilir. Sahada gözlem ve ölçümde yapı doğrudan deniz ortamına bırakılır. Yapı etrafında meydana gelen değişimler o andaki dalga ve akıntı ölçümleri yapılarak tespit edilir. Bu amaçla farklı özelliklere sahip dalga ve akıntı ölçüm cihazlarından yararlanılır (Şekil 6). Buradan elde edilen veriler deneysel ve teorik çalışmalar için kullanılabilir.



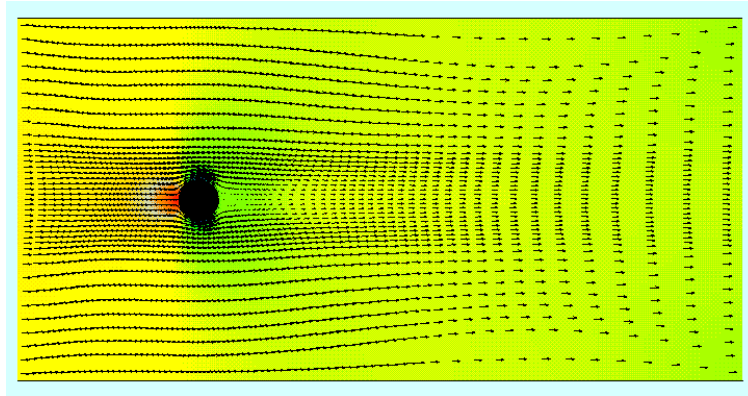
Şekil 6. Çok amaçlı oşinografi gözlem cihazının deniz zeminine montajı (Düzbastılar, 2001)

Laboratuar deneyleri; sahada yapılan ölçümler sonucu deniz ortamı dalga ve akıntı hareketleri ile yeniden oluşturulur. Model çalışmaları dalga ve akıntı kanalında yürütülür. Bu çalışmada zeminden alınan sediment örneği de modele uygun ölçeklerde küçültülür. Çalışmalar farklı dalga boylarında ve akıntı hızlarında yürütülür (Şekil 7).



Şekil 7. Dalga kanalında dalga oluşumu (Düzbastılar, 2001)

Teorik hesaplamalar; saha ve laboratuvar sonuçlarına göre elde edilen formüller doğrultusunda hesaplamalar yapılır ve simülasyon tekniğiyle sonuçlar ortaya konur (Şekil 8).



Şekil 8. Simülasyonu yapılmış silindirik yapay resif modeli

5.1. Çalışma Bölgesinin Seçimi

Yapay resif uygulamaları Ege Bölgesi'nde yoğunluk göstermektedir (Düzbastılar, 2001). Sadece bir proje Karadeniz'de yürütülmüştür. Karadeniz'in dalga özelliklerinin Ege Denizi'ne göre farklı olması nedeniyle, saha çalışmasına paralel bir hidrolik deney yürütülmüştür. Saha koşulları bir model ölçeği kullanılarak 1/30 oranında küçültülmüş ve tek yönlü dalga kanalında yapay resif bloklarının lokal oyulma ve stabilite özellikleri karşılaştırılmıştır (Düzbastılar, 2001). Elde edilen sonuçlara göre resif sahasında yerleştirme yapılması planlanmıştır. Resif atımı

başlamış, ancak önceden planlanan sayıya ulaşmadan proje tamamlanamamıştır. Benzer bir çalışma ise Ege Denizi için düşünülmüştür. 1989 yılından beri yapılan düzenli yerleştirmelerde her ne kadar herhangi bir problem (lokal oyulma, stabilite kaybı) gözlenmemiş olsa da, sığ sularda, akarsu giriş-çıkışlarında, çok ince sediment yapılarında ve büyük dalga parametreleri için deney veya teorik hesaplamalar yapmak gereklidir. Bu amaçla Ege Denizi çalışma bölgesi olarak seçilmiş ve bölgeye ait veriler toplanmıştır.

5.2. Saha Verilerinin Toplanması

Ege Denizi yapay resif uygulamaları genelde 15-25 m su derinliklerinde yapılmıştır (Düzbastılar, 2001). Bu derinliklerdeki yapay resif alanlarına yapılan aletli dalışlarda blok ile zemin arasında meydana gelen lokal oyulma olayına birkaç yer dışında rastlanmamıştır. Resif bloğunun hakim dalga yönüne göre konumu, resif sayısı, yüksekliği, bulunduğu derinlik ve sediment özellikleri bu etkinin ortaya çıkmasına neden olan özelliklerdir. Yapay resiflerin dalga ve akıntılar tarafından etkilenip etkilenmeyeceğini tahmin edebilmek için öncelikle bölgeye ait dalga karakteristiklerinin bilinmesi gereklidir. Bu amaçla NATO TU-WAVES Projesi kapsamında gerçekleştirilen dalga ölçümlerinde elde edilen veriler kullanılmıştır. Bozcaada'dan (39°42'14"N; 26°02'57"N) alınan (1995-1996), belirgin dalga yüksekliği ($H_{1/3}$) ve ortalama dalga periyodu (T_{ort}) değerlerinin bir kısmı çalışmada kullanılmıştır.

5.3. Hidrolik Denemeler

Düzbastılar (2001) yapay resiflerin Karadeniz'de lokal oyulma ve stabilite özelliklerinin belirlenebilmesi amacıyla tek yönlü dalga kanalında, düzenli dalga koşulunda hidrolik denemeler yürütmüştür. Bu çalışmada, hidrolik deneylerin ışığı altında, elde edilen sonuçlara göre, eldeki dalga parametreleriyle teorik dalga hesaplamaları yapılmıştır. Çalışma öncesinde dalga kanalında 10 m'den daha sığ su derinliklerinde yapılan dalga kanalı denemesinde, dalganın doğrudan etkisini ortaya çıkartmak için farklı sayılarda resif modelleri kanala yerleştirilmiş ve dalga üretilmiştir. Dalga üretimim sonunda dalga yüksekliği ve periyoduna bağlı olarak, yapay resif

modelleri stabilitelerini kaybetmişlerdir. Bunu desteklemek için eldeki dalga parametrelerinin kullanarak teorik hesaplamalar ile sonuca gidilmiştir.

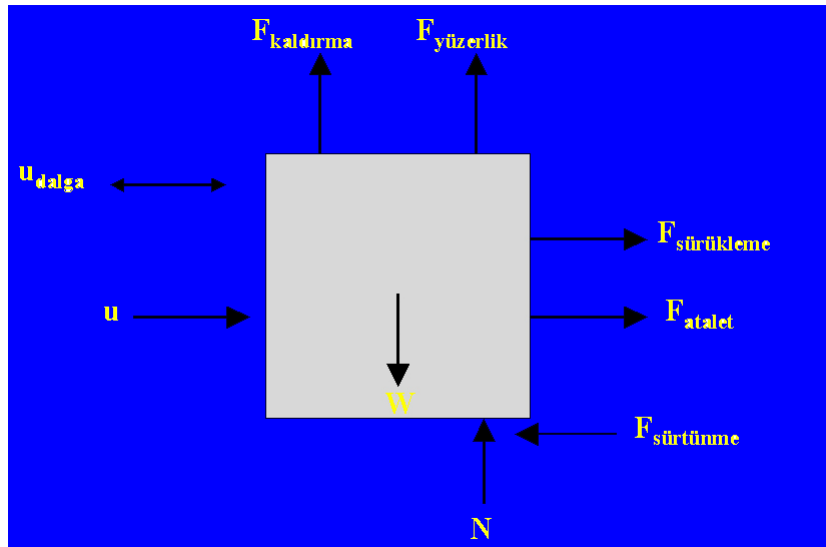
5.4. Teorik Tasarım

5.4.1. Dalga ve akıntının yapay resif üzerindeki etkisi

Dalga ve akıntının deniz zeminindeki yapılar için 2 çeşit etkisi vardır. Bunlardan birisi doğrudan etki, diğeri ise dolaylı etkidir. Dalga ve akıntı kuvvetleri aynı anda yapıya etki edip onun stabilitesini bozabilir. Yapı bu etkiyle devrilebilir, zeminde kayabilir, yan yatabilir. Bu doğrudan etkidir. Dolaylı etki de ise yapı etrafında akıntı özelliklerinin değişmesi sonucu sediment taşınması gerçekleşerek yapı etrafında birikme ve oyulmalar meydana gelir. Oyulma miktarı artarsa, yapı bir süre sonra yana yatar, kayar veya gömülür.

