

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DÜZENSİZ DALGA KOŞULLARI ALTINDA TEK
KORUMA TABAKALI DALGAKIRANLARDA
STABİLİTE

139651

139651

İnşaat Müh. Kubilay CİHAN

F.B.E İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Hidrolik Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Yalçın YÜKSEL

Doç. Dr. Esin GEVİK

Esik

Prof. Dr. Sedat Kabdaslı
04.07.03

Prof. Dr. Yalçın Yüksel



İSTANBUL, 2003

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KORDONATÖR KURULU

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
ÖNSÖZ.....	xi
ÖZET.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. DALGARINLAR VE STABİLİTE.....	3
2.1 Taş Dolgu Dalgakıranlar ve Stabilitè.....	3
2.2 Tırmanma- Üstten Aşma.....	3
2.3 Dalga Aşması.....	7
2.4 Dalga Enerjisinin İletimi.....	8
2.5 Koruma Tabakası.....	9
2.5.1 Koruyucu Birimler İçin Karakteristik Katsayılar.....	10
2.5.2 Koruyucu Birim Tipleri.....	12
2.5.3 Koruyucu Tabaka Seçimi.....	17
2.5.4 Stabilitèyi Arttırma Yöntemleri.....	18
2.6 Koruma Tabakası Tasarımı.....	19
2.6.1 İribarren Formülü.....	19
2.6.2 Hudson Formülü.....	22
2.6.3 İribarren ve Hudson Formüllerinin Tartışması.....	28
2.6.3.1 İribarren Formülü.....	28
2.6.3.2 Hudson Formülü.....	29
2.6.4 Van der Meer Formülü.....	29
3. TEK TABAKALI DALGAKIRANLARIN ÖZELLİKLERİ.....	32
3.1 Tek Sıra Bloklu Dalgakıranlarla İlgili Çalışmalar.....	32
4. DENEY SİSTEMİ.....	38
4.1 Deneysel Sistem ve Ölçüm Yöntemleri.....	38
4.1.1 Dalga Kanalı.....	38
4.1.2 Dalga Ölçümleri.....	38
4.1.3 Açık Deniz Dalgalarının Spektral İfadesi.....	40
4.1.3.1 Pierson-Moskowitz Spektrumu.....	40

4.1.4	Tekil Dalga Yüksekliğinin Dağılım Fonksiyonları	41
4.1.4.1	Rayleigh Dağılımı	41
4.2	Deney Düzenliğinin Hazırlanması.....	47
4.3	Çalışmada İzlenen Yöntem	47
5.	DENEYSEL ÇALIŞMA VE SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	51
6.	SONUÇLAR	97
KAYNAKLAR.....		98
EKLER		99
EK 1	Accropode Blokların Özellikleri ve Tasarım Dalgasının Hesaplanması.....	100
EK 2	Core-Loc Blokların Özellikleri ve Tasarım Dalgasının Hesaplanması.....	101
EK 3	Hasarın Hesaplanması	102
EK 4	Accropode İçin Porozitenin Hesaplanması	104
EK 5	Core-Loc İçin Porozitenin Hesaplanması.....	105
EK 6	Accropode Bloklar İçin K_D Hesaplanması	106
EK 7	Core-Loc Bloklar İçin K_D Hesaplanması	107
EK 8	Ölçüm Sistemi Aracılığıyla Elde Edilen Dalga Kaydı Örneği.....	108
EK 9	Accropode ve Core-Loc'un Hacimsel Karşılaştırılması	109
ÖZGEÇMİŞ		110

SİMGE LİSTESİ

α	Şev açısı
β	Yakın kıyının şev açısı
Δ	Rölatif kütle yoğunluğu
ϕ	İçsel sürtünme açısı
Φ	Sıkılık katsayısı
γ_r	Koruyucu kaplama tabakası bloklarının özgül ağırlığı
γ_w	Suyunun özgül ağırlığı
μ	Sürtünme katsayısı
ρ_s	Taşın özgül kütlesi
σ	Varyans
ξ	İribarren sayısı
A	Kuvvetin etki ettiği taş alanı
A_d	Erozyona uğramış alan
b	Dalgakıran genişliği
B	Suyun taş üzerindeki kaldırma kuvveti
B_0	Dalgaların geliş açısı
C_d	Direnç katsayısı
C_m	Kütle sayısı
C_q	Toplam direnç katsayısı
d	Su derinliği
d_t	Topuktaki su derinliği
d_b	Kırılma derinliği
D_n	Bir taşın karakteristik boyutu
D.S	Dönen blok sayısı
D_{50A}	Koruyucu kaplama tabakası bloklarının nominal çapı
D_{50C}	Çekirdek malzemesini nominal çapı
D_{50F}	Filtre malzemesini bloklarının nominal çapı
f	Ergin'in verdiği sürtünme katsayısı
F_d	Sürükleyici kuvvet
F_{dy}	Dalga dinamik kuvveti
F_m	Atalet kuvveti
F_q	Direnç ve atalet kuvvetleri toplamı
F_N	Şeve dik gelen bileşke kuvvet
g	Yerçekimi ivmesi
h	Dalgakıranın yüksekliği
H_0	Derin deniz dalga yüksekliği
H_0^{p}	Sapmaya uğramamış derin deniz dalga yüksekliği
$H_{1/10}$	Bir dalga serisinde, toplam dalga sayısının en büyük dalga yüksekliği değerine sahip %10'luk kısmının aritmetik ortalaması
$H_{1/20}$	Bir dalga serisinde, toplam dalga sayısının en büyük dalga yüksekliği değerine sahip %20'luk kısmının aritmetik ortalaması

$H_{1/30}$	Bir dalga serisinde, toplam dalga sayısının en büyük dalga yüksekliği değerine sahip %30'luk kısmının aritmetik ortalaması
H	Yapı önündeki dalga yüksekliği
H_i	Gelen dalga yüksekliği
H_{max}	Bir dalga serisinde gözlenen en büyük dalga yüksekliği
H_{min}	Bir dalga serisinde gözlenen en küçük dalga yüksekliği
H_{ort}	Bir dalga serisindeki tüm dalgaların ortalama dalga yüksekliği
H_{rms}	Bir dalga serisinde, dalga yüksekliklerinin karelerinin ortalamasının karekökü
H_s	Yapı önündeki belirgin dalga yüksekliği
H_t	Yapının arkasında oluşan dalga yüksekliği
k	Orantı katsayısı
k_a	Alan sayısı
k_v	Hacim katsayısı
K_{Δ}	Tabaka katsayısı
K_D	Stabilite katsayısı
K	İribarren ve Hudson'un verdiği stabilite formülündeki stabilite katsayısı
$K.S$	Yerinde kırıldayan blok sayısı
L_0	Derin deniz dalga boyu
m	Taban eğimi
M_{50}	Medyan taş kütlesi
N_0	Rölatif hasar
N_{0e}	Genişletilmiş rölatif hasar
N	Dalga sayısı
N_s	Stabilite sayısı
P	Porozite
$P(H)$	Aşılma olasılığı
$Q(H)$	Aşılmama olasılığı
r	Şekil faktörü
R	Şev yönünde karşı koyan kuvvet
R_u	Düşey dalga tırmanma mesafesi
s_a	Şekil faktörü
S_0	Hasar sayısı
S_{0e}	Genişletilmiş hasar sayısı
T	Dalga periyodu
$T_{1/10}$	Bir dalga serisinde $H_{1/10}$ 'a karşılık gelen dalgaların periyodlarının ortalaması
T_{max}	Bir dalga serisindeki en büyük dalga periyodu
T_{min}	Bir dalga serisindeki en küçük dalga periyodu
T_{ort}	Bir dalga serisindeki dalgaların periyotlarının ortalaması
T_{rms}	Bir dalga serisinde, dalga periyotlarının karelerinin ortalamasının karekökü
T_s	Belirgin dalga periyodu
$T.H$	Toplam hasar
u	Koruyucu tabaka taşlarının üzerindeki su hızı
U	Rüzgar hızı
U_w	Deniz yüzeyinden 19.5 m yukarıdaki rüzgar hızı

W	Taş ağırlığı
W'	Taşın sudaki ağırlığı
Y.Ç	Yerinden çıkan blok sayısı
z	Taşın sakin su seviyesinden olan mesafesi
z _c	Sakin su seviyesine göre dalgakıran kreinin yüksekliği



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	Düzensiz yerleştirme görüntüleri.....	2
Şekil 2.1	Üstten aşmama şartında taş dolgu dalgakıran kesiti.....	3
Şekil 2.2	Dalga tırmanması ve tırmanma elemanları (Massie, 1986).....	4
Şekil 2.3	$h_t/H_0 > 3$ için tırmanma yüksekliğinin dalga dikliği ile değişimi (Massie, 1986).....	7
Şekil 2.4	Batık dalgakıranlar için dalga iletimi (Massie, 1986).....	9
Şekil 2.5	Akmon tipi koruyucu blok (Massie, 1986).....	12
Şekil 2.6	Beton küp blok (Massie, 1986).....	13
Şekil 2.7	Modifiye edilmiş küp blok tipleri (Massie, 1986).....	14
Şekil 2.8	Dolos tipi blok (Massie, 1986).....	15
Şekil 2.9	Tetrapod tipi blok (Massie, 1986).....	16
Şekil 2.10	Tribar tipi blok (Massie, 1986).....	17
Şekil 2.11	Kuvvet diyagramı.....	20
Şekil 2.12	Değişik tipteki taş yapılar için permeabilite (P) faktörleri (Van der Meer, 1987).....	31
Şekil 3.1	Accropode'nin stabilite grafiği (Van der Meer, 1999).....	34
Şekil 3.2	Küp blok için stabilite (Van der Meer, 1999).....	36
Şekil 4.1	Dalga kanalının görünüşü.....	39
Şekil 4.2	Rayleigh dağılımı.....	42
Şekil 4.3	Düzensiz yerleştirme yöntemi için dalgakıran kesiti.....	48
Şekil 4.4	Core-Loc için topuk oluşumu.....	49
Şekil 4.5	Accropode için topuk oluşumu.....	50
Şekil 5.1a	Core-Loc için $\%S_0-H_s$ değişimi, $d=0.30$ m.....	63
Şekil 5.1b	Core-Loc için $\%S_0-H_{1/10}$ değişimi, $d=0.30$ m.....	63
Şekil 5.2a	Core-Loc için $\%S_0-H_s$ değişimi, $d=0.35$ m.....	64
Şekil 5.2b	Core-Loc için $\%S_0-H_{1/10}$ değişimi, $d=0.35$ m.....	64
Şekil 5.3a	Core-Loc için $\%S_0-H_s$ değişimi, $d=0.40$ m.....	65
Şekil 5.3b	Core-Loc için $\%S_0-H_{1/10}$ değişimi, $d=0.40$ m.....	65
Şekil 5.4a	Accropode için $\%S_0-H_s$ değişimi, $d=0.30$ m.....	66
Şekil 5.4b	Accropode için $\%S_0-H_{1/10}$ değişimi, $d=0.30$ m.....	66
Şekil 5.5a	Accropode için $\%S_0-H_s$ değişimi, $d=0.35$ m.....	67
Şekil 5.5b	Accropode için $\%S_0-H_{1/10}$ değişimi, $d=0.35$ m.....	67
Şekil 5.6a	Accropode için $\%S_0-H_s$ değişimi, $d=0.40$ m.....	68
Şekil 5.6b	Accropode için $\%S_0-H_{1/10}$ değişimi, $d=0.40$ m.....	68
Şekil 5.7a	Core-loc için $\%S_{0e}-H_s$ değişimi, $d=0.30$ m.....	69
Şekil 5.7b	Core-Loc için $\%S_{0e}-H_{1/10}$ değişimi, $d=0.30$ m.....	69
Şekil 5.8a	Core-loc için $\%S_{0e}-H_s$ değişimi, $d=0.35$ m.....	70
Şekil 5.8b	Core-Loc için $\%S_{0e}-H_{1/10}$ değişimi, $d=0.35$ m.....	70
Şekil 5.9a	Core-loc için $\%S_{0e}-H_s$ değişimi, $d=0.40$ m.....	71
Şekil 5.9b	Core-Loc için $\%S_{0e}-H_{1/10}$ değişimi, $d=0.40$ m.....	71
Şekil 5.10a	Accropode için $\%S_{0e}-H_s$ değişimi, $d=0.30$ m.....	72
Şekil 5.10b	Accropode için $\%S_{0e}-H_{1/10}$ değişimi, $d=0.30$ m.....	72
Şekil 5.11a	Accropode için $\%S_{0e}-H_s$ değişimi, $d=0.35$ m.....	73
Şekil 5.11b	Accropode için $\%S_{0e}-H_{1/10}$ değişimi, $d=0.35$ m.....	73
Şekil 5.12a	Accropode için $\%S_{0e}-H_s$ değişimi, $d=0.40$ m.....	74
Şekil 5.12b	Accropode için $\%S_{0e}-H_{1/10}$ değişimi, $d=0.40$ m.....	74
Şekil 5.13a	Core-loc için hasar parametresinin topuktaki H_s dalga yüksekliği ile değişimi, $d=0.30$ m.....	75
Şekil 5.13b	Core-loc için hasar parametresinin topuktaki $H_{1/10}$ dalga yüksekliği ile değişimi, $d=0.30$ m.....	75
Şekil 5.14a	Core-loc için hasar parametresinin topuktaki H_s dalga yüksekliği ile değişimi, $d=0.35$ m.....	76

Şekil 5.14b Core-loc için hasar parametresinin topuktaki $H_{1/10}$ dalga yüksekliği ile değişimi, d=0.35 m.....	76
Şekil 5.15a Core-loc için hasar parametresinin topuktaki H_s dalga yüksekliği ile değişimi, d=0.40 m.....	77
Şekil 5.15b Core-loc için hasar parametresinin topuktaki $H_{1/10}$ dalga yüksekliği ile değişimi, d=0.40 m.....	77
Şekil 5.16a Accropode için hasar parametresinin topuktaki H_s dalga yüksekliği ile değişimi, d=0.30 m.....	78
Şekil 5.16b Accropode için hasar parametresinin topuktaki $H_{1/10}$ dalga yüksekliği ile değişimi, d=0.30 m.....	78
Şekil 5.17a Accropode için hasar parametresinin topuktaki H_s dalga yüksekliği ile değişimi, d=0.35 m.....	79
Şekil 5.17b Accropode için hasar parametresinin topuktaki $H_{1/10}$ dalga yüksekliği ile değişimi, d=0.35 m.....	79
Şekil 5.18a Accropode için hasar parametresinin topuktaki H_s dalga yüksekliği ile değişimi, d=0.40 m.....	80
Şekil 5.18b Accropode için hasar parametresinin topuktaki $H_{1/10}$ dalga yüksekliği ile değişimi, d=0.40 m.....	80
Şekil 5.19a Core-Loc için $N_0-H_s/\Delta D_n$ değişimi, d=0.35 m	81
Şekil 5.19b Core-Loc için $N_0-H_{1/10}/\Delta D_n$ değişimi, d=0.35 m	81
Şekil 5.20a Core-Loc için $N_0-H_s/\Delta D_n$ değişimi, d=0.40 m	82
Şekil 5.20b Core-Loc için $N_0-H_{1/10}/\Delta D_n$ değişimi, d=0.40 m	82
Şekil 5.21a Core-Loc için $N_{0e}-H_s/\Delta D_n$ değişimi, d=0.30 m	83
Şekil 5.21b Core-Loc için $N_{0e}-H_{1/10}/\Delta D_n$ değişimi, d=0.30 m	83
Şekil 5.22a Core-Loc için $N_{0e}-H_s/\Delta D_n$ değişimi, d=0.35 m	84
Şekil 5.22b Core-Loc için $N_{0e}-H_{1/10}/\Delta D_n$ değişimi, d=0.35 m	84
Şekil 5.23a Core-Loc için $N_{0e}-H_s/\Delta D_n$ değişimi, d=0.40 m	85
Şekil 5.23b Core-Loc için $N_{0e}-H_{1/10}/\Delta D_n$ değişimi, d=0.40 m	85
Şekil 5.24a Accropode için $N_{0e}-H_{1/10}/\Delta D_n$ değişimi, d=0.30 m	86
Şekil 5.24b Accropode için $N_{0e}-H_{1/10}/\Delta D_n$ değişimi, d=0.30 m	86
Şekil 5.25a Accropode için $N_{0e}-H_{1/10}/\Delta D_n$ değişimi, d=0.35 m	87
Şekil 5.25b Accropode için $N_{0e}-H_{1/10}/\Delta D_n$ değişimi, d=0.35 m	87
Şekil 5.26a Accropode için $N_{0e}-H_{1/10}/\Delta D_n$ değişimi, d=0.40 m	88
Şekil 5.26b Accropode için $N_{0e}-H_{1/10}/\Delta D_n$ değişimi, d=0.40 m	88
Şekil 5.27 Core-loc için $H_s-\%S_{0e}$ değişimi, d=0.30 m.....	89
Şekil 5.28 Core-loc için $H_s-\%S_{0e}$ değişimi, d=0.35 m.....	89
Şekil 5.29 Core-loc için $H_s-\%S_{0e}$ değişimi, d=0.40 m.....	90
Şekil 5.30 Accropode için $H_s-\%S_{0e}$ değişimi, d=0.30 m	90
Şekil 5.31 Accropode için $H_s-\%S_{0e}$ değişimi, d=0.35 m	91
Şekil 5.32 Accropode için $H_s-\%S_{0e}$ değişimi, d=0.40 m	91
Şekil 5.33 Core-Loc için $T_s-\%S_{0e}$ değişimi, d=0.30 m.....	92
Şekil 5.34 Core-Loc için $T_s-\%S_{0e}$ değişimi, d=0.35 m.....	92
Şekil 5.35 Core-Loc için $T_s-\%S_{0e}$ değişimi, d=0.40 m.....	93
Şekil 5.36 Accropode için $T_s-\%S_{0e}$ değişimi, d=0.30 m.....	93
Şekil 5.37 Accropode için $T_s-\%S_{0e}$ değişimi, d=0.35 m.....	94
Şekil 5.38 Accropode için $T_s-\%S_{0e}$ değişimi, d=0.40 m.....	94
Şekil 5.39 Accropode ve Core-Loc için Van der Meer, Yüksel, Çevik ve bu çalışma için stabilite grafiği (Bu çalışmada H_s 'e göre hesaplanan stabilite sayıları ile diğer çalışmaların sonuçları gösterilmektedir).....	95

Şekil 5.40	Accropode ve Core-Loc için Van der Meer, Yüksel, Çevik ve bu çalışma için stabilite grafiği (Bu çalışmada $H_{1/10}$ 'a göre hesaplanan stabilite sayıları ile diğer çalışmaların sonuçları gösterilmektedir).....	95
Şekil 5.41	Core-Loc için Van der Meer, Yüksel ve bu çalışma için stabilite grafiği (Bu çalışmada H_s 'e göre hesaplanan stabilite sayıları ile diğer çalışmaların sonuçları gösterilmektedir).....	96
Şekil 5.42	Core-Loc için Van der Meer, Yüksel ve bu çalışma için stabilite grafiği (Bu çalışmada $H_{1/10}$ 'a göre hesaplanan stabilite sayıları ile diğer çalışmaların sonuçları gösterilmektedir).....	96



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1	Akmon için çeşitli hasarlara karşılık gelen K_D değerleri (Massie, 1986)	12
Çizelge 2.2	Küp için çeşitli hasarlara karşılık gelen K_D değerleri (Massie, 1986)	13
Çizelge 2.3	Pürüzlü tabii taş için çeşitli hasarlara karşılık gelen K_D değerleri (Massie, 1986).....	15
Çizelge 2.4	Düzgün tabii taş için çeşitli hasarlara karşılık gelen K_D değerleri (Massie, 1986)	15
Çizelge 2.5	Tetrapod için çeşitli hasarlara karşılık gelen K_D değerleri (Massie, 1986).....	16
Çizelge 2.6	Tribar için çeşitli hasarlara karşılık gelen K_D değerleri (Massie, 1986)	17
Çizelge 2.7	Yapı elemanlarına göre f ve K katsayıları (Ergin, 1971)	22
Çizelge 2.8	Hasar durumları için hasar sayısındaki değişim (Van der Meer, 1999).....	31
Çizelge 3.1	Blokların genel karşılaştırılması (Van der Meer, 1999).....	37
Çizelge 4.1	Dalga koşulları	44
Çizelge 5.1	Accropode için hasar tablosu, su seviyesi 50 cm	52
Çizelge 5.2	Accropode için hasar tablosu, su seviyesi 55 cm	53
Çizelge 5.3	Accropode için hasar tablosu, su seviyesi 60 cm	54
Çizelge 5.4	Core-Loc için hasar tablosu, su seviyesi 50 cm	55
Çizelge 5.5	Core-Loc için hasar tablosu, su seviyesi 55 cm	56
Çizelge 5.6	Core-Loc için hasar tablosu, su seviyesi 56 cm	57
Çizelge 5.7	Topuk su derinliği $d=0.40$ m için hasar başlangıcı	59
Çizelge 5.8	Topuk su derinliği $d=0.35$ m için hasar başlangıcı	59
Çizelge 5.9	Topuk su derinliği $d=0.30$ m için hasar başlangıcı	59
Çizelge 5.10	H_s 'e göre K_D stabilite katsayıları	60
Çizelge 5.11	$H_{1/10}$ 'e göre K_D stabilite katsayıları.....	60
Çizelge 5.12	Yeni hasar katsayıları ile tespit edilmiş hasar başlangıçları, $d=0.40$ m	61
Çizelge 5.13	Yeni hasar katsayıları ile tespit edilmiş hasar başlangıçları, $d=0.35$ m	61
Çizelge 5.14	Yeni hasar katsayıları ile tespit edilmiş hasar başlangıçları, $d=0.30$ m	61
Çizelge 5.15	Yeni hasar katsayıları ile H_s 'e göre hesaplanan K_D katsayıları	62
Çizelge 5.16	Yeni hasar katsayıları ile $H_{1/10}$ 'e göre hesaplanan K_D katsayıları	62

ÖNSÖZ

İnsan-doğa çelişkisi yüzyıllardır devam eden bir olgudur. Bu çelişkinin altında insanoğlunun doğaya hükmetme isteği bulunmaktadır. İşte bu istek bilim ve teknolojiyi yaratmış ve nesiller boyunca ilerlemesini sağlamıştır. Bulunan her yeni düşünce toplumların hafızasında geleceğe taşınmıştır ve taşınacaktır. Ancak bilinen bir gerçek vardır ki, doğa oldukça karmaşık ve düzensiz bir yapı taşımaktadır. Bu karmaşıklık ve düzensizlik doğadaki birçok olayın formüle edilmesini zorlaştırmaktadır. Bu sebepten dolayı laboratuvar ortamında deneysel çalışmalar sıkça kullanılan bir yöntem olmuştur. Bu çalışma dalgakıranların stabilitesi hakkında yapılmış bir çalışmadır.

Bütün çalışmalarım sırasında benden yakın ilgi ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Yalçın Yüksel'e teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Hidrolik Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmesine olanak sağlayan ve her türlü yardımını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Sedat Kapdaşlı'ya teşekkür ederim.

Bu çalışma sırasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım Sayın Doç. Dr. Esin Özkan Çevik'e teşekkür ederim.

Deneysel çalışmalarım sırasında her türlü konuda bana yardımcı olan İnş. Yük. Müh. Oral Yağcı'ya teşekkür ederim. Ayrıca deney sistemini oluşturulmasında bana yardımcı olan Teknisyenler Hasan Yalçın, Mevlüt Uluçınar ve Yaşar Aktaş'a teşekkür ederim.

Bu güne kadar manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme çok teşekkür ederim.

ÖZET

Dalgakıranlar, limanları açık denizden gelen etkilere karşı korumak için inşa edilen deniz yapılarıdır. Bu yapılar yapılış tiplerine göre taş dolgu, monolitik, yüzen ve özel tipli olmak üzere sınıflandırılırlar.

Dalgakıran inşaatında bazı durumlarda teknik imkanların sınırlılığı, ulaşım zorluğu ve ekonomik sebeplerden dolayı tabii taş blok kullanma imkanı yoktur. Bu gibi durumlar için koruyucu kaplama tabakasında kullanılabilen çeşitli suni blok tipleri geliştirilmiştir. Accropode ve Core-Loc bu tip bloklardır.

Bu tezin amacı; yapı üzerinde Accropode ve Core-Loc dalgakıranların, düzensiz dalga koşullarında stabilitelerinin incelenmesidir. Deneyler İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Hidrolik Laboratuvarı'nda ki dalga kanalında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada dalgakıran topuğundaki su derinliği 0.30, 0.35, 0.40 m olarak değiştirilmiştir. Her su derinliği için farklı özelliklere sahip 17 düzensiz dalga serisi uygulanmıştır. Herbir düzensiz dalga serisi 8 dakika sürmekte ve yaklaşık 500 dalga içermektedir. Hazırlanmış bu tez: Accropode ve Core-Loc'un düzensiz dalga şartları altında gerçekleştirilen deneyleri ve sonuçları kapsamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dalgakıranlar, Accropode, Core-Loc, Stabiliteler



ABSTRACT

Breakwaters are structures built to protect the harbors against wave action coming from offshore. These structures are classified rubble mound, monolithic, floating and other types.

In some cases, it may not be possible to use natural rocks in the construction of breakwaters due to some technical, transportation and economical limitations. Consequently, a variety of artificial unit types have been suggested for armor layer. Most important of these are Accropode and Core-Loc.

The aim of this thesis is to investigate the stabilities of these blocks under irregular waves conditions.

The tests were performed in the irregular waves channel at the Laboratories of İstanbul Technical University, Civil Engineering Faculty, Department of Hydraulics. The depths were changed as 0.30, 0.35, 0.40 m at toe of the breakwater. Seventeen different series of irregular waves with varying characteristics were applied to each depth. Each series lasted 8 minutes and included approximately 500 waves. The thesis contains the stability tests under irregular waves conditions and their results.

Keywords: Breakwaters, Accropode, Core-Loc, Stability

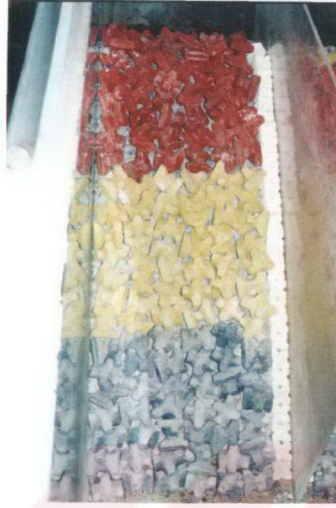


1. GİRİŞ

Kimilerine göre yaşamın başlangıcı olan denizlerden, insanoğlunun faydalanması eski çağlardan beri sürmektedir ve gelecekte daha da artarak sürecektir. Tarih boyunca liman kentlerinin ticaret ve kültür merkezleri haline gelmesi bunun en güzel kanıtıdır. Bu sebepten dolayı, birçok kıyı yapısı tarihsel süreç içerisinde inşa edilmiştir. Bunlardan biri de denizden gelen dalgaların etkilerini engellemek amacıyla yapılan dalgakıranlardır.

Günümüzde, nüfus artışına paralel olarak yaşamın her alanında artan tüketim kültürü beraberinde uluslararası ticaret zorunluluğunu getirmiştir. Bu zorunluluk, büyük hacim ve ağırlıktaki yüklerin taşınmasında denizyolu ulaşımının önemini daha da arttırmıştır. Denizyolu ulaşımının daha etkin ve tercih edilen bir alternatif olması için tam donanımlı ve büyük limanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da çok büyük maliyetli yapılar demektir. Son yıllarda bu maliyeti azaltmak için dalgakıran projelendirilmesinde ekonomik çözüm arayışları hız kazanmaktadır. Dalgakıranın ekonomik bir maliyete sahip olması seçilen koruyucu kaplama tabakasının tipine ve boyutlandırılmasına bağlıdır. Bu sebeple, yirmi yüzyılın ikinci yarısında ikinci kuşak dalgakıran koruyucu tabakalarının öncüsü olan Accropode ve Core-Loc geliştirilmiştir.

Bu iki tip de tek tabaka dizilişe olanak sağlayan yüksek stabilite sayılarına sahip bloklardır. Her iki tip blok da dalgakıran koruma tabakasına düzensiz olarak yerleştirilmektedir ve kilitleme özelliğine sahiptirler. Bu tezde, düzensiz dalga koşulları altında düzensiz şekilde dizilmiş (Şekil 1.1) bu blokların stabiliteleri incelenmiştir.



a) Accropode



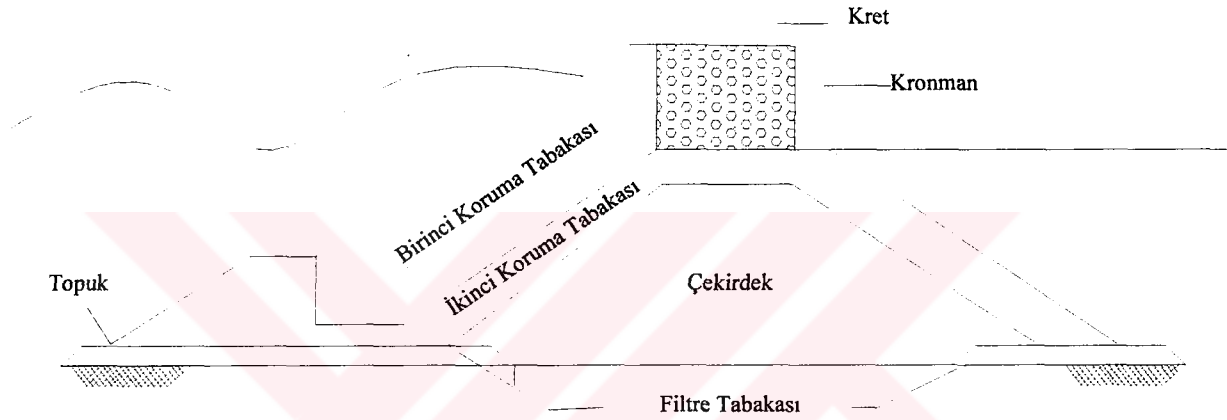
b) Core-loc

Şekil 1.1 Düzensiz yerleştirme görüntüleri

2. DALGAKIRANLAR VE STABİLİTE

2.1 Taş Dolgu Dalgakıranlar ve Stabilité

Hemen hemen bütün taş dolgu dalgakıranlar tabakalı olarak inşaa edilirler. Bu yapılar Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Genel bir kural, dalgakıranın her tabakası bitişik tabakalardaki ince malzemenin yıkanma etkisiyle boşluklardan kaçmayacak şekilde dizayn edilmesidir. Ayrıca, dış tabakalar, yapım sırasında ve yapım bittikten sonra beklenen dalga etkilerine dayanıklı dizayn edilmelidir. Bu tabakalar, aynı zamanda mevcut ekipmanlar ile inşaa edilebilecek şekilde tasarlanmalıdır (Massie,1986).



Şekil 2.1 Üstten aşmama şartında taş dolgu dalgakıran kesiti

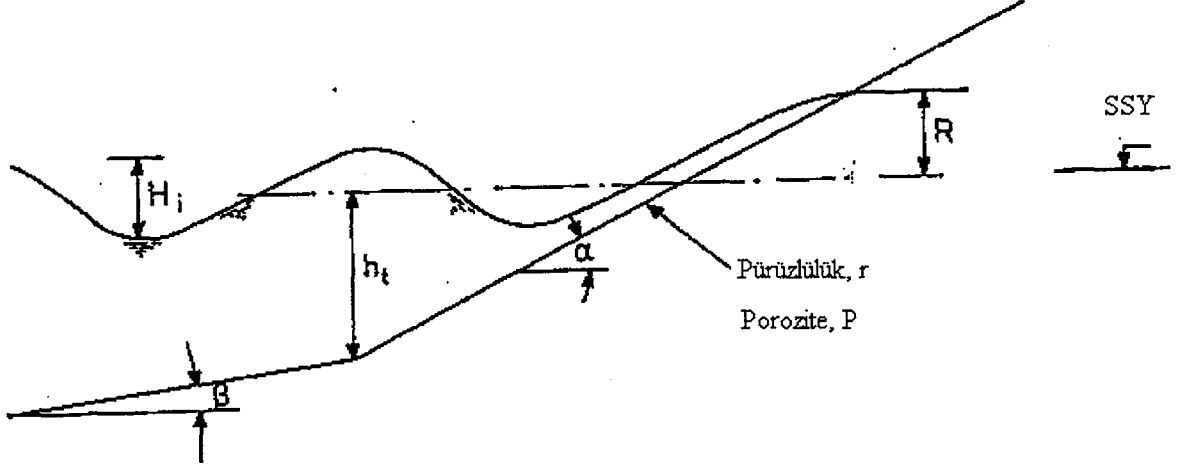
İnşaat malzemesinin seçimi çoğunlukla: ihtiyaç duyulan miktarın elde edilebilirliği ile belirlenir. Çoğu zaman dalgakıran dış tabakaları taş artığı olan çekirdek malzemesi ile desteklenmektedir..

Bitişik tabakalardaki yıkanmaya izin verilmemesi kuralı, dalgakıran doğal zemini için de geçerlidir. Kaya zemine inşaa edilen taş dolgular için problem yoktur. Buna karşılık, zemin malzemesi ince daneli ise, o zaman bir filtre tabakası yapılmalıdır. Bir dalgakıran tasarlanırken, bu konsept ekonomik olarak değerlendirilmelidir.

2.2 Tırmanma Üstten Aşma

Bir şeve karşı dalga yansıması yada bazı tipteki dalgakıranlar üzerindeki dalga kırılması, şev yüzeyi üzerindeki su seviyesinde salınma neden olur, bu da gelen dalganın genliğini büyük miktarda arttırabilir. Örneğin, dalgalar geçirimsiz düşey bir set tarafından tamamıyla yansıtıldığı zaman, duvardaki su seviyesi salınımı teorik olarak, gelen dalga yüksekliğinin, H_i 'nin iki katına ulaşabilmektedir (Massie,1986).

Dalgalar şev üzerinde kırıldığında, momentumlarının bir kısmını şeve tırmanan suyun önüne aktarır. Tırmanma yüksekliği, R_u , sakin su yüzeyinden itibaren suyun yapı üzerinde ulaştığı maksimum düşey mesafe olarak tanımlanır. Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Dalganın tırmanması ve tırmanmanın elemanları (Massie, 1986)

Bu tanımlamaya göre kret yüksekliği, tırmanma yüksekliğinden daha büyüktür. Dalganın tırmanması sakin su seviyesine göre belirlendiğinden, tırmanma, R_u , gerilme akısının sebep olduğu ortalama su seviyesinde ki kabarma etkilerini de içerir.

Düzenli dalgalar düşünüldüğünde, dalganın tırmanması, R_u , dalganın özellikleri yükseklik ve periyod, yapının özellikleri, topuk derinliği, şev açısı, pürüzlülük, porozite ve yakın kıyı eğimi arasında tek bir ilişki vardır.

$$R_u = f(H_i, T, d_t, \alpha, \beta, r, P)^1 \quad (2.1)$$

Burada;

H_i : gelen dalganın yüksekliği

d_t : topuk su derinliği

P : şevin porozitesi

r : şevin pürüzlülüğü

R_u : düşey dalganın tırmanması

T : dalganın periyodu

α : şev açısı

β : yakın kıyının şev açısı

Yaklaşan dalganın enerjisi, kısmen kırılarak, kısmen yansıtılarak yok edilir ve kısmen de tırmanmada tüketilir. Dalganın yüksekliği, su derinliği ve dalganın periyodu dalganın dikliğini

¹ Dalganın tepelerinin, dalgakırana paralel yaklaştığı kabul edilmiştir.

belirleyen parametrelerdir. Bu diklik, eğim, α , ile birlikte kırılan dalga karakteristiklerini belirler. Bu karakteristik, yansımadan doğan momentumun, tırmanma sırasında kaybolan momentuma oranını belirtir. Bu yüzden, sabit eğim, yakın kıyı özellikleri (d_t , α , β , r , P) ve dalga periyodu, T , için tırmanma, gelen dalga yüksekliğinin lineer bir fonksiyonu olmayacaktır. Deneysel veriler Şekil 2.3 de gösterilmiştir. Bu şekil de H_0' , sapmaya uğramamış derin deniz dalga yüksekliğine eşittir ve L_0 derin deniz dalga boyudur. Sıralanan eğimler düşey/yatay oranını ve eğimin, α , tanjantını vermektedir. Pürüzsüz şevler geçirgen değildirler. Taş dolgu dalgakıranlar için olan eğriler, tamamıyla taştan oluşturulan şevler içindir ve sadece taş kaplanmış yüzeyler için geçerli değildir.

Eğimin, α , etkisi, Şekil 2.3'de görülmektedir. Dik eğimler için, yansıma daha büyük ve tırmanma daha azdır. Diğer yandan, oldukça yatık eğimler için, tırmanma uzun mesafe boyunca sürtünme kuvveti ile geciktirilir. Böylece ulaşılan yükseklik maksimum yükseklikten daha düşük olur.

Hemen hemen elde edilebilen bütün tırmanma bilgileri ve geçirgen olmayan yapıların (örneğin seddeler), uygulamalarının çoğu deneysel çalışmaların sonucudur. Düzensiz dalgalar düşünüldüğünde, daha karmaşık bir durum söz konusu olmaktadır. Çünkü, dalga karakteristikleri devamlı olarak değiştiğinden tırmanmada rastgele bir değişken olmaktadır. D'Angremond ve Oorschot(1968), tırmanmanın istatistiksel özelliklerinin, daha çok verilen eğim için, dalga özelliklerine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Dalga spektrumunun formuna ilaveten spektrumun karakteristik dalga yüksekliği ve periyodu tırmanmanın istatistiksel tanımlaması için önemlidir. Saville (1962) ve Battjes (1974) düzenli dalgalar ile elde edilen tırmanma değerleri ile düzensiz dalgalar ile elde edilen değerler arasındaki ilişkiyi tanımlamışlardır. Bütün bu çalışmalar pürüzsüz, geçirgen olmayan yüzeyler için yapılmıştır.