5.4.2. Resif bloğuna etkiyen parametreler

Resif bloğuna kaldırma, yüzerlik, sürüklenme, atalet, sürtünme, ağırlık, normal, dalga ve akıntı kuvvetleri etkir (Şekil 9).



Şekil 9. Resif bloğuna etkiyen parametreler

5.4.2.1. Dalga kuvveti (F_{dalga})

Şekil 10'da görüldüğü üzere dalga kuvveti (F_{dalga}) sürüklenme ($F_{sürüklenme}$) ve atalet (F_{atalet}) kuvvetlerinin birleşiminden oluşmuştur.



Şekil 10. Dalga kuvveti

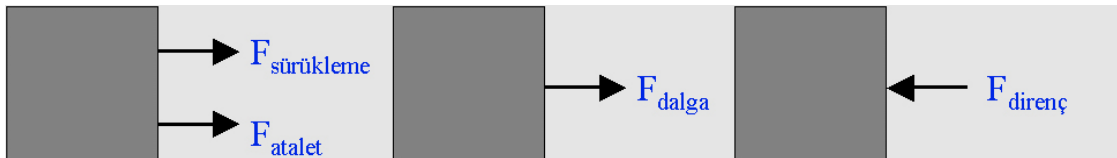
Batmış cisimlerde kullanılan en temel eşitlik “Morison eşitliği”dir. Bu eşitlik iki bölümde incelenir (www.reefball.org).

Eşitlik 1
$$F_{dalga} = F_{sürüklenme} + F_{atalet}$$

Morison eşitliği dalga kuvvetiyle direnç kuvvetinin arasındaki dengeyi gösterir. Bu eşitliğe göre resif bloğuna dalga kuvvetine zıt yönlü bir direnç kuvveti etki eder (Şekil 11).

Eşitlik 2
$$F_{dalga} = F_{sürüklenme} + F_{atalet} = F_{direnç}$$

İkinci eşitlik deniz dibindeki nesnelerin stabilitesini geneller.



Şekil 11. Dalga ve direnç kuvveti ilişkisi

5.4.2.2. Sürüklenme kuvveti ($F_{\text{sürüklenme}}$)

Sürüklenme kuvveti ($F_{\text{sürüklenme}}$) batmış olan nesnelere dalga ve akıntının doğrudan etkisiyle ortaya çıkan kuvvettir (Şekil 12). “Roberson eşitliği” sürüklenme kuvvetinin; su yoğunluğu, resif bloğunun akıntı tarafındaki alanı ve akıntı hızı arasındaki ilişkiyi vermektedir (www.reefball.org).

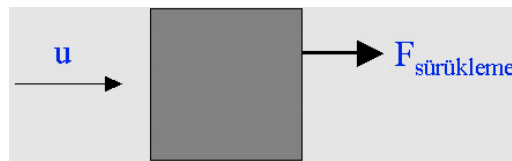
$$F_{\text{sürüklenme}} = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot \rho \cdot A \cdot u^2$$

- A : Resif bloğunun akıntı tarafındaki alanı
u : Resif bloğu önündeki akıntı hızı
 ρ : Akışkanın yoğunluğu
 C_D : Sürüklenme katsayısı

Sürüklenme katsayısı (C_D) cismin şekline ve yüzey yapısına bağlı olarak değişir. Bu sayı deneylerle tespit edilir. Resif bloğunun önündeki akıntı hızı ise aşağıdaki eşitlik ile bulunur.

$$u = \frac{\pi \cdot H}{T} \cdot \frac{\cosh(k \cdot (z + d))}{\sinh(k \cdot d)} \cdot \cos \varphi$$

- H : Dalga yüksekliği
T : Dalga periyodu
d : Su derinliği
z : Akıntı hızının hesaplandığı derinlik
k : Etkiyen dalga sayısı



Şekil 12. Sürüklenme kuvveti

5.4.2.3. Atalet kuvveti (F_{atalet})

Atalet kuvveti batmış olan nesnelere, nesneyi geçen akışkanın ivmesinden dolayı ortaya çıkan kuvvettir ve bloğu akıntı yönünde harekete zorlar (Şekil 13).

$$F_{atalet} = C_M \cdot \rho \cdot V \cdot a$$

$$F_{atalet} = C_M \cdot m \cdot a$$

$$F_{atalet} = C_M \cdot F$$

C_M : Atalet katsayısı

ρ : Akışkanın yoğunluğu

V : Resif bloğunun hacmi

a : Bloğu geçen akışkanın ivmesi

Atalet katsayısı resif bloğunun şekline ve boyutuna bağlıdır. Atalet katsayısı 1'e eşit veya 1'den büyüktür.

$$C_M = 1 + k_M$$

k_M : Ek kütle katsayısı

Bloğu geçen akışkanın ivmesi aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir.

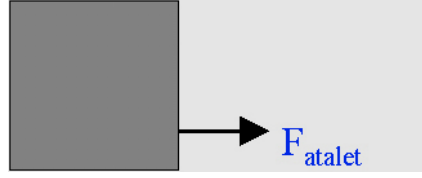
$$a = \frac{\pi \cdot H \cdot g}{L} \cdot \frac{\cosh(k \cdot (z + d))}{\cosh(k \cdot d)} \cdot \sin \varphi$$

H : Dalga yüksekliği

d : Su derinliği

z : Akıntı hızının hesaplandığı derinlik

k : Etkiyen dalga sayısı

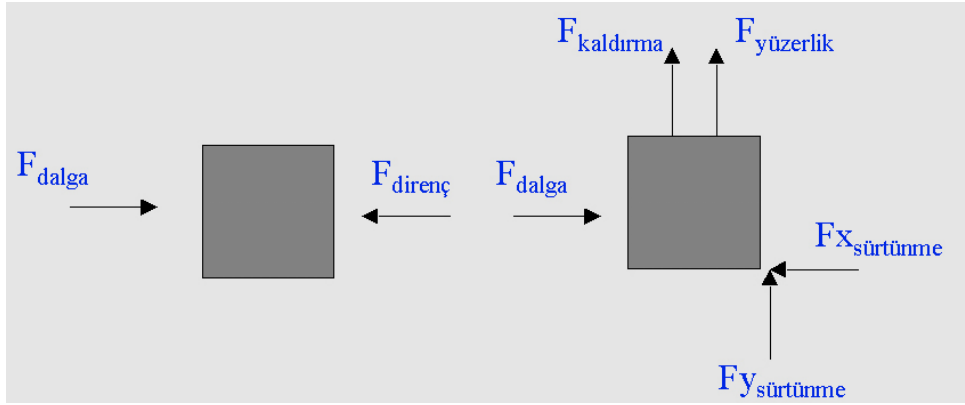


Şekil 13. Atalet kuvveti

5.4.2.4. Direnç kuvvetleri ($F_{\text{direnç}}$)

Direnç kuvvetleri dalga kuvvetinin resif bloğunu hareket ettirmesine karşı koyan kuvvettir (Şekil 14).

$$F_{\text{direnç}} = F_{\text{yüzerlik}} + F_{\text{kaldırma}} + F_{\text{sürtünme}}$$



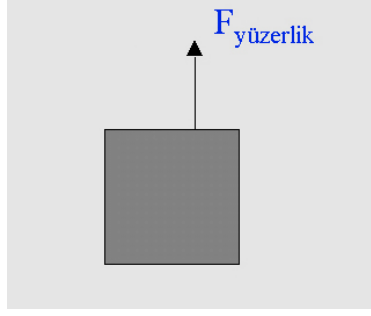
Şekil 14. Direnç kuvvetleri

Dikey sürtünme kuvveti çok küçük olmasından dolayı göz ardı edilir.