Ancak, düzensiz dalgaların pürüzlü geçirgen yüzeylerdeki,örneğin taş dolgu dalgakırandaki, tırmanma etkisi hakkında bilinenler hala yetersizdir. İçerilen prensipler aynıdır fakat pürüzlülük ve geçirgenlik belirgin bir etkiye sahiptir ve diğer parametre etkilerinin belirginliğini azaltmaktadır. Bu sonuçlar Şekil 2.3 de gösterilmiştir.

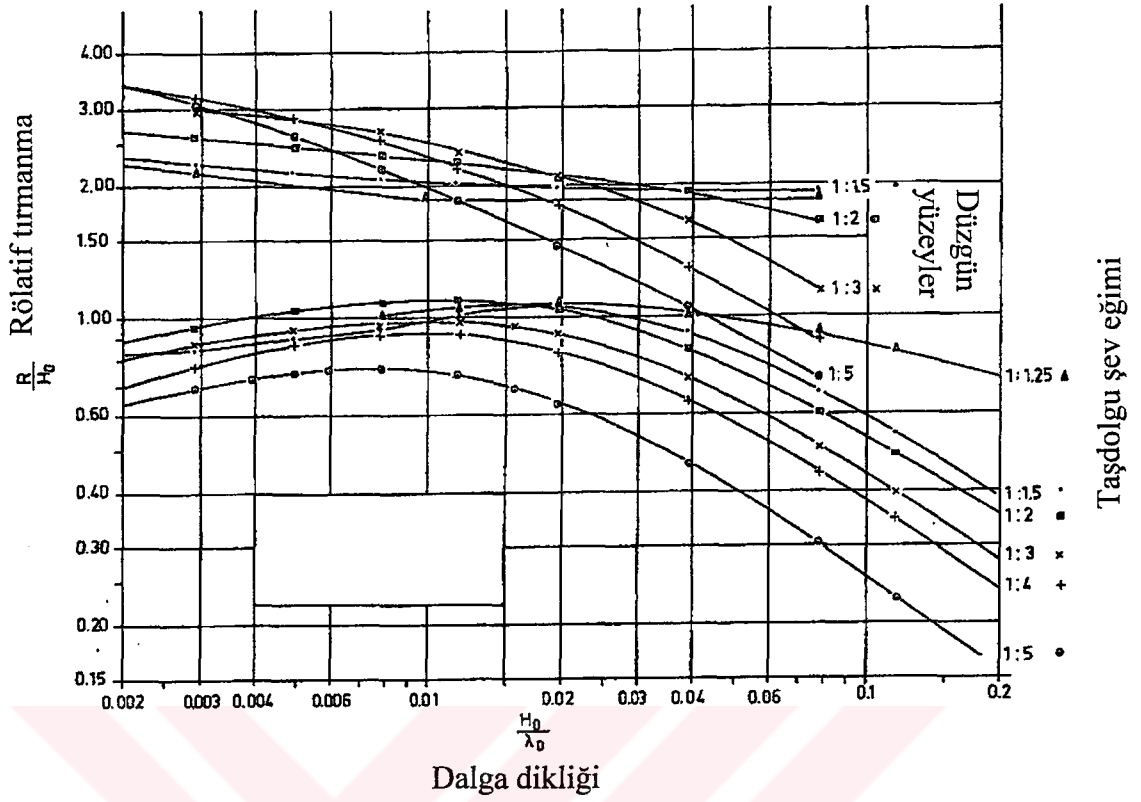
Tırmanma sedde tasarımında oldukça önemli olduğu gibi dalgakıran tasarımında da önemli bir parametredir.. Tırmanmanın bir dalgakıranın üzerindeki etkisi düşünüldüğünde üç faktör önemlidir. Bunlar; yapının stabilitesi, kret kullanımı ve dalga aşmasının limandaki etkisidir. Bunların her biri aşağıda daha detaylı incelenmiştir.

Yapının stabilitesi ve güvenliği, kret ve iç yüzeyin tırmanmaya karşı koyamadığı anlarda tehlikeye girer. Bu seddeler için genelde doğrudur. Bu koşullar altında, tırmanmanın krete ulaşmasını engellemek için yapılan tasarım uygundur, hatta beklenen dalga ve su seviyesi koşulları altında bile tabaka stabilitesini belirlemede dalga aşmasına izin verilmeyen tasarımdaki değerler kullanılır. Bu geniş sınırlama dalgakıranlar için ekonomik olmayan bir yaklaşımdır.

Kretin liman operasyonlarında bir fonksiyonu olduğu zaman, örneğin araçlar için yol yada boru hattı için kullanımı, nadir oluşan dalga aşmalarına izin verilebilir. Nadir oluşan dalga aşmaları ile yılda birkaç kez oluşan dalga aşmaları kastedilmiştir. Bu yaklaşım ilk kriterde belirtilene göre daha düşük kret seviyeleri ile sonuçlanacağı açıktır. Bu şekildeki tasarım ile, ekstrem dalga koşulları altındaki aşma miktarının etkisi tasarım yüksekliğinde yeterli şekilde göz önüne alınmalıdır. Örneğin, otoyol yada boru hattında oluşabilecek hasar değerlendirilmelidir.

Dalga tırmanması ile yada dalganın püskürtmesi ile oluşan dalga aşmasının etkisine karar vermek zordur. Dalga tırmanması ile oluşan dalga aşması ele alınacaktır. Dalga püskürtmesi ile oluşan dalga aşması, kret yüksekliğinden çok rüzgara ve dalgakıran yüzey özelliklerine bağlıdır.

Taş dolgu yapılar üzerinde dalga tırmanması, sedde yada deniz duvarları üzerindeki daha az kritiktir. Bu koşullara karşı Şekil 2.3'de sunulan veriler sıkça kullanılmaktadır. Bu şekil düzensiz dalgalar için kullanıldığı zaman, genellikle belirgin dalga yüksekliği, birey dalga yüksekliği olarak kullanılır. İlk dizaynda böyle bir yaklaşım doğru sonuçlar verir ve genellikle güvenli olmaktadır. Bununla birlikte, projenin çok küçük boyutlarda olması yada dalgakıran kret seviyesi diğer bağımsız sebeplerden dolayı yüksek olduğu durumlarda, dalga tırmanması ve dalga aşması etkilerini araştırmada model deneylerinin doğruluğu kesin olmayabilir. Uzun dalga boyu ile karşılaşıldığında dikkatli olunmalıdır. Bir çok model deneyi beklenmedik büyük dalga aşmalarının oluşabildiğini göstermektedir.



Şekil 2.3 $d/H_0 > 3$ için tırmanma yüksekliğinin dalga dikliği ile değişimi (Massie,1986)

2.3 Dalga Aşması

Eğer kret yüksekliği, maksimum tırmanmaya karşılık gelen yükseklikten daha düşük ise, o zaman tırmanan su kret üzerinden aşacaktır. Üstten aşma miktarı genellikle birim zaman ve kret uzunluğundan geçen hacim ile verilmektedir. Dalga aşmasının bu miktarı bazen deniz duvarları için hasar kriteri gibi kullanılır. Aynı zamanda yapıyı aşan suyu uzaklaştırmak için bir drenaj sistemi boyutlandırılmalıdır. Yapıda veya yapının arkasında önemli liman operasyonları yapılmadıkça, dalga aşması deniz duvarlarına göre dalgakıranlarda daha önemsizdir.

Prensipte, izin verilen dalga tırmanması kararını sağlayan faktörler, aynı zamanda dalga aşması kararı içinde kullanılır. Bununla birlikte, yerinde gözlemler gerekli olabilmektedir. Dalgakıran stabilitesini tehlikeye sokan dalga aşması aslında su miktarı ile ilişkili değildir. Model testleri, dalga koşulları ve kret yüksekliği ile yapının hasarı yada gerekli koruyucu birim ağırlığı ilişkisini doğrudan ortaya çıkarmaktadır. Dalga aşması miktarı, dalgakıran kretini liman operasyonlarında kullanmak için yapılan tasarımda bir kriter olabilir.

Aşan dalga miktarı büyük olduğu zaman, su limanı kullanarak denize dönmelidir, bu durum dalgakıranın arkasında akıntılara sebep olacaktır. Daha açık olarak, dalga aşma miktarı farkedilebilecek seviyede olacaktır ve dalgakıran kreti nispeten alçaktır. Kret seviyesi daha da düşük olduğu durumlarda, dalga aşması liman baseninde dahi dalgalar yaratmaktadır.

2.4 Dalga Enerjisinin İletimi

Dalgakıran kreti büyük hacimde suyun dalgakıranın diğer tarafına geçmesine sebep olacak şekilde, dalga yüksekliğine kıyasla düşük olursa dalgakıran arkasında kayda değer dalgalar oluşturabilir. Dalgakıran kafasıyla ilgili oluşabilecek durumlar şu şekildedir.

$$\frac{z_c}{H_i} > \frac{3}{4} \text{ için küçük dalgalar} \quad (2.2)$$

$$\frac{z_c}{H_i} = 0 \text{ için: } \frac{H_t}{H_i} \approx \frac{1}{2} \quad (2.3)$$

$$\frac{z_c}{H_i} < \frac{1}{2} \text{ için: } \frac{H_t}{H_i} > \frac{3}{4} \quad (2.4)$$

H_i : Gelen dalga yüksekliği,

H_t : Yapının arkasında oluşan dalga yüksekliği,

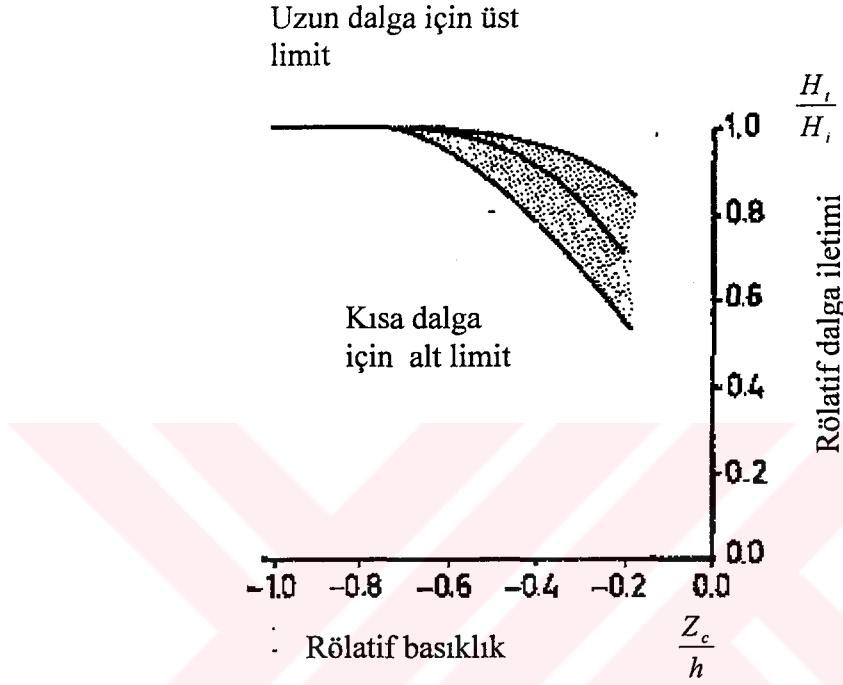
z_c : Sakin su seviyesine göre dalgakıran kretinin yüksekliğidir.

Bu ifadeler belirgin dalga yüksekliği dikkate alındığında düzensiz dalga koşulları için kullanılabilir.

Dalgakıran kafasına dair kurallar oldukça tahminidir. Kural olarak, dalga tırmanma olayını kontrol eden faktörler kadar dalgakıran kretinin genişliği de dalga iletimini etkilemektedir. Uygulamada, en önemli parametreler H_0^3 , T ve h tarafından belirlenen gelen dalga özellikleri ile kret yüksekliğidir, z_c . Şev pürüzlülüğü ve açısı sadece küçük eğimli şevlerde ve kret genişliği 10 m ve daha fazla olan dalgakıran kretleri için önemlidir. z_c değeri negatif olan batmış bir yapı için en önemli parametre $\frac{z_c}{h}$ dir. Şekil 2.4'den bazı deneysel sonuçları görülmektedir. Yine bu şekil de dalga dikliğinin etkileri de gösterilmiştir. Uzun dalgalar daha büyük dalga geçişine neden olmaktadır. Şekil 2.4 ile (2.3) ve (2.4) bağıntıları arasında bir uyum yoktur. Bu şekil ekstrapole edilmemelidir. Dik ve kısa dalga durumunda yada kret sakın

su seviyesine yakınken, dalga iletiminin daha çok bağılı olduğu parametre $\frac{z_c}{H_i}$ dir. Böylece,

Şekil 2.4 sifıra yaklaşan $\frac{z_c}{h}$ değerine daha az bağılı olmaktadır.



Şekil 2.4 Batık dalgakıranlar için dalga iletimi (Massie, 1986)

2.5 Koruma Tabakası

Taş dolgu dalgakıranların yapımında kullanılan malzemeler belli özelliklere sahip olmalıdırlar. Önemli özelliklerden biri de durabilitedir; dalgakıranın uzun ömürlü olabilmesi için kendisini kuşatan etken ve süreçlere karşı dirençli olmalıdır.

Çevresel etki ve süreçler değişik nedenlerden kaynaklı olabilirler. Dalgalar(özellikle kırılan dalgalar) dalgakıran tabakaları üzerinde yüksek dinamik kuvvetlere neden olabilirler. Özellikle en dıştaki koruma tabakası bu kuvvetlere karşı dirençli olmalıdır. Dinamik kuvvetler düşeye yakın yüzeyler üzerinde daha şiddetli etkiler yaratırlar. Bu nedenle düzensiz şekilli koruyucu kesimlerin kullanımı en yaygın olanıdır. Deniz suyu ve kirli liman suları dalgakıran malzemesi üzerinde kimyasal olarak olumsuz etkilere neden olabilirler. Bu yüzden, malzemenin düzensiz şekli, çevre şartlarında çözünüp aşınmasına engel olabilirler. Güneş

ışınları uzun vadede malzeme özelliklerini etkileyebilir örneğin filtre tabakası için naylon kullanılması durumunda.

Çevresel etkilere karşı dirence ek olarak, malzemeler uygun yüksek bir yoğunluğa sahip olmalıdırlar. Her bir koruyucu birimin gerekli ağırlığı büyük oranda onun yoğunluğuna bağlıdır. Tabakaların sudan daha yoğun olmaları gerekmektedir, fakat sürtünme kuvvetinden doğan yer değiştirmeye karşı direnç su altındaki yoğunlukları ile ilişkilidir.

İlaveten, dalgakıran malzemesinin ekonomik olması gerekir. Bu durum özellikle büyük hacimde malzemenin kullanıldığı taş dolgu dalgakıranlar için doğrudur. Ekonomiden kasıt daima en ucuz malzemenin kullanılması değildir. Örneğin özel beton koruma birimleri daha pahalı olsa da diğer malzemeler üzerinde koruyucu etki sağladığından uzun dönemli olarak daha ucuz bir yöntemdir.

Uygun şekilde yapılmış her bir dalgakıran tabakası içerdiği dalgakıran tabakalarına göre kademeli olarak daha büyük malzeme içermelidir. Bundan anlaşılan tabakayı oluşturan taneler arasındaki boşluk komşu tabakadaki tane boyutuna kıyasla çok fazla olmamalıdır. Yukarıda anlatılan özelliklere ek olarak olması ille de gerekli olmayan ancak malzemenin daha ekonomik olmasını sağlayan özellikler de vardır.

Daha gözenekli malzemeye sahip tabakalar(yüksek boşluk oranına sahip) dalga etkisini daha güçlü bir şekilde söndürür. Ayrıca toplam ağırlıktaki bu düşüş dalganın diğer tabakalar üzerindeki etkisini azaltır. Diğer yandan bu gözenekli yapı özelliği yukarıda anlatılan koruyucu tabakaların içerdiği malzemeler açısından sorun yaratabilir.

Az ya da çok boşluklu koruyucu birimler bir dalganın yükünü boşlukları içinde söndürdüklerinden dalga kuvvetlerine karşı daha dirençli olabilirler. Fakat bu boşluklu yapıda meydana gelecek stabilite bozuklukları çok ciddi hasara yol açabilir.

2.5.1 Koruyucu Birimler İçin Karakteristik Katsayılar

Genelde taş dolgu dalgakıran malzemesinin özelde ise koruyucu tabaka malzemesinin özellikleri ayrıntılı bir şekilde tanımlandığına göre, artık hesaplamalar için kullanacağımız bu özellikleri sayısal değerler cinsinden tanımlamamız gerekmektedir. Ancak ikisi stabilite için önemli olan bu parametrelerin sadece dört tane olmaları işimizi kolaylaştırmaktadır. Her birinden aşağıda bahsedilmiştir.

Hesaplamalarda en sık kullanılan koruyucu tabaka terimi yoğunluktur, ρ_s . Yoğunluk sadece kullanılan malzemenin cinsine bağlı olduğundan burada genelde kullanılan bazı malzemeler için değerler verilecektir.

Granitin çoğunlukla yoğunluğu 2700 kg/m^3 olan, yoğunluğu 2650 kg/m^3 ile 3000 kg/m^3 arasında değişen ve koruyucu tabaka için çok sık kullanılan bir taştır. Bazalt ta çok sık kullanılan bir taş olup yoğunluğu 2900 kg/m^3 tür. Kireç taşının $2300\text{-}2750 \text{ kg/m}^3$ arasında değişen düşük yoğunluğu ve çevresel etkilere karşı gösterdiği düşük direnç bir handikaptır. Koruyucu tabaka yapımında kullanılan betonun yoğunluğu 2300 ile 3000 kg/m^3 arasındadır. Daha yüksek yoğunluklu beton yaratmak için kullanılan özel agregalar kullanmak çok pahalı olup ekonomik değildirler. Kullanılan betonun 28 günlük dayanımı 30 N/mm^2 olmalı ve koruyucu tabakanın çok gevrek olmayan betondan oluşturulmasına dikkat edilmelidir. Koruyucu tabakanın önemli özellikleri (şekli, kenetlenme derecesi, pürüzlülüğü, dalgakıran üzerindeki yeri.) stabilite katsayısı, K_D , diye bir terimle ifade edilir. Bu ampirik olarak belirlenen katsayı ve yoğunluk dikkate alınan dalgakıran şevinin geometrisi ve dalga koşullarında gerekli blok ağırlığını tayin etmektedir.

Birinci dereceden önemli diğer parametreler de boyutlandırma ve maliyettir. Birinci parametre tabaka katsayısı, K_Δ , diye bilinir ve hangi tabakaların hangi oranda oluşturulacağını belirtir. Bu eşdeğer bir küpün kenar uzunluğu cinsinden koruyucu tabaka için belli bir boyutunun uzunluk oranını gösterir ve tabaka kalınlığını belirtmede kullanılır.

Son olarak, koruyucu tabaka içindeki boşluk oranını gösteren ve boşluk hacminin tüm hacme oranı şeklinde ifade edilen porozite , P , gelir. Bu oran göz önüne alınan herhangi bir proje için ihtiyaç duyulan koruyucu birimlerin sayısını belirlemede kullanılır.

Aksi belirtilmedikçe, stabilite katsayısı ana gövde üzerinde kırılmamış dalgalara maruz kalan gelişigüzel yerleştirilmiş çift koruyucu tabakalı dalgakıranlar için kullanılır. Hasar oranı dalgaların yerlerinden ettiği ve artık koruyucu tabaka birimi olarak iş göremeyen birimlerin yüzde cinsinden oranıdır. Oldukça yapay bir ölçüm tarzı olan bu yöntem kolaylığı ve optimum tasarım yöntemi açısından sağladığı fayda nedeniyle tercih edilmektedir.

2.5.2 Koruyucu Birim Tipleri

a. Akmon

Akmon tipi düz beton blok-1960 yılında Delft Hidrolik laboratuvarı tarafından geliştirilmiştir. Şekil 2.5'de bu bloğa ait bir fotoğraf gösterilmiştir. Yüksek K_D değerinden dolayı monolitik kret önerilmektedir. Blok yoğunluğu,kullanılan beton ile aynıdır. Müsaade edilen hasarlar için stabilite katsayıları değerleri şöyledir (Massie,1986).

Çizelge 2.1 Akmon için çeşitli hasarlara karşılık gelen K_D değerleri (Massie,1986)

Hasar (%)	0	1	2	5
K_D	4.8	11	12	17

Stabilite katsayıları, 1:1.33 şev eğimi içindir. Porozite, P, %55-60 ve tabaka katsayısı (K_A) yaklaşık olarak 1.00'dir. Yukarıda sunulan veriler sınırlı sayıda model testlerine dayanmaktadır.



Şekil 2.5 Akmon tipi koruyucu blok (Massie,1986)

b. Cob

Cob,sadece bir kübün kenarlarının dökümü yapılarak oluşturulan, içi boş beton bloktur. Bu bloklar, tek tabaka içinde düzenli olarak yerleştirilmektedir. Yerleşimde blok yan yüzeylerinin birbirine temas etmesi gerekmektedir.

İlk model test verileri, cob tipi blokların oldukça yüksek stabilite katsayılarına sahip olduğunu göstermektedir,fakat nicel bilgiler verilmemiştir. Onun yerine, özel uygulamalar

düşünüldüğünde, model testlerinin yapılması önerilmektedir. Blokların stabilitesinin garantilemek için, monolitik kret yapılması gerekmektedir.

Cob porozitesi, P, %58 civarında ve tabaka katsayısı (K_{Δ}) 1.33'tür. Bu yüksek porozite; çekirdeğin içerdiği fonksiyonların büyük bir bölümünün alt koruyucu tabakalar ile sağlanabileceğini ifade etmektedir.

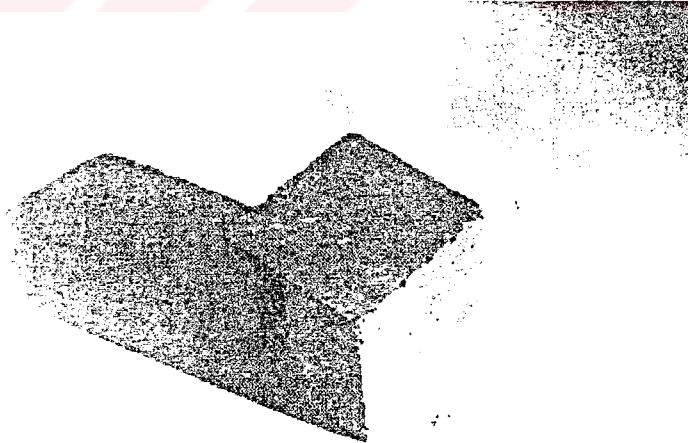
c. Küp

Taş küpler yada beton küpler dalgakıran koruyucusu olarak asırlardır kullanılmışlardır. Böylelikle, küpler doğal taşlar ile birlikte kullanılan en eski koruyucu birimlerdir. Şekil 2.6'de bir beton küp fotoğrafı gösterilmektedir. Yoğunluklarının kullanılan betonun yoğunluğuna bağlı olacağı açıktır. Beton küplerle daha hızlı ve verimli çalışılabilirken, taş küpler elde etmek daha ekonomik olabilmektedir. Stabilitate katsayısı değerleri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 2.2 Küp için çeşitli hasarlara karşılık gelen K_D değerleri (Massie,1986)

Hasar (%)	0	1	2	5
K_D	3.5	7	8	14

Düzensiz yerleştirilen küplerin porozitesi, %47 civarında ve K_{Δ} 'sı, 1.10 civarındadır.

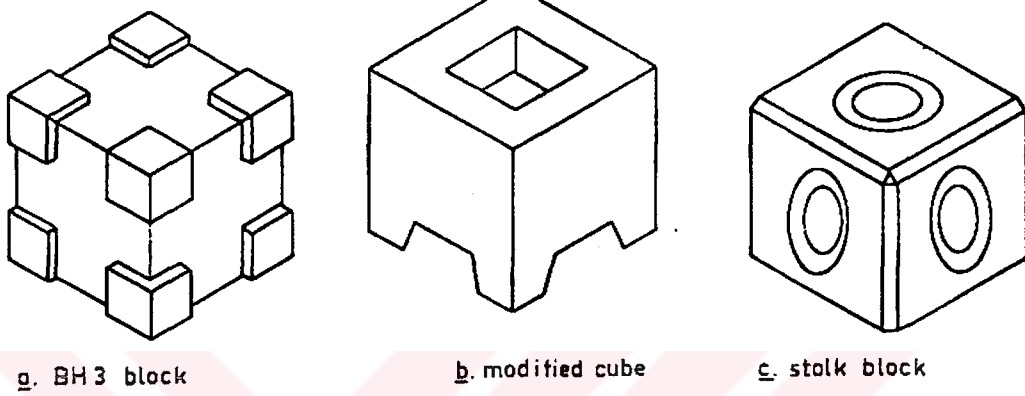


Şekil 2.6 Beton küp blok (Massie,1986)

d. Modifiye Edilmiş Küp

Küpün stabilite katsayısını arttırmak ve malzeme tasarrufu sağlamak için; küp formunu modifiye etmeye yönelik çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Şekil 2.7'te önerilen üç tip küp blok gösterilmiştir. Bunların hepsi düz betondan imal edilmiştir.

Mevcut bilgilerin azlığı ve bu blokların adlandırılması konusunda bir karışıklığın olmasından dolayı, özel tasarım bilgileri verilmemektedir.

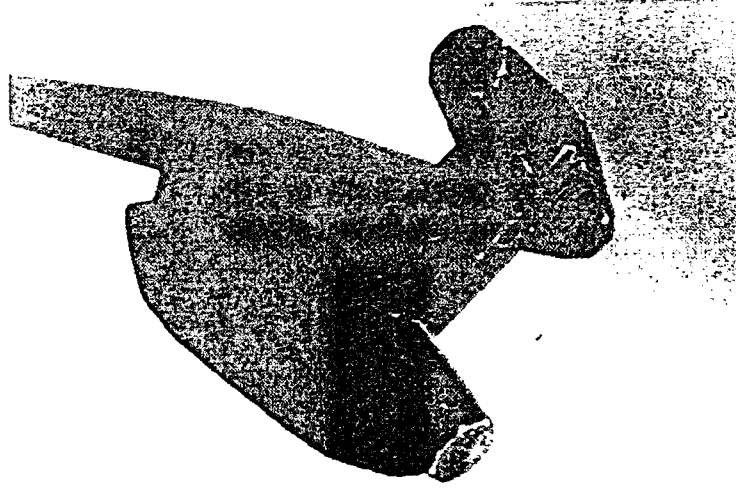


Şekil 2.7 Modifiye edilmiş küp blok tipleri (Massie,1986)

e. Dolos

Dolos çapa şeklinde, düz betondan yapılan koruyucu bir birimdir ve düzensiz yerleştirildiği zaman bile birbirine kenetlenmesi için tasarlanmıştır. Şekil 2.8 böyle bir birimi göstermektedir. Bu bloklar Güney Afrika'da geliştirilmiştir.

İyi kenetlenme kapasitesinden dolayı, dolos en yüksek stabilite katsayısına- $K_D=20-25$ -sahiptir. Bu sebepten dolayı dalgakıran şevindeki bloklar şevden aşağı doğru hareket edebilirler. Eğim 1:2'den daha yatık uygulanmadıkça şevin bütünüyle kayması olasılığı yüksektir. Dolosun porozitesi, %63 ve tabaka katsayısı (K_A), 1.00'dir.



Şekil 2.8 Dolos tipi blok (Massie,1986)

f. Pürüzlü tabii taş

Taş ocaklarından patlama ile elde edilen doğal taşlardır. Oldukça pürüzlü, açılı ve düzensiz olarak nitelendirilmektedir. Bu taşlar, kabul edilebilen hasara bağlı olarak sahip oldukları stabilite katsayıları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 2.3 Pürüzlü tabii taş için çeşitli hasarlara karşılık gelen K_D değerleri (Massie,1986).

Hasar (%)	0-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-40	40-50
K_D	4.0	4.9	6.6	8.0	10.0	12.2	15.0

Poroziteleri, P, %37 civarında ve tabaka katsayıları (K_A), 1-1,5 arasındadır.

g. Düzgün tabii taş

Bu taşlarda ocaklardan patlamalarla elde edilmektedirler, fakat daha düzenli şekilde ve pürüzsüzdür. Pürüzsüzlüklerinin, koruyucu elementler arasındaki efektif sürtünmeyi azaltmasından dolayı, diğer taşlara göre daha düşük stabilite katsayılarına sahiptir.

Çizelge 2.4 Düzgün tabii taş için çeşitli hasarlara karşılık gelen K_D değerleri (Massie,1986).

Hasar (%)	0-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-40	40-50
K_D	2.4	3.0	3.6	4.1	5.1	6.7	8.7

Pürüzsüz taş %38 civarında poroziteye sahiptir ve tabaka katsayısı 1.02 dir.

h. Tetrapod ve Quadripot

Hem tetrapod hem quadripot düz betondan oluşturulan koruyucu birimlerdir ve orta eksenden (central hub) dışarı doğru uzanan dört ayakta oluşur. Şekil2.9'da böyle bir blok gösterilmiştir.

Tetrapodun bütün ayaklarının açılı mesafeleri aynıdır. Quadripod'un dört ayağının üçü yatay olarak, bir ayağı düşey olarak uzanır. Tetrapod 1950 yılında Fransa'da SOGREAH tarafından geliştirilmiştir. Quadripod ise 1959 yılında U.S Corps of Engineers tarafından geliştirilmiştir. Bu birimler hemen hemen aynı tasarım özelliklerine sahip olduklarından, özellikleri beraber sıralanmıştır.



Şekil 2.9 Tetrapod tipi blok (Massie,1986)

Çizelge 2.5 Tetrapod için çeşitli hasarlara karşılık gelen K_D değerleri (Massie,1986)

Hasar (%)	0-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-40	40-50
K_D	8.3	10.8	13.4	15.9	19.2	23.4	27.8

Yüksek K_D değerlerinden dolayı, birimlerin dalgakıran şevinden kaymalarını engellemek amacıyla genellikle monolitik kret inşaatı istenir.

Tetrapod koruyucu tabakası, %50 civarında poroziteye sahiptir ve tabaka katsayısı K_A , 1.04'dir.

i.Tribar

Tribar üç dik silindirik sütunun orta eksene birleştirilmesiyle oluşan düz beton birimdir. 1958 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde geliştirilmiştir. Önceki koruyucu birimlerden farklı olarak tribar,zaman zaman tek tabaka olarak yerleştirilmektedir. Bu yerleştirmede, tribarın üç silindirinin eksenleri şeve diktir. Şekil 2.10'de böyle bir koruyucu birimi gösterilmektedir.

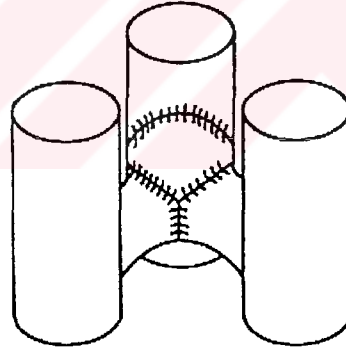
Tek tabakalı,düzenli yerleştirilmiş tribarın hasar katsayısı 14 civarındadır. Düzensiz olarak ve çift tabakalı yerleştirildiğinde aşağıdaki değerler bulunmuştur.

Çizelge 2.6 Tribar için çeşitli hasarlara karşılık gelen K_D değerleri (Massie,1986)

Hasar (%)	0-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-40	40-50
K_D	10.4	14.2	19.2	26.2	35.2	41.8	45.9

Özellikle tek tabakalı düzenli yerleşim uygulandığında koruyucu birimlerin dalgakıran şevinde kaymasını engellemek için monolitik kret yapımı önerilmektedir.

Tribarın, tek tabakalı düzenli yerleşiminin porozitesi %47 ve tabaka katsayısı 1.13'tür. yüksek porozite, daha alt tabaka içeriklerinde oldukça etkili olan ikinci tabaka için önemlidir



Şekil 2.10 Tribar tipi blok (Massie,1986)

2.5.3 Koruyucu Tabaka Seçimi

Mevcut koruyucu tabaka tipleri hakkında şöyle bir sonuca varılabilir, her durum için kullanılabilen hiçbir koruyucu birim yoktur.

Tabii taş genellikle ton başına en ucuz olan koruyucu birimdir, fakat beton birimler kullanılması durumuna göre daha fazla koruyucu tabaka hacmine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun nedeni daha düşük K_D değerleri aynı stabiliteyi sağlamak için daha yatık şevler

gerektirir. Buna karşılık doğal taş kullanıldığı zaman bir beton tesisine ihtiyaç duyulmamaktadır.

Eğer, yapay koruyucu birimler seçilirse o zaman nispeten yüksek K_D değerlerine sahip tetrapod yada dolos gibi birimler kullanmak en ekonomik olanıdır. Çünkü dalgakıran kesitinde kullanılan birimler daha küçük ve/veya hafif olmaktadır. Monolitik kret yapısı daha alçak krete olanak sağlayarak toplam malzeme miktarından tasarruf sağlamaktadır.

2.5.4 Stabilyiteyi Arttırma Yöntemleri

Yüksek stabilyite katsayılarına sahip koruyucu tabakalar daha ekonomiktir. Koruyucu tabakaların K_D değerlerini arttırmanın yöntemleri aşağıdaki gibi verilmiştir.

Dalgakıran boyutlarının arttırılmasında kullanılan bir teknik, koruyucu tabakalara asfalt eklemektir. Bu uygulama sonucu, yapıştırıcı etkisi ile tek bir birim gibi davranması sağlanan koruyucu tabaka tek bir taşa göre dalga etkilerine karşı daha dayanıklıdır. Ancak asfalt aynı zamanda su geçirmez bir kaplama oluşturmaktadır. Bu durumda koruyucu tabaka hidrostatik kaldırma kuvveti etkilerine direnir. Bununla birlikte poroziteyi düşürmek dalga tırmanmasını arttırmaktadır. Bu son iki problem bir tasarım için tehlikelidirler.

Önerilen bir başka alternatif, daha az miktarda asfalt yerleştirilmesi ve koruyucu tabakadaki tekil koruyucu birimleri daha büyük birimler halinde bağlamak fakat birbirine çok yakın bir tabaka haline sokmamaktır. Bu önerilenler ile, uygun porozitenin hidrostatik kaldırma basıncını önlemesi ve dalga enerjisini absorbe etmesinin istendiği ifade edilmektedir.

Kısmen, bir modelde asfaltın elosto-plastik özelliklerinin ölçülmesinin zorluğundan dolayı, bu kavramların gelişimi sınırlı kalmıştır.

2.6 Koruma Tabakası Tasarımı

Dalgakıran üzerine gelen dalgaların yarattığı tesirler çok karışık olup yapıya gelen kuvvetlerin ve dağılımlarının tam olarak bulunabilmesi çok zordur. Günümüzde kullanılan teorik ve ampirik dalgakıran formülleri bir takım ön kabullerle çıkarılmış olup formüller kullanılırken bu kabullerin ışığı altında değerlendirilmelidir (Ergin ve diğ, 1971).

Taşdolgu dalgakıran değişik büyüklükte ve şekilde taşların heterojen olarak birleşmesinden meydana gelmiş bir yapıdır.

Bu çalışmada en fazla kullanma olanağı bulunan IRIBARREN ve HUDSON formülleri verilmektedir.

2.6.1 Irıbarren Formülü, 1938

Irıbarren formülünün çıkarılışında dalgakıran eğimli yüzeyinden bir taşın oynatılabilmesi için gerekli dalga dinamik kuvvetinin (F_{dy})

- Dalgakıran önündeki dalga yüksekliğine (H)
- kuvvetin geldiği taş alanına (A)
- suyun özgül ağırlığına (γ_w)

bağlı olduğu kabulü yapılmıştır. Bu yüzden F_{dy} kuvveti için

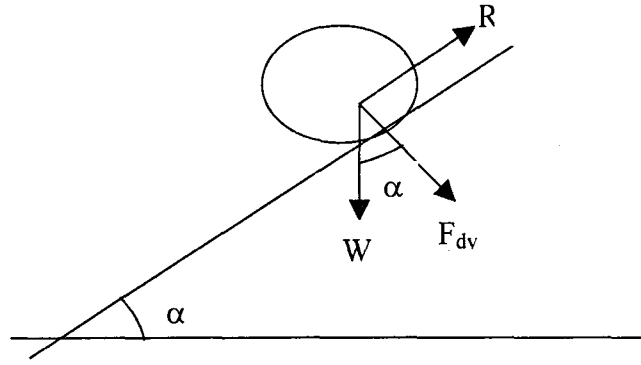
$$F_{dy} = \alpha \gamma_w A H \quad (2.5)$$

bağıntısı yazılabilir veya k orantı sabiti ile

$$F_{dy} = k_1 \gamma_w A H \quad (2.6)$$

elde edilir. Kuvvet diyagramı Şekil 2.11'de verilmiştir.

(F_{dy}) dinamik kuvveti dalgakıran eğimine dik olarak tesir etmektedir. Bu kabul dalgaların yapı üzerinde kırıldığını ve eğim üzerine dik gelen su jetinin ters istikamette bir kuvvet meydana getirdiğini ön görmektedir.



Şekil 2.11 Kuvvet diyagramı

Taş ağırlığı (W) ile ifade edilir. Denge şartında, taşın sudaki ağırlığının (W') eğim yönünde bileşenine karşı koyan kuvvet, R , ile sağlanması gerekmektedir. Dolayısı ile,

$$R=W'\sin\alpha \quad (2.7)$$

olur. α , dalgakıran yüzeyinin yatayla yaptığı açıdır.

Şev karşı koyan kuvvet, R , aynı zamanda

$$R=\mu F_N \quad (2.8)$$

İfadesi ile verilir. Burada F_N , şeve dik gelen bileşke kuvvet ve μ sürtünme katsayısıdır.

$$F_N=W'\cos\alpha-F_{dy} \quad (2.9)$$

olarak verilmiştir. Buradan

$$R=\mu(W'\cos\alpha-F_{dy}) \quad (2.10)$$

bulunur.

Denklem (2.17) ve denklem (2.14) den

$$\mu(W'\cos\alpha-F_{dy})=W'\sin\alpha \quad (2.11)$$

ve buradan

$$W'(\mu\cos\alpha-\sin\alpha)=\mu F_{dy} \quad (2.12)$$

ifadesi elde edilir.

Suyun taş üzerindeki kaldırma kuvveti (B)

$$B = \frac{W}{\gamma_r} \gamma_w \quad (2.13)$$

olup (γ_r) taşın özgül ağırlığıdır. (W') için aşağıdaki ifadeler sıra ile yazılır.

$$W' = W - B \quad (2.14)$$

$$W' = W - \frac{W}{\gamma_r} \gamma_w \quad (2.15)$$

$$W' = W \left(1 - \frac{\gamma_w}{\gamma_r} \right) \quad (2.16)$$

Denklem (2.13), (2.19) ve (2.23) den

$$W \left(1 - \frac{\gamma_w}{\gamma_r} \right) (\mu \cos \alpha - \sin \alpha) = \mu k_1 \gamma_w A H \quad (2.17)$$

elde edilir. Kuvvetin tesir ettiği taş alanı A,

$$A = \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{2/3} \quad (2.18)$$

kabulü ile verilir.

Denklem (2.24) ve denklem (2.25) den

$$W^{1/3} = \frac{\mu k_1 \gamma_w H}{\gamma_r^{2/3} \left(1 - \frac{\gamma_w}{\gamma_r} \right) (\mu \cos \alpha - \sin \alpha)} \quad (2.19)$$

elde edilir.

Denklemin her iki tarafının küpü alınıp γ_r ile çarpılarak yeniden yazılırsa

$$W = \frac{\mu^3 k_1^3 \gamma_r H^3}{\left(\frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1 \right)^3 (\mu \cos \alpha - \sin \alpha)^3} \quad (2.20)$$

elde edilir. $\mu=1$ ve $\gamma_w=1.0 \text{ ton/m}^3$ olduğu kabulü ile ve $K=k_1^3$ olarak alınarak

$$W = \frac{K\gamma_r H^3}{(\gamma_r - 1)^3 (\cos \alpha - \sin \alpha)^3} \quad (2.21)$$

İrribarren Cavanilles tarafından 1938'de yayınlanan IRIBARREN formülü çıkarılmış olur.

K katsayısı boyutsuz olmadığı için değişkenlerin değerine bağlı olarak Denklem (2.21) doğru netice vermeyebilir.

1953 yılında Hudson $\mu=1$ ve $\gamma_w=1.0$ ton/m³ kabullerini gözönüne almayarak denklem (2.20)'ye göre yeni "İrribarren Formülünü" vermiştir.

$$W = \frac{\mu^3 K' \gamma_r \gamma_w^3 H^3}{(\gamma_r - \gamma_w)^3 (\mu \cos \alpha - \sin \alpha)^3} \quad (2.22)$$

burada ki $K'=k_1^3$ boyutsuz katsayısının laboratuvar deneyleri ile bulunması gerekmektedir. 1965 yılında İrribarren kendi formülünü gözden geçirilmiş olarak tekrar yayınlamıştır.

$$W = \frac{K\gamma_r H^3}{(\gamma_r - 1)^3 (f \cos \alpha - \sin \alpha)^3} \quad (2.23)$$

Burada f yeni bir sürtünme katsayısıdır.

Çizelge 2.7 Yapı elemanlarına göre f ve K katsayıları (Ergin ve diğ, 1971)

Tabii kaya	f=2.28	K=0.430
Beton blok	f=2.84	K=0.430
İletrapod	f=3.47	K=0.656

olarak verilmiştir.

2.6.2 Hudson Formülü

R.Y.Hudson, çalışmalarına İrribarren formülü ile başlamış ve 1953 yılında Denklem (2.22)'u vermiştir. Daha sonra çalışmalar yapı stabilitesinin koruyucu taşların şekillerine bağlı olarak tayini yönünde gelişmiştir. K' ve μ 'nün değerleri değişik taş şekilleri için deneylerle ölçülmüştür. Ölçmeler göstermiştir ki koruyucu üst tabakada içsel sürtünme açısı, (ϕ), olarak ölçülen sürtünme katsayısı, (μ), koruyucu tabakanın taşlarının şekillerine bağlı olarak değişmektedir. (W) ise (K')'ne doğrudan doğruya bağlı olduğuna göre (μ) nün değişmesi (K') nü etkilediği gibi (W)'de etkileyecektir. Bu neticeler İrribarren formülünün yerine yeni bir stabilite denkleminin yazılması için çalışmalara yol açmıştır. Dalgakıran üzerindeki dalga

hareket ve tesirleri çok karışıktır. Dalgalar yapının üzerinde tam kırılabileceği gibi kısmen kırılarak yansiyabilirler.

Yapılan çalışmalarda dalgakıran üzerine gelen kısa periyodlu rüzgar dalgalarının yarattığı harekete dalga dikliği (H/L), bağıntılı su derinliği (d/L), bağıntılı dalga yüksekliği (H/d), su derinliği (d), taban eğimi (m), dalgakıran eğimi (α), dalgaların geliş açısı (B_0), taş şekli faktörü (s_a), koruyucu tabakasının alt tabaka kalınlıkları (t) ve yapının porozitesine (P) bağlı olduğu görülmüştür. Devam eden çalışmalar koruyucu tabaka stabilitesinin; taşın sudaki ağırlığı (W'), taşın sakin su seviyesinden olan mesafesine (z), dalgakıran eğimi (α), dalgakıran yüksekliği (h) ve genişliği (b), taş şekli faktörü (s_a), porozite (P), koruyucu tabaka kalınlığı (t), taşların yerleştirme metodlarına bağlı olduğu ortaya konulmuştur.

Koruyucu taşları etkileyen dinamik kuvvetler sürükleyici kuvvet (F_d) ve atalet kuvveti (F_m) den meydana gelmiştir. Bu kuvvetler

$$F_d = \frac{1}{2} C_d k_a \rho^2 \frac{\gamma_w}{g} u^2 \quad (2.24)$$

$$F_m = C_m k_v \rho^3 \frac{\gamma_w}{g} \frac{du}{dt} \quad (2.25)$$

denklemleri ile verilmiştir.

C_d : direnç katsayısı

C_m : kütle katsayısı

D_n : bir taşın karakteristik boyutu

k_a : alan katsayısı

k_v : hacim katsayısı

g : yerçekimi ivmesi

u : koruyucu tabaka taşlarının üzerindeki su hızı

$\frac{du}{dt}$: su hareketinin ivmesi

Kuvvet denklemleri, C_d k_a ve C_m k_v katsayılarının değerlendirilmesi güç olduğu için deney sonuçlarına bağlı olarak birleştirilmiş ve

$$F_q = C_q \frac{\gamma_w}{g} u^2 \quad (2.26)$$

denklemleri yazılmıştır.

Burada:

F_q : direnç ve atalet kuvvetlerinin toplamı

C_q : toplam direnç katsayısı

($\frac{D_n}{u^2}, \frac{du}{dt}$, $C_d k_a$ ve $C_m k_v$ faktörlerine bağlı olarak)

(F_q) ifadesi dalgaların dalgakıran üzerinde kırılmaları halinde kırılan dalganın meydana getirdiği su jetinin hızı (u_b) kırılma anında dalga surlundaki partikülün hızına eşit verilir. u_b ve dalga kırılma derinliği d_b arasında ki bağıntı

$$u_b^2 = g d_b \quad (2.27)$$

dalganın kırılma alanındaki yüksekliği H_b ile d_b arasında bağıntı

$$H_b = k_b d_b \quad (2.28)$$

ve k_b katsayısı

$$k_b = f(H/L) \quad (2.29)$$

ifadeleri ile verilir. Denklem (2.28)'den

$$d_b = \frac{H_b}{k_b} \quad (2.30)$$

elde edilir. Denklem (2.30) ve Denklem (2.27)'den

$$u_b^2 = \frac{g}{k_b} H_b \quad (2.31)$$

Denklem (2.26) ve Denklem (2.31) den kırılan dalganın yarattığı kuvvet

$$F_q = C_q \rho^2 \frac{\gamma_w}{k_b} H_b \quad (2.32)$$

Koruyucu tabaka taşları tek tek suya atıldığı zaman esas bunları yerinden oynatacak kuvvetlere karşı sudaki ağırlığı (W') ve sürtünme kuvveti ile karşı koyar. (W') ifadesinin yanında sürtünme kuvveti ihmal edilebilir. W' ifadesi ise:

$$W' = k_v \rho^3 (\gamma_r - \gamma_w) \quad (2.33)$$

olarak verilir.

Denge şartı için;

$$W' = F_q \quad (2.34)$$

olmalıdır.

Değerler yerine konularak

$$k_v \rho^3 (\gamma_r - \gamma_w) = C_q l^2 \frac{\gamma_w}{k_b} H_b \quad (2.35)$$

ve

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_w} \quad (2.36)$$

tarifi ile Denklem (2.35)

$$k_v \rho (S_r - 1) = \frac{C_q H_b}{k_b} \quad (2.37)$$

ifadesini alır. Denklem 2.37

$$\frac{H_b}{\rho (S_r - 1)} = \frac{k_b k_v}{C_q} \quad (2.38)$$

olarak yazılabilir.

$$W = k_v \rho^3 \gamma_r \quad (2.39)$$

denkleminde taşın karakteristik boyutu

$$\rho = \left(\frac{W}{k_v \gamma_r} \right)^{1/3} \quad (2.40)$$

bulunur. Denklem (2.40) ve Denklem (2.38) den

$$\frac{\gamma_r^{1/3} H_b}{(S_r - 1) W^{1/3}} = \frac{k_b (k_v)^{2/3}}{C_q} \quad (2.41)$$

bulunur. Burada

$$\frac{k_b (k_v)^{2/3}}{C_q} = f(C_d, k_a, C_m, k_v, \frac{\rho}{u^2}, \frac{du}{dt}, \frac{d}{L}, \frac{H}{L}) \quad (2.42)$$

bağıntısı vardır.

Hudson Ref. (1) tebliğinde denilmektedir ki :”Dalgakıran üzerinde kırılmayan veya kısmen kırılan dalgaların kuvvetleri ile aynı istikamette olmadığı gibi yarattıkları su hareketleri de benzer değildir. Buna rağmen kırılmayan ve kırılan dalgaların taşların stabilitesi üzerinde yarattıkları kuvvetlerin değerlerinin mertebeleri yaklaşık olarak aynı derecededir. Dolayısıyla Denklem (2.41) birinci dereceden bir kabul ile kırılan ve kırılmayan dalgaların kuvvet ifadesini vermektedir. Denklem en genel hali ile,

$$\frac{\gamma_r^{1/3} H_b}{(S_r - 1)W^{1/3}} = f \left[C_d, C_m, k_a, k_v, D, O, P, r, h, m, z, B_0, \frac{H}{d}, \frac{\rho}{u^2}, \frac{du}{dt}, \frac{H}{L}, \frac{d}{L} \right] \quad (2.43)$$

ve taşları yerleştirme metodları olarak verilir.

C_m, C_d, k_a, k_v katsayıları şekil faktörü s_a 'nin fonksiyonudur, aynı zamanda C_m ve C_d Reynolds sayısı R 'nin fonksiyonudur. $\frac{\rho}{u^2} \frac{du}{dt}$ ifadesi hız kazanan hareket için Iversen metodu olarak verilmiştir.

Denklem (2.43) un sağ tarafını tayin edebilmek için Hudson “U.S. Army Engineer Waterways and Experiment Station, Vickburg, Missisipi U.S.A” laboratuvarında deneyler yapılmıştır. Deneylerde $\frac{\rho}{u^2} \frac{du}{dt}$ ifadesi taşlar etrafındaki suyun hız paternlerinin çıkarılmaması yüzünden ihmal edilmiştir. $\alpha, H/L, d/L, d$ ve t ise sabit tutulmuştur.

İlk deneylerde koruyucu tabakaya muntazam yerleştirilen yuvarlak şekilli pürüzsüz taşlar ile yapılmıştır. Bu deneylerde

$$\frac{\gamma_r^{1/3} H}{(S_r - 1)W^{1/3}} = f(\alpha, H/L, d/L, S) \quad (2.44)$$

bağıntısı kullanılmıştır. (S) yüzde olarak hasar ifadesidir.

Denemelerin ikinci kısmında bir veya iki taş tabakasının üzerine koruyucu tabaka olarak yerleştirilen tetrapodlarla ve taş dolgu ile deney yapılmıştır.

$$\frac{\gamma_r^{1/3} H}{(S_r - 1)W^{1/3}} = f(\alpha, H/L, D/L_1, r) \quad (2.45)$$

Denklem (2.43), (2.44) ve (2.45) de sağ taraf (N_s) stabilite sayısı ile ifade edilebilir.

Deney neticelerinin incelenmesi d/L ve H/L değişkenlerinin koruyucu tabaka taşlarının stabilitesi üzerinde yaptığı tesirin dalgakıran eğimi (α) ve koruyucu taş şeklinin (s_a) yaptığı

tesirlere nispetle daha önemsiz olduğunu ortaya koymuştur. Deney sonuçları logaritmik kağıda hiç hasar olmama ve dalgakıran üzerinden dalga aşmaması hali için (Δ) ve ($\cot \alpha$) nın fonksiyonu olarak (N_s)'e göre noktalanmıştır. En uygun düz doğru

$$N_s = a(\cot \alpha)^{1/3} \quad (2.46)$$

ifadesini vermiştir. Bu ifade ise Denklem (2.45)'de yerine konularak

$$\frac{H\gamma_r^{1/3}}{W^{1/3}(S_r - 1)} = a(\cot \alpha)^{1/3} \quad (2.47)$$

ve denklemin her iki tarafının küpü alınarak

$$\frac{H^3\gamma_r}{W(S_r - 1)^3} = a^3(\cot \alpha) \quad (2.48)$$

elde edilir. Koruyucu tabakanın taş şekline göre değişen ve deneysel olarak bulunan katsayı (K_D);

$$K_D = a^3 \quad (2.49)$$

İfadesini alır.

Dalgakıran koruyucu taş ağırlığı seçilen proje dalgası için hesaplanır ve denklem bu proje dalgası yapıda hiç hasar olmama durumunu sağlar. Buna göre Hudson Formülü olarak bilinen taş dolgu dalgakıranlar için yazılan formül

$$W = \frac{H^3\gamma_r}{K_D(S_r - 1)^3 \cot \alpha} \quad (2.50)$$

ifadesi ile son şeklini almıştır. Burada

W : koruyucu tabaka taş ağırlığı

H : yapı önündeki proje dalgası (hiç hasar olmama durumunda) (m)

γ_r : taş özgül ağırlığı (t/m^3)

S_r : γ_r/γ_w (boyutsuz)

γ_w : suyun özgül ağırlığı

α : dalgakıran eğimi (derece)

K_D : taş özelliklerini veren katsayı (boyutsuz)

2.6.3 İribarren ve Hudson Formüllerinin Tartışması

2.6.3.1 İribarren Formülü

İribarren denklemlerinin hepsi dalgakıran taşlarını yerinden oynatan dinamik kuvvetlerin dalga yüksekliğine, kuvvetin taş üzerindeki tesir alanına ve suyun özgül ağırlığına bağlı olduğu (F_{dy} , α , A , γ_w , H) ve eğime dik geldiği kabulleri ile çıkarılmıştır.

Bu bağıntılar ise:

1. Dalgaların yapı üzerinde kırılarak eğime dik su jetleri meydana getirdiği
2. Dalganın patladığı anda, su jetinin akım yönüne ters bir kuvvet yarattığı kabullerine dayanmaktadır.

Birinci kabul bazı haller için doğru olmakla beraber, ikinci kabul tam olarak doğru değildir. Waterways Experiment Station (W.E.S U.S.A) laboratuvarında Hudson tarafından yönetilen deneyler göstermiştir ki:

1. Dalgalar yapı üzerinde kırılabilir ve eğime dik su jetleri meydana getirebilir.
2. Dalgalar yapı üzerinde yansıyarak tam yansımış dalga sistemi meydana getirebilir.
3. Dalgalar kısmen kırılarak zayıf bir su jeti hareketi meydana getirebilirler.

İribarren'nin yaptığı kabule göre bulunduğu neticeler sadece birinci durum için doğrudur. Gene aynı deneylerde $K\alpha$ sabitinin dalgakıran eğimi α , dalga dikliği H/L ve sürtünme katsayısı μ ile değiştiği gösterilmiştir.

İribarren denkleminde, $(\mu\cos\alpha - \sin\alpha)$ ifadesi sıfır olduğu zaman ($\alpha=45^\circ$ ve $\mu=1,0$) W' ifadesinin değeri sonsuz olmaktadır. Yani eğim dalga durumuna bağlı olmayarak yıkılmaktadır. Tabiatta da taşların tabii eğimine (45° civarında) erişildiği zaman taş büyüklüğüne ve dalga tesirlerine bağlı olmayarak dalgakıran stabil olmamaktadır. Dolayısıyla bu durum İribarren formülünde sağlanmıştır.

İribarren formülü azalan eğimle yapının stabilitesinin artacağını vermektedir. Bu ise Keneth Kaplan tarafından yürütülen deneylerde elde edilen sonuçlara uymamaktadır. K.Kaplan belli bir taş ağırlığı için verilen dalga şartları altında yapının optimum bir eğimi olduğunu ortaya koymuştur. Bu şartlar altında optimum eğimden daha az eğimler stabiliteyi arttırmayacaktır.

2.6.3.2 Hudson Formülü

Hudson, Iribarren’i çalışmalarında yaptığı kabulde yapı üzerinde üç tip su hareketinden yalnız kırılan dalgaları aldığı için tenkit etmiştir. Sonradan kendisi de çalışmalarında yalnız kırılan dalgaları almış diğer iki hali ihmal etmiş, bu haller ile bulunan kuvvetlerin mertebesinde kırılan dalgalar hali için aynı olduğunu kabul etmiştir.

Hudson bu bakımdan Iribarren’den bir ayrılık göstermemiştir. Yalnız deney neticelerini değerlendirmede μ değişkenini denklemlerden çıkartmıştır. Dolayısıyla dalga yüksekliği, suyun ve taşın özgül ağırlığı göz önüne alınarak taşın şekline bağlı olan ve tamamen deney neticeleri ile bulunan K_D stabilitesini ortaya koymuştur.

K_D değerlerinin tayininde, mümkün olabilecek bütün taş şekilleri ve dalga durumları göz önüne alınmıştır.

Hudson formülü aynı taş ağırlığı için eğimin artması ile stabilitenin artacağını verdiği için Keneth Kaplan deney sonuçlarına uygun değildir.

Taşların tabii eğimi aşılrsa bile formülün stabil eğim vermesi tabiata uygun değildir. Dolayısıyla Hudson formülü koruyucu tabaka taşlarının tabii eğiminden daha dik eğimler için doğru sonuçlar vermemektedir.

2.6.4 Van der Meer Formülü

Van der Meer (1987), düzensiz dalga koşullarında yapılan model testlerinin sonucunda taş kaplama dalgakıranların stabilite için aşağıdaki formülü ifade etmiştir. Bu formülde Hudson formülünde bulunmayan bir takım değişkenlerin etkisini de göz önüne almıştır. Formül ;

- i) Pürüzsüz şevlerde Iribarren sayısı $\xi < 2.5$ ve pürüzlü şevlerde $\xi < 2.0$ olan kırılan dalgalar için;

$$\frac{H_s}{\Delta D_{50}} = 6,2P^{0,18} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \xi^{-0,5} \quad (2.51)$$

- ii) Pürüzsüz şevlerde $\xi > 2.5$ ve pürüzlü şevlerde $\xi > 2.0$ olan kırılan dalgalar için;

$$\frac{H_s}{\Delta D_{50}} = 1,0P^{-0,13} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \sqrt{\cot \alpha \xi^P} \quad (2.52)$$

şeklindedir.

Burada ;

ξ : Iribarren sayısı

$$\xi = \frac{\tan \beta}{\sqrt{\left(\frac{H}{L_0}\right)}} \quad (2.53)$$

β : dalgakıran şev eğimi

Δ : rölatif kütle yoğunluğu

$$\Delta = \frac{(\rho_s - \rho)}{\rho} \quad (2.54)$$

N : dalga sayısı

P : porozite

D_{50} : nominal taş çapı

S_0 : A_d/D_{50}^2

A_d : erozyona uğramış alan

Van der Meer (1987), medyan taş kütlesi M_{50} ile boyutu D_{50} arasında aşağıdaki gibi bir ilişki kurmuştur.

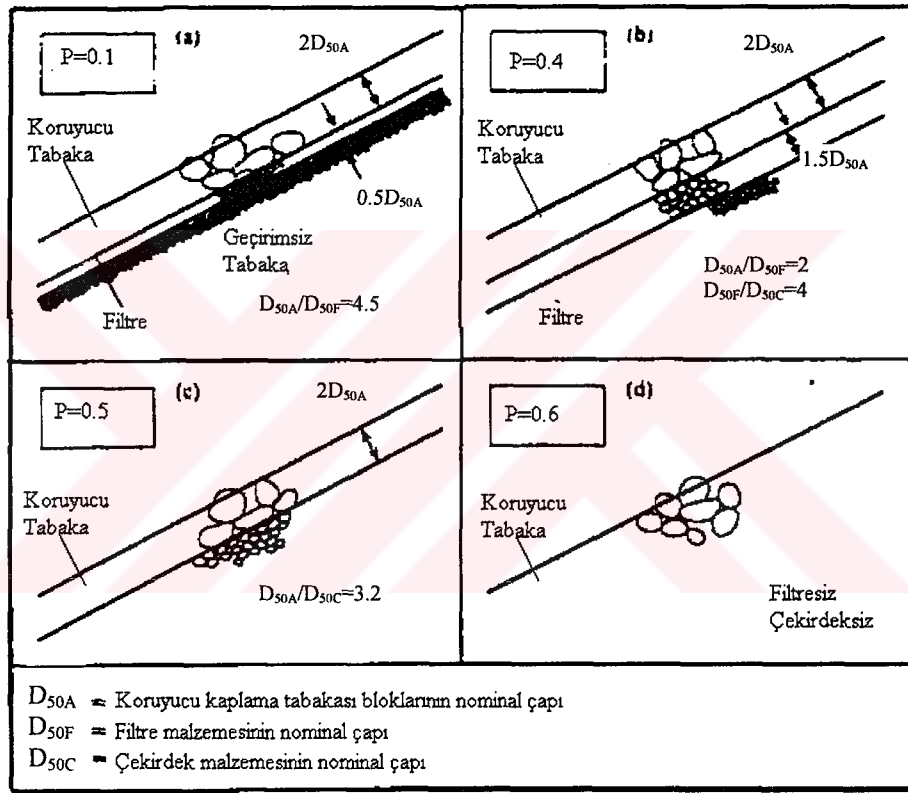
$$D_{50} = \left(\frac{M_{50}}{\rho_s}\right)^{1/3} \quad (2.55)$$

Hasar sayısı S_0 , genişliği D_{50} olan bir yapıya sığan D_{50} büyüklüğündeki taşların adedine eşittir. Önerilen tasarım hasar sayıları Çizelge 2.8'de verilmiştir.

Tipik geçirimsizlik faktörü P, farklı tipteki taş yapılar için Şekil 2.12'de sunulmuştur(Van der Meer, 1987). Denklem (2.51) ve (2.52) tabaka kalınlığı 2.0 D_{50} için yapılan model testlerinden elde edilmiştir. Van der Meer özel formdaki koruyucu birimlerin, küp ve tetrapod gibi, stabilite için de araştırmalar yapmıştır.

Çizelge 2.8 Hasar durumları için hasar sayısındaki değişim (Van der Meer, 1987)

Eğim	Hasar başlangıcı	Orta hasar	Tam hasar
1:1.5	2	-	8
1:2	2	5	8
1:3	2	8	12
1:1.4	3	8	17



Şekil 2.12 Değişik tipteki taş yapılar için permeabilite (P) faktörleri (Van der Meer, 1987)

3. TEK TABAKALI DALGAKIRANLARIN ÖZELLİKLERİ

3.1 Tek Sıra Bloklı Dalgakıranlarla İlgili Çalışmalar

Bu tip bloklarla ilgili çalışma literatürde, blokların üreticilerinin verdikleri kullanım bilgilerinin dışında yok gibidir. En detaylı çalışma ise Van der Meer (1999) tarafından verilmiştir.

Kilitlenme özelliğine sahip bloklar genellikle 1:1.5 gibi dik eğimlerde kullanılmaktadır. Bundan dolayı küp ve tetrapod için deneylerde kullanılacak olan eğim 1:1.5 olarak seçilmektedir. Accropode ise genellikle 1:1.33 eğimde yapılmaktadır ve deneylerde de aynı eğim seçilmiştir. Küp hacimli ve darbelere karşı dirençli olması sebebiyle tercih edilmektedir. Tetrapod dünya üzerinde geniş kullanım alanına sahiptir ancak düşük bir kilitlenmeye sahiptir. Accropode ise yüksek kilitlenmeye sahip olması, tek tabaka olması yüzünden seçilmektedir. Van der Meer (1999) bu bloklarla ilgili yaptığı bütün deneylerde 1:30 taban eğimi kullanmıştır ve sadece oluşturulan en yüksek dalga yüksekliklerinden bazıları derinlik koşullarından dolayı kırılmıştır (Van der Meer, 1999).

İki sıra bloklı dalgakıranlar yıllardır kullanılmıştır ve hala popüler durumdadır. Bir sıra bloğun üzerine diğer bir sıra gelecek şekilde yerleştirilirler. Bloklar şekillerine göre az yada çok kilitlenmeye sahiptirler. Böyle bir sıranın stabilitesi blokların tek tek stabilitesine bağlıdır. Hasar başladıktan sonra hasar dalga yüksekliği arttıkça artar. 20-30 tondan ağır bloklarda bu tip yerleştirmede kırılmalar oluşabilmekte, sonuç olarak da yapıda büyük hasarlar meydana gelebilmektedir. Dolos ve Tetrapod eğer yeterince büyük boyutlarda ise bu kırılma durumuna karşı oldukça hassas olabilmektedirler (Van der Meer, 1999).

Tek sıra bloklı dalgakıranlar arasında en bilineni Accropode'dir. Son yıllarda bulunan Core-Loc'da diğer bir blok tipidir. Genel olarak aynı özellikleri göstermelerine rağmen aralarında bazı farklar mevcuttur. Accropode tek sıra halinde rasgele yerleştirilir ancak çok sıkı bir yerleştirme yöntemine tabidir. Bloklar mümkün olduğunca birbirine yakın yerleştirilir. Core-Loc'da ise yerleştirme şekli o kadar kesin değildir hatta Dolos bloklı dalgakıranların tamiri için dahi önerilmektedir. Hem Accropode hem de Core-Loc her ikisi de kuvvetli bloklardır. Bir ayaklarının kırılması durumunda bile ağırlıklarının %90'ına sahiptirler ve kilitlenme özelliklerini kaybetmemektedirler (Van der Meer, 1999).

Tek sıra kullanılan blokların dalga etkileri karşısında gösterdikleri davranışlar iki sıra olarak kullanılan bloklardan farklıdır. İlk dalga etkisinden sonra biraz oturma oluşmaktadır. Bu da

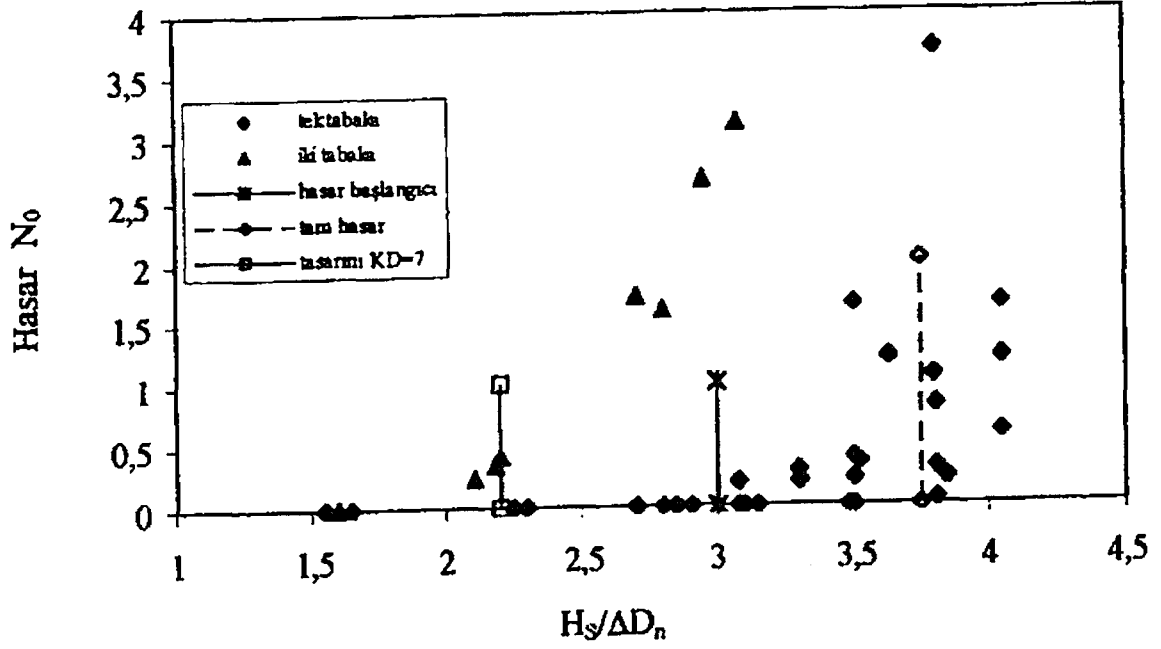
her bloğun bir diğeriyle temasına sebep olur. Blok kaybı oluşmaz ve sallanma nadiren gözlenmektedir. Tek sıra bloklu sistemler bir bütün halinde reaksiyon gösterirken iki sıralı sistemler tek tek blokların stabilitesine göre reaksiyon vermektedir (Van der Meer, 1999).

Stabilite deneylerine göre Accropode ve Core-Loc yüksek dalga yüksekliklerine kadar stabil kalabilmektedir. Bu büyük dalga yüksekliklerinde hasar başladıktan sonra oldukça ani bir şekilde yapının tamamında hasar meydana gelmektedir. Bu ani hasar oldukça tehlikeli olabilecektir. Ancak tasarım aşamasında kullanılacak uygun bir güvenlik katsayısı ile bu dezavantaj avantaja dönüştürülebilmektedir. Başlangıç hasarı için olan stabilite parametresinde 1.3 gibi bir güvenlik faktörü kullanılırsa, tasarım dalga yüksekliğinin %10 veya 20 fazlasında bile hiçbir hasar görülmemektedir. Bu da dalga büyüdükçe hasarın arttığı iki sıralı bloklarla tersi bir durum oluşturmaktadır (Van der Meer, 1999).

Tek sıra bloklu sistemlerin tercih edilmesinin temel sebebi ekonomik oluşudur. Tek sıra bir sistem betondan çok büyük tasarruf sağlamaktadır. Dikkat edilmesi gereken her iki sistemde gerekli beton hacmindeki farkın maliyette gerçek tasarrufa karşın taş koruma tabakasında daha ucuz maliyetin ortaya çıkmasıdır.

Her yeni kullanılan blokta olduğu gibi bu bloklarda da temel tartışma konusu deneyim eksikliği olmuştur. Ancak yüze yakın dalgakıranda kullanılan Accropode için bu artık geçerli bir tartışma konusu değildir. Core-Loc ile yapılan dalgakıran sayısı fazla olmamakla birlikte, davranış olarak Accropode'a benzerdir (Van der Meer, 1999).

Şekil 3.1 Van der Meer (1988b) tarafından Accropode için elde edilen deney sonuçları diğer bloklarla bir arada göstermektedir. Deneyler 1:1.33 eğiminde yapılmıştır ancak 1:1.5 eğimde de benzer davranışlar olacağı beklenmiştir. Accropode'nin stabilitesinde fırtına süresi ve periyot etki göstermemektedir ve hasar olmama durumu ile tam hasar durumu çok yakındır (Van der Meer, 1999).



Şekil 3.1 Accropode'nin stabilite grafiği (Van der Meer, 1999)

Hasar başlangıcı, $N_0=0$;

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = 3.7 \quad (3.1)$$

tam hasar durumu, $N_0>0.5$;

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = 4.1 \quad (3.2)$$

3.1 ve 3.2 denklemleri hasarın başlaması ile tam hasar durumlarının birbirine yakın olduğunu göstermektedir ve her ikisi de yüksek $H_s/\Delta D_n$ değerleridir. Diğer bir deyişle Accropode büyük dalga yüksekliklerine kadar tamamen stabil kalabilmekte ancak bu yüksek dalgalarda hasar başladıktan sonra yapıda tam hasar durumu oluşabilmektedir. Bu sonuçlar göz alınarak tasarım aşamasında kullanılmak üzere bir güvenlik katsayısı önerilmiştir, bu da $H_s/\Delta D_n$ sayısının yaklaşık 1.5 katıdır. Buna göre tasarım aşamasında kullanılacak formül aşağıdaki gibidir (Van der Meer, 1999):

Tasarım için (Van der Meer, 1999):

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = 2.5 \quad (3.3)$$

Bu da Küp ve Tetrapod için kullanılan değere yakın bir değerdir. Accropode için önerilen $K_D=12$ 'dir.

Core-Loc ise yine Accropode'a benzer bir stabilite davranışına sahiptir. Core-Loc için önerilen $K_D = 16$ değeri Accropode'ninikinden biraz yüksektir. 1:1.33 eğim için hasar parametresi Şekil 3.2'den (Van der Meer, 1999):

Tasarım için (Van der Meer, 1999):

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = 2.78 \quad (3.4)$$

(3.3) ile (3.4) denklemleri arasındaki fark az gibi görülmüşse Core-Loc'da tasarruf sağlanan %27'lik ağırlık oranı göz ardı edilemeyecek bir değerdir.

Accropode'nin temel avantajı bir çok dalgakıranda kullanılmış olması dolayısı ile hakkında geniş bilgi imkanı olmasıdır. Core-Loc ile yapılan yapı sayısı çok daha azdır. Core-Loc'un avantajlarından birisi de oluşacak hasarlar için tamir imkanının daha kolay olmasıdır (Van der Meer, 1999).

Küp iki tabakalı rasgele yerleştirilen blok tipidir. Ancak tek tabaka olarak da test edilmiştir. İlk sonuçlar tek tabaka olarak da yeterince stabil olduğudur. Üstten aşmanın %10'dan az olmasıyla sınırlanan tek tabaka küp bloklar göz önüne alınması gerektiği belirtilmiştir (Van der Meer, 1999). Sonuçlar Şekil 3.3'de gösterilmiştir. Diğer tek tabaka blokların davranışına benzer davranışa sahip olduğu belirlenmiştir. Küp blok için aşağıdaki ifadeler verilmiştir (Van der Meer, 1999).

Hasar başlangıcı için:

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = 3.00 \quad (3.5)$$

Hasar için:

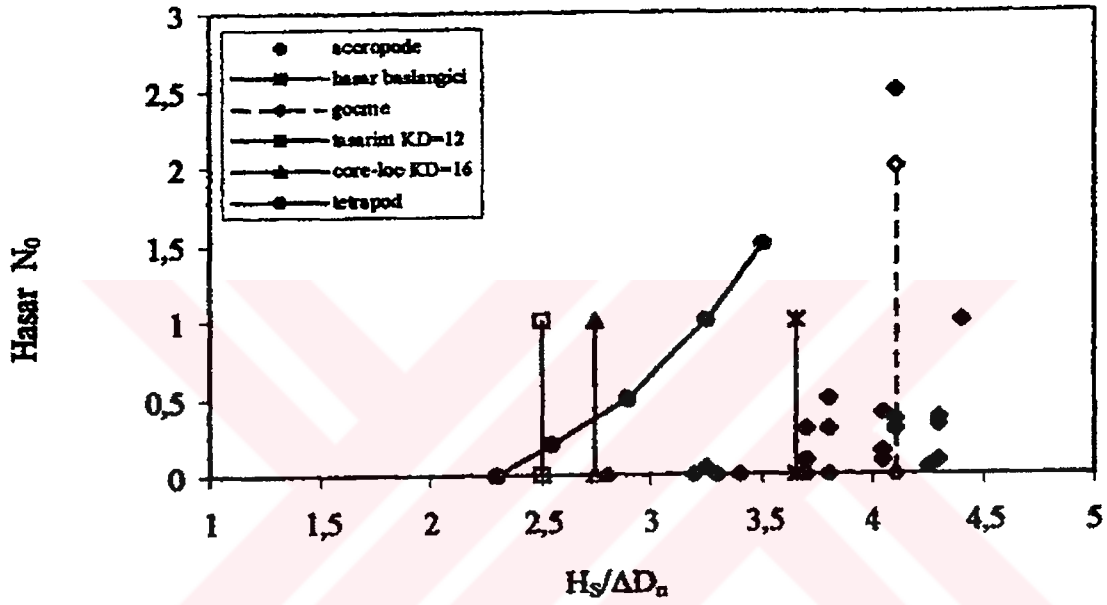
$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = 3,75 \quad (3.6)$$

Geleneksel çift tabakalı küp limit hasar için tasarlanan ($N_0=0.5$). Şekil 3.2'de bu $H_s/\Delta D_n=2.2$ 'dir, benzer olarak $K_D=7$ 'dir. Eğer tek tabaka küp bu değer için tasarlanacaksa, bunun anlamı geleneksel çift ve tek tabakalar aynı ağırlığa gereksinim duyacaktır. Tek tabaka küp için hasar başlangıcında emniyet faktörü $3.0/2.2=1.36$ 'dır. Bu Accropode için verilen 1.5 faktöründen daha düşüktür. Hasar için emniyet faktörü $3.75/2.2=1.7$ 'dir, bu da Accropode için verileden biraz büyüktür ($4.1/2.5=1.64$). Ortalama olarak aynı emniyet faktörü

bulunmaktadır, bu yüzden K p için Accropode'ye benzer emniyet faktörü kullanılabılır. O halde tasarım için (Van der Meer, 1999) aşağıdaki ifade verilebilir.