5.4.2.5. Yüzerlik kuvveti ($F_{\text{yüzerlik}}$)

Arşimet tarafından tanımlanan akışkanın yoğunluğu ve nesnenin hacmi ile ilişkili kuvvettir (Şekil 15).

$$F_{\text{yüzerlik}} = \rho_{\text{su}} \cdot V_{\text{blok}}$$



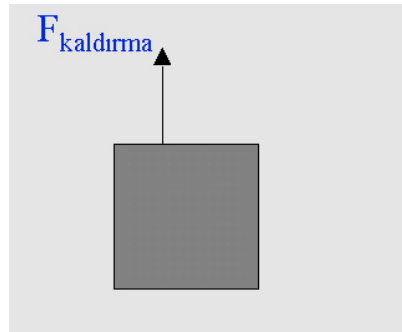
Şekil 15. Yüzerlik kuvveti

5.4.2.6. Kaldırma kuvveti (F_{kal})

Kaldırma kuvveti zeminde batmış olarak duran nesnenin üzerinden geçen akışkanın neden olduğu kuvvettir (Şekil 16). Suyun yoğunluğu, resif kümesinin maksimum koruma alanı ve akıntı hızının oluşturduğu kaldırma kuvveti arasında ilişki vardır.

$$F_{kal} = \frac{1}{2} \cdot C_L \cdot \rho \cdot S \cdot u^2$$

- C_L : Kaldırma katsayısı
- ρ : Akışkanın yoğunluğu
- S : Resifin akıntı tarafındaki yüzey alanı
- u : Akıntı hızı



Şekil 16. Kaldırma kuvveti

5.4.2.7. Sürtünme kuvveti ($F_{sürtünme}$)

Sürtünme kuvveti bir cismin diğer bir cisim üzerinde ya da bir cismin bir ortamda hareketini kısıtlayan cisimlerin ve ortamın yapısından kaynaklanan birbirlerine gösterdikleri direnç kuvvetidir (Şekil 17). Cismin ağırlığına, ortamın yoğunluğuna ve sürtünme katsayısına bağlı olarak değişir.

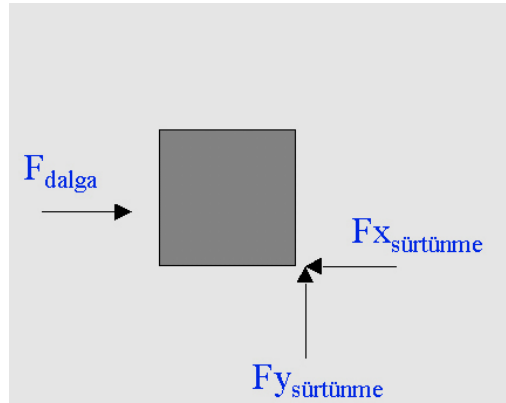
$$F_{sürtünme} = \mu \cdot N$$

$$F_{sürtünme} = \mu \cdot (W_{blok} - F_{yüzerlik} - F_{kal})$$

μ : Beton ve kum arasındaki sürtünme katsayısıdır

N : Normal kuvvet

W : Resif bloğunun ağırlığı



Şekil 17. Sürtünme kuvveti

5.4.2.8. Güvenlik faktörü (GF) ve dalga kuvveti (F_{dalga})

Güvenlik faktörü resif bloğunun dalga kuvvetine karşı olan direncinin artırılması ve bu sayede resif bloğunun dalga kuvvetinin doğrudan etkisine karşı koyması amacıyla konulur.

$$F_{dalga} \cdot GF = F_{direnç}$$

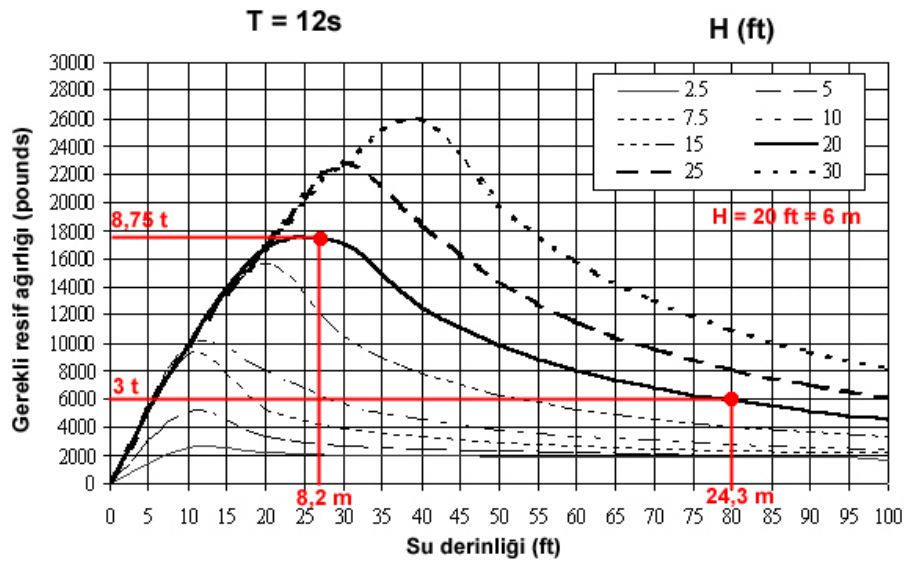
5.4.2.9. Stabilite eşitliği ve stabilite abağı

Güvenlik faktörü ile biçimlendirilmiş dalga kuvveti ile blok ağırlığı, yüzerlik ve kaldırma kuvveti ile sürtünme katsayısının ilişkisini gösteren stabilite eşitliği formülü bize optimum resif bloğu ağırlığını tespit etmemizi sağlar.

$$F_{dalga} \cdot GF = \mu \cdot (W_{blok} - F_{yüzerlik} - F_{kal})$$

$$W_{blok} = \frac{F_{dalga}}{\mu} + F_{yüzerlik} + F_{kal}$$

Bunun diğer bir yöntemi de bu formüllerle hazırlanmış olan “Stabilite Abağı” nı kullanmaktır (Şekil 18). Dr. Lee E. Harris’in hazırlamış olduğu stabilite abağında aynı dalga periyodunda oluşan farklı dalga boylarının derinliğe bağlı olarak resif bloğu ağırlığı arasındaki ilişki açıklanır.



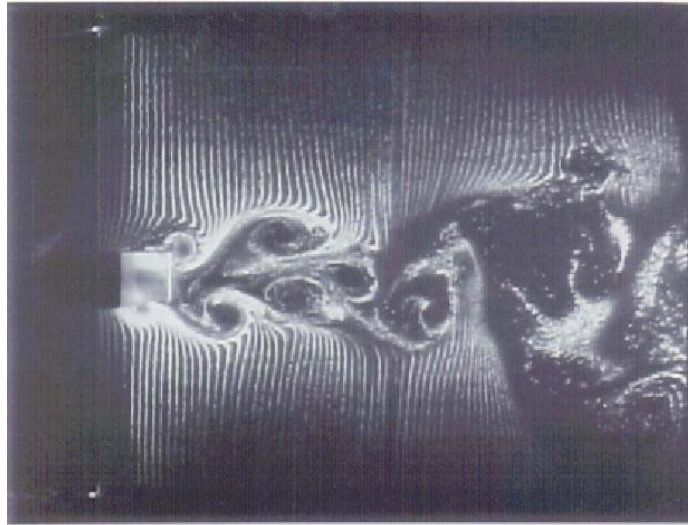
Şekil 18. Stabilite abağı (1 feet = 0,3048 m, 1 pound = 5.10⁻⁴ ton) (Dr. Lee E. Harris, ReefBall)

Şekil 18’de görüldüğü üzere 20 feet (yaklaşık 6 m) yüksekliğindeki dalgada 8,2 m derinlikteki bir resif bloğunun ağırlığı dalga hareketlerinden etkilenmemesi için 8,75 ton olmalıdır. Fakat aynı dalga yüksekliğinde resif bloğu daha derine yerleştirilirse

ağırlığı 3 tona düşecektir. Bu hem düşük maliyet, hem de üretim ve atım kolaylığı sağlayacaktır. Daha öncede bahsi geçen dalga yüksekliğinin, derinlik artıkça resif bloğuna olan olumsuz etkisi azalmıştır. Sonuç olarak bölgedeki dalga yüksekliğine bağlı olarak derinlik ve resif bloğu ağırlığı seçilmelidir.