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = 2.2 \quad (3.7)$$

Çizelge 3.1 yaklaşık 30 ton ağırlığındaki blokların dalga etkisi karŐısındaki hareketlerine göre düzenlenmiŐtir (Van der Meer, 1999).



Şekil 3.2 K p blok için stabilite (Van der Meer, 1999)

Çizelge 3.1'de iki sıra blokların belli bir hasara göre tasarlanmasına karşın, tek sıra blokların 0 hasara göre tasarlandığı görülmektedir. Diğer taraftan tek sıra bloklarda oluşabilecek az hasar da kabul edilebilmektedir.

Sıklık Φ ile eğim üzerindeki m^2 'ye gereken hacim H_s belirgin dalga yüksekliğinin fonksiyonu olarak hesaplanabilmektedir. Burada beton özgül ağırlığı 2400 kg/m^3 'tür. (Van der Meer, 1999). Çizelge 3.1'de ayrıca Core-Loc ve Accropode'un hacimsel avantajlarıda görülebilmektedir.

Çizelge 3.1 Blokların genel karşılaştırılması (Van der Meer, 1999)

	Accropode	Core-Loc	Tetrapod	Küp	Küp
Kaplama tabaka sayısı	1	1	2	2	1
Eğim	1:4/3	1:4/3	1:1.5	1:1.5	1:1.5
K_D (Kırılan dalga için)	12	16	7	7	7
$H_s/\Delta D_n=N_s$	2.5	2.8	2.2	2.2	2.2
Hasar N_0	0	0	0.5	0.5	0
Hasar %	0	0	5	5	0
Sıklık Φ	0.61	0.56	1.04	1.17	0.70
Eğim üzerinde m^2 'ye düşen beton hacmi	$0.182H_s$	$0.148H_s$	$0.350H_s$	$0.370H_s$	$0.236H_s$
Hacim karşılaştırması	100%	81%	208%	220%	140%

Diğer bir çalışma da 2002 yılında Ivano Melito ve Jeffrey A. Melby tarafından Core-Loc bloklarda dalga tırmanması, dalga geçişi ve dalga yansımaları üzerine yapılmıştır.

4. DENEY SİSTEMİ

4.1 Deney Sistemi ve Ölçüm Yöntemi

4.1.1 Dalga Kanalı

Bu çalışmada deneyler İstanbul Teknik Üniversitesi, Hidrolik Laboratuvarı'daki dalga kanalında gerçekleştirilmiştir. Bu kanal 1m yüksekliğinde 1 m genişliğinde ve 24 m uzunluğu boyunca her iki kenarı da camdır. Şekil 4.1'de bu dalga kanalı gösterilmektedir.

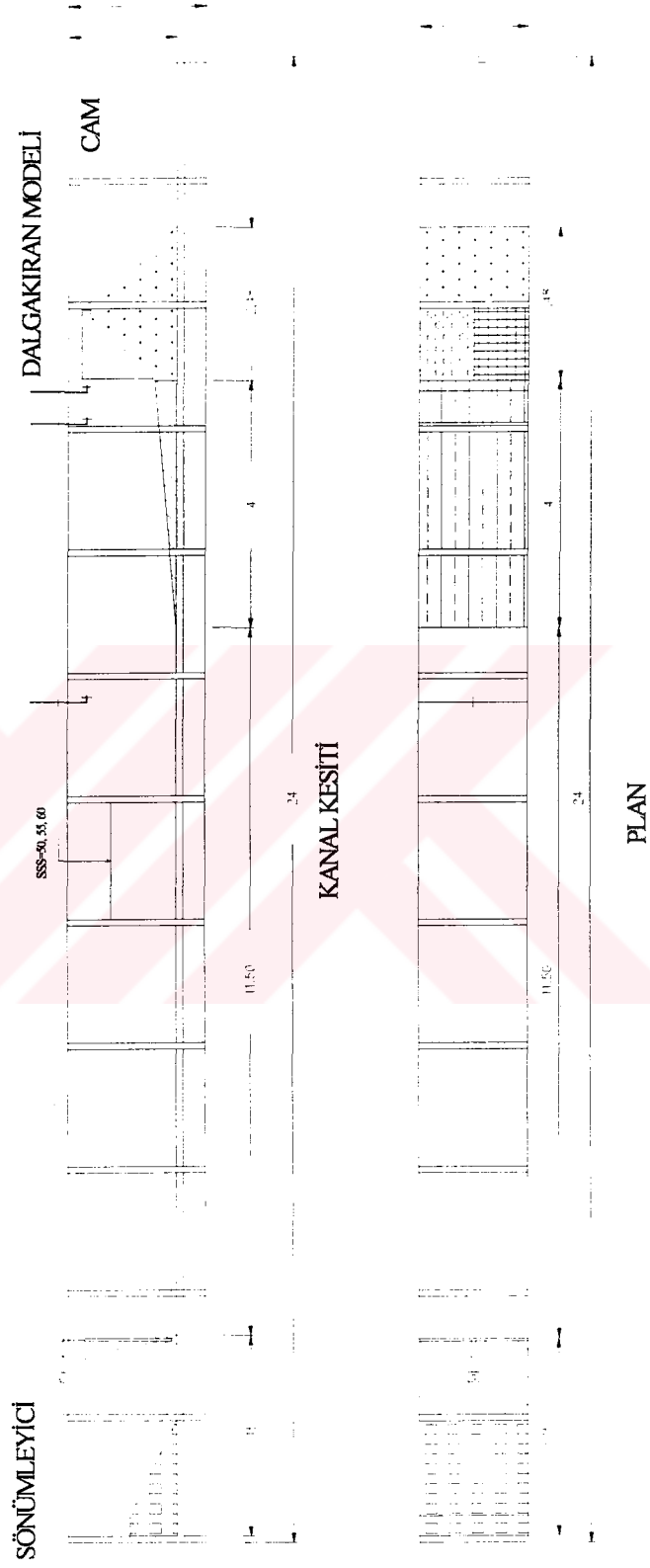
Söz konusu dalga kanalı için geliştirilen sistemde düzenli ve düzensiz dalgalar flap tipindeki dalga paletinin hareketi elde edilmektedir. Palet hareketi, kendisine üstten bağlanmış hidrolik piston ve onu besleyen hidrolik sistem yardımıyla sağlanmaktadır. Ayrıca, paletin arkasına dalga sönümlenme görevini üstlenen özel bir düzenek hazırlanmıştır.

Seçilen bir dalga spektrumundan elde edilen düzensiz dalgalar ile istenilen özellikteki düzenli dalgaların sinyallerinin servo sisteme gönderilmesi ile birbirinden farklı dalga serileri elde edilmektedir. Bilgisayarda dijital bulunan sinyallerin analog hale getirilebilmesi için sinyaller PCL-812PG tip D/A dönüştürücü ile hidrolik sisteme gönderilmektedir. Bu çalışmada düzensiz deniz dalgaları için Pierson-Moskowitz Spektrum Modeli (1964) matematik spektrum modeli olarak kullanılmıştır.

4.1.2 Dalga Ölçümleri

Deney aşamasında üretilen dalgaların oluşturduğu su yüzeyi değişimleri HRLM Cle C30 tipi bir dalga monitörü ve buna bağlı rezistans tipi üç adet dalga elektrodu ile kaydedilmiştir. Bu sistemin çalışması elektrodlar arasındaki suyun devreyi tamamlaması ve su seviyesinin alçalıp yükselmesi sırasında direncin değişmesi prensibine dayanmaktadır.

Amplifikatörden çıkan bağıntı PCLD-780 tipi bir pasif kart üzerinde toplanmaktadır. Pasif kart üzerinden gelen sürekli analog sinyaller daha sonra PCL-Pg tip analog-dijital (A/D) dönüştürücü kart ile kesikli dijital volt değerlerine çevrilmektedir. Bu dijital zaman serileri Pentium-133 Mhz bir bilgisayar kullanılarak elektronik sistemden alınan dijital sinyallerin anlamlı parametrelere çevrilmesi için hazırlanan bilgisayar programı yardımı ile analiz



Şekil 4.1 Dalga kanalının görünüşü

edilmektedir. Kalibrasyon değerleri kullanılarak dijital hale getirilen kayıtlar daha sonra anlamlı dalga karakteristiklerine dönüştürülebilmektedir. İkiz elektrod tipindeki problar her deney öncesinde sakin su seviyesine göre bilinen derinliklere batırılarak kalibre edilmektedirler.

Dalga ölçümlerinde kullanılan problardan birincisi topuğa, ikincisi birinci probdan L/4 m açığa ve üçüncü prob ise kanalın derin su bölgesine yerleştirilmiştir.

Deneyler 1/20 taban eğimine yerleştirilmiş 1/1.5 şev eğimine sahip sabit kesitli dalgakıran ile güçlendirilmiştir. Ancak kanal su derinliği açıkta 60 cm, 55 cm, 50 cm ve topukta 40 cm, 35 cm ve 30 cm olacak şekilde değiştirilmiştir. Her deneyde farklı spektral şekillere sahip 17 düzensiz dalga serisi 8'er dakikalık sürelerle uygulanmıştır. Deneyler sonucunda, kullanılan ölçüm sistemi aracılığıyla H_s , H_{max} , $H_{1/10}$, $H_{1/20}$, $H_{1/30}$, H_{rms} ve H_{ort} ile T_s , T_{max} , $T_{1/10}$, T_{ort} dalga karakteristikleri elde edilmiştir.

4.1.3 Açık Deniz Dalgalarının Spektral İfadesi

Açık deniz dalga spektrumunu ifade etmek amacıyla çok sayıda çalışma mevcut olmakla birlikte bu çalışmada seçilen “PM spektrumu” olarak da bilinen Pierson-Moskowitz spektrumudur.

4.1.3.1 Pierson-Moskowitz Spektrumu

Tek parametrelili dalga spektrumudur. Kuzey Atlantik'te yapılan ölçümlerden yararlanılarak tam gelişmiş deniz durumu için elde edilmiştir (Kapdaşlı, 1992).

Spektrumun ilk şekli boyutsuz formda aşağıdaki gibi önerilmiştir.

$$S(f^{-1}) = S(f) \left(\frac{g^3}{U^5} \right) \quad (4.1)$$

Burada;

$S(f^{-1})$: boyutsuz dalga spektrumu,

f^{-1} : boyutsuz frekans (=U.f/g),

f : frekans,

U : rüzgar hızı,

g : yerçekimi ivmesi,

Bu ifadeden elde edilen fonksiyonların pik frekans civarında farklılıklar göstermesi nedeniyle bir düzeltme faktörü ile rüzgar hızının çarpılması gerekmektedir. Düzeltme faktörü,

$$k_j = \left(S_j \frac{g^3}{U_j^5} \right)^{1/5} \left(\frac{1}{n} \sum S_j \frac{g^3}{U_j^5} \right)^{-1/5} \quad (4.2)$$

sonuçta dalga spektrum ifadesi açısal frekansa bağlı olarak ;

$$S(w) = \alpha g^2 w^{-5} \exp \left[-0,74 \left(\frac{w \cdot U_w}{g} \right)^{-4} \right] \quad (4.3)$$

burada;

α : 0.0081

U_w : deniz yüzeyinden 19.5 m yukarıdaki rüzgar hızıdır.

Dalga spektrumunun pik değerine karşı gelen modal açısal frekans cinsinden denklem tekrar yazılırsa denklem (Yüksel, 2001);

$$S(w) = \alpha g^2 w^{-5} \exp \left[-1.25 \left(\frac{w \cdot U_w}{w_p} \right)^{-4} \right] \quad (4.4)$$

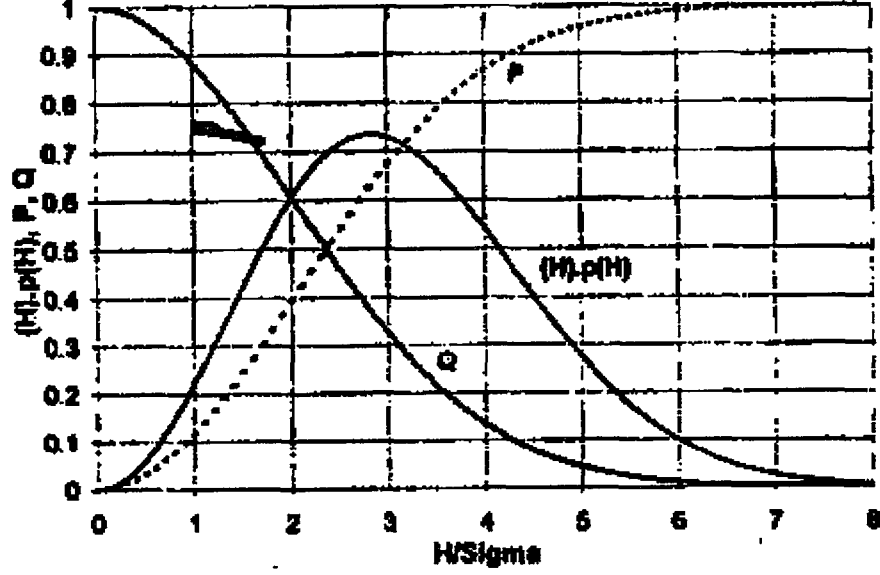
halini alır.

4.1.4 Tekil Dalga Yüksekliklerinin Dağılım Fonksiyonları

4.1.4.1 Rayleigh Dağılımı

Bir açık deniz bölgesinde belli rüzgar koşulları altında yani belli bir rüzgar hızında oluşan dalgaların kayıtlarından ölçülen dalga yüksekliklerinin birer rasgele değişken oldukları düşünülürse bu durumda bunların olasılık yoğunluk fonksiyonları ve kümülatif yoğunluk fonksiyonları tanımlanabilir (Kapdaşlı, 1992).

Dalga kayıtlarını oluşturan dalgaların enerji spektrumlarının dar aralık spektrumu özelliklerine sahip olduğu kabul edildiğinde tekil dalga yüksekliklerinin olasılık dağılımının Rayleigh dağılımı ile iyi bir şekilde temsil edilebildiği gösterilmiştir. Şekil 4.2'de Rayleigh dağılımının şematik ifadesi gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Rayleigh dağılımı

Bu dağılıma göre tekil dalgaların yüksekliklerinin olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

$$p(H) = \frac{2H}{R} \exp\left(-\frac{H^2}{R}\right) \quad 0 \leq H < \infty \quad (4.5)$$

Rayleigh dağılımı tek parametrelidir ve R parametresi;

$$R = 8\sigma^2 = 8m_0 \quad (4.6)$$

dır.

Burada σ^2 dalga yüksekliğinin varyansı, m_0 ise spektrum altındaki alanı göstermektedir. Dağılımın parametresi R aşağıdaki şekilde de tanımlanmaktadır.

$$R = \frac{1}{N} \sum H_1^2 \quad (4.7)$$

Rayleigh dağılımından yararlanarak açık deniz dalgalarını karakterize eden H_{rms} dalga yüksekliği

$$H_{rms} = \sqrt{R} = 2\sqrt{2}\sigma \quad (4.8)$$

şeklinde verilmektedir.

Buna göre bir dalganın verilen H dalgasından aşılma olasılığı (Yüksel, 2001);

$$Q(H' > H) = \exp\left[-\left(\frac{H}{H_{rms}}\right)\right] \quad (4.9)$$

olarak yazılabilir.

Aynı şekilde bir dalganın verilen H dalgadan küçük olma olasılığı;

$$P(H' < H) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{H}{H_{rms}}\right)^2\right] \quad (4.10)$$

dir.

Aşılma olasılığı $Q=1/n$ olan dalga yüksekliği;

$$H_Q = 2\sigma \sqrt{2 \ln\left(\frac{1}{Q}\right)} \quad (4.11)$$

ifadesi ile verilmektedir. Buna göre Rayleigh dağılımı kullanılarak dalgayı karakterize eden çeşitli yükseklikler arasındaki bağıntılar aşağıdaki gibidir (Kapdaşlı, 1992).

$$1- \frac{H_{ort}}{H_{rms}} = 0.866 \quad (4.12)$$

$$2- \frac{H_s}{H_{rms}} = 1.416 \quad (4.13)$$

$$3- \frac{H_{1/10}}{H_{rms}} = 1.80 \quad (4.14)$$

$$4- \frac{H_{1/10}}{H_s} = 1.27 \quad (4.15)$$

$$5- \frac{H_{max}}{H_s} = 1.60 \quad (4.16)$$

$$6- \frac{H_{1/10}}{H_{ort}} = 2.03 \quad (4.17)$$

$$7- \frac{H_s}{H_{ort}} = 1.60 \quad (4.18)$$

Bu çalışmada yapılan deneylerde ölçülen dalga parametreleri ve bunların arasındaki oranlar Tablo 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Dalga koşulları

Su derinliği 60cm					
Deney	Seri 1	Seri 2	Seri 3	Seri 4	Seri 5
$H_{ort}(cm)$	4.653	5.390	7.485	9.206	8.520
$H_{rms}(cm)$	5.119	5.903	8.391	10.199	9.242
$H_s(cm)$	7.136	8.101	11.761	14.165	12.630
$H_{1/10}(cm)$	8.758	9.816	14.750	17.458	15.050
$H_{max}(cm)$	11.676	15.838	20.408	23.987	20.689
$T_{ort}(s)$	0.819	0.856	0.916	0.965	1.004
$T_s(s)$	1.034	1.078	1.137	1.196	1.232
$T_{max}(s)$	1.823	2.220	1.633	1.619	1.775
$T_{1/10}(s)$	1.242	1.301	1.311	1.356	1.428

Deneysel verilerin oranları					
H_{ort}/H_{rms}	0.91	0.91	0.89	0.90	0.92
H_s/H_{rms}	1.39	1.37	1.40	1.39	1.37
$H_{1/10}/H_{rms}$	1.71	1.66	1.76	1.71	1.63
$H_{1/10}/H_s$	1.23	1.21	1.25	1.23	1.19
H_{max}/H_s	1.64	1.96	1.74	1.69	1.64
$H_{1/10}/H_{or}$	1.88	1.82	1.97	1.90	1.77
H_s/H_{ort}	1.53	1.50	1.57	1.54	1.48
Deney	Seri 6	Seri 7	Seri 8	Seri 9	Seri 10
$H_{ort}(cm)$	6.141	7.168	7.912	8.942	6.437
$H_{rms}(cm)$	6.975	8.098	8.963	9.871	7.295
$H_s(cm)$	9.906	11.458	12.623	13.654	10.372
$H_{1/10}(cm)$	11.693	14.688	15.945	16.694	13.322
$H_{max}(cm)$	17.903	20.660	22.530	22.383	19.745

Çizelge 4.1 (Devam) Dalga koşulları

T_{ort} (s)	0.965	1.010	1.044	1.085	1.053
T_s (s)	1.243	1.282	1.303	1.353	1.411
T_{max} (s)	1.873	2.228	1.958	2.395	2.441
$T_{1/10}$ (s)	1.421	1.497	1.515	1.609	1.653
Deneysel verilerin oranları					
H_{ort}/H_{rms}	0.88	0.89	0.88	0.91	0.88
H_s/H_{rms}	1.42	1.41	1.41	1.38	1.42
$H_{1/10}/H_{rms}$	1.82	1.81	1.78	1.69	1.83
$H_{1/10}/H_s$	1.28	1.28	1.26	1.22	1.28
H_{max}/H_s	1.81	1.80	1.78	1.64	1.90
$H_{1/10}/H_{ort}$	2.07	2.05	2.02	1.87	2.07
H_s/H_{ort}	1.61	1.60	1.60	1.53	1.61
Deneysel verilerin oranları					
Deneysel	Seri 11	Seri 12	Seri 13	Seri 14	Seri 15
H_{ort} (cm)	7.518	8.550	9.071	6.037	6.997
H_{rms} (cm)	8.384	9.482	10.021	6.710	7.732
H_s (cm)	11.749	13.231	14.037	9.380	10.790
$H_{1/10}$ (cm)	15.118	16.617	17.135	11.559	13.490
H_{max} (cm)	19.120	21.503	20.154	16.139	17.385
Deneysel verilerin oranları					
T_{ort} (s)	1.120	1.110	1.157	1.153	1.167
T_s (s)	1.473	1.437	1.460	1.581	1.563
T_{max} (s)	2.222	2.814	2.663	2.269	2.174
$T_{1/10}$ (s)	1.746	1.710	1.707	1.878	1.839
Deneysel verilerin oranları					
H_{ort}/H_{rms}	0.91	0.91	0.91	0.90	0.90
H_s/H_{rms}	1.39	1.37	1.40	1.40	1.40
$H_{1/10}/H_{rms}$	1.71	1.66	1.71	1.72	1.74
$H_{1/10}/H_s$	1.23	1.21	1.22	1.23	1.25
H_{max}/H_s	1.64	1.96	1.44	1.72	1.61
$H_{1/10}/H_{ort}$	1.88	1.82	1.89	1.91	1.93
H_s/H_{ort}	1.53	1.50	1.55	1.55	1.54

Çizelge 4.1 (Devam) Dalga koşulları

Deney	Seri 16	Seri 17			
$H_{ort}(cm)$	8.321	9.913			
$H_{rms}(cm)$	9.271	10.815			
$H_s(cm)$	12.983	14.797			
$H_{1/10}(cm)$	16.130	17.834			
$H_{max}(cm)$	21.427	23.307			
$T_{ort}(s)$	1.162	1.178			
$T_s(s)$	1.504	1.496			
$T_{max}(s)$	2.461	2.932			
$T_{1/10}(s)$	1.757	1.802			
DeneySEL verilerin oranları					
			Ortalamalar		
H_{ort}/H_{rms}	0.90	0.92	0.90		
H_s/H_{rms}	1.40	1.37	1.40		
$H_{1/10}/H_{rms}$	1.74	1.65	1.74		
$H_{1/10}/H_s$	1.24	1.21	1.24		
H_{max}/H_s	1.65	1.58	1.70		
$H_{1/10}/H_{or}$	1.94	1.80	1.93		
H_s/H_{ort}	1.56	1.49	1.55		

Görüldüğü gibi uygulanan 17 dalga serisi sonucunda elde edilen dalga parametreleri ve bunların arasındaki oranların ortalama değerleri ile Rayleigh dağılımını sağlayan oranlar arasında yüzde mertebesinde farklar bulunmaktadır. Laboratuvar koşullarında açık deniz şartlarının sağlanmasının zorluğu göz önüne alınırsa aradaki bu fark ihmal edilebilir ve oluşturulan modelin açık deniz koşullarını temsil ettiği kabul edilebilir.

4.2 Deney Düzeneginin Hazırlanması

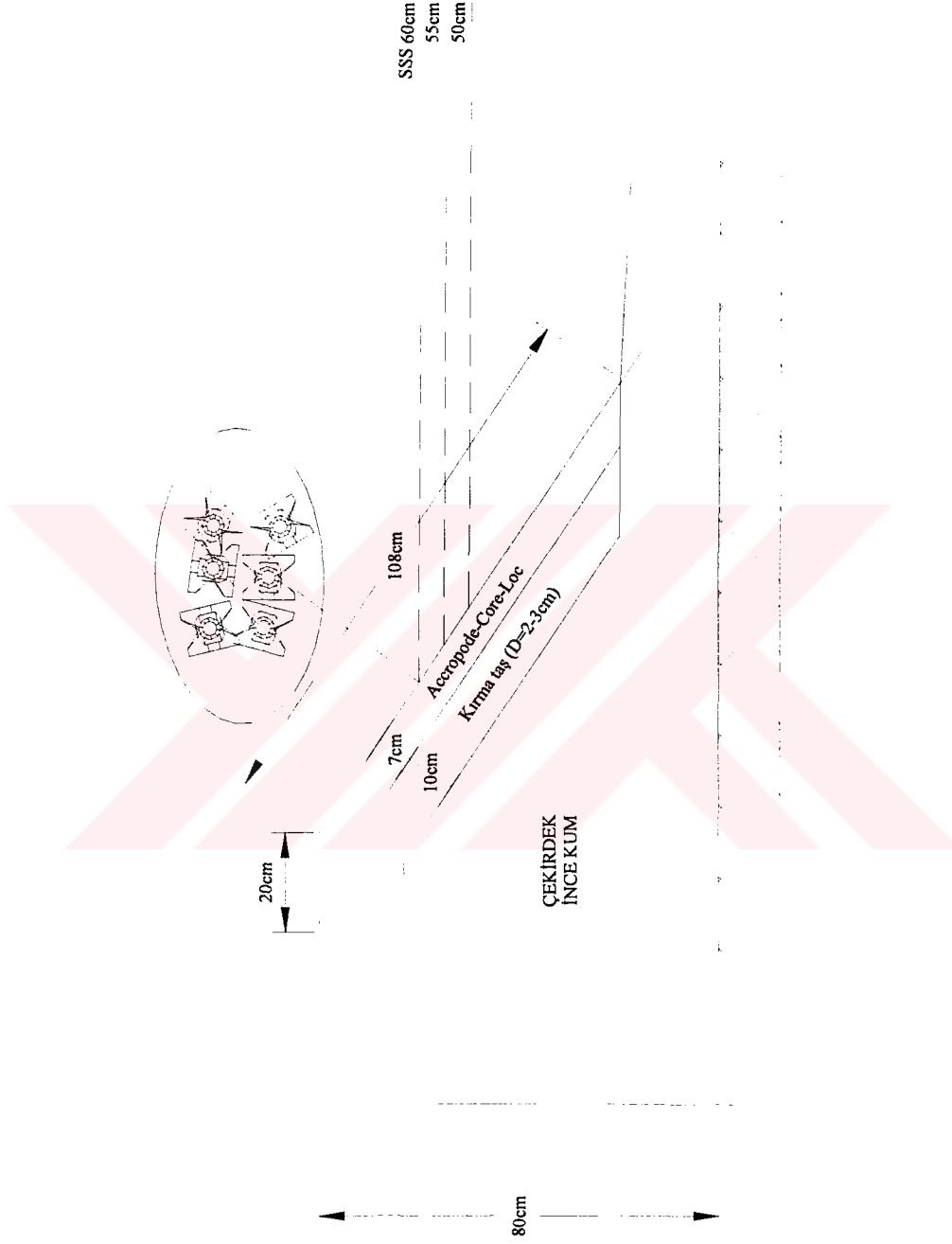
Test edilecek olan dalgakıran modeli, 1 m genişliğindeki dalga kanalının cam kenarlı kısmına yerleştirilmiştir (Şekil 4.1). Dalgakıran modelinin çekirdek bölümü, ince kumdan oluşturulmuştur. Kaplama tabakası ile çekirdek arasına ise çekirdek malzemesinin kaplama arasından kaçmasını engellemek için, 2-3 cm çaplı kırma taştan oluşturulan filtre tabakası yerleştirilmiştir. Modelin en üst kısmına ise Accropode ve Core-Loc bloklar düzensiz olarak yerleştirilmiştir (Şekil 4.3). Düzensizliğin sağlanabilmesi için bloklar topuktan itibaren dalgakıran yüzeyine belli mesafeden rasgele bırakılmıştır. Accropode için özel bir topuk hazırlanmazken, Core-Loc'un topuğu kendi özeldizilişi (cannon fashion) ile oluşturulmuştur (Şekil 4.4 ve Şekil 4.5).

Dalgakıran şev eğimi 1:1.5 ve kıyı eğimi 1:20 olarak seçilmiştir. Ayrıca yansımayı en aza indirmek için dalga üreticinin arkasına dalga sönmüldiricisi yerleştirilmiştir.

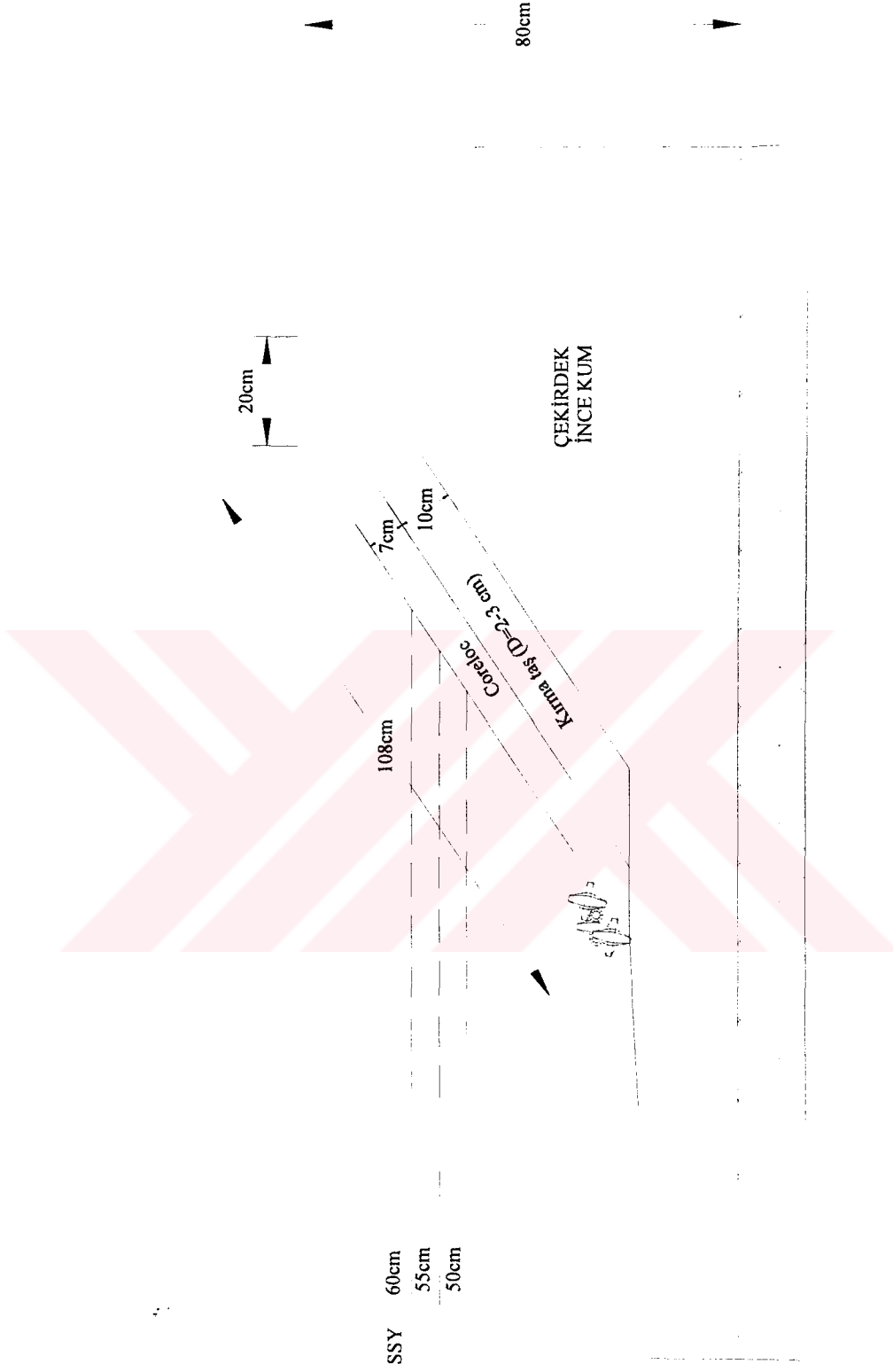
4.3 Çalışmada İzlenen Yöntem

Deneyler, açıkta 50, 55, 60 cm ve topukta sırasıyla 15, 20, 25 cm olan sakin su seviyeleri için yapılmıştır. Herbir sakin su seviyesinde dalgakıran modeline birbirinden farklı spektral şekillere sahip 17 düzensiz dalga serisi uygulanmıştır. Herbir dalga serisi 8 dakika sürmekte ve ortalama 500 dalga içermektedir. Her set içerisinde bir önceki deneyde kesitte oluşan hasar korunmuş ve deneylere devam edilmiştir. 17 seri sonunda bloklar toplanmış dalgakıran kesitinde oluşan deformasyonlar düzeltildikten sonra bloklar tekrar düzensiz olarak dizilmiştir ve farklı su seviyesi için deneyler tekrarlanmıştır.

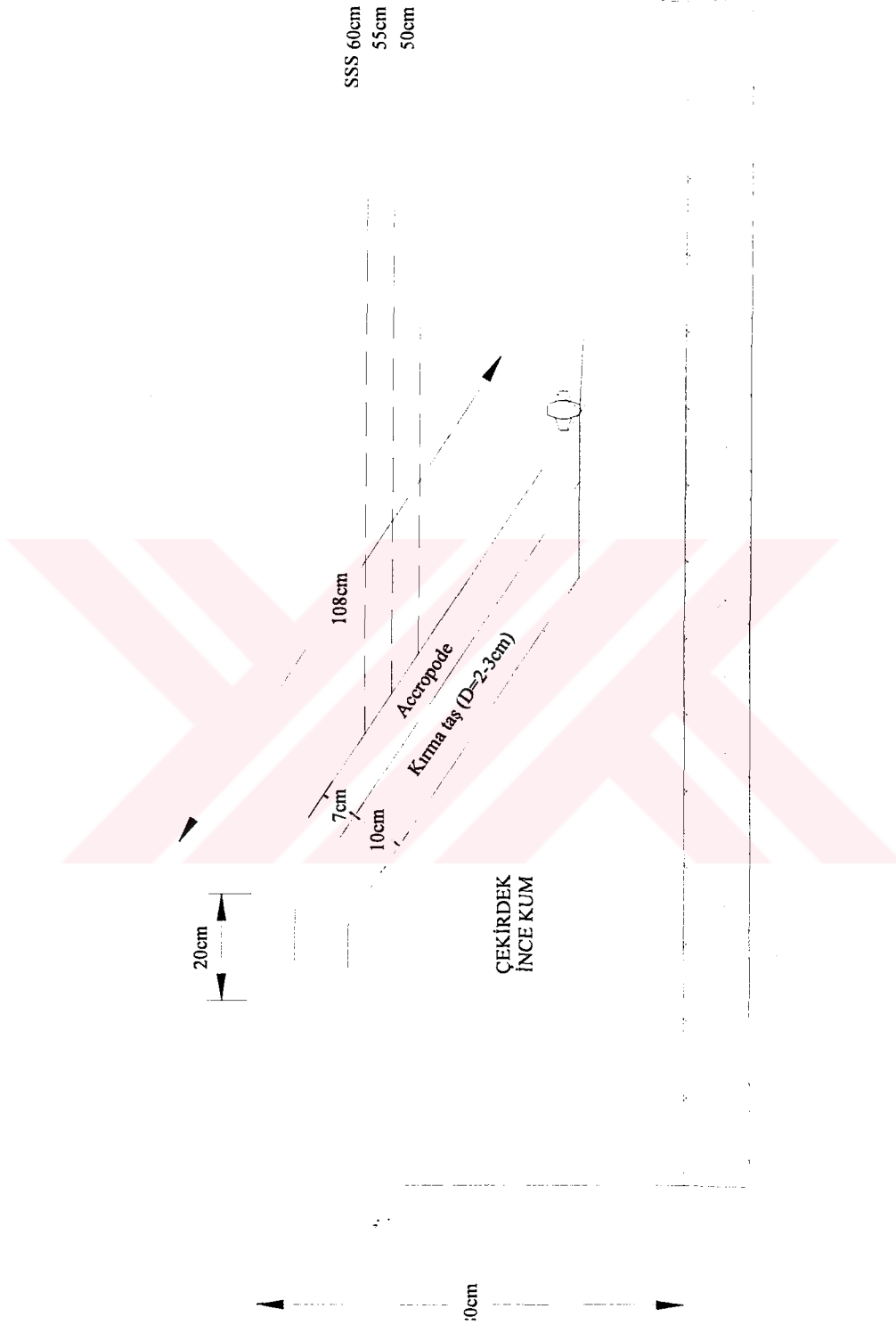
Çalışma, düzensiz dalga koşullarında yapıda oluşan hasarın tespiti amacıyla yapıldığı için, hesaplarda dalgakıran üzerinde bulunan tüm Accropode ve Core-Loc'lar dikkate alınmıştır.



Şekil 4.3 Düzensiz yerleştirme yöntemi için dalgakıran kesiti



Şekil 4.4 Core-Loc için topuk oluşumu



Şekil 4.5 Accropode için topuk oluşumları

5. DENEYSEL ÇALIŞMA VE SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmanın amacı; dalgakıranın koruyucu tabakasına yerleştirilen Accropode ve Core-Loc blokların, yapı üzerinde düzensiz dalga koşullarında stabilitelerinin araştırılmasıdır. Bu nedenle deneyler, yapı şev eğimi ile taban eğimi sabit tutularak farklı derin su derinliklerinde(50, 55 ve 60 cm) gerçekleştirilmiştir. Deneyler sırasında Accropode ve Core-Loc'un poroziteleri sırasıyla % 57 ve % 62'dir.

Düzensiz dalga koşullarında hasarın belirlenmesi iki farklı şekilde değerlendirilmiştir.

1. Sadece şev üzerinde yerinden çıkan bloklar dikkate alınmıştır. Bu durumda hasar % S ile verilmiştir.
2. Şev üzerinde yerinden çıkan blokların yanı sıra, gelen dalganın etkisi ile yerinde hareket eden bloklar ve nominal çaptan daha fazla ötelenme hareketi yapmayan(dönme hareketi yapan) bloklarda gözlemlenmiş, göstermiş oldukları bu davranışların gerçek boyutlardaki bloklarda hasar yaratabileceği kabulü yapılmıştır. Bu amaçla şev üzerinde "yerinden çıkan", "yerinde kıpırdayan" ve "dönme hareketi" yapan bloklar sırası ile 1, 0.25, 0.5 katsayıları ile çarpılarak hasara katılmıştır (Yağcı, 2000). Bu durumda hasar %S_{0e} ile verilmiştir (Çizelge 5.1-5.6).

Şekil 5.1-5.3'de Core-Loc için (%S₀) hasarın H_s ve H_{1/10}'a göre değişimleri çizilmiştir. Bu şekillerden dalgakıran topuğunda su derinliğinin artmasıyla hasarın meydana geldiği ve topuk su derinliğinin artmasıyla arttığı görülmektedir. Şekil 5.4-5.6'da ise benzeri değişimler Accropode için gözlemlenmiştir. Şekil 5.7-5.9'da Core-Loc için (%S_{0e}) genişletilmiş hasarın H_s ve H_{1/10}'a göre değişimleri çizilmiştir. Benzeri değişimler Şekil 5.10-5.12'de Accropode için çizilmiştir. Bu şekillerde Core-Loc ve Accropode bloklar karşılaştırıldığında, her iki blok tipinde de hasarın hemen hemen aynı dalga yüksekliklerinde başladığı ancak hasar miktarının Core-Loc'da Accropode'a göre daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca stabilite Van der Meer (1988b)'nin tanımladığı N₀ rölatif hasar yardımıyla incelenmiştir. Rölatif hasar için yerinde kıpırdayan ve dönme hareketi yapan blokların dikkate alınması durumunda; yerinden ayrılan blok adedine yerinde kıpırdayan ve dönen blokların yüzde ağırlıkları dahil edilmiştir (Kıpırdayan ve dönen blokların oluşturacağı kabul edilen hasarın N₀ rölatif hasar cinsinden değeri hesaplanarak, yerinden ayrılan blokların oluşturduğu N₀ rölatif hasara ilave edilmiştir) ve N_{0e} ile verilmiştir. Böylece iki farklı rölatif hasar ile stabilite sonuçları değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.1 Accropode için hasar tablosu, su seviyesi 50 cm

Seri no	T _s (s)	H _s (cm)	H _{max} (cm)	H _{1/10} (cm)	H _s / gT ²	Y.Ç (%100)	K.S (%25)	D.S (%50)	T.H	T blok	N _{0e}	%S _{0e}	Açıklama	No	%S ₀	Açıklama	H _s / ΔD _n	H _{1/10} / ΔD _n
1	1.010	6.462	10.242	8.006	0.646		1		0.002	0.25	0.028	0.189	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.35	1.68
2	1.071	6.939	11.718	8.532	0.617		2		0.004	0.5	0.057	0.379	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.45	1.79
3	1.130	7.682	12.860	9.613	0.613		3		0.006	0.75	0.085	0.568	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.61	2.01
4	1.152	9.120	15.051	11.353	0.701		6		0.011	1.5	0.170	1.136	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.91	2.38
5	1.175	9.077	13.873	11.023	0.670		6		0.011	1.5	0.170	1.136	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.90	2.31
6	1.209	6.445	11.076	8.032	0.449		6		0.011	1.5	0.170	1.136	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.35	1.68
7	1.196	7.429	13.083	9.403	0.529		6		0.011	1.5	0.170	1.136	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.56	1.97
8	1.240	8.619	14.482	10.817	0.571		6		0.011	1.5	0.170	1.136	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.81	2.27
9	1.266	9.407	15.262	11.368	0.598		6		0.011	1.5	0.170	1.136	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.97	2.38
10	1.335	6.399	11.777	8.143	0.366		6		0.011	1.5	0.170	1.136	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.34	1.71
11	1.334	7.048	11.440	8.862	0.404		6		0.011	1.5	0.170	1.136	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.48	1.86
12	1.337	8.699	14.484	10.975	0.496		6		0.011	1.5	0.170	1.136	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.82	2.30
13	1.330	10.039	15.732	11.974	0.579		6		0.011	1.5	0.170	1.136	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.10	2.51
14	1.463	5.887	10.374	7.282	0.280		6		0.011	1.5	0.170	1.136	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.23	1.53
15	1.411	6.747	11.192	8.383	0.345		6		0.011	1.5	0.170	1.136	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.41	1.76
16	1.410	8.585	13.630	10.848	0.440		6		0.011	1.5	0.170	1.136	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.80	2.27
17	1.330	9.902	14.729	11.584	0.571		7		0.013	1.75	0.198	1.326	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.08	2.43

Y.Ç : yerinden çıkan blok sayısı

K.P : yerinde kıpırdayan blok sayısı

D : dönen blok sayısı (nominal çaptan fazla yer değiştirmeyen blok)

T.H : toplam hasar

Çizelge 5.2 Accropode için hasar tablosu, su seviyesi 55 cm

Seri no	T _s (s)	H _s (cm)	H _{max} (cm)	H _{1/10} (cm)	$\frac{H_s}{gT^2}$	Y.Ç (%100)	K.S (%25)	D.S (%50)	T.H	T blok	N _{0e}	%S _{0e}	Açıklama	No	%S ₀	Açıklama	$\frac{H_s}{\Delta D_n}$	$\frac{H_{1/10}}{\Delta D_n}$
1	1.045	6.751	11.044	8.278	0.630		3		0.006	0.75	0.085	0.568	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.41	1.73
2	1.098	7.282	11.985	9.045	0.616		4		0.008	1	0.113	0.758	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.53	1.90
3	1.144	8.470	13.982	10.589	0.660		5		0.009	1.25	0.142	0.947	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.78	2.22
4	1.209	10.020	16.839	12.318	0.699		11		0.021	2.75	0.311	2.083	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.10	2.58
5	1.221	10.667	15.840	12.906	0.729		11		0.021	2.75	0.311	2.083	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.24	2.70
6	1.264	8.788	16.318	11.149	0.561		11		0.021	2.75	0.311	2.083	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.84	2.34
7	1.281	9.765	16.203	12.105	0.607		11		0.021	2.75	0.311	2.083	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.05	2.54
8	1.284	10.807	16.214	13.291	0.668		11		0.021	2.75	0.311	2.083	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.27	2.79
9	1.297	12.012	17.345	14.718	0.728		16		0.030	4	0.453	3.030	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.52	3.08
10	1.398	8.681	15.258	11.020	0.453		16		0.030	4	0.453	3.030	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.82	2.31
11	1.371	9.901	17.017	12.392	0.537		16		0.030	4	0.453	3.030	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.08	2.60
12	1.397	11.511	18.029	14.298	0.601		16		0.030	4	0.453	3.030	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.41	3.00
13	1.367	12.251	19.346	14.805	0.668		20		0.038	5	0.566	3.788	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.57	3.10

Y.Ç : yerinden çıkan blok sayısı

K.P : yerinde kıpırdayan blok sayısı

D : dönen blok sayısı (nominal çaptan fazla yer değiştirmeyen blok)

T.H : toplam hasar

Çizelge 5.3 Accropode için hasar tablosu, su seviyesi 60 cm

Seri no	T _s (s)	H _s (cm)	H _{max} (cm)	H _{1/10} (cm)	H _s /gT ²	Y.Ç (%100)	K.S (%25)	D.S (%50)	T.H	T blok	N _{0e}	%S _{0e}	Açıklama	No	%S ₀	Açıklama	H _s /ΔD _n	H _{1/10} /ΔD _n
1	1.043	6.623	11.006	8.378	0.621		1		0.002	0.25	0.027	0.189	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.39	1.76
2	1.107	7.451	12.324	9.304	0.620		2		0.004	0.5	0.054	0.379	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.56	1.95
3	1.185	9.284	15.107	11.444	0.674		5		0.009	1.25	0.135	0.947	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.95	2.40
4	1.257	10.734	17.984	13.077	0.693		5	1	0.013	1.75	0.189	1.326	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.25	2.74
5	1.277	11.624	17.158	13.975	0.727		5	1	0.013	1.75	0.189	1.326	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.44	2.93
6	1.281	9.156	16.230	11.994	0.569		7	1	0.017	2.25	0.243	1.705	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.92	2.51
7	1.297	10.675	16.576	13.198	0.647		7	1	0.017	2.25	0.243	1.705	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.24	2.77
8	1.322	11.699	18.415	14.307	0.682		8	1	0.019	2.5	0.270	1.894	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.45	3.00
9	1.372	12.555	17.990	15.092	0.680		16	1	0.034	4.5	0.486	3.409	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.63	3.16
10	1.428	9.784	16.502	12.314	0.489		16	1	0.034	4.5	0.486	3.409	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.05	2.58
11	1.455	11.316	18.402	14.313	0.545		16	1	0.034	4.5	0.486	3.409	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.37	3.00
12	1.439	12.604	18.799	15.090	0.620		20	1	0.042	5.5	0.594	4.167	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.64	3.16
13	1.478	13.792	19.505	16.469	0.644		20	1	0.042	5.5	0.594	4.167	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.89	3.45
14	1.503	9.291	16.816	11.694	0.419		20	1	0.042	5.5	0.594	4.167	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.95	2.45
15	1.507	10.816	17.259	13.238	0.485		20	1	0.042	5.5	0.594	4.167	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.27	2.77
16	1.518	12.681	19.227	15.148	0.561		20	1	0.042	5.5	0.594	4.167	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.66	3.17
17	1.479	14.173	20.933	17.053	0.660		20	1	0.042	5.5	0.594	4.167	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.97	3.57

Y.Ç : yerinden çıkan blok sayısı

K.P : yerinde kırıldayan blok sayısı

D : dönen blok sayısı (nominal çaptan fazla yer değiştirmeyen blok)

T.H : toplam hasar

Çizelge 5.4 Core-Loc için hasar tablosu, su seviyesi 50 cm

Seri no	T _s (s)	H _s (cm)	H _{max} (cm)	H _{1/10} (cm)	H _s / gT ²	Y.Ç (%100)	K.S (%25)	D.S (%50)	T.H	T blok	N _{0e}	%S _{0e}	Açıklama	No	%S ₀	Açıklama	H _s / ΔD _n	H _{1/10} / ΔD _n
1	1.010	6.462	10.242	8.006	0.646		0		0.000	0	0.000	0.000	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.36	1.69
2	1.071	6.939	11.718	8.532	0.617		1		0.002	0.25	0.027	0.174	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.46	1.80
3	1.130	7.682	12.860	9.613	0.613		1		0.002	0.25	0.027	0.174	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.62	2.03
4	1.152	9.120	15.051	11.353	0.701		3		0.005	0.75	0.082	0.521	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.93	2.40
5	1.175	9.077	13.873	11.023	0.670		3		0.005	0.75	0.082	0.521	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.92	2.33
6	1.209	6.445	11.076	8.032	0.449		3		0.005	0.75	0.082	0.521	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.36	1.70
7	1.196	7.429	13.083	9.403	0.529		3		0.005	0.75	0.082	0.521	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.57	1.98
8	1.240	8.619	14.482	10.817	0.571		3		0.005	0.75	0.082	0.521	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.82	2.28
9	1.266	9.407	15.262	11.368	0.598		4		0.007	1	0.110	0.694	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.99	2.40
10	1.335	6.399	11.777	8.143	0.366		4		0.007	1	0.110	0.694	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.35	1.72
11	1.334	7.048	11.440	8.862	0.404		4		0.007	1	0.110	0.694	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.49	1.87
12	1.337	8.699	14.484	10.975	0.496		4		0.007	1	0.110	0.694	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.84	2.32
13	1.330	10.039	15.732	11.974	0.579		4		0.007	1	0.110	0.694	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.12	2.53
14	1.463	5.887	10.374	7.282	0.280		4		0.007	1	0.110	0.694	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.24	1.54
15	1.411	6.747	11.192	8.383	0.345		4		0.007	1	0.110	0.694	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.42	1.77
16	1.410	8.585	13.630	10.848	0.440		4		0.007	1	0.110	0.694	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.81	2.29
17	1.330	9.902	14.729	11.584	0.571		4		0.007	1	0.110	0.694	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.09	2.45

Y.Ç : yerinden çıkan blok sayısı

K.P : yerinde kırılmalı blok sayısı

D : dönen blok sayısı (nominal çaptan fazla yer değiştirmeyen blok)

T.H : toplam hasar

Çizelge 5.5 Core-Loc için hasar tablosu, su seviyesi 55 cm

Seri no	T _s (s)	H _s (cm)	H _{max} (cm)	H _{1/10} (cm)	H _s / gT ²	Y.Ç (%100)	K.S (%25)	D.S (%50)	T.H	T blok	N _{0e}	%S _{0e}	Açıklama	No	%S ₀	Açıklama	H _s / ΔD _n	H _{1/10} / ΔD _n
1	1.045	6.751	11.044	8.278	0.630		2		0.003	0.5	0.055	0.347	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.42	1.75
2	1.098	7.282	11.985	9.045	0.616		2		0.003	0.5	0.055	0.347	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.54	1.91
3	1.144	8.470	13.982	10.589	0.660		5		0.009	1.25	0.137	0.868	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.79	2.24
4	1.209	10.020	16.839	12.318	0.699		12		0.021	3	0.329	2.083	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.11	2.60
5	1.221	10.667	15.840	12.906	0.729		12		0.021	3	0.329	2.083	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.25	2.72
6	1.264	8.788	16.318	11.149	0.561		12		0.021	3	0.329	2.083	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.85	2.35
7	1.281	9.765	16.203	12.105	0.607		12		0.021	3	0.329	2.083	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.06	2.56
8	1.284	10.807	16.214	13.291	0.668		12		0.021	3	0.329	2.083	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.28	2.81
9	1.297	12.012	17.345	14.718	0.728		22		0.038	5.5	0.603	3.819	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.54	3.11
10	1.398	8.681	15.258	11.020	0.453		22		0.038	5.5	0.603	3.819	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.83	2.33
11	1.371	9.901	17.017	12.392	0.537		22		0.038	5.5	0.603	3.819	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.09	2.62
12	1.397	11.511	18.029	14.298	0.601		22		0.038	5.5	0.603	3.819	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.43	3.02
13	1.367	12.251	19.346	14.805	0.668	15	22		0.142	20.5	2.246	14.236	hasar var	1.643	10.417	hasar var	2.59	3.13

Y.Ç : yerinden çıkan blok sayısı

K.P : yerinde kırıldayan blok sayısı

D : dönen blok sayısı (nominal çaptan fazla yer değiştirmeyen blok)

T.H : toplam hasar

Çizelge 5.6 Core-Loc için hasar tablosu, su seviyesi 60 cm

Seri no	T _s (s)	H _s (cm)	H _{max} (cm)	H _{1/10} (cm)	H _s / gT ²	Y.Ç (%100)	K.S (%25)	D.S (%50)	T.H blok	T blok	N _{0e}	%S _{0e}	Açıklama	No	%S ₀	Açıklama	H _s / ΔD _n	H _{1/10} / ΔD _n
1	1.043	6.623	11.006	8.378	0.621		1		0.002	0.25	0.027	0.174	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.40	1.77
2	1.107	7.451	12.324	9.304	0.620		2		0.003	0.5	0.055	0.347	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.57	1.96
3	1.185	9.284	15.107	11.444	0.674		4		0.007	1	0.110	0.694	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.96	2.42
4	1.257	10.734	17.984	13.077	0.693		5		0.009	1.25	0.137	0.868	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.27	2.76
5	1.277	11.624	17.158	13.975	0.727		6		0.010	1.5	0.164	1.042	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.45	2.95
6	1.281	9.156	16.230	11.994	0.569		11		0.019	2.75	0.301	1.910	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	1.93	2.53
7	1.297	10.675	16.576	13.198	0.647		11		0.019	2.75	0.301	1.910	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.25	2.79
8	1.322	11.699	18.415	14.307	0.682		12		0.021	3	0.329	2.083	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.47	3.02
9	1.372	12.555	17.990	15.092	0.680		22		0.038	5.5	0.603	3.819	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.65	3.19
10	1.428	9.784	16.502	12.314	0.489		22		0.038	5.5	0.603	3.819	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.07	2.60
11	1.455	11.316	18.402	14.313	0.545		22		0.038	5.5	0.603	3.819	hasar var	0.000	0.000	hasar yok	2.39	3.02
12	1.439	12.604	18.799	15.090	0.620	4	27		0.075	10.75	1.178	7.465	hasar var	0.438	2.778	hasar var	2.66	3.19
13	1.478	13.792	19.505	16.469	0.644	6	27		0.089	12.75	1.397	8.854	hasar var	0.657	4.167	hasar var	2.91	3.48
14	1.503	9.291	16.816	11.694	0.419	6	27		0.089	12.75	1.397	8.854	hasar var	0.657	4.167	hasar var	1.96	2.47
15	1.507	10.816	17.259	13.238	0.485	6	27		0.089	12.75	1.397	8.854	hasar var	0.657	4.167	hasar var	2.28	2.79
16	1.518	12.681	19.227	15.148	0.561	6	27		0.089	12.75	1.397	8.854	hasar var	0.657	4.167	hasar var	2.68	3.20
17	1.479	14.173	20.933	17.053	0.660	10	27		0.116	16.75	1.835	11.632	hasar var	1.096	6.944	hasar var	2.99	3.60

Y.Ç : yerinden çıkan blok sayısı

K.P : yerinde kıpırdayan blok sayısı

D : dönen blok sayısı (nominal çaptan fazla yer değiştirmeyen blok)

T.H : toplam hasar

Şekil 5.13-5.15'de Core-Loc için (N_0) rölatif hasarın H_s ve $H_{1/10}$ 'a göre değişimleri çizilmiştir. Bu şekillerden hasar için verilen değişimin benzeri görülmektedir. Şekil 5.16-5.18'de ise Accropode için rölatif hasara ait değişimler çizilmiştir. Ancak şekillerden görüldüğü gibi mevcut deney şartlarında Accropode için hasar gözlenmemiştir. Core-Loc'da ise en büyük topuk su derinliğinde hasar meydana gelmektedir.

Van der Meer'e göre belirlenen N_0 ve N_{0e} rölatif hasar değerleri hasar parametresine göre değişimi çizilmiştir. Bunun için tasarım dalga yüksekliği H_s ve $H_{1/10}$ ayrı ayrı dikkate alınmıştır. Ancak N_{0e} değişimi incelenirken; hasar başlangıcı (Çizelge 5.7-5.9), bir bloğun kesitten ayrılması sonucu oluşacak rölatif hasar değerinin hesaplanması ve buna karşılık gelen hasar parametresinin belirlenmesi ile tespit edilmiştir.

Accropode için hasar parametresinin ve genişletilmiş hasar parametrelerinin hasarla olan değişimleri sırasıyla Şekil 5.16-5.23'de görülmektedir. Bu şekiller incelendiğinde hasar başlangıcından önce hasar olduğu görülmektedir, ancak bu deneylerde üretilen düzensiz dalgaların belirgin dalga yüksekliklerinin küçükten büyüğe sıralanmamasından kaynaklanmaktadır. Deneylerde üretilen düzensiz dalgaların yarattığı hasarlar aynı topuk su derinliği için periyoda göre birbiri ardına gönderilen serilerin yarattığı hasarlardır. Bu hasar birbiri ardına toplanarak elde edilmiş ve kümülatif hasar elde edilmeye çalışılmıştır. Bu nedenle belirlenen hasar parametrelerinde, hasarın başlangıcından önce ve sonra saçılım söz konusudur. Hasar başlangıçları incelendiğinde genişletilmiş hasarda kırırdanma, dönme hareketlerinin toplamı dikkate alınmasından dolayı daha önce ortaya çıktığı görülmektedir. Ancak Accropode için genişletilmiş hasar parametresinde hasar başlangıcı ortaya çıktığından Şekil 5.21-5.23'de bu değişim gösterilmiş ve bu şekiller ile Core-Loc'a ait genişletilmiş hasar parametreleri karşılaştırılabilmiştir. Karşılaştırılmadan, Accropode için hasar başlangıcına ait hasar parametresi değerinin Core-Loc'a göre daha küçük olduğu belirlenmiştir.

Şekil 5.24-5.29'da genişletilmiş hasarın ($\%S_{0e}$) belirgin dalga yüksekliği ile değişimi periyoda göre sırasıyla gerek Core-Loc gerekse Accropode için sınıflandırılması yapılmıştır. Bu şekillerden daha büyük periyotlarda daha büyük hasarın meydana geldiği görülmektedir. Şekil 5.30-5.35'de ise yine sırasıyla Core-Loc ve Accropode için hasarın periyotla değişimleri gösterilmiştir. Bu şekillerden de açıkça, hasarın periyotla arttığı görülmektedir.

Hasar başlangıçları belirlenerek iki farklı tasarım dalga yüksekliğine göre K_D stabilite katsayıları hesaplanmıştır. Şekil 5.39-5.42'de hesaplanan K_D değerleri ile daha önceki çalışmalarda hesaplanan K_D değerleri gösterilmiştir. Bu hesaplamada Van der Meer (1999)'in önerdiği 1.5 güvenlik katsayısına bölünmeksizin hasar parametreleri dikkate alınmıştır.

Çizelge 5.7 Topuk su derinliği $d_t=0.40$ m için hasar başlangıcı

Koruyucu tabaka	$H_s / \Delta D_n$	$H_{1/10} / \Delta D_n$	Açıklama
Accropode	Hasar oluşmadı	Hasar oluşmadı	N_0 için
	1.95	2.40	N_{0e} için
Core-Loc	2.66	3.19	N_0 için
	1.96	2.42	N_{0e} için

Çizelge 5.8 Topuk su derinliği $d_t=0.35$ m için hasar başlangıcı

Koruyucu tabaka	$H_s / \Delta D_n$	$H_{1/10} / \Delta D_n$	Açıklama
Accropode	Hasar oluşmadı	Hasar oluşmadı	N_0 için
	1.53	1.90	N_{0e} için
Core-Loc	2.59	3.13	N_0 için
	1.79	2.24	N_{0e} için

Çizelge 5.9 Topuk su derinliği $d_t=0.30$ m için hasar başlangıcı

Koruyucu tabaka	$H_s / \Delta D_n$	$H_{1/10} / \Delta D_n$	Açıklama
Accropode	Hasar oluşmadı	Hasar oluşmadı	N_0 için
	1.91	2.38	N_{0e} için
Core-Loc	Hasar oluşmadı	Hasar oluşmadı	N_0 için
	1.99	2.40	N_{0e} için

Çizelge 5.10 H_s 'e göre K_D stabilite katsayıları

Koruyucu tabaka	Eğim	Rölatif hasar	K_D	Açıklama
Accropode	1:1.5	N_0	Hasar oluşmadı	Bu çalışmada (H_s göre)
	1:1.5	N_{0e}	2.39	Bu çalışmada (H_s göre)
	1:1.5	N_0	13.61	Çevik ve diğ. (2002)
	1:1.33	N_0	12	Van der Meer (1999)
Core-Loc	1:1.5	N_0	11.58	Bu çalışmada (H_s göre)
	1:1.5	N_{0e}	3.82	Bu çalışmada (H_s göre)
	1:1.5	N_0	17.17	Yüksel ve diğ. (2002)
	1:1.33	N_0	16	Van der Meer (1999)

Çizelge 5.11 $H_{1/10}$ 'e göre K_D stabilite katsayıları

Koruyucu tabaka	Eğim	Rölatif hasar	K_D	Açıklama
Accropode	1:1.5	N_0	Hasar oluşmadı	Bu çalışmada ($H_{1/10}$ göre)
	1:1.5	N_{0e}	4.57	Bu çalışmada ($H_{1/10}$ göre)
	1:1.5	N_0	13.61	Çevik ve diğ. (2002)
	1:1.33	N_0	12	Van der Meer (1999)
Core-Loc	1:1.5	N_0	20.44	Bu çalışmada ($H_{1/10}$ göre)
	1:1.5	N_{0e}	7.49	Bu çalışmada ($H_{1/10}$ göre)
	1:1.5	N_0	17.17	Yüksel ve diğ. (2002)
	1:1.33	N_0	16	Van der Meer (1999)

Çizelge 5.10 ve 5.11'den düzensiz dalga koşullarında elde edilen stabilite katsayılarının gerek Van der Meer (1999) gerekse Yüksel ve diğ. (2002) ile Çevik ve diğ. (2002)'nin verileriyle uyumsuz olduğu görülmektedir. Ancak bunun en önemli nedenleri, düzensiz dalga koşullarında uygulanan fırtına süresinin yetersiz kalması (stabilite fırtına süresine bağlıdır) ve hesaplamalarda dikkate alınan kıpırdanma ve dönme yüzdeleridir.

Bu amaçla kıpırdanma ve dönme katsayıları 0.05 ve 0.1 olarak yeniden dikkate alınmıştır. Bu yüzdeler göre hasar başlangıçları ve stabilite katsayıları yeniden hesaplanarak sırasıyla Çizelge 5.12-5.16'da özetlenmiştir. Dikkate alınan yüzdeler blokların stabiliteelerini daha iyi

temsil etmektedir. Elde edilen yeni katsayılar, önceki sonuçları gözönüne alındığında bir önceki yüzdelerle göre uyumu daha iyi daha temsil etmektedir.

Çizelge 5.12 Yeni hasar katsayıları ile tespit edilmiş hasar başlangıçları, $d_t=0.40$ m

Koruyucu tabaka	$H_s / \Delta D_n$	$H_{1/10} / \Delta D_n$	Açıklama
Accropode	Hasar oluşmadı	Hasar oluşmadı	N_0 için
	2.64	3.16	N_{0e} için
Core-Loc	2.66	3.19	N_0 için
	2.65	3.19	N_{0e} için

Çizelge 5.13 Yeni hasar katsayıları ile tespit edilmiş hasar başlangıçları, $d_t=0.35$ m

Koruyucu tabaka	$H_s / \Delta D_n$	$H_{1/10} / \Delta D_n$	Açıklama
Accropode	Hasar oluşmadı	Hasar oluşmadı	N_0 için
	2.57	3.10	N_{0e} için
Core-Loc	2.59	3.13	N_0 için
	2.54	3.11	N_{0e} için

Çizelge 5.14 Yeni hasar katsayıları ile tespit edilmiş hasar başlangıçları, $d_t=0.30$ m

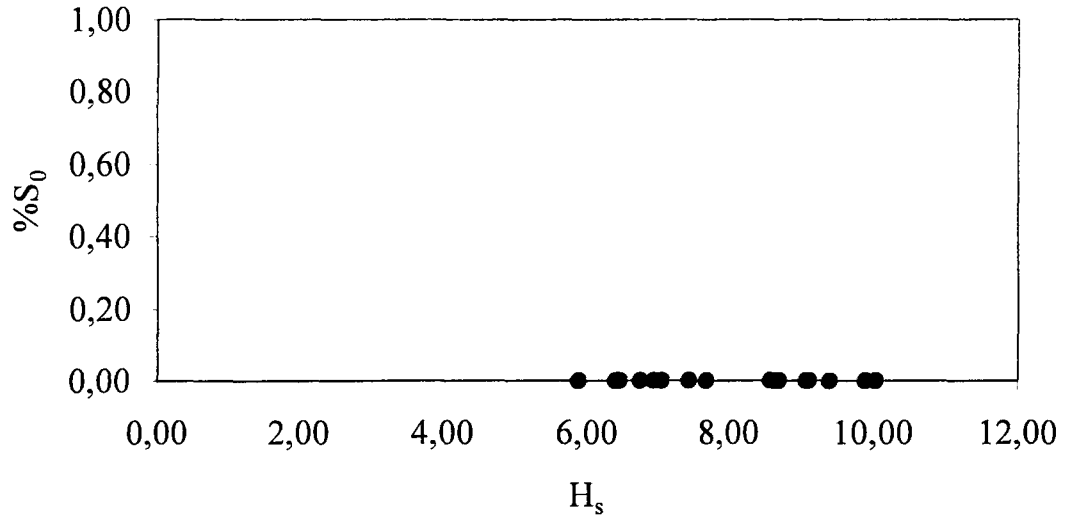
Koruyucu tabaka	$H_s / \Delta D_n$	$H_{1/10} / \Delta D_n$	Açıklama
Accropode	Hasar oluşmadı	Hasar oluşmadı	N_0 için
	Hasar oluşmadı	Hasar oluşmadı	N_{0e} için
Core-Loc	Hasar oluşmadı	Hasar oluşmadı	N_0 için
	Hasar oluşmadı	Hasar oluşmadı	N_{0e} için

Çizelge 5.15 Yeni hasar katsayıları ile H_s 'e göre hesaplanan stabilite sayıları

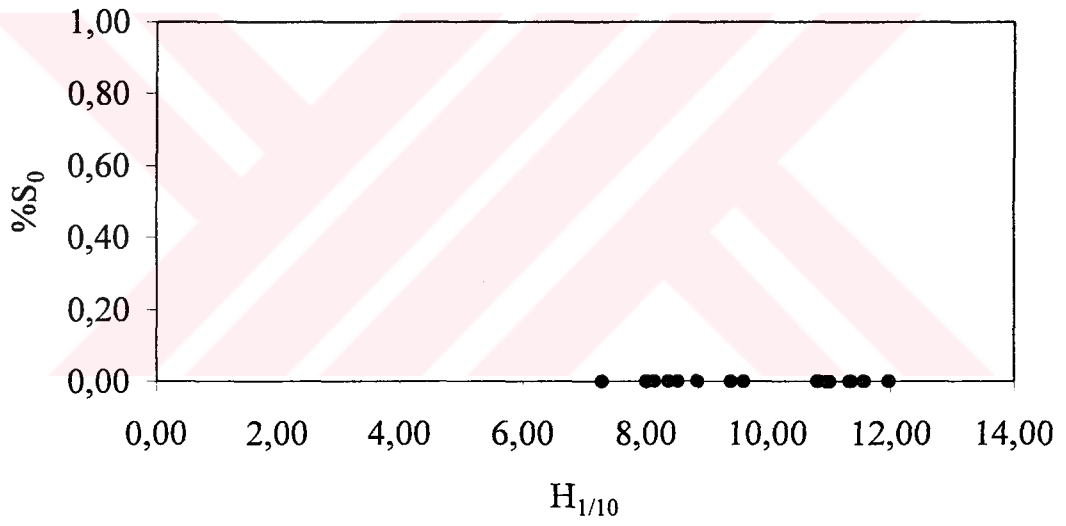
Koruyucu tabaka	Eğim	Rölatif hasar	K_D	Açıklama
Accropode	1:1.5	N_0	Hasar oluşmadı	Bu çalışmada (H_s göre)
	1:1.5	N_{0e}	11.32	Bu çalışmada (H_s göre)
	1:1.5	N_0	13.61	Çevik ve diğ. (2002)
	1:1.33	N_0	12	Van der Meer (1999)
Core-Loc	1:1.5	N_0	11.58	Bu çalışmada (H_s göre)
	1:1.5	N_{0e}	10.92	Bu çalışmada (H_s göre)
	1:1.5	N_0	17.17	Yüksel ve diğ. (2002)
	1:1.33	N_0	16	Van der Meer (1999)

Çizelge 5.16 Yeni hasar katsayıları ile $H_{1/10}$ 'a göre hesaplanan stabilite sayıları

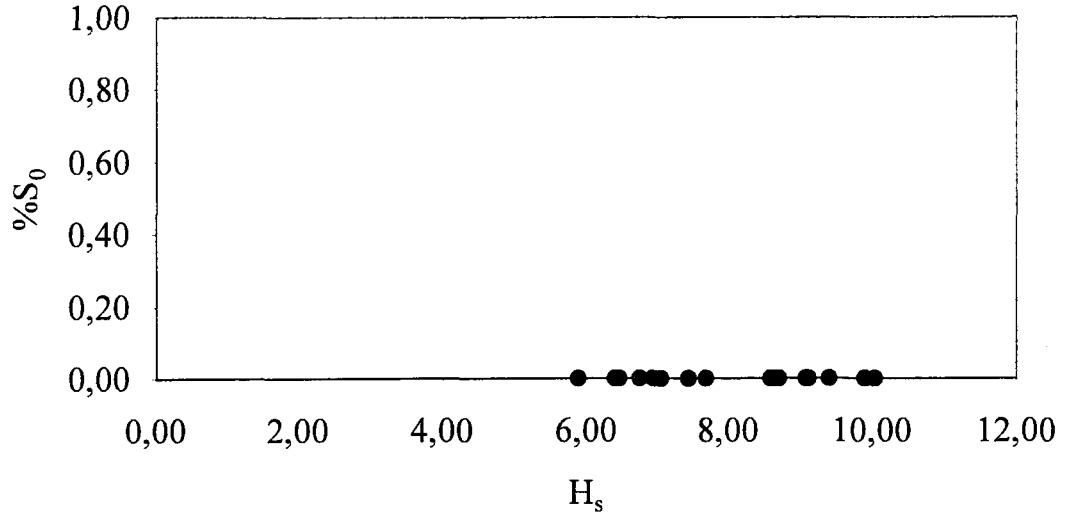
Koruyucu tabaka	Eğim	Rölatif hasar	K_D	Açıklama
Accropode	1:1.5	N_0	Hasar oluşmadı	Bu çalışmada ($H_{1/10}$ göre)
	1:1.5	N_{0e}	19.86	Bu çalışmada ($H_{1/10}$ göre)
	1:1.5	N_0	13.61	Çevik ve diğ. (2002)
	1:1.33	N_0	12	Van der Meer (1999)
Core-Loc	1:1.5	N_0	20.44	Bu çalışmada ($H_{1/10}$ göre)
	1:1.5	N_{0e}	20.05	Bu çalışmada ($H_{1/10}$ göre)
	1:1.5	N_0	17.17	Yüksel ve diğ. (2002)
	1:1.33	N_0	16	Van der Meer (1999)



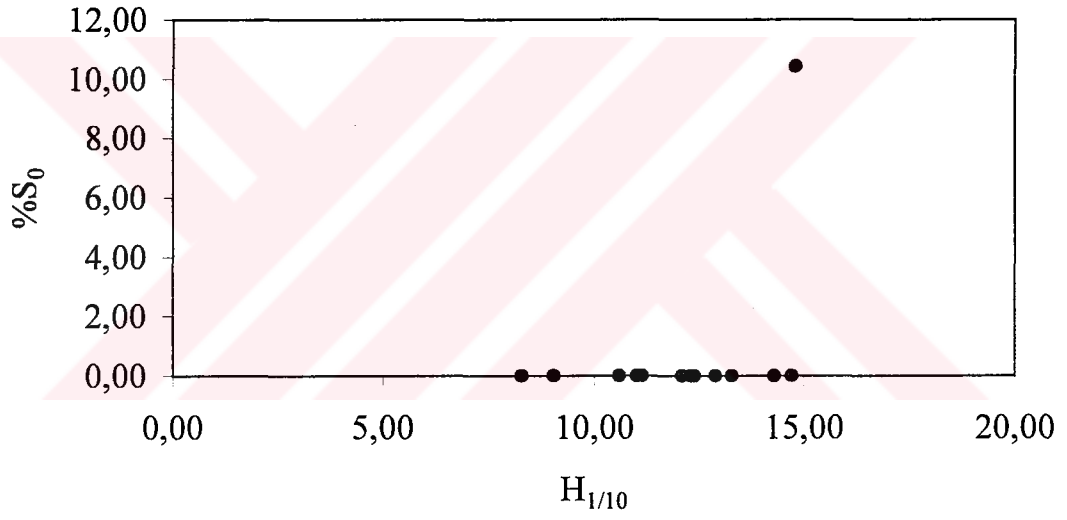
Şekil 5.1a Core-Loc için $\%S_0$ - H_s değişimi, $d_t=0.30$ m