5.5 Lokal Oyulma Oluşumu

Köprü ayakları, petrol platformları, dalgakıranlar ve yapay resiflerde ortaya çıkan sediment taşınması veya birikmesi olayıdır. Akıntı ile taşınan sediment yapıların zemine değdiği elemanlarında oyulmalara neden olur (Şekil 19). Yapının şekli, boyutu, su derinliği, sediment tane büyüklüğü, akıntı hızı ve dalga değerlerine göre lokal oyulma derinlikleri değişir. Lokal oyulma oluşumunu tanımlayabilmek için dalga veya akıntı kanalında denemeler yapmak gerekir. Bunun nedeni ise denizde lokal oyulmanın tüm aşamalarının çok açık bir şekilde izlenememesidir. Yapay koşullar oluşturularak, arzu edilen derinliklerde, seçilen resif modelleriyle hidrolik denemeler yapılabilir. Bu denemeler sonucunda elde edilen sonuçlar hiçbir zaman gerçek sonuçları vermez, ancak çok yakındır. Bu amaçla lokal oyulma derinliği; su derinliği, yapay resif modeli, akıntı hızı, dalga yükseklik ve periyodu gibi parametrelerle belirlenir. Elde edilen sonuçlar gerçek yerleştirme derinliği hakkında somut fikirler verecektir.



Şekil 19. Resif bloğunun arkasında oluşan ve lokal oyulmaya neden olan türbülanslı akışlar (Ingsrisawang, 1996)

6. BULGULAR

6.1. Çalışma Sahası Gözlemleri

Yapay resif uygulama alanları, Ürkmez, Gümüldür, Çeşme, Kuşadası ve Urla olarak seçilmiştir. Bu bölgelerde $1 \times 1 \times 1 \text{ m}^3$ ve $1,2 \times 1,2 \times 1,2 \text{ m}^3$ içi boş küp beton bloklar, artı şekilli ve beşgen kubbe bloklar kullanılmıştır (Şekil 20). Beton blokların yerleşim derinlikleri 15-25 m arasında değişmektedir. Sediment yapısı genellikle kumluk zemin olarak belirlenmiştir. Yapay resif bölgelerine yapılan aletli dalışlarda 1-2 blok dışında herhangi bir lokal oyulma oluşumu ve stabilite kaybı gözlenmemiştir.



Şekil 20. Yapay resif uygulamalarında kullanılan beton bloklar

6.2. Hidrolik Denemeler

Hidrolik denemeler tek yönlü dalga kanalında yürütülmüştür. Denemelerde farklı dalga yükseklikleri (4 m'den büyük) 10 m su derinliğinde bulunan resif gruplarına uygulanmış ve stabilite kayıpları izlenmiştir. Denemeler sonunda 4 m'nin üzerindeki dalga durumlarında, yapay resif modellerinde stabilite kaybı gözlenmiştir. Modellerin dalga karşısındaki durumları video ile kaydedilmiştir. Kayıtlar proje raporu arka kapakta CD içinde verilmiştir.

6.3. Teorik Hesaplamalar

Teorik hesaplamalar Microst Excel paket programında materyal ve yöntemde verilen eşitliklerin formül halinde yazılması ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler grafik olarak gösterilmiştir. Stabilite formülünde kullanılan akıntı hızı ve ivmesinin

hesaplanması için, DLH Liman Hidrolik Araştırma Merkezi tarafından Excel’de hazırlanan bir formül kullanılmıştır. Dalga yüksekliği (H), dalga periyodu (T), su derinliği (d) ve su yüzeyinden akıntı hızının hesaplanacağı nokta arasında kalan mesafe (z) bu formüle girilerek akıntı hızı ve ivmesi hesaplanmaktadır. Bu sonuçlara göre, stabilite eşitlikleri yine aynı program yardımıyla hesaplanmıştır.

6.3.1. Su derinliğinin stabiliteye etkisi

Yapay resiflerin yerleştirildiği derinliğe bağlı olarak havadaki ağırlıkları farklılık gösterecektir. Bunun için 10 farklı dönemde alınan dalga parametreleri kullanılmış ve yapay resiflerin tasarım ağırlıkları hesaplanmıştır. Bozcaada’dan (39°42’14’’N; 26°02’57’’N) alınan (1995-1996), 10 farklı belirgin dalga yüksekliği ($H_{1/3}$) ve ortalama dalga periyodu (T_{ort}) değeri çalışmada kullanılmıştır (Tablo 1) (en yüksek değerler alınmıştır).

Tablo 1. Çalışmada kullanılan dalga değerleri (NATO TU-WAVES Projesi, 1995-1996 Bozcaada)

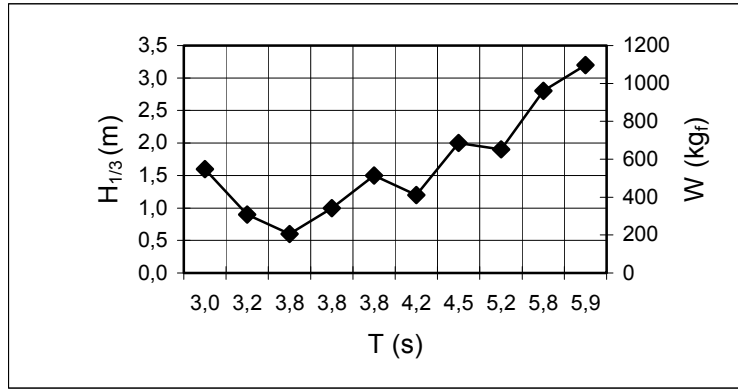
Kayıt No	H (m)	T (s)	Dönem
1	2,8	5,8	Ocak-1995
2	2	4,5	Ocak-1995
3	3,2	5,9	Ocak-1995
4	1,6	3	Ağustos-1995
5	1,9	5,2	Ağustos-1995
6	1,2	4,2	Eylül-1995
7	0,9	3,2	Eylül-1995
8	1	3,8	Eylül-1995
9	0,6	3,8	Kasım-1994
10	1,5	3,8	Aralık-1994

Tablo 1’de verilen dalga değerlerinden 5, 10, 15 ve 20 m su derinliklerine ait akıntı hızı ve ivmesi değerleri hesaplanmıştır (Tablo 2) (DLH, Liman Hidrolik Araştırma Merkezi tarafından hazırlanan hesaplama yöntemine göre).

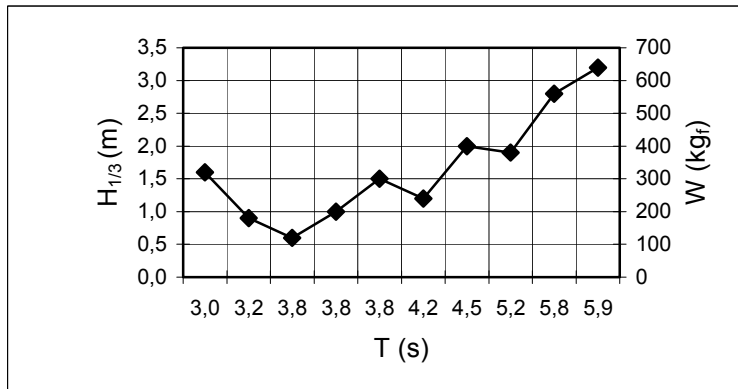
Tablo 2. Dört farklı su derinliğine göre hız (U_x , m/s) ve ivme (U_a , m/s^2) değerleri

Kayıt No	5 m		10 m		15 m		20 m	
	U_x	U_a	U_x	U_a	U_x	U_a	U_x	U_a
1	1,570	1,701	0,833	0,901	0,475	0,515	0,270	0,292
2	0,938	1,31	0,366	0,511	0,141	0,197	0,053	0,073
3	1,812	1,927	0,971	1,034	0,564	0,601	0,327	0,349
4	0,357	0,745	0,039	0,082	0,004	0,009	0	0,001
5	1,001	1,209	0,479	0,578	0,238	0,288	0,116	0,140
6	0,523	0,782	0,179	0,267	0,059	0,088	0,019	0,028
7	0,24	0,472	0,036	0,070	0,005	0,010	0,001	0,001
8	0,381	0,628	0,101	0,168	0,026	0,042	0,006	0,01
9	0,228	0,377	0,061	0,101	0,015	0,025	0,004	0,006
10	0,571	0,943	0,152	0,251	0,038	0,063	0,01	0,016