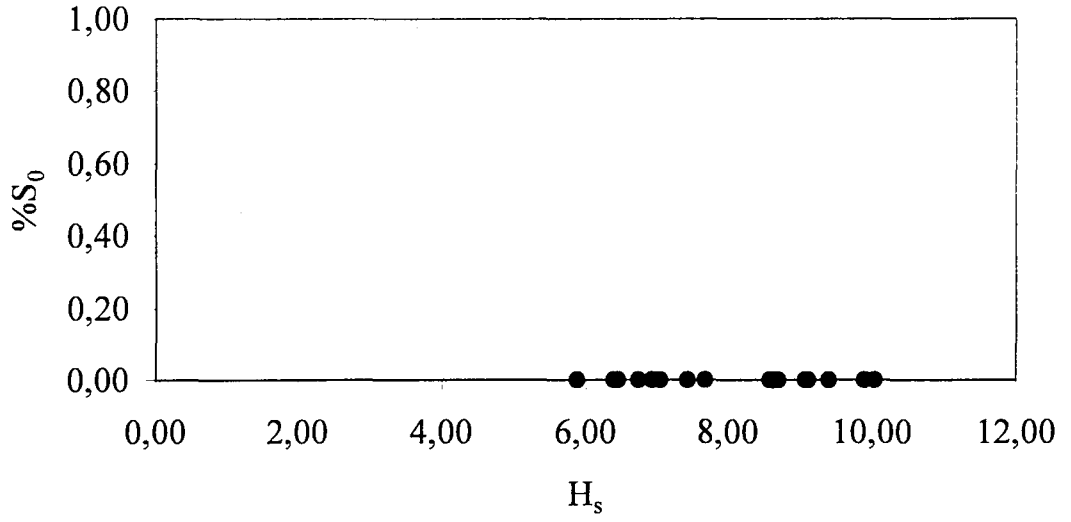
Şekil 5.1b Core-Loc için $\%S_0$ - $H_{1/10}$ değişimi, $d_t=0.30$ m



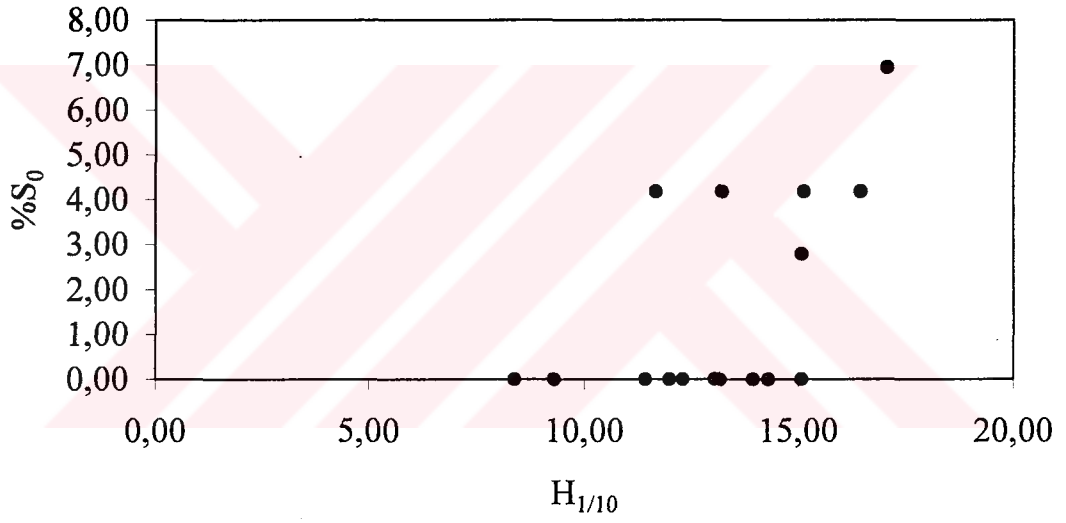
Şekil 5.2a Core-Loc için $\%S_0$ - H_s değişimi, $d_t = 0.35$ m



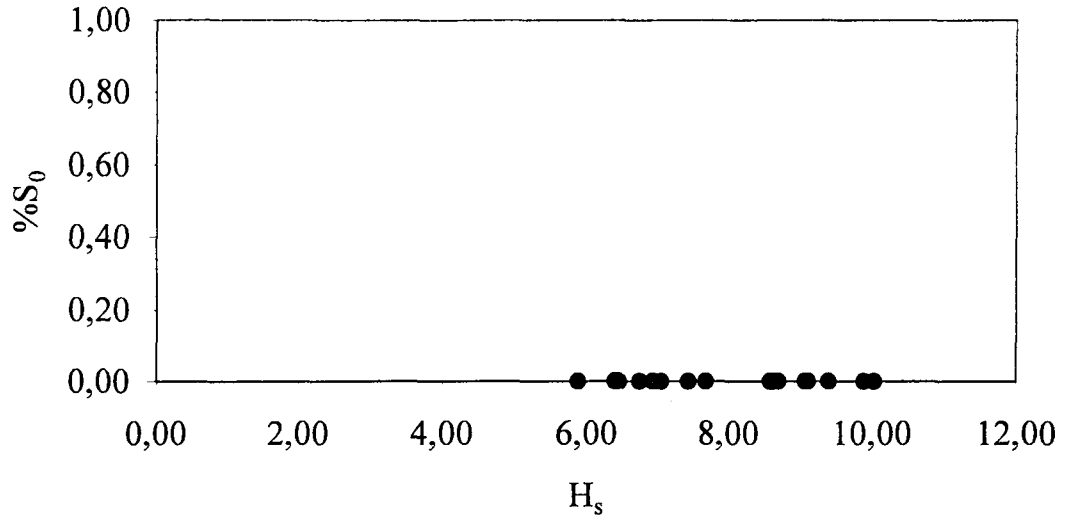
Şekil 5.2b Core-Loc için $\%S_0$ - $H_{1/10}$ değişimi, $d_t = 0.35$ m



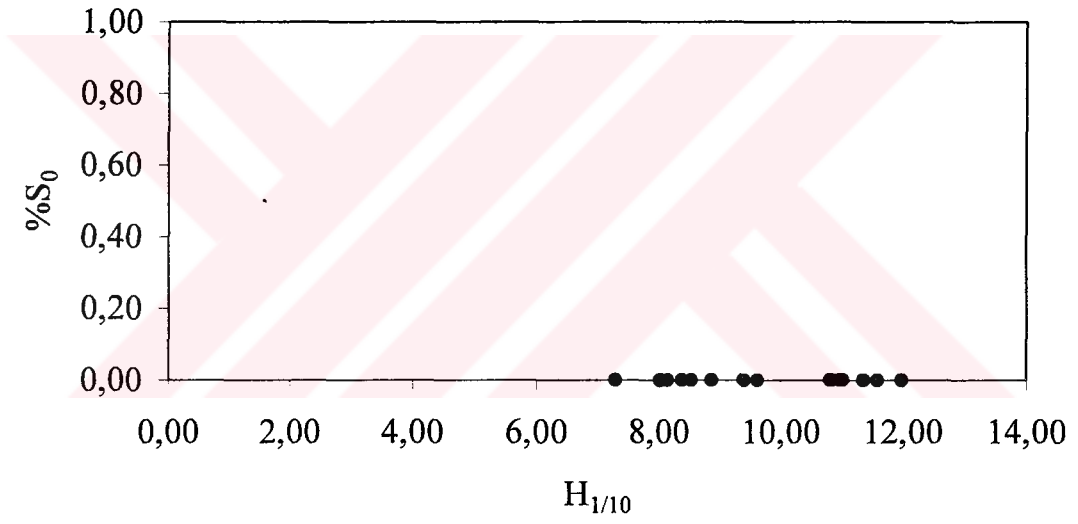
Şekil 5.3a Core-Loc için $\%S_0$ - H_s değişimi, $d_t=0.40$ m



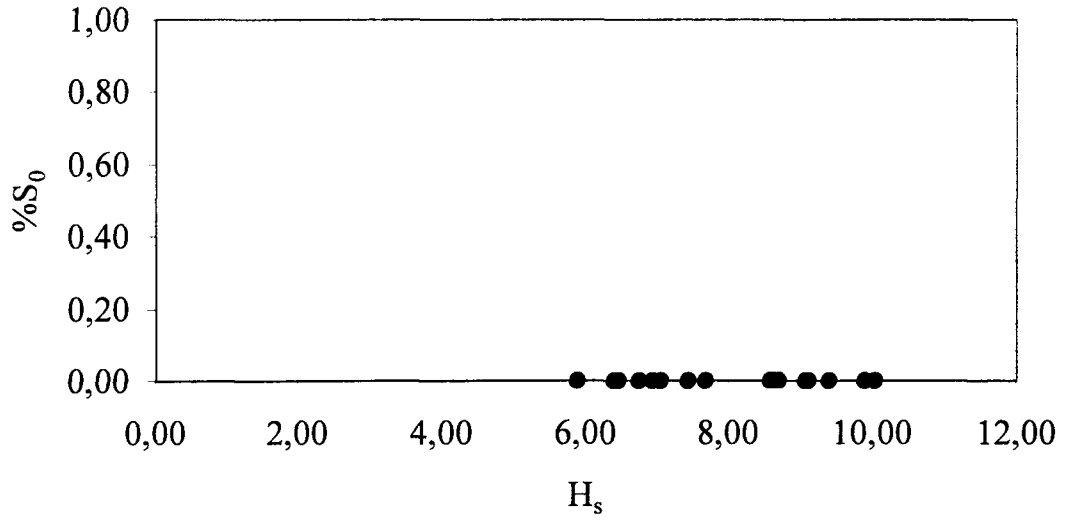
Şekil 5.3b Core-Loc için $\%S_0$ - $H_{1/10}$ değişimi, $d_t=0.40$ m



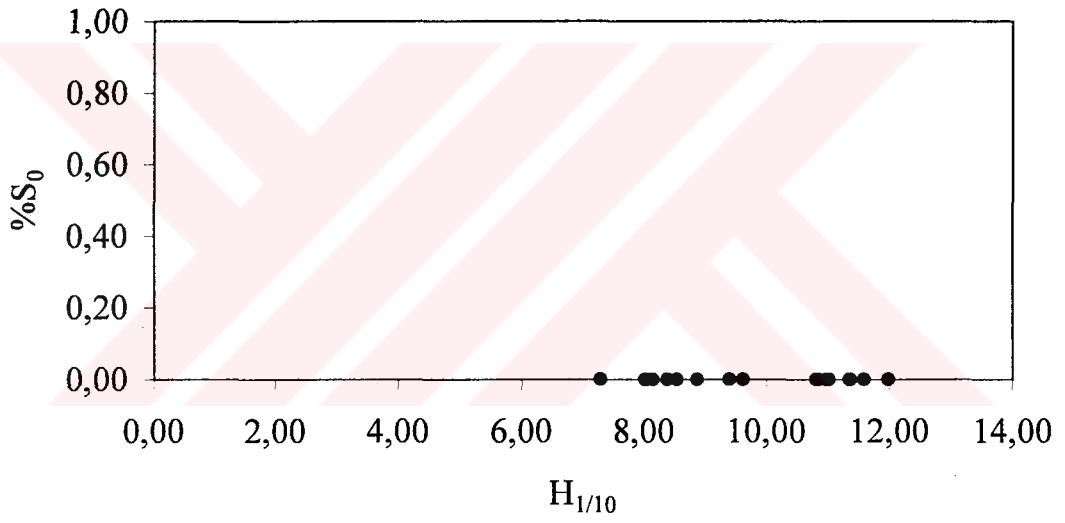
Şekil 5.4a Accropode için $\%S_0$ - H_s değişimi, $d_t = 0.30$ m



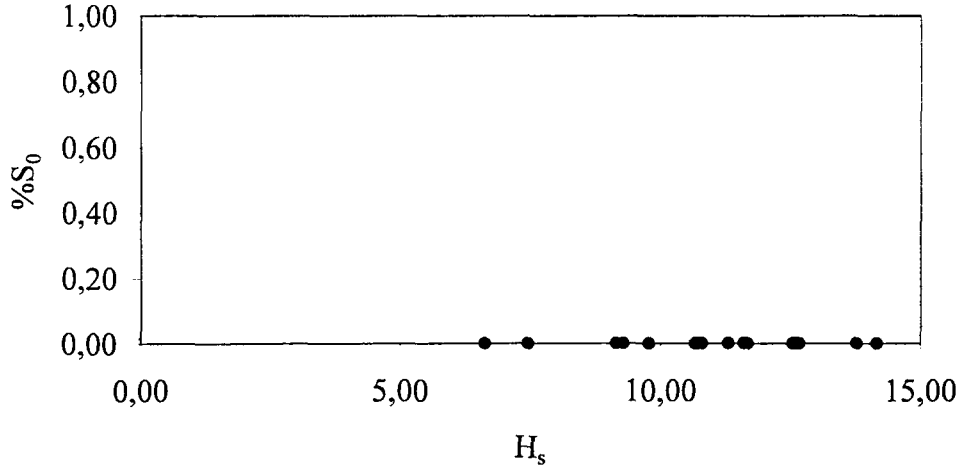
Şekil 5.4b Accropode için $\%S_0$ - $H_{1/10}$ değişimi, $d_t = 0.30$ m



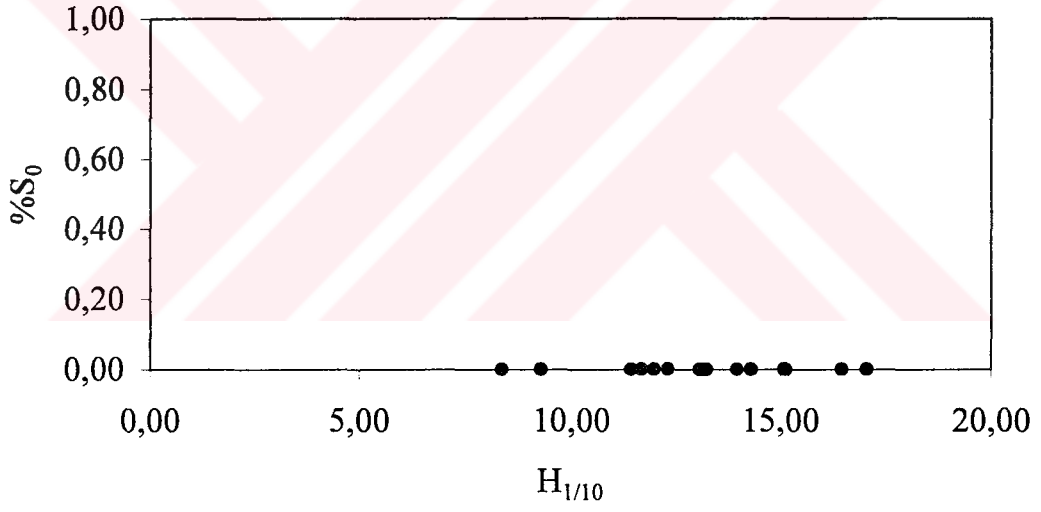
Şekil 5.5a Accropode için $\%S_0$ - H_s değişimi, $d_t = 0.35$ m



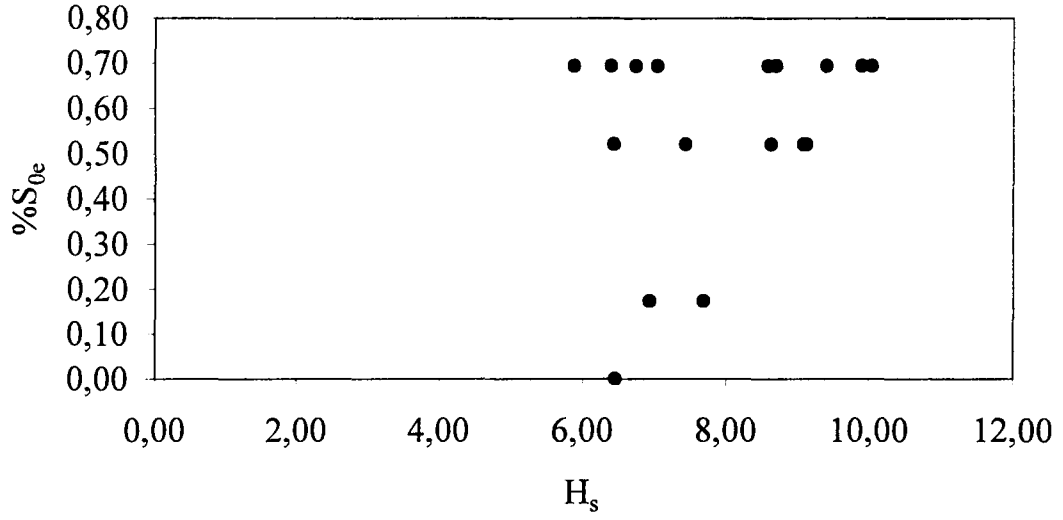
Şekil 5.5b Accropode için $\%S_0$ - $H_{1/10}$ değişimi, $d_t = 0.35$ m



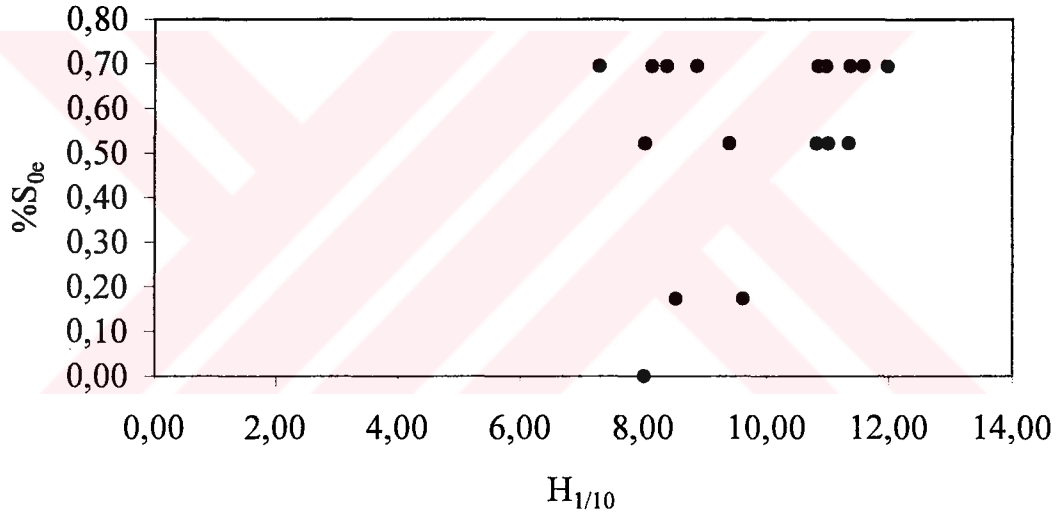
Şekil 5.6a Accropode için $\%S_0$ - H_s değişimi, $d_t=0.40$ m



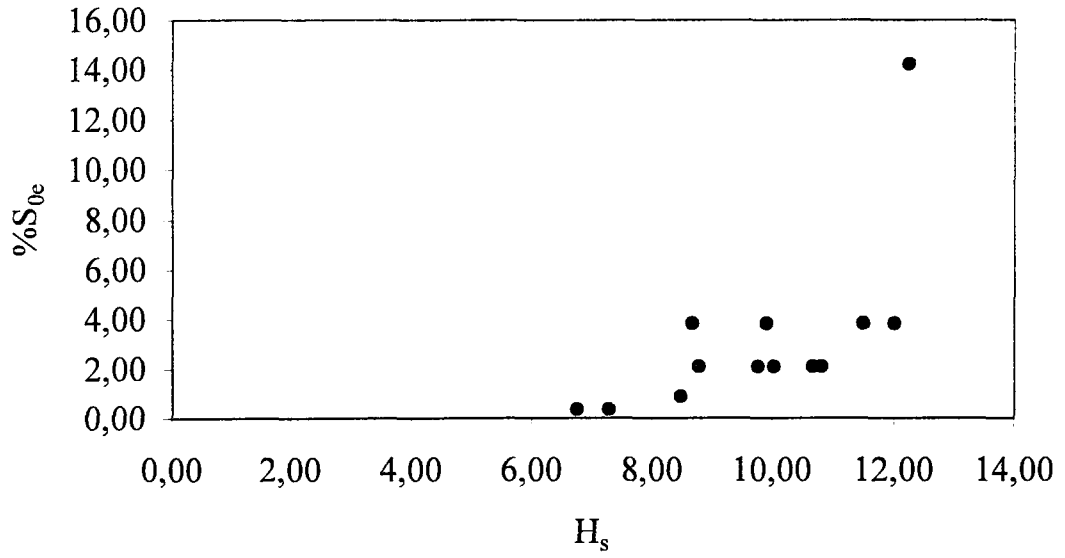
Şekil 5.6b Accropode için $\%S_0$ - $H_{1/10}$ değişimi, $d_t=0.40$ m



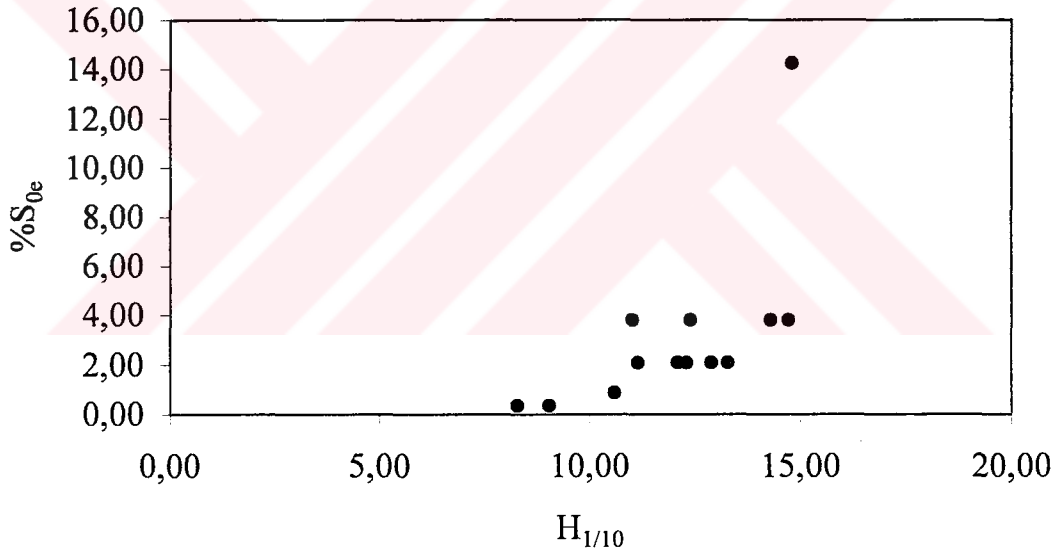
Şekil 5.7a Core-Loc için $\%S_{0e}$ - H_s değişimi, $d_t=0.30$ m



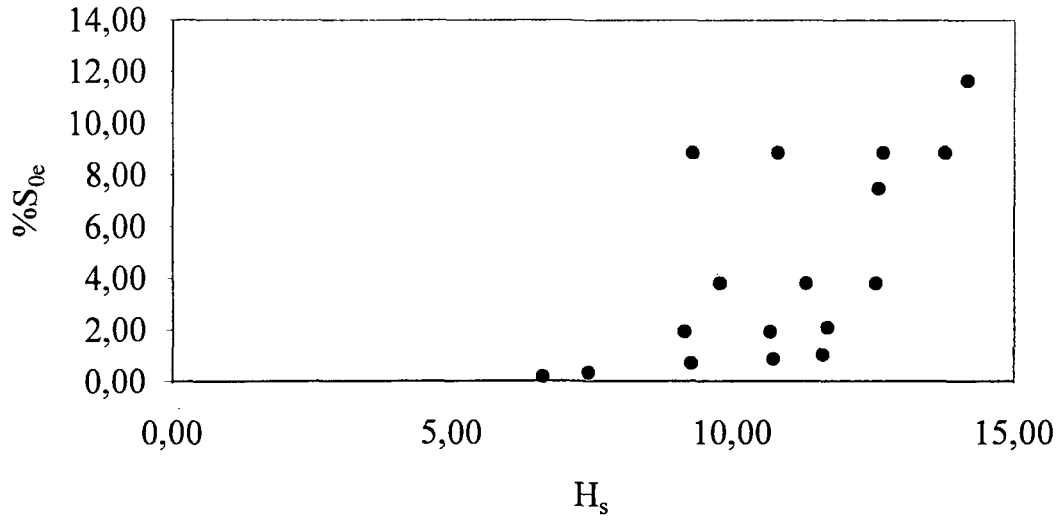
Şekil 5.7b Core-Loc için $\%S_{0e}$ - $H_{1/10}$ değişimi, $d_t=0.30$ m



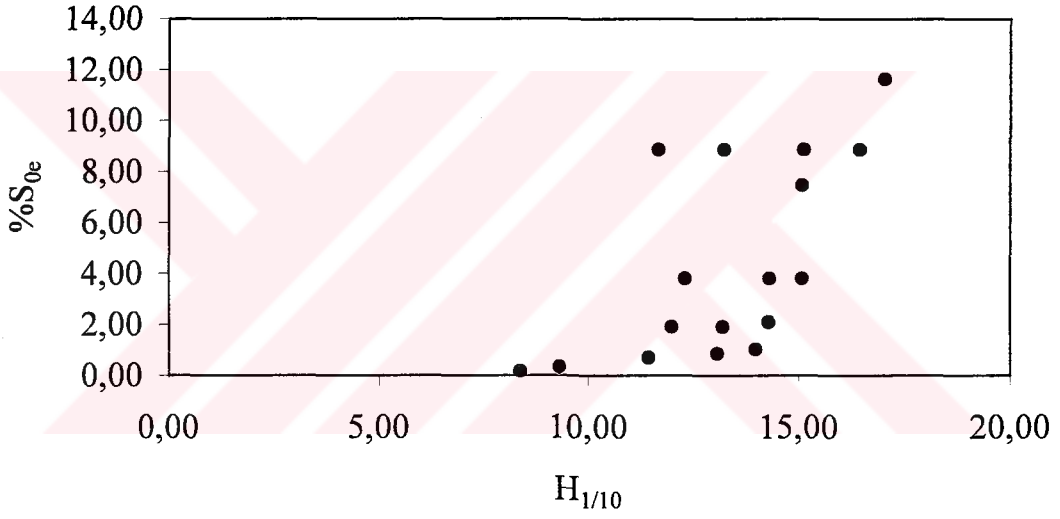
Şekil 5.8a Core-Loc için $\%S_{0e}$ - H_s değişimi, $d_t=0.35$ m



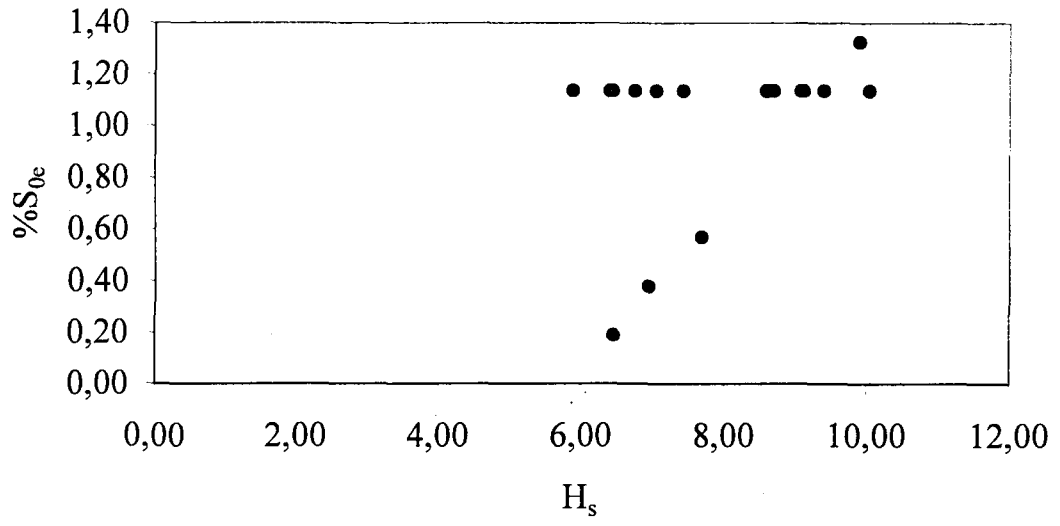
Şekil 5.8b Core-Loc için $\%S_{0e}$ - $H_{1/10}$ değişimi, $d_t=0.35$ m



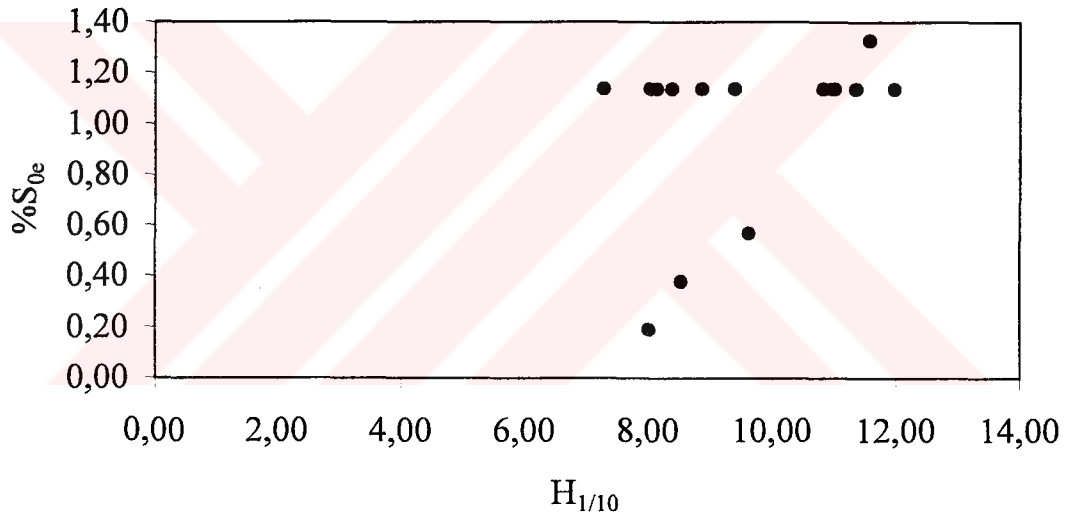
Şekil 5.9a Core-Loc için %S_{0e}-H_s değişimi, d_t=0.40 m



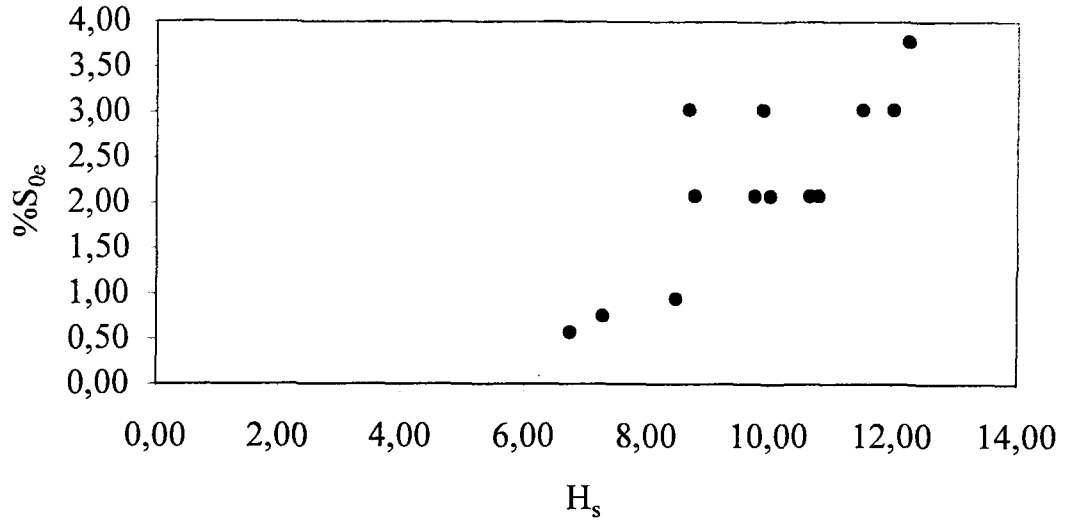
Şekil 5.9b Core-Loc için %S_{0e}-H_{1/10} değişimi, d_t=0.40 m



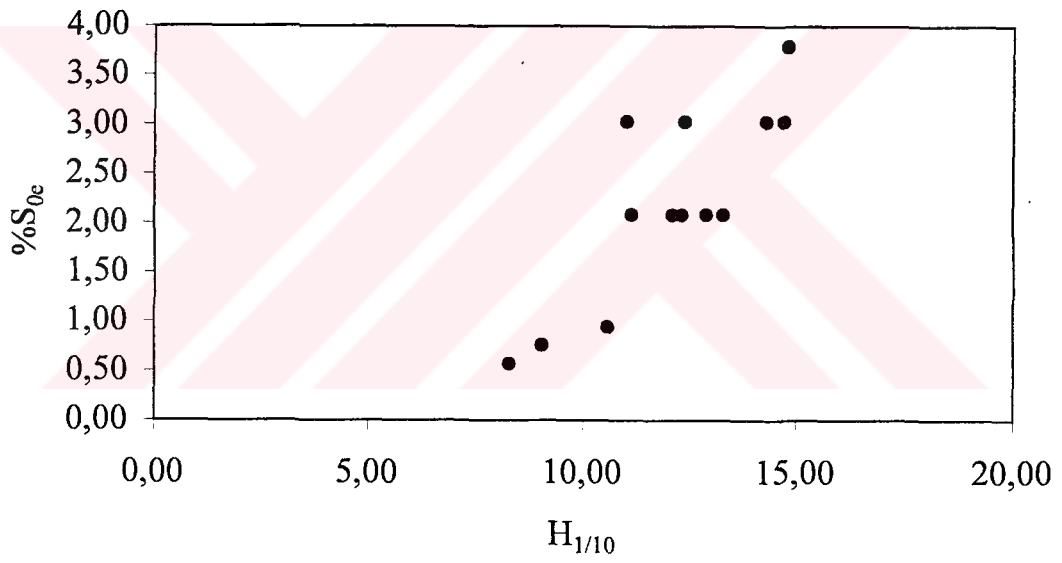
Şekil 5.10a Accropode için $\%S_{0e}$ - H_s değişimi, $d_t=0.30$ m



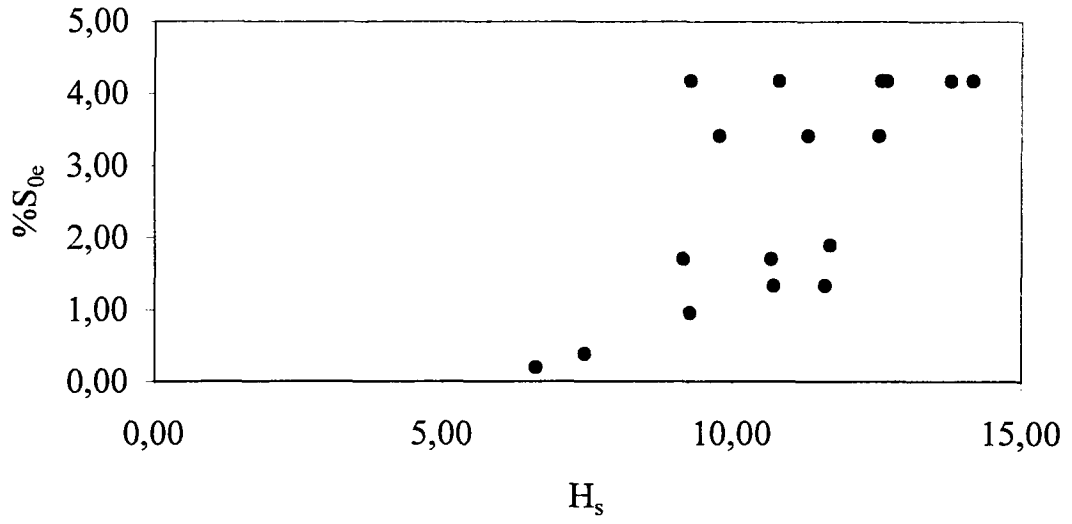
Şekil 5.10b Accropode için $\%S_{0e}$ - $H_{1/10}$ değişimi, $d_t=0.30$ m



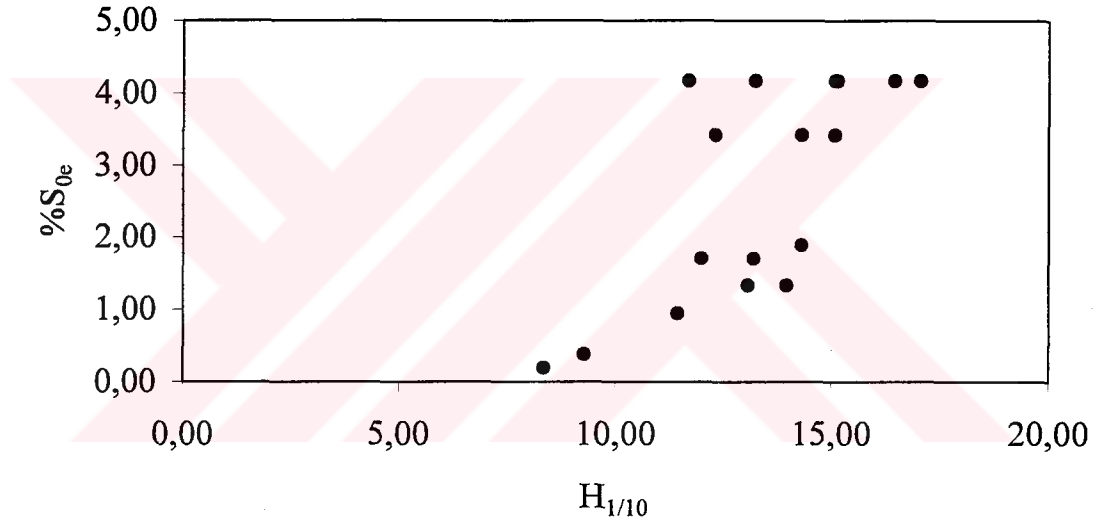
Şekil 5.11a Accropode için $\%S_{0e}$ - H_s değişimi, $d_t=0.35$ m