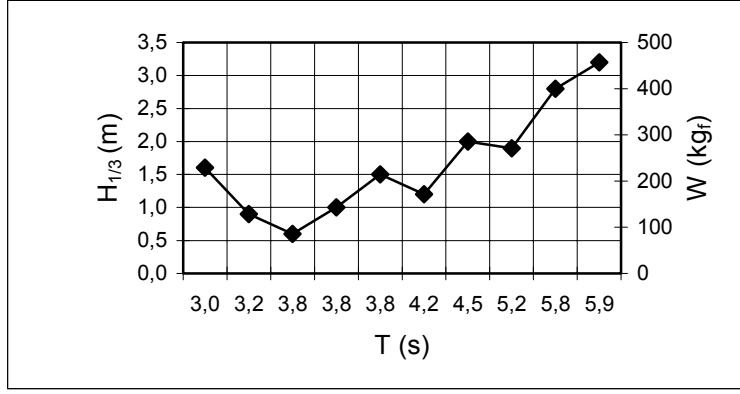
Tablo 1 ve Tablo 2 dalga değerlerine göre 4 farklı derinlikte 1 m³'lük içi boş beton bloğun havadaki ağırlık değerleri şekil 21, 22, 23 ve 24'de verilmiştir.



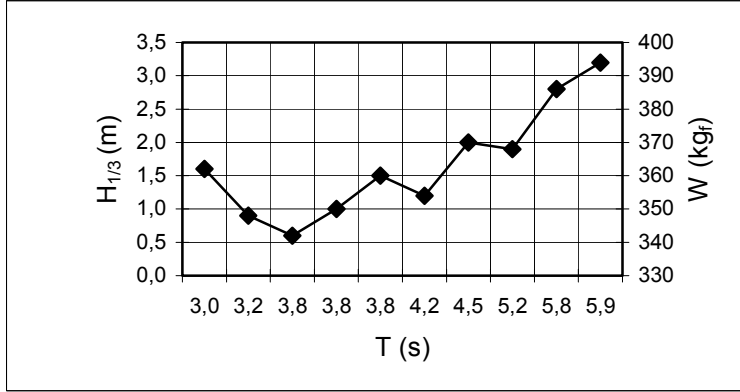
Şekil 21. 5 m su derinliğinde dalga yüksekliği ve periyoduna bağlı bloğun havadaki ağırlık değerleri



Şekil 22. 10 m su derinliğinde dalga yüksekliği ve periyoduna bağlı bloğun havadaki ağırlık değerleri



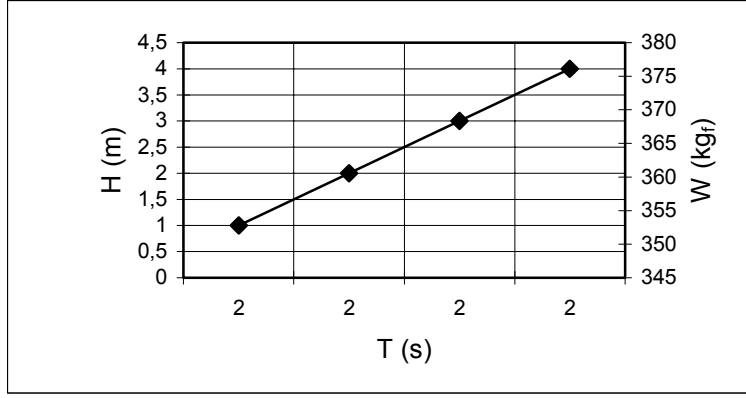
Şekil 23. 15 m su derinliğinde dalga yüksekliği ve periyoduna bağlı bloğun havadaki ağırlık değerleri



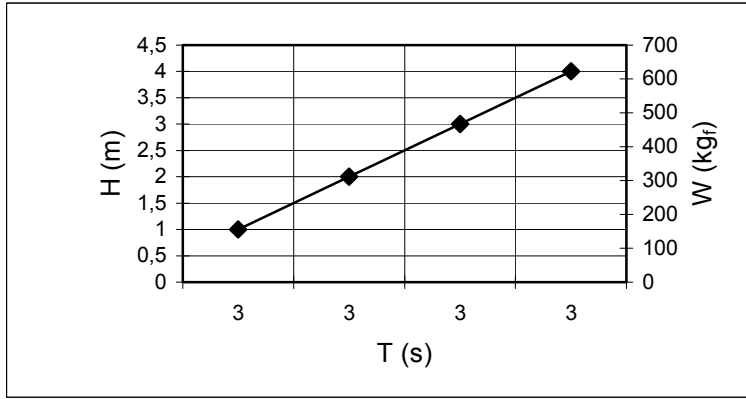
Şekil 24. 20 m su derinliğinde dalga yüksekliği ve periyoduna bağlı bloğun havadaki ağırlık değerleri

6.3.2. Dalga periyodu ve yüksekliğinin stabiliteye etkisi

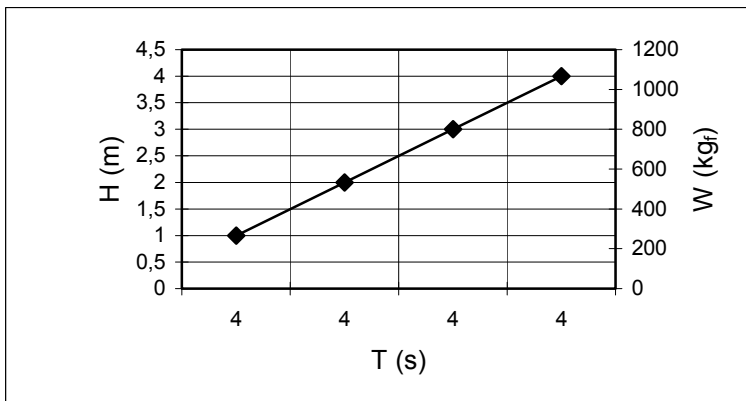
Dalga periyodu ve dalga yüksekliği arttıkça yapılar üzerindeki dalga etkisi artmaktadır. Buna göre 2, 3, 4 ve 5 s'lik sabit periyotlar ile 1, 2, 3 ve 4 m'lik değişen dalga yüksekliklerinde 5 m su derinliği için gerekli blok ağırlıkları Şekil 25, 26, 27 ve 28'de verilmiştir. Su derinliği arttıkça (10 m) dalga etkisi azalacağından minimum blok ağırlığı da azalacaktır (Şekil 29, 30, 31, 32). 10 m su derinliğinde de dalga periyodu ve yüksekliği arttıkça minimum blok ağırlığı da artacaktır. Ancak ağırlıklar, 5 m'ye göre daha düşük bulunacaktır.



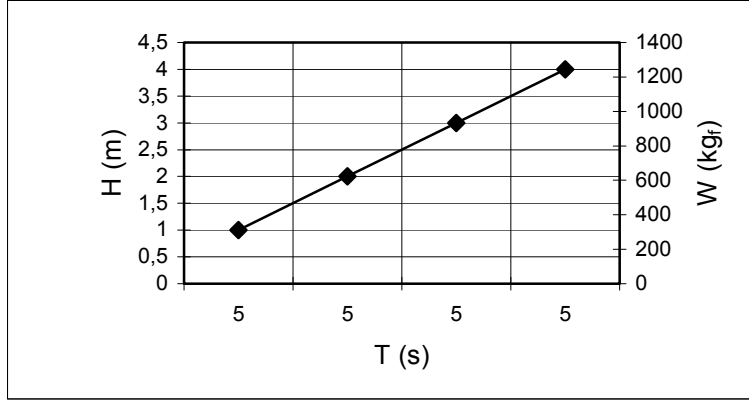
Şekil 25. Sabit dalga periyodu ve 5 m su derinliğinde değişen dalga yüksekliklerinin blok ağırlığına olan etkisi



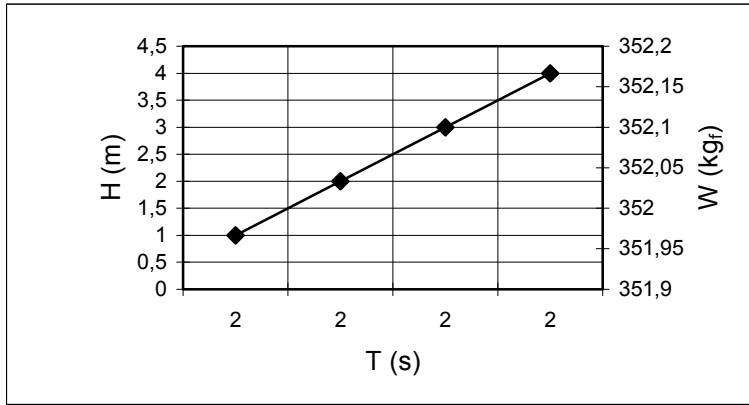
Şekil 26. Sabit dalga periyodu ve 5 m su derinliğinde değişen dalga yüksekliklerinin blok ağırlığına olan etkisi



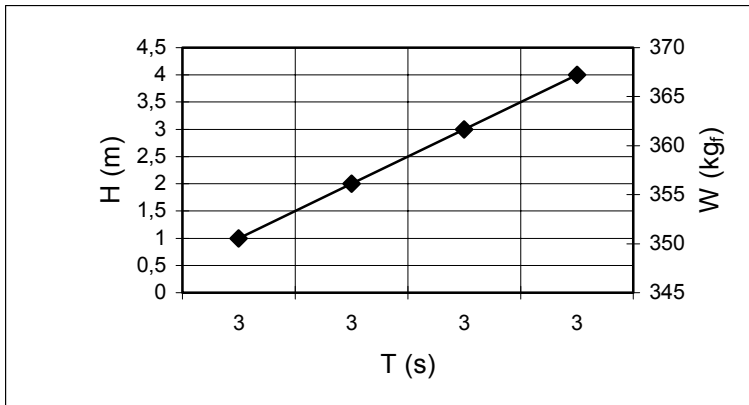
Şekil 27. Sabit dalga periyodu ve 5 m su derinliğinde değişen dalga yüksekliklerinin blok ağırlığına olan etkisi



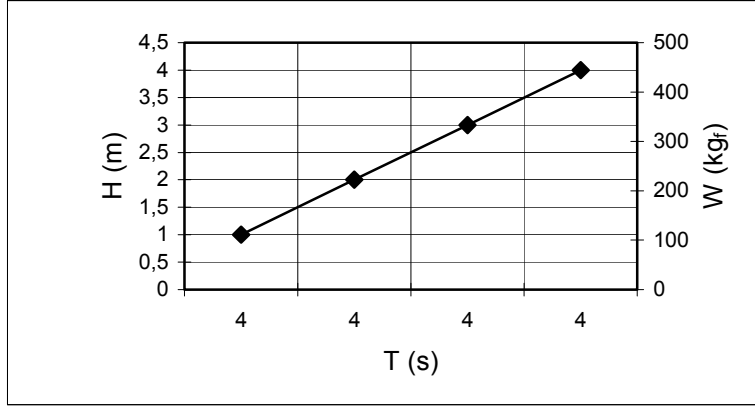
Şekil 28. Sabit dalga periyodu ve 5 m su derinliğinde değişen dalga yüksekliklerinin blok ağırlığına olan etkisi



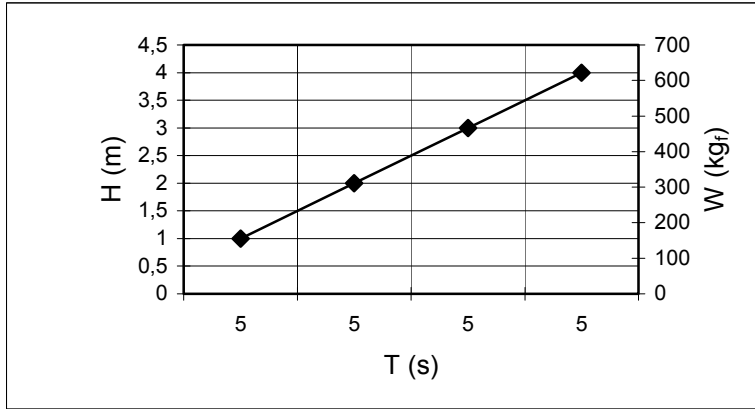
Şekil 29. Sabit dalga periyodu ve 10 m su derinliğinde değişen dalga yüksekliklerinin blok ağırlığına olan etkisi



Şekil 30. Sabit dalga periyodu ve 10 m su derinliğinde değişen dalga yüksekliklerinin blok ağırlığına olan etkisi



Şekil 31. Sabit dalga periyodu ve 10 m su derinliğinde değişen dalga yüksekliklerinin blok ağırlığına olan etkisi



Şekil 32. Sabit dalga periyodu ve 10 m su derinliğinde değişen dalga yüksekliklerinin blok ağırlığına olan etkisi

7. TARTIŞMA

Düzbastılar (2001)'ın tek yönlü dalga kanalında düzenli dalga koşulları altında yaptığı denemelerde yapay resif modelleri etrafında gelişen lokal oyulma oluşumu izlenmiştir. Lokal oyulma ilk aşama, orta aşama ve denge aşamalarından oluşmaktadır. İlk aşamada resif modelleri etrafındaki dalga kaynaklı akışlar ayrılarak modele doğru hareketlenir. Orta aşamada ise oyulma başlar ve artarak devam eder. Bu aşamada model oyulma deliğine doğru eğilir ve yatar. Son aşama olan denge aşamasında lokal oyulma derinliği en yüksek değerine ulaşmaktadır. Ancak ilk ve orta aşamaları ayırt etmek çok zordur. Orta ve denge aşamalarında ise özellikle köşelerde başlayan oyulma net bir hale gelmektedir. Bu çalışmada da lokal oyulma

hızlı bir şekilde oluşmakta ve stabilite kaybı ile sonuçlanmaktadır. Yüksek dalga değerlerinde özellikle lokal oyulma aşamalarını tespit etmek zordur.

Üç farklı boyuttaki yapay resif modelleriyle yapılan hidrolik denemelerde, sabit dalga periyodu ve değişen dalga yüksekliklerinde en büyük modelde lokal oyulma değerinin en yüksek, daha küçük modelde daha az olduğu tespit edilmiştir (Düzbastılar, 2001). Kimura ve diğ. (1994), yaptıkları hidrolik denemelerde 3 farklı boyutta silindir şekilli modeller üzerindeki lokal oyulma etkilerini araştırmışlardır. Büyük modelde en yüksek oyulma değeri tespit edilirken, bu değer model küçüldükçe azalmıştır. Kimura ve diğ. (1996), lokal oyulmanın zemin özellikleri, akış ve resif şekliyle değişmesinin yanında resif boyutuyla da ilgili olduğunu belirtmiştir. Ingsrisawang (1996)'da yürüttüğü araştırmada, yapay resifler etrafındaki oyulma benzerliği üzerine model denemeleri yapmıştır. Bu çalışmada, aynı tip bloğunun farklı boyutlarının değişik akıntı koşullarında farklı sonuçlar verdiğini ifade etmiştir.

Ingsrisawang ve diğ. (1999) farklı resif modelleri ile düzenli dalga koşulunda belirli dalga yüksekliği ile sığ suda "Froude" benzerlik kuralını uygulayarak lokal oyulma üzerine tek yönlü dalga kanalında hidrolik denemeler yapmıştır. Lokal oyulmanın yapay resif şekline bağlı olduğunu, akış şekillerinden olan oyulmanın gömülmeye neden olduğunu ve ayrıca resifin zemine değme yüzeyinin zamanla azaldığını ifade etmiştir.