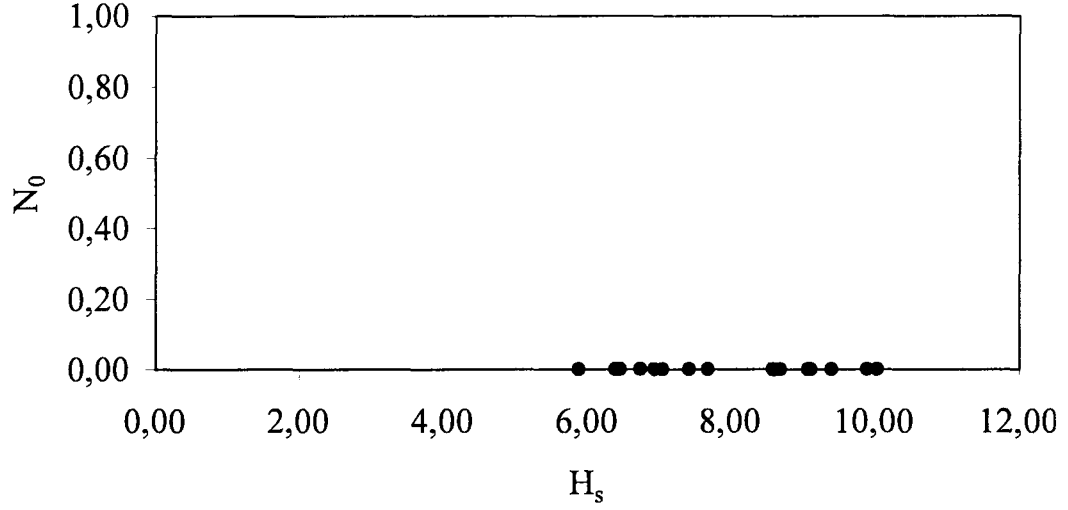
Şekil 5.11b Accropode için $\%S_{0e}$ - $H_{1/10}$ değişimi, $d_t=0.35$ m



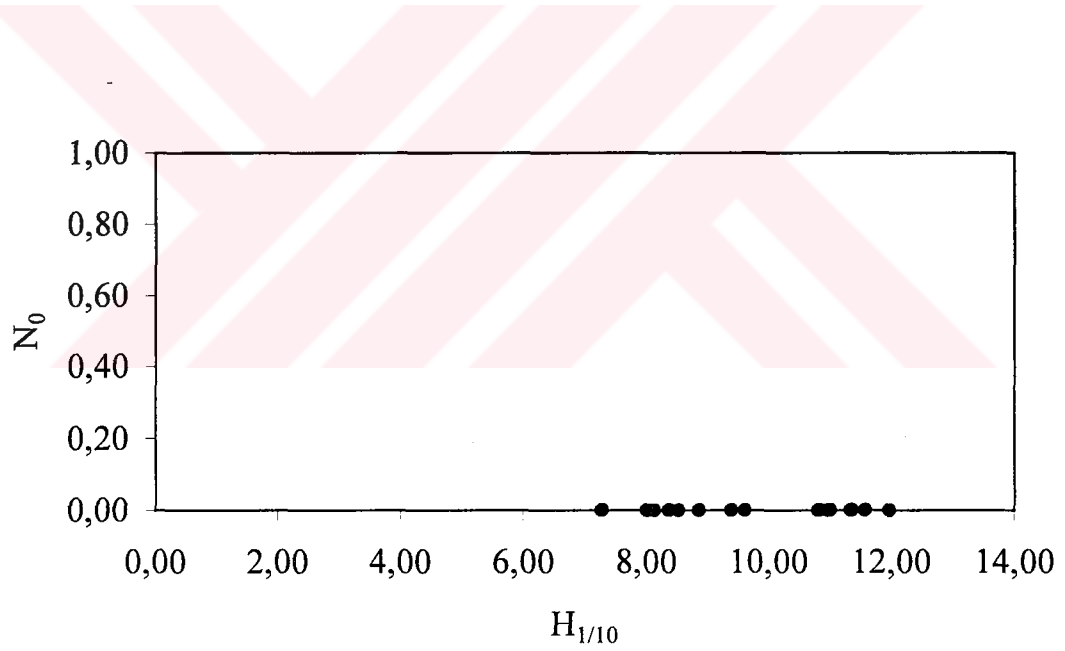
Şekil 5.12a Accropode için %S_{0e}-H_s değişimi, d_t=0.40 m



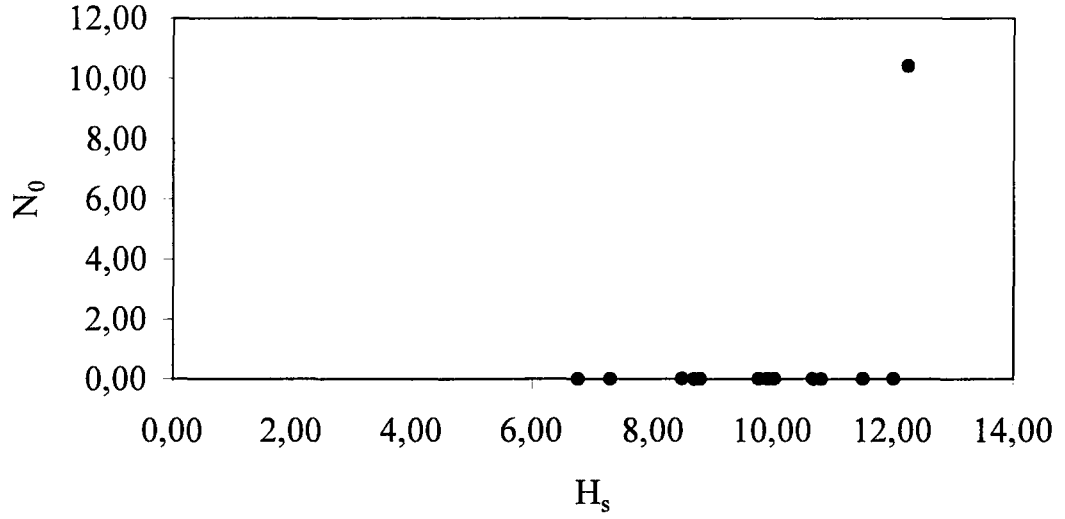
Şekil 5.12b Accropode için %S_{0e}-H_{1/10} değişimi, d_t=0.40 m



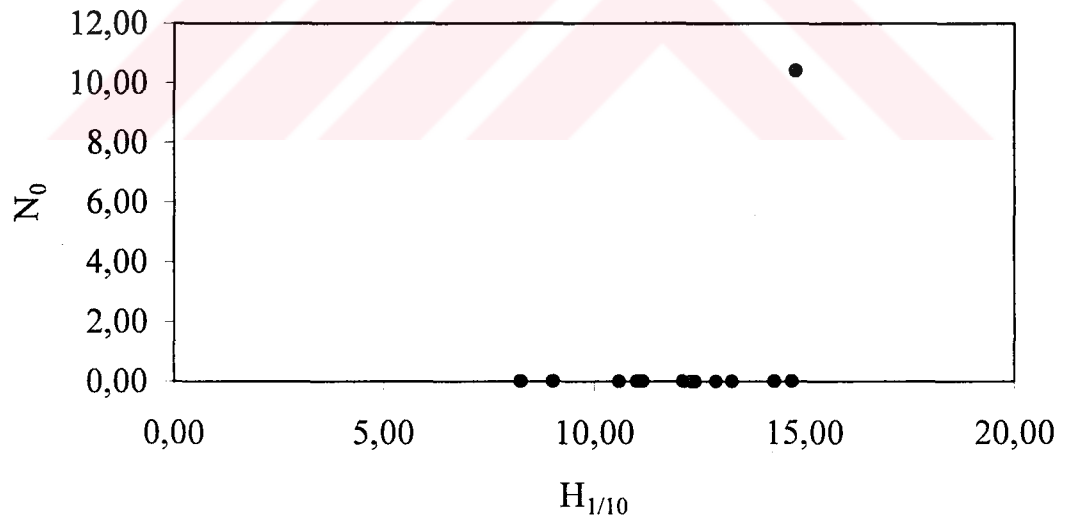
Şekil 5.13a Core-loc için hasar parametresinin topuktaki H_s dalga yüksekliği ile değişimi, $d_f=0.30$ m



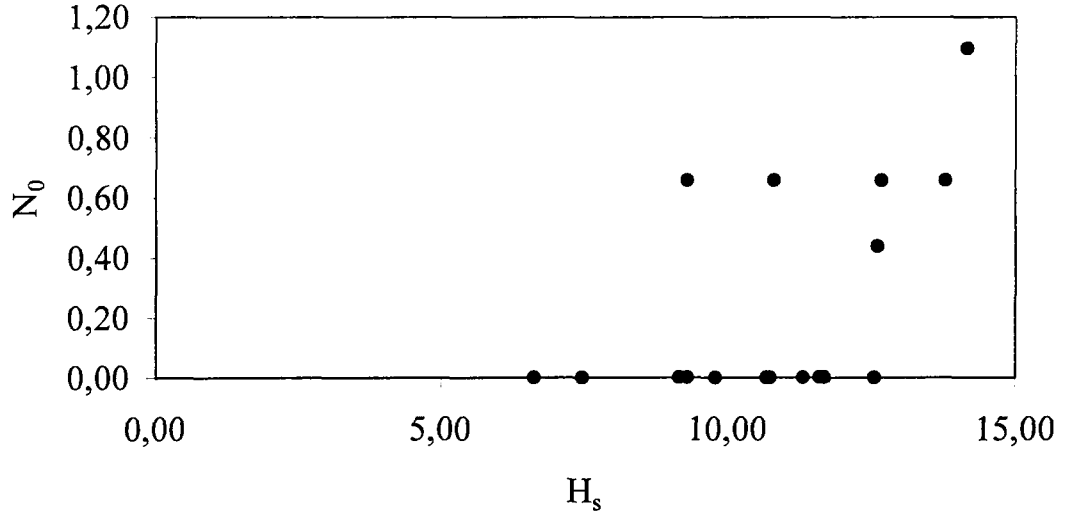
Şekil 5.13b Core-loc için hasar parametresinin topuktaki $H_{1/10}$ dalga yüksekliği ile değişimi, $d_f=0.30$ m



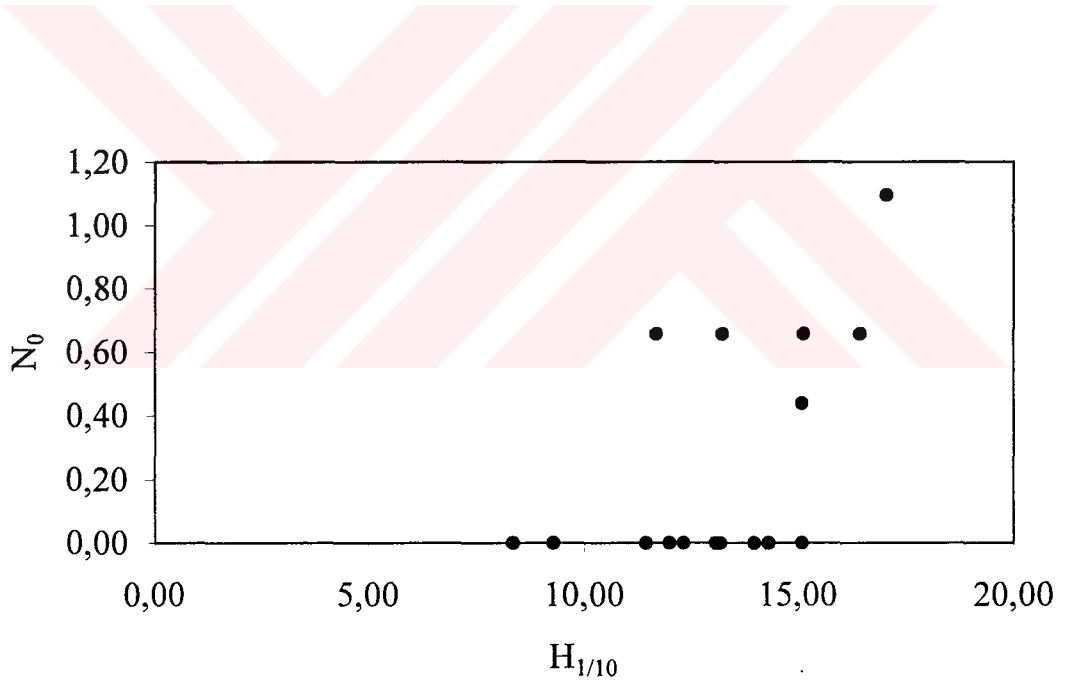
Şekil 5.14a Core-Loc için hasar parametresinin topuktaki H_s dalga yüksekliği ile değişimi, $d_t=0.35$ m



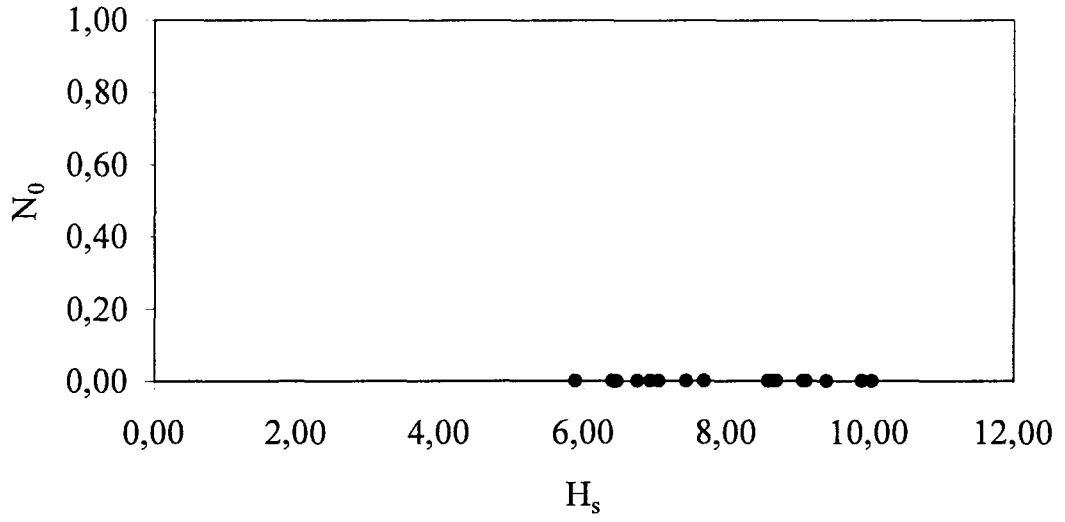
Şekil 5.14b Core-Loc için hasar parametresinin topuktaki $H_{1/10}$ dalga yüksekliği ile değişimi, $d_t=0.35$ m



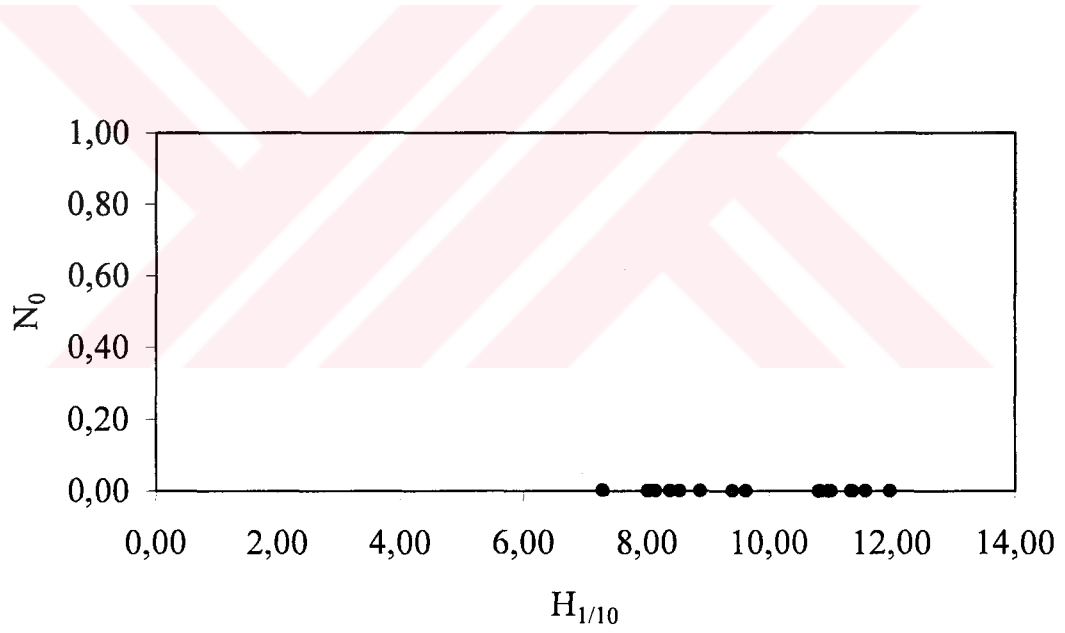
Şekil 5.15a Core-Loc için hasar parametresinin topuktaki H_s dalga yüksekliği ile değişimi, $d_t=0.40$ m



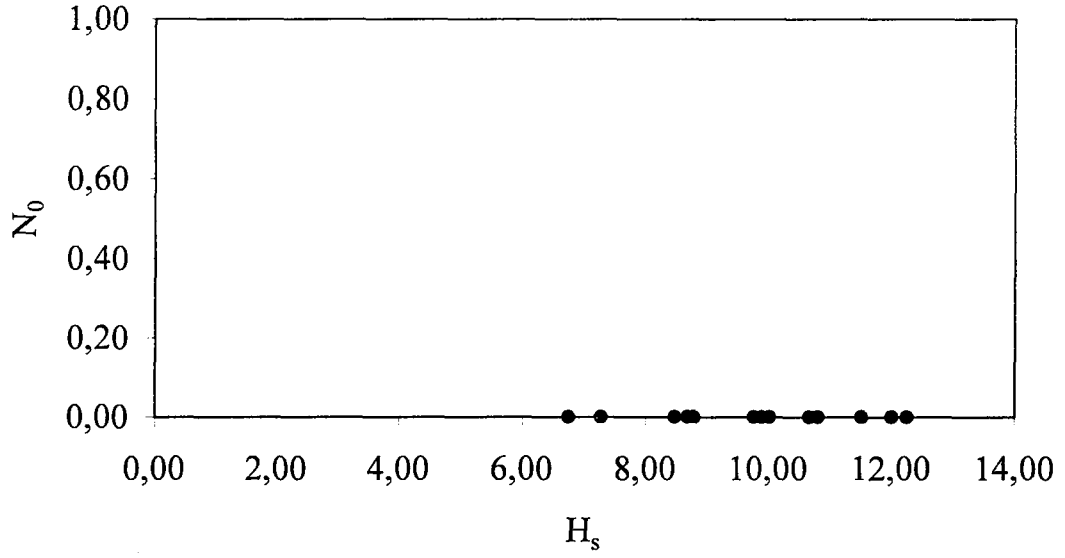
Şekil 5.15b Core-Loc için hasar parametresinin topuktaki $H_{1/10}$ dalga yüksekliği ile değişimi, $d_t=0.40$ m



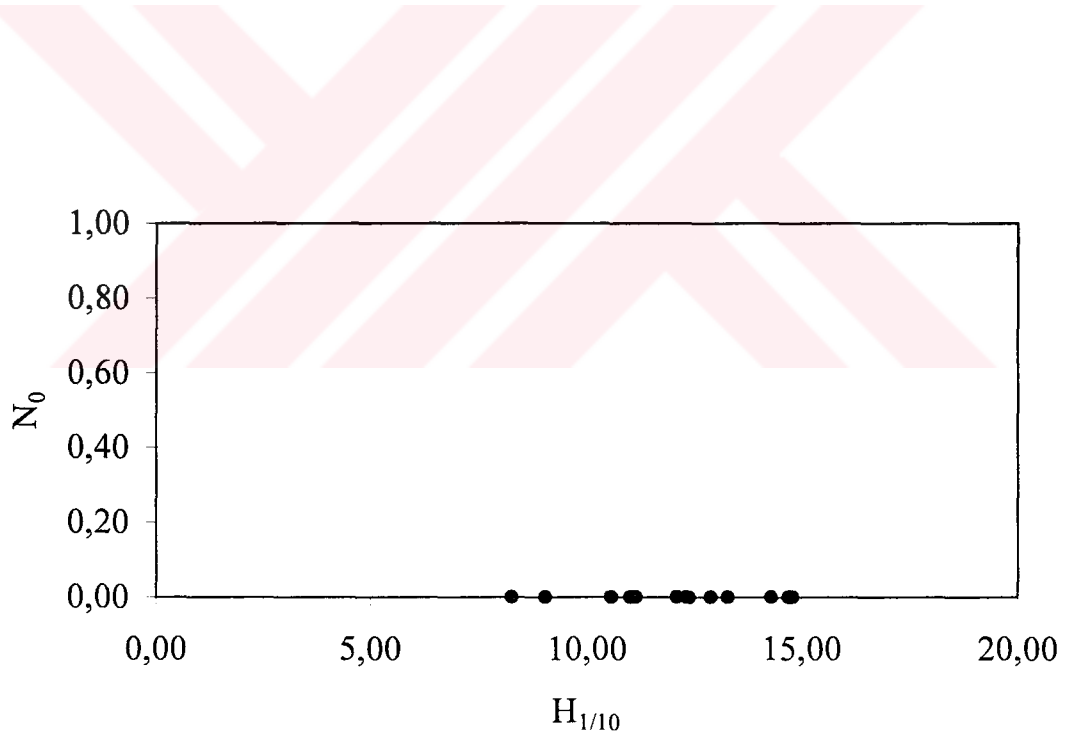
Şekil 5.16a Accropode için hasar parametresinin topuktaki H_s dalga yüksekliği ile değişimi, $d_t=0.30$ m



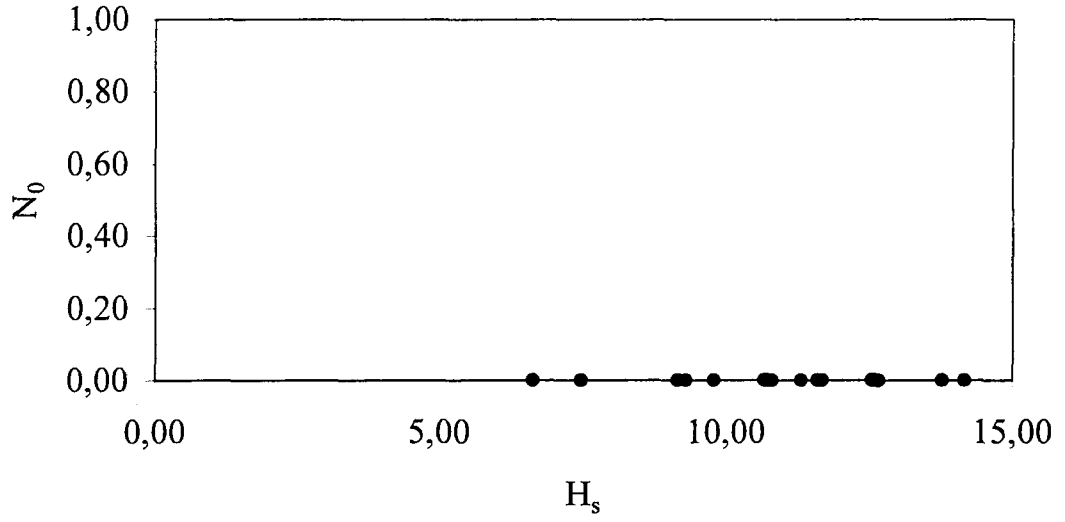
Şekil 5.16b Accropode için hasar parametresinin topuktaki $H_{1/10}$ dalga yüksekliği ile değişimi, $d_t=0.30$ m



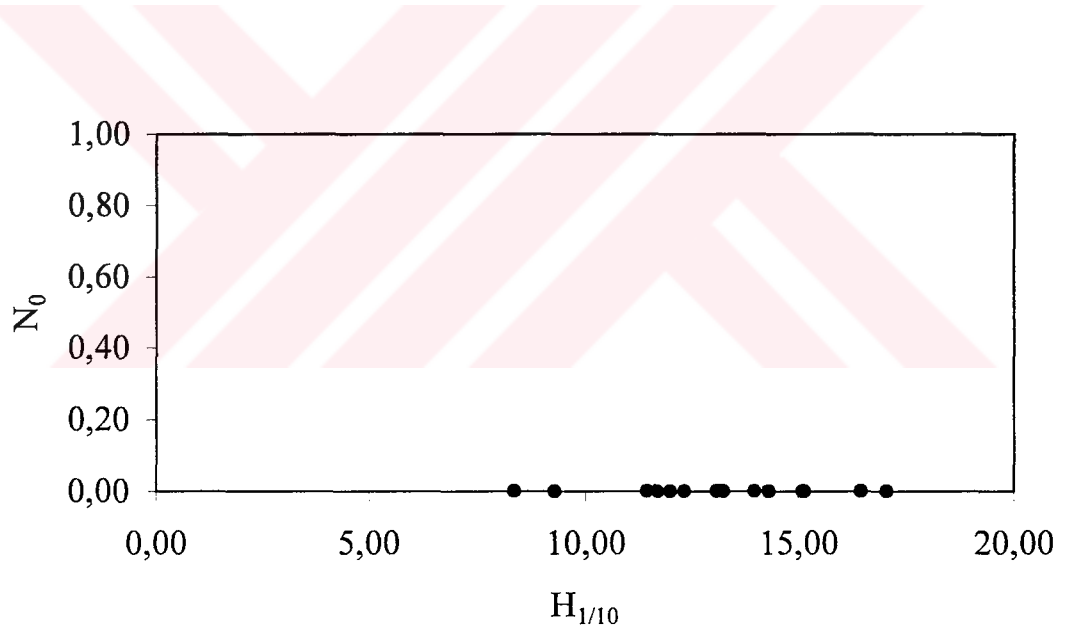
Şekil 5.17a Accropode için hasar parametresinin topuktaki H_s dalga yüksekliği ile değişimi, $d_t=0.35$ m



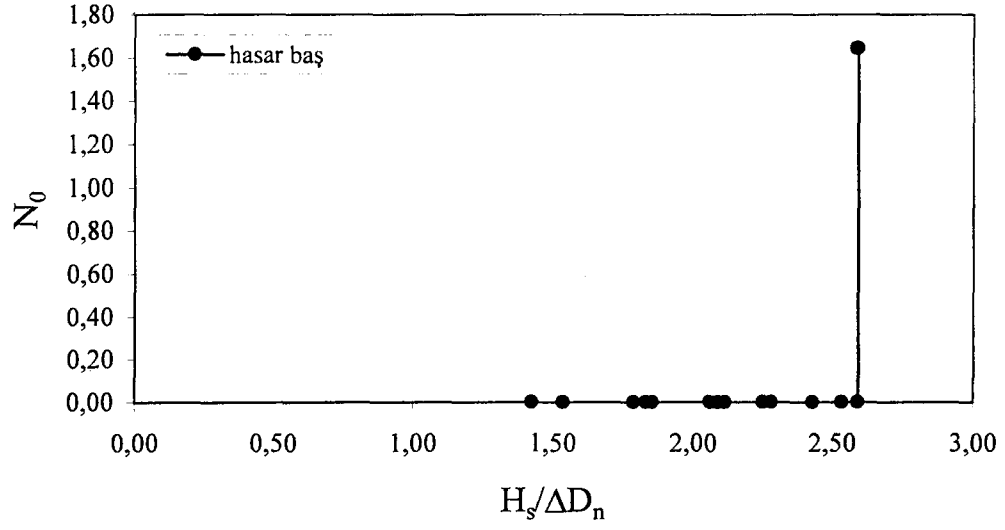
Şekil 5.17b Accropode için hasar parametresinin topuktaki $H_{1/10}$ dalga yüksekliği ile değişimi, $d_t=0.35$ m



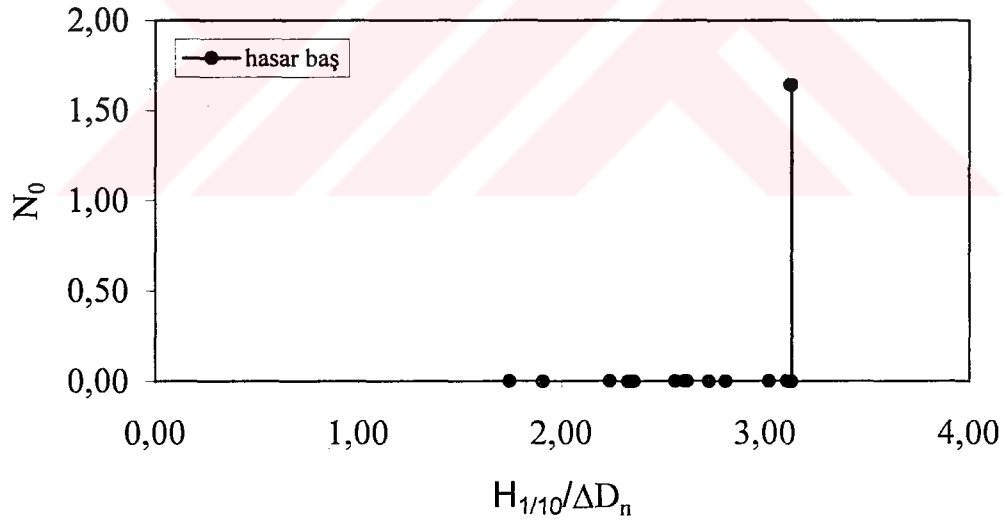
Şekil 5.18a Accropode için hasar parametresinin topuktaki H_s dalga yüksekliği ile değişimi, $d_t=0.40$ m



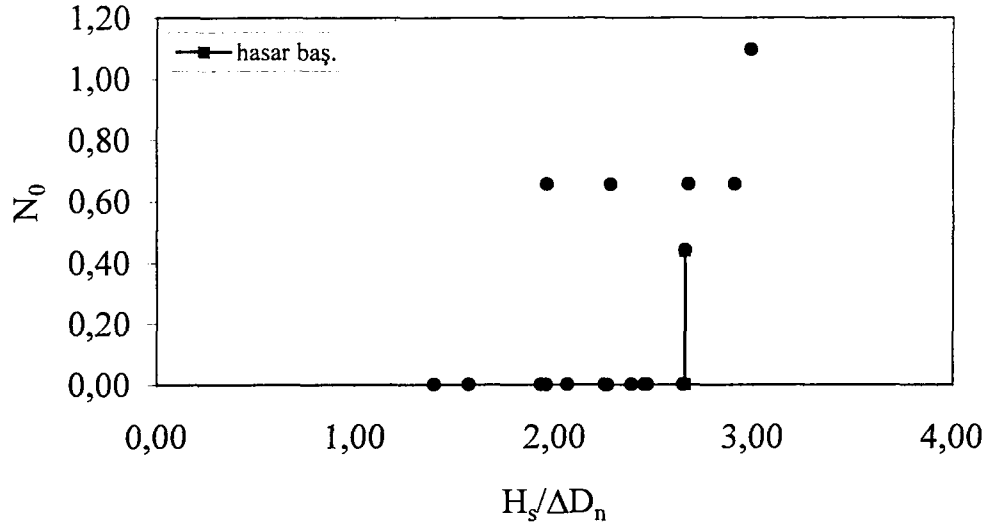
Şekil 5.18b Accropode için hasar parametresinin topuktaki $H_{1/10}$ dalga yüksekliği ile değişimi, $d_t=0.40$ m



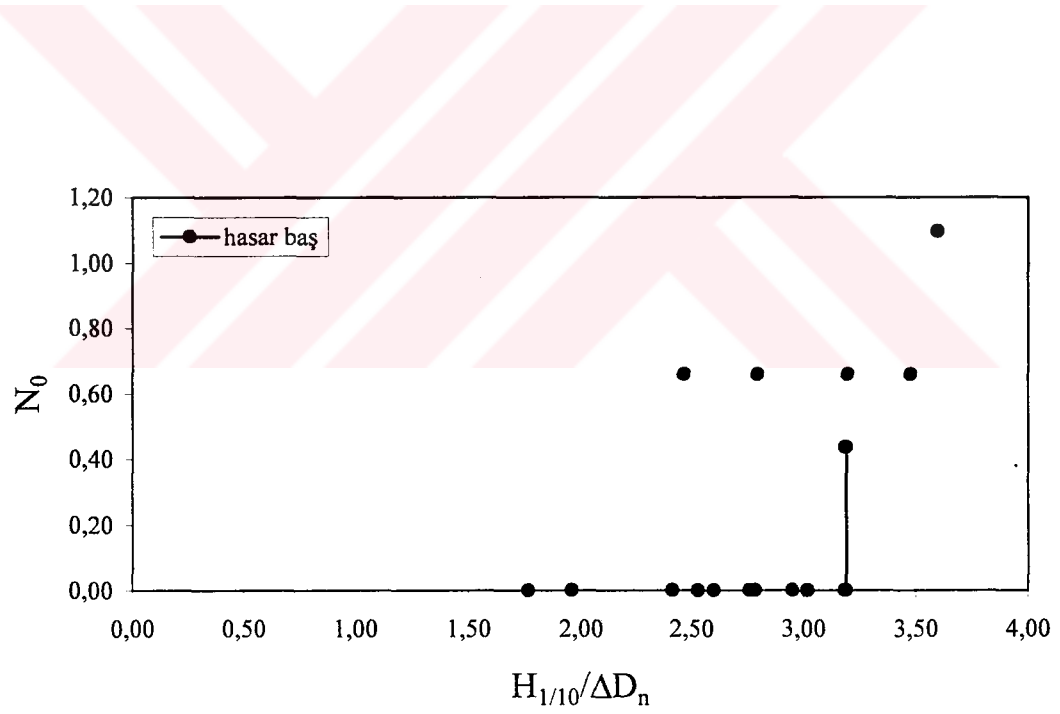
Şekil 5.19a Core-Loc için N_0 - $H_s/\Delta D_n$ değişimi, $d_t=0.35$ m



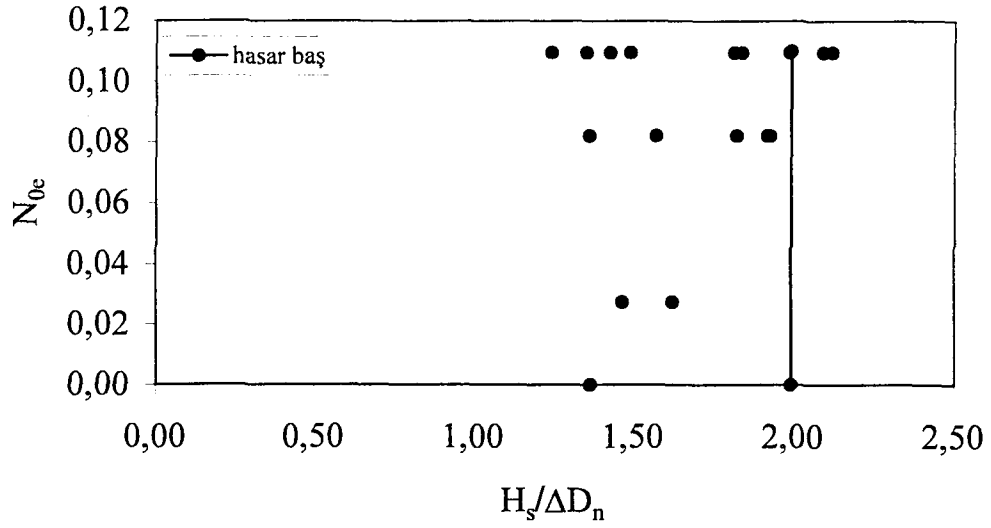
Şekil 19b Core-Loc için N_0 - $H_{1/10}/\Delta D_n$ değişimi, $d_t=0.35$ m



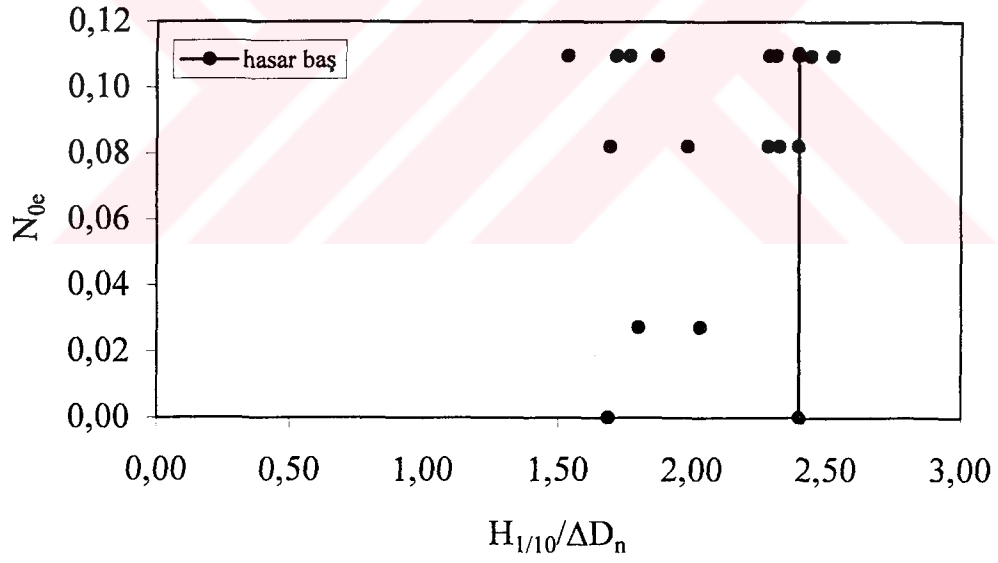
Şekil 5.20a Core-Loc için N_0 - $H_s/\Delta D_n$ değişimi, $d_t=0.40$ m