Yapay resif modelleriyle farklı boyutlarda yapılan denemelerde zeminde dalga etkisiyle oluşmaya başlayan kum tepelikleri, gerçek oyulma değerinin ölçülmesini engellemektedir. Bu nedenle bu tip hidrolik denemelerde kum tepeliği oluşturmayacak dalga yüksekliği ve periyodu seçilmesi ya da dalga etkisinin daha az olduğu su derinliklerinde çalışmak daha uygun olacaktır. Model boyutu ile lokal oyulma derinliği ilişkisi bu koşullar altında özellikle 15 m su derinliğinde daha açık bir şekilde izlenmiştir. Lokal oyulma derinliği açısından önemli olan model boyutu, dalga etkisinin model stabilitesi üzerindeki etkisinde çok fazla önemli olmayıp ihmal edilebilir. Ancak lokal oyulma bir süre sonra yapay resif modelinin, oyulmanın maksimum olduğu bölgeye doğru eğilmesine, kaymasına ve sonuçta devrilmesine sebep olan çok önemli bir etkidir. Bunun önlenmesi için su derinliğinin artırılması dalganın zemin üzerindeki etkisi derinlere gidildikçe azalır), yapay resif şeklinin

değiştirilmesi, pencere ve boşluklara daha çok yer veren bir tasarım yapılması gibi bazı öneriler sunulabilir (Düzbastılar ve Tokaç, 2003).

Lokal oyulmanın etkisinin resif bloğunun stabilitesini her zaman bozması beklenemez. Bu olay bloğun bir yöne doğru eğilmesine veya gömülmesine neden olmayabilir. Özellikle bentik organizmaları harekete geçiren sedimentasyon, predatör bireylerin besin bulmalarına yardımcı olur. Ayrıca burada oluşan akış özellikleri, deniz canlılarının resif bloğunu fark etmelerine yardımcı olur. Ancak lokal oyulma etkisi artınca, resifin etkinliği de azalmaya başlar (Düzbastılar ve Tokaç, 2003).

Kim ve diğ. (1995) yaptığı denemelerde yapay resifin yer değiştirmesinin oyulmuş bölgeye doğru hareketiyle giderek büyüdüğünü gözlemiştir. Dalga etkisinin sürmesiyle model genellikle dalga yönüne doğru olan köşelere düşmekte ve stabilizesini kaybetmektedir. Ancak her deneme sonunda yapılan tesviyenin iyi olmaması, modelin tam dik pozisyonda yerleştirilememesi ve model yüzeyindeki bazı çıkıntılar resif modelinin diğer iki köşesine yatmasını sağlamıştır.

Kim ve diğ. (1995) dalga hareketinden sonra 1-2 dakikada lokal oyulma deliklerinin derinliğinin arttığını ifade etmiştir. Denemelerde oyulma özelliğinin sadece yapay resif şekline değil aynı zamanda yapay resifin dalganın geliş yönüne olan konumuna göre de farklılık gösterdiğini belirtmiştir. Her farklı model ve bu modellerin dalgaya göre farklı konumlarına göre oluşan oyulmaları gözlenmiştir. Sonuçta oyulma olayının dalga etkisiyle oluşan girdabın yapay resif nedeniyle engellenmesine bağlamıştır. Kimura ve diğ. (1994) yapay resiflere etkiyen akıntı hızının artmasıyla yapay resifler etrafında görülen oyulma hareketinin şiddetlendiğini ve buna bağlı olarak da lokal oyulma derinliğinin arttığını ifade etmiştir.

Ingsrisawang ve diğ. (1995) gerçek koşullarda yapay resiflerin oyulması ve batmasının hem lokal akıntı hem de yüzey dalga etkisi nedeniyle olacağını, saha ve laboratuvar koşullarındaki batma farklılığının sadece oyulma deliğine kayma olayında olduğunu belirtmiştir. Saha çalışmalarında ise hem lokal oyulma hem de deliğe doğru eğilmeyi fark edememişlerdir. Gerçek boyuttaki resiflerin dip sedimentine doğru battığını ve ayrıca lokal oyulmaya asıl neden olanın akıntının mı yoksa yüzey dalgasının mı olduğunu söylemenin zor olduğunu ifade etmişlerdir.

Bu çalışmada şu ana kadar Ege Denizi'nde uygulanan yapay resif bloklarında 1-2 blok dışında lokal oyulma ve stabilite kaybı gözlenmemiştir. Bunun nedenlerinden birisi, uygun derinlik seçimidir. Yapay resif blokları 15-25 m su derinlikleri arasında yerleştirilmiştir. Bu derinlikler özellikle stabilite kaybı açısından dalga etkilerinin en az olduğu derinliklerdir. Diğer bir neden ise blok ağırlıklarının boyutları ile orantılı olacak şekilde minimum blok ağırlığından daha fazla olmasıdır. Bu da olası dalga ve akıntı etkilerine karşı koyabilecek bir ağırlık anlamına gelmektedir. Burada tek problem ince sediment yapısı, tatlı su girişi ve kuvvetli akıntılar nedeniyle oluşabilecek lokal oyulmadır. Ancak bugüne kadar bu bölgelerde 1-2 blok dışında herhangi bir oyulma, gömülme veya devrilmeye rastlanmamıştır. Ancak yine de belirtmek gerekir ki, bu mekanizmaların gerçekleşmemiş olması, tamamen blok boyut ve ağırlıkları ile yerleştirme derinliklerinin tasarım kriterlerine göre seçilmesin nedeniyledir. Eğer bu bölgelerde küçük boyutlu bloklar, briket, künk, kiremit gibi seramik ve mineral kökenli yapılar ile resif kümeleri oluşturulmak istenirse ağırlıklara ve derinliklere dikkat etmek gerekir. Örneğin, 10 m su derinliğine yerleştirilen bir yapının 4 s dalga periyodu ve 3 m dalga yüksekliği koşullarında devrilmemesi için yaklaşık 417 kg_f bir ağırlığa sahip olması gerekir. Bu ağırlık havadaki minimum ağırlıktır. Suda boyut ve tuzluluğa bağlı olarak ağırlık % 50 oranında azalacaktır. Özellikle habitat bağımlı türler için oluşturulacak küçük boyutlu yapay resif kümeleri dalga etkisi altındadırlar.

8. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapay resifler tasarlanırken bir çok faktör göz önüne alınır. Resif ve elemanlarının boyutu, akış hızı ve canlı bireylerle olan ilişkisiyle biyolojik etmenler; malzeme seçimi ve resif dayanımı ile fiziksel etmenler; inşa maliyeti, nakliye gideri gibi mali konular ile ekonomik etmenler; akıntı ve dalga tasarımı ile de çevresel etmenler göz önüne alınır. Tüm bu etmenler göz önüne alınırsa en iyi yapay resif tasarımı yapılır.

Yapay resiflerde ortaya çıkan en büyük problem sediment taşınmasıyla ortaya çıkan lokal oyulma olayıdır. Bu sebepten dolayı derinlik ve bölge seçiminin yanında zemin çalışmalarının da iyi yapılması gerekmektedir. Bu sayede yapay resiflerden uzun süre sorunsuz bir şekilde faydalanma imkanı doğar.

Yapay resiflerden en uzun süre sorunsuz yararlanabilmek için önerileri maddeler halinde sıralamak gerekirse;

- *Yapay resiflerin yerleştirme bölgesinde ön çalışmaların mutlaka yapılması gerekir.
- *Dalga ve akıntı etkileri açısından riskli bölgelerde dalga ve akıntı ölçümleri yapılmalıdır.
- *Bu ölçümlere göre hidrolik deneyler planlanmalıdır.
- *Ölçüm sonuçlarına göre deneysel formüllerle tahmin niteliğinde hesaplamalar yapılmalıdır.
- *Lokal oyulmayı önleyici akıntıyı engelleyen yapılar kullanılmalıdır.
- *Yapay resif şekli, boyutu ve tasarımı çevresel koşullara göre tasarlanmalıdır.
- *Yapay resif bloğunun ağırlığı dalga etkisine göre belirlenmelidir.
- *Yapay resifler mümkünse küçük tane büyüklüğüne sahip zeminlere yerleştirilmemelidir (çamur, kum vb.).
- *Çamur ve sığ zeminlerde sert bir tabaka üzerine resif bloğu yerleştirilebilir.
- *Stabilite abakları kullanılarak uygun derinlik ve ağırlık seçilmelidir.
- *Lokal oyulmanın en az olduğu modeli bulmak için farklı geometrik şekle sahip resiflerle denemeler yapılmalıdır.
- *Dalga yüksekliği fazla olan bölgelerde büyük hacim, daha az yükseklik ve daha ağır pencereci modeller kullanılmalıdır.
- *Optimum yapay resif tasarımı yapılmalıdır.

Lokal oyulma ;

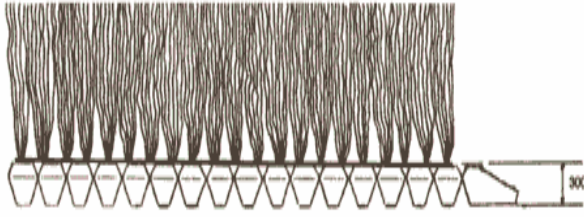
Yapay resif boyutu ve düzeninin değiştirerek

Yapay resif şeklinin değiştirerek

Yerleştirme derinliğinin artırarak

Akıntıyı engelleyecek yapıları yerleştirerek (Dalgakıran, yapay deniz çayırıları, PP halatlar)

engellenebilir (Şekil 33, 34).



Şekil 33. Yapay deniz çayırı (<http://www.scourcontrol.co.uk>)



Şekil 34. Hareketli beton blok eklenmiş yapay deniz çayırı(<http://www.scourcontrol.co.uk>)

Sonuç olarak çalışmada gözlemler sonucu yapay resif bloklarında herhangi bir problem olmadığı tespit edilmiştir. Bunun nedeni ise iyi bir planlama yapılarak, yapay resiflerin uygun derinliklere yerleştirilmesi ve ağırlıklarının iyi seçilmiş olmasıdır. Aynı derinliklerde teorik olarak hesaplanan dalga parametreleriyle daha düşük ağırlıklara sahip bloklarla yapılan yerleştirmede stabilite problemleri yaşanacaktır. Hidrolik denemelerde özellikle yüksek dalga değerlerinde blokların hareket ettiği izlenmiştir. Bu da stabilite ve işlev kaybı anlamına gelir. Ancak 4 m'den daha büyük dalga yükseklikleri Ege Denizi için olağan değildir. Bu nedenle stabilite kaybı mevcut ağırlıklar için mümkün değildir. Teorik olarak yapılan hesaplarda özellikle düşük ağırlığa sahip olana blokların Ege Denizi'nde bile stabilite kaybına uğrayabileceği sonucu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle blok ağırlığı ve su derinliği ilişkisi iyi kurulmalıdır. Saha, laboratuvar ve teorik hesaplar aynı anda yapılırsa, sonuçlar daha sağlıklı

olacaktır. Bu amaçla ileride planlanan çalışmaların da bu şekilde yapılması uygun olacaktır.

9. KAYNAKLAR

Anonim, 1986. Japan Coastal Fisheries Promotion Agency (JCFPA), artificial reef fishing grounds construction planning guide.

Düzbastılar, F.O. 2001. Yapay Resiflerin Yapısal ve Teknik Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi. Su Ürünleri Avlama Teknolojisi Anabilim Dalı. Bilim Dalı Kodu: 504.06.01

Düzbastılar, F.O. ve Tokaç, A. 2003. Yapay Resif Boyutunun Dalga Hareketinden Kaynaklanan Lokal Oyulma Olayı Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, Cilt 20 Sayı 3-4 (373-381).

Fowler, A.J., Jensen, A.C., Collins, K.J. and Smith, I.P., 1999. Age structure and diel activity of pouting on the Poole Bay artificial reef, *Journal of Fish Biology*, 54:(5) 944-954p.

Grove, R.S. and Sonu, C.J., 1985. Fishing reef planning in Japan. In: D'Itri, F.M. (Editor), *Artificial Reefs, Marine and Fresh water Application*. Lewis Publication, Chelsea, MI. 187-252.

Grove, R.S., Sonu, C.J. and Nakamura, M., 1989. Recent Japanese trends in fishing reef design and planning, *Bulletin of Marine Science*, 44(2): (984-996)

Grove, R.S., Nakamura, M. and Sonu, C.J., 1991. Design and engineering of manufactured habitats for fisheries enhancement, *Artificial Habitats for Marine and Freshwaters Fisheries*, Seaman, W. Jr. and Sprague, L.M. (Eds.), Academic Press, Inc., San Diego, California 92101. (109-152)

Ingsrisawang, V., Kimura, H. and Ban, M., 1993. A study on local scour around artificial reefs (139-142).

Ingsrisawang, V., Ban, M. and Kimura, H., 1995. Comparative study on the sinking of artificial reefs by local scour between laboratory and field experiments, *Fisheries Engineering*, Vol.32, No:2. (95-103).

Ingsrisawang, V., 1996. A study on the local scour similarity around artificial fish reefs and its Application (PhD thesis), Laboratory of Fisheries Engineering, The United Graduate school of Agricultural Sciences, Ehime University, (102) (unpublished).

Kakimoto, H., Katayama, K., Noda, M. and Tsumara, K., 1999. Functions of artificial reefs and the reaction of the shell nursery, 7th International Conference on Artificial reefs and Related Aquatic Habitats, October 7-11, San Remo (IM)-Liguria-Italy, 330-337 p.

- Kim, J.Q., Mizutani, N. and Iwata, K., 1995. Experimental study on the local scour and embedment of fish reef by wave action in shallow water depth, International Conference on Ecological System Enhancement Technology for Aquatic Environments, Proceedings Volume I, Tokyo, Japan, (168-173).
- Kimura, H., Ingsrisawang, V. and Ban, M., 1994. A study on local of cylindrical artificial fish reefs, Fisheries Engineering, Vol.31, No.1, 33-40 p.
- Kimura, H., Ingsrisawang, V., Ban, M. and Hiraga, H., 1996. Similarity law of the model test of local scour depth around artificial fish reef due to current, Trans. Of JSIDRE, No. 184, 131-135 p.
- Kocataş, A. 1999. Oseanoloji, (Deniz Bilimlerine Giriş) E.Ü. Su Ürünleri kitaplar Serisi No:60 (3. Baskı).(204-237).
- Lök, A., 1999. Effects of waves on artificial reefs: Observations in the experimental wave tank, Final Report of Self Study, Fisheries Oriented Resources Management Course, Japan International Cooperation Agency (JICA), Japan, (5) (unpublished).
- Mottet, M.G., 1985. Enhancement of the marine environment for fisheries and aquaculture in Japan. In: D'Itri, F.M. (Editor), Artificial Reefs, Marine and Fresh water Application. Lewis Publication, Chelsea, MI. 13-112.
- Nakamura, M., 1985. Evolution of artificial fishing reef concepts in Japan, *Bulletin of Marine Science*, 37 (1): 271-278p.
- Oh, Y-M., Ahn, H-D., Song, H-C. and Jeong, S-T., 1995. A study on the wave pressure for coastal structures, International Conference on Ecological System Enhancement Technology for Aquatic Environments, Proceedings Volume I, Tokyo, Japan, (145-149).
- Otake, S., Uekita, Y., Nakamura, M., Okuno, J., Seto, M., Hokkaido, Y. and Kaneko, T., 1999. A study of settlement location of fishery grounds With artificial fish reefs by internal waves, 7th International Conference on Artificial reefs and Related Aquatic Habitats, October 7-11, San Remo (IM) - Liguria-Italy, 505-515 p.
- Sato, O., 1985. Scientific rationales for fishing reef design, *Bulletin of Marine Science*, 37(1): 329-335 p.
- Seaman, W.Jr. and Sprague, L.M., 1991. Artificial Habitats for Marine and Freshwater Fisheries, Academic Press, Inc., San Diego, California 92101, 284p.
- Takeuchi, T., 1999. Field observation of velocity and temperature fluctuations around a reef , 7th International Conference on Artificial reefs and Related Aquatic Habitats, October 7-11, San Remo (IM)-Liguria-Italy, 537-538 p.
- Ulaş, A., 2000. İzmir Orta Körfezi Ahtapot (*Octopus vulgaris*, Cuvier, 1797) Populasyonunun Doğal ve Yapay Yaşam Alanları Üzerine Bir Araştırma (Doktora tezi), E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Bilim Dalı Kodu: 504.06.01, Bornova, İzmir, (yayımlanmamış).