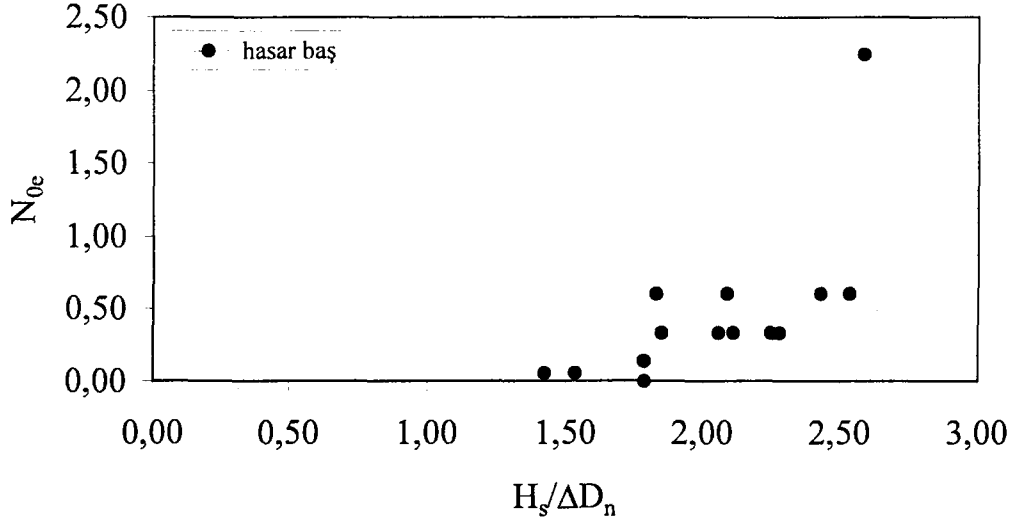
Şekil 5.20b Core-Loc için N_0 - $H_{1/10}/\Delta D_n$ değişimi, $d_t=0.40$ m



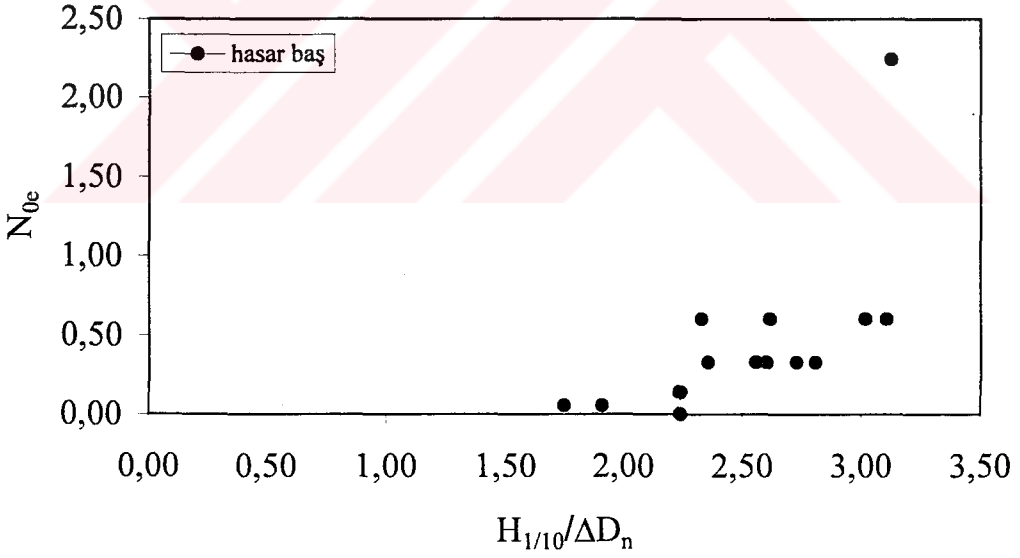
Şekil 5.21a Core-Loc için N_{0e} - $H_s/\Delta D_n$ değişimi, $d_t=0.30$ m



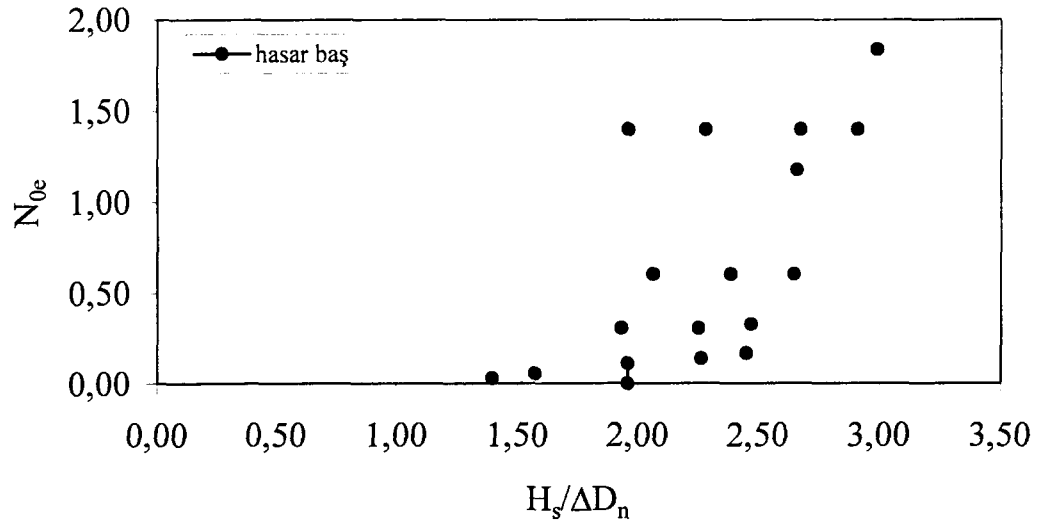
Şekil 5.21b Core-Loc için N_{0e} - $H_{1/10}/\Delta D_n$ değişimi, $d_t=0.30$ m



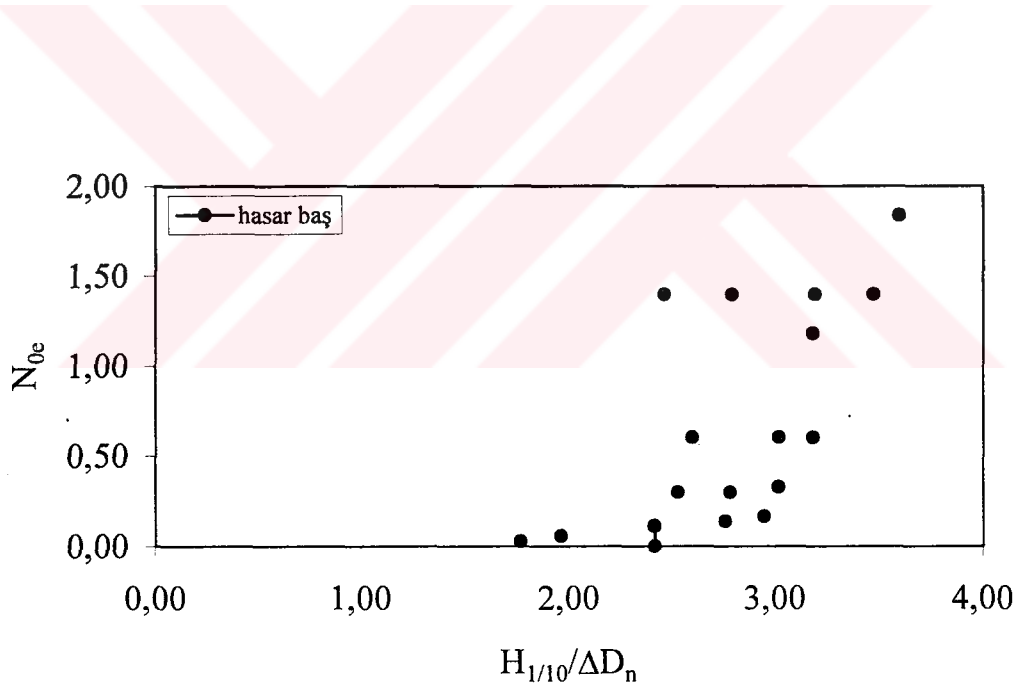
Şekil 5.22a Core-Loc için N_{0e} - $H_s/\Delta D_n$ değişimi, $d_t=0.35$ m



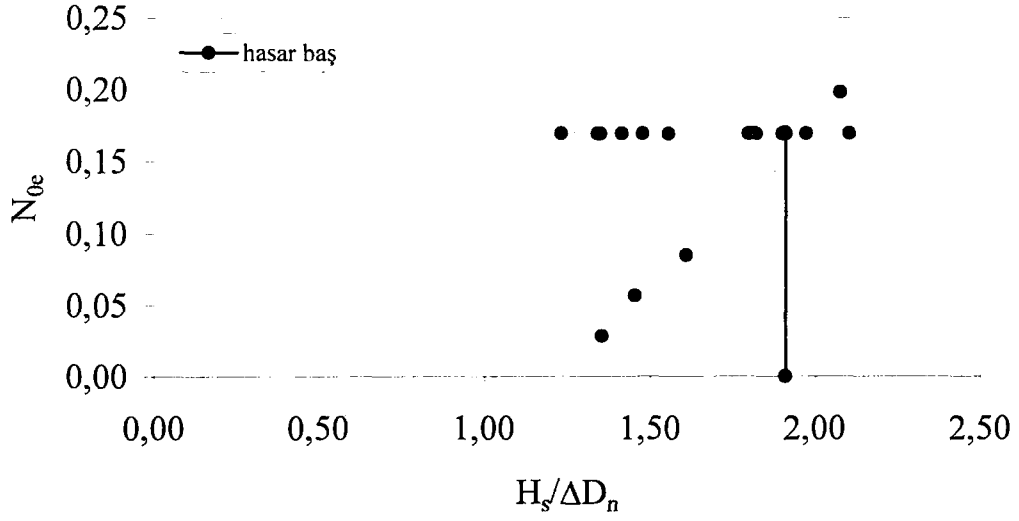
Şekil 5.22b Core-Loc için N_{0e} - $H_{1/10}/\Delta D_n$ değişimi, $d_t=0.35$ m



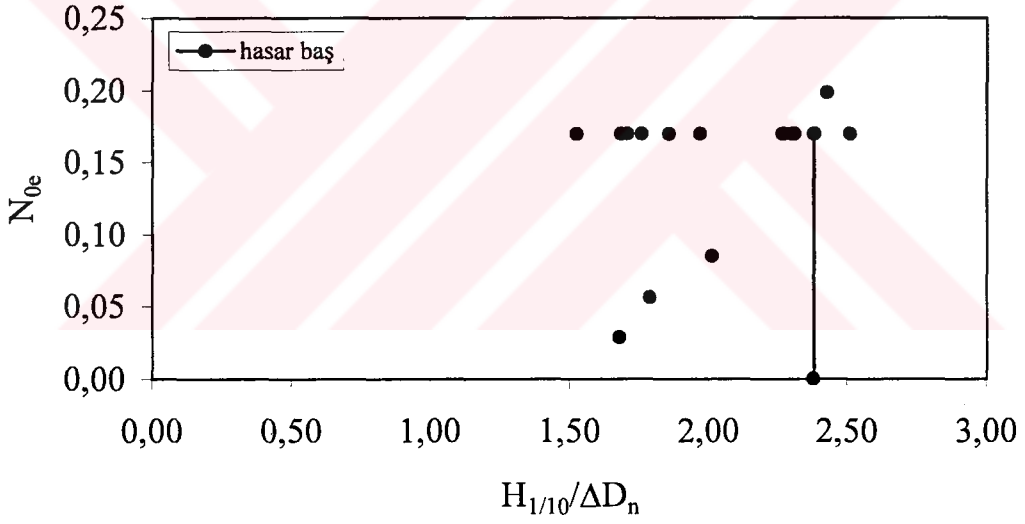
Şekil 5.23a Core-Loc için N_{0e} - $H_s/\Delta D_n$ değişimi, $d_t=0.40$ m



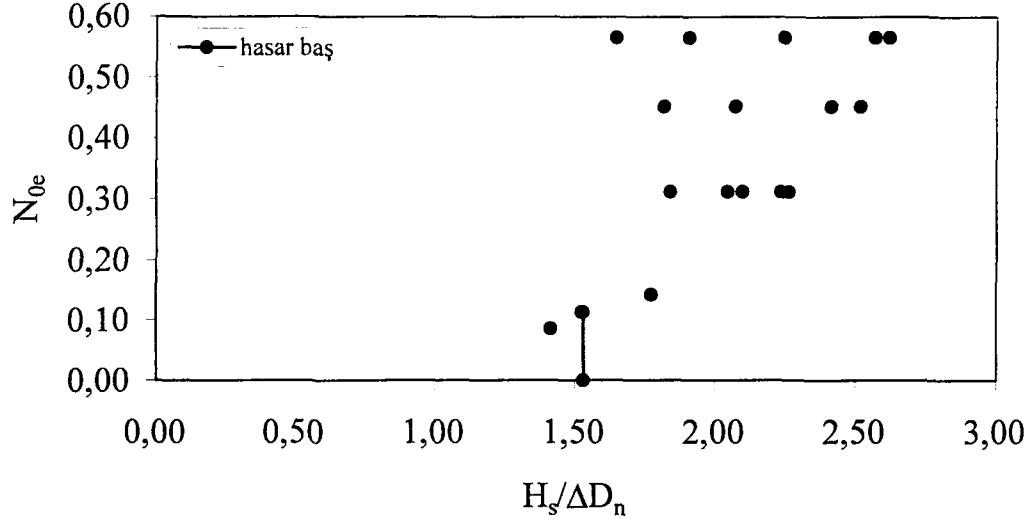
Şekil 5.23b Core-Loc için N_{0e} - $H_{1/10}/\Delta D_n$ değişimi, $d_t=0.40$ m



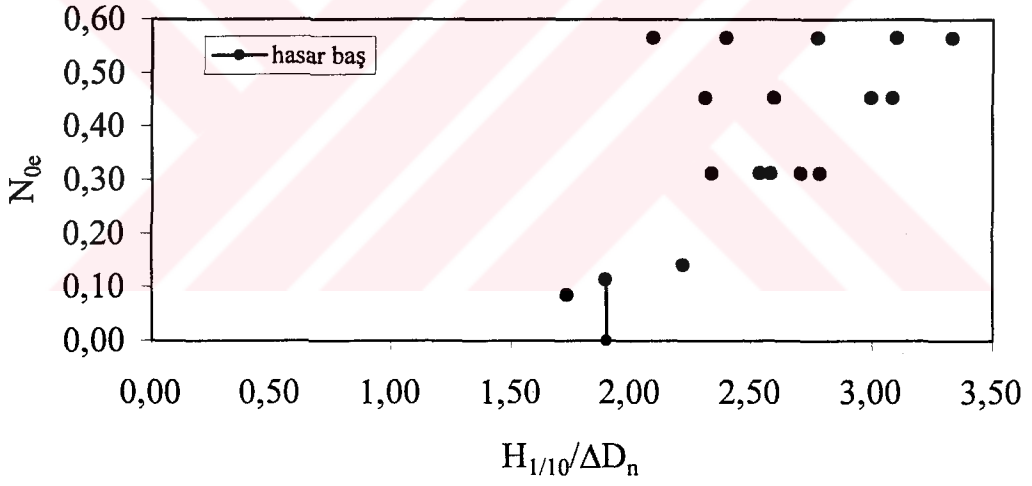
Şekil 5.24a Accropode için N_{0e} - $H_s/\Delta D_n$ değişimi, $d_t=0.30$ m



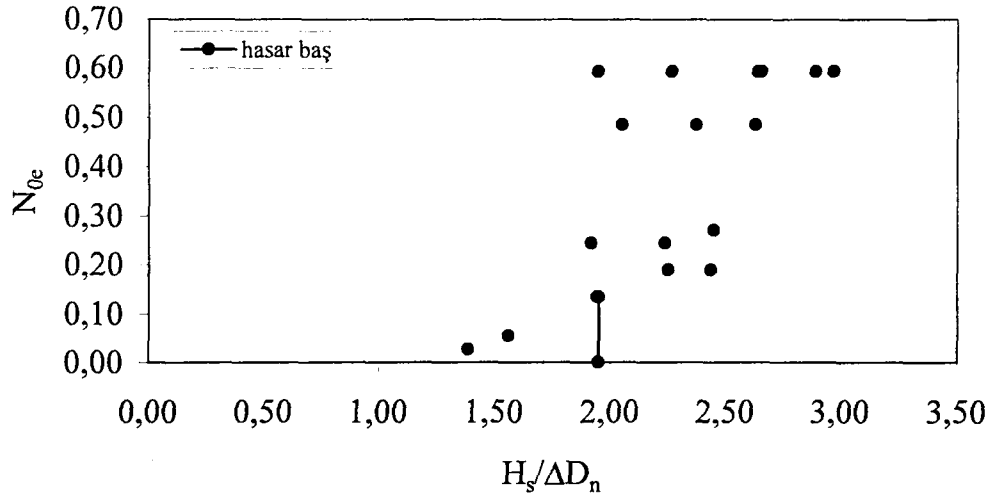
Şekil 5.24b Accropode için N_{0e} - $H_{1/10}/\Delta D_n$ değişimi, $d_t=0.30$ m



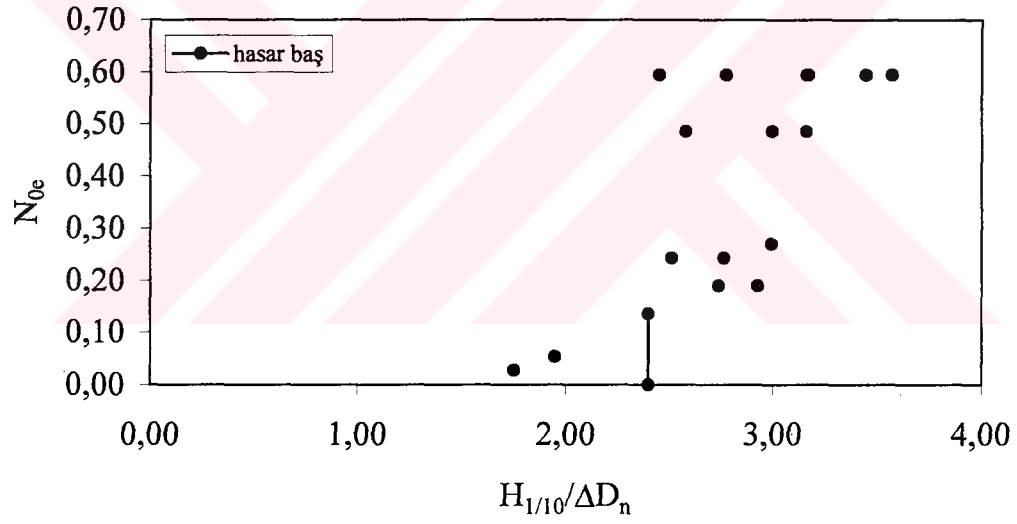
Şekil 5.25a Accropode için N_{0e} - $H_s/\Delta D_n$ değişimi, $d_t=0.35$ m



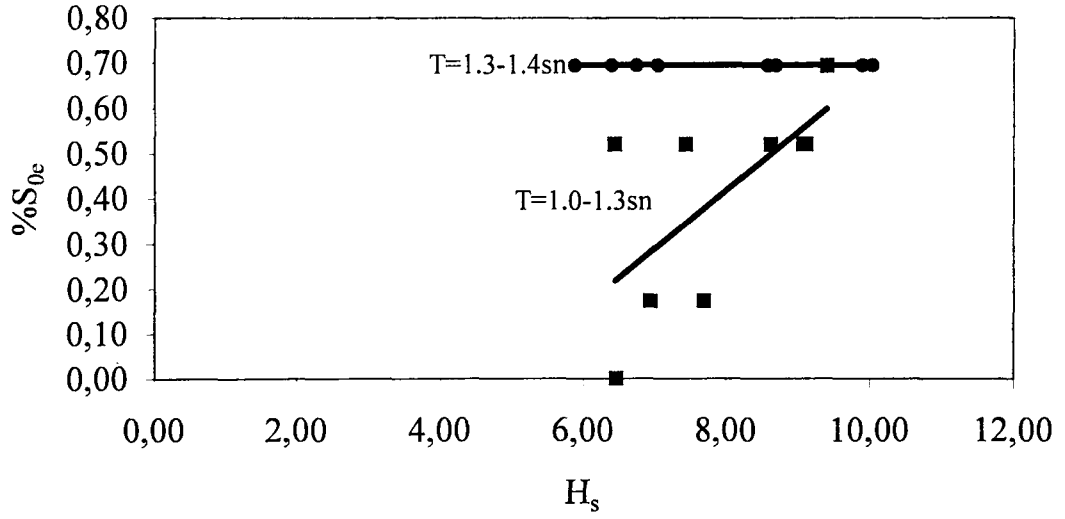
Şekil 5.25b Accropode için N_{0e} - $H_{1/10}/\Delta D_n$ değişimi, $d_t=0.35$ m



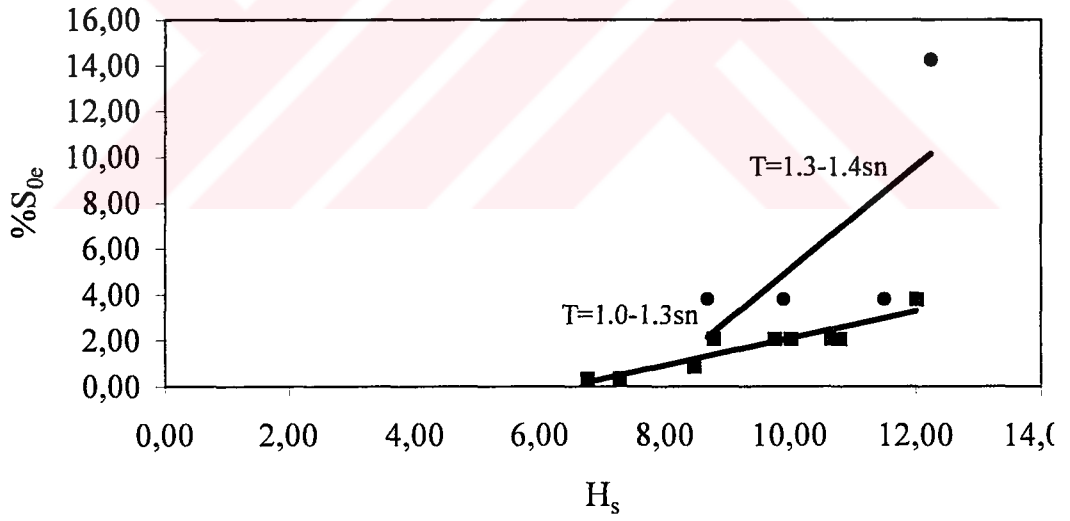
Şekil 5.26a Accropode için N_{0e} - $H_s/\Delta D_n$ değişimi, $d_t=0.40$ m



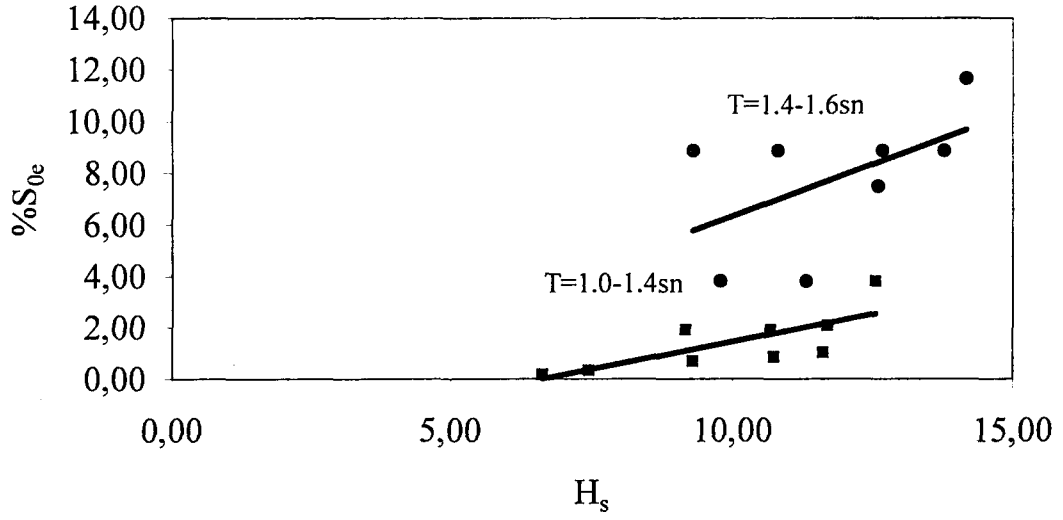
Şekil 5.26b Accropode için N_{0e} - $H_{1/10}/\Delta D_n$ değişimi, $d_t=0.40$ m



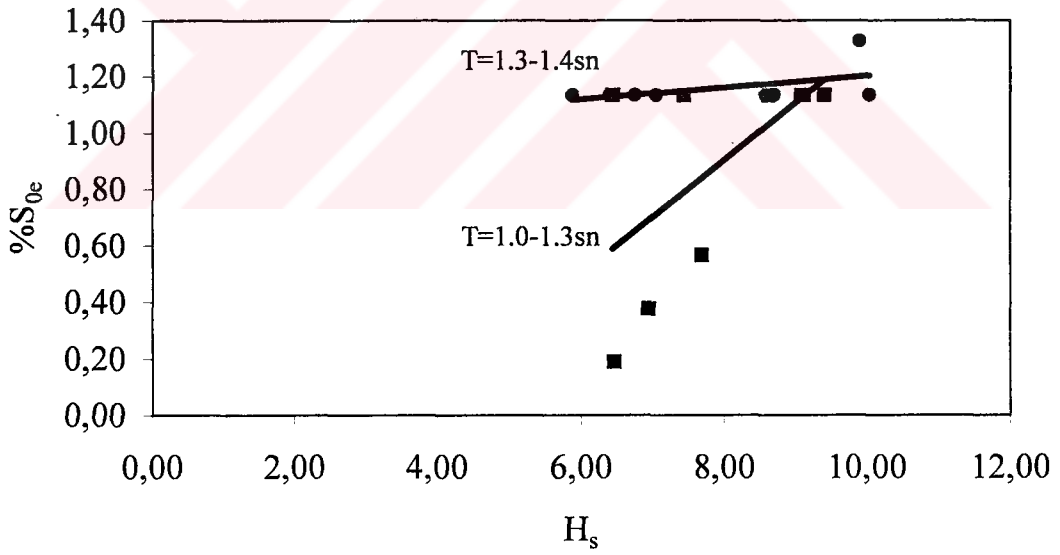
Şekil 5.27 Core-Loc için H_s - $\%S_{0e}$ değişimi, $d_t=0.30$ m



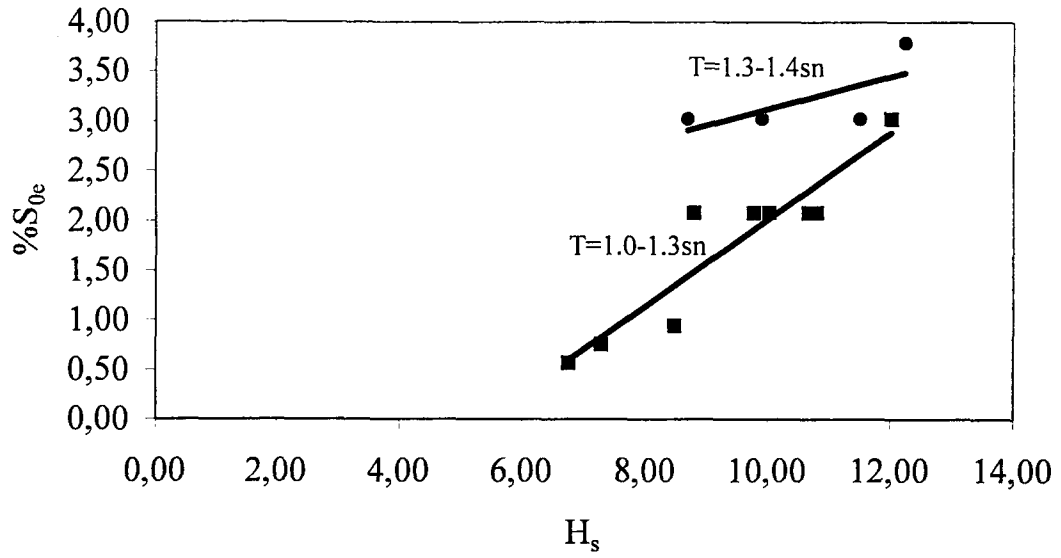
Şekil 5.28 Core-Loc için H_s - $\%S_{0e}$ değişimi, $d_t=0.35$ m



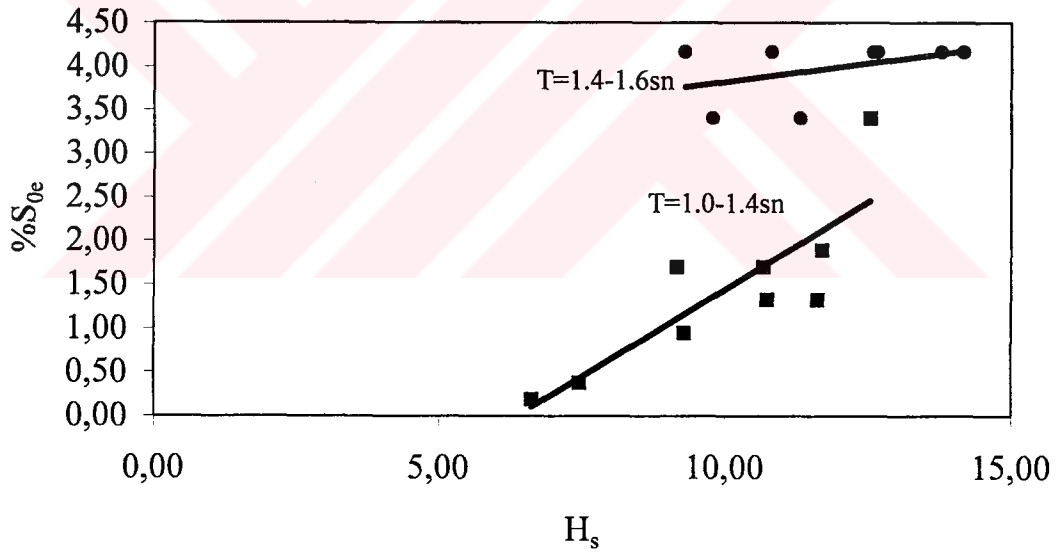
Şekil 5.29 Core-Loc için H_s - $\%S_{0e}$ değişimi, $d_t=0.40$ m



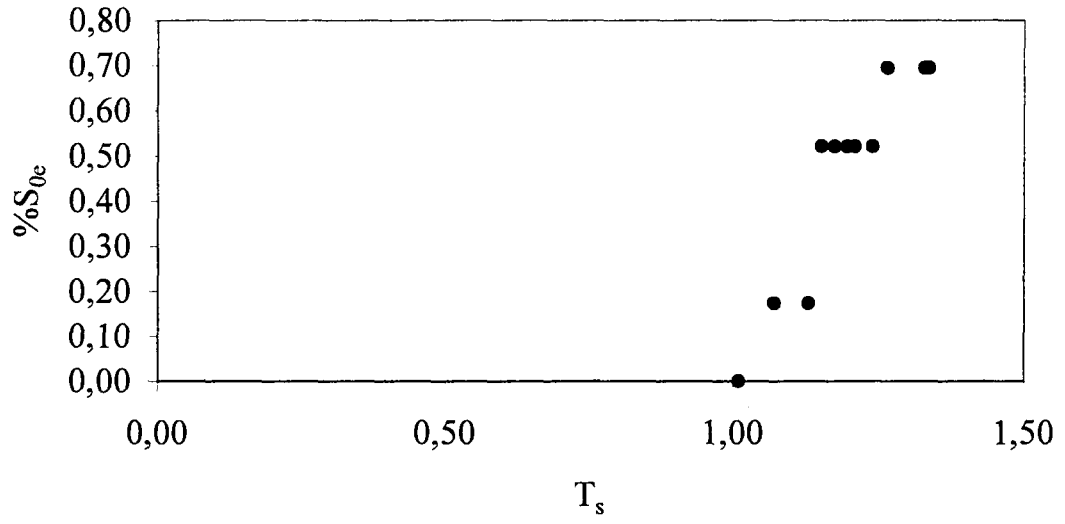
Şekil 5.30 Accropode için H_s - $\%S_{0e}$ değişimi, $d_t=0.30$ m



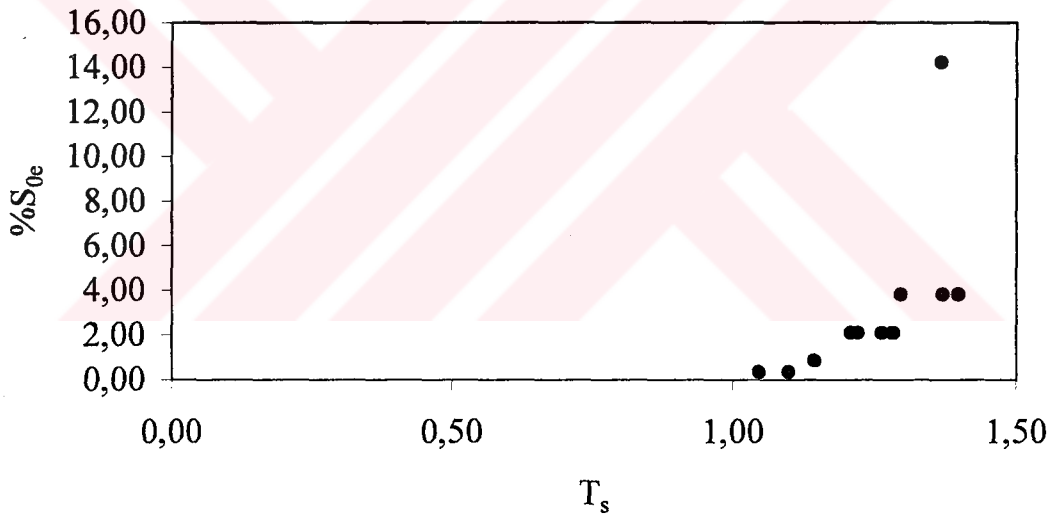
Şekil 5.31 Accropode için H_s - $\%S_{0e}$ değişimi, $d_t=0.35$ m



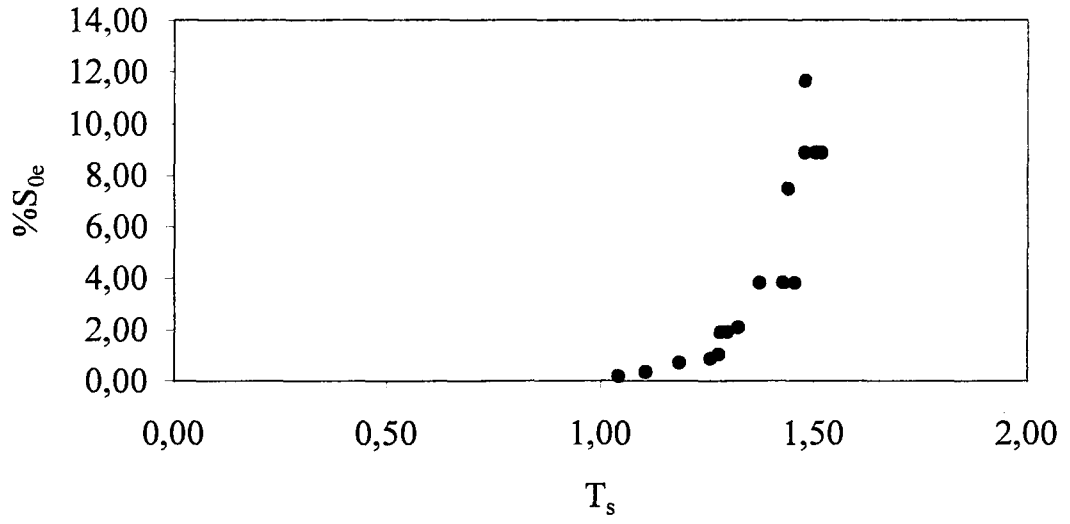
Şekil 5.32 Accropode için H_s - $\%S_{0e}$ değişimi, $d_t=0.40$ m



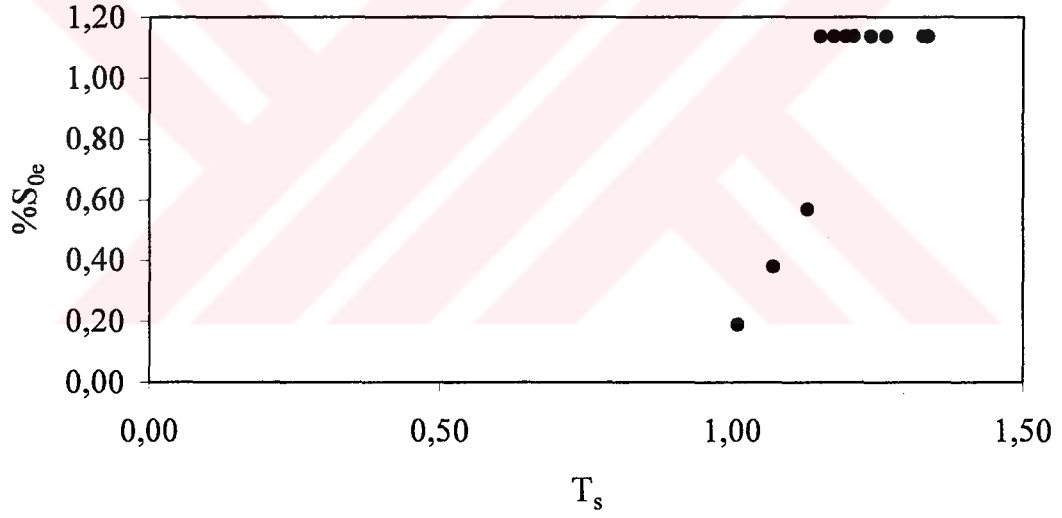
Şekil 5.33 Core-Loc için T_s - $\%S_{0e}$ değişimi, $d_t=0.30$ m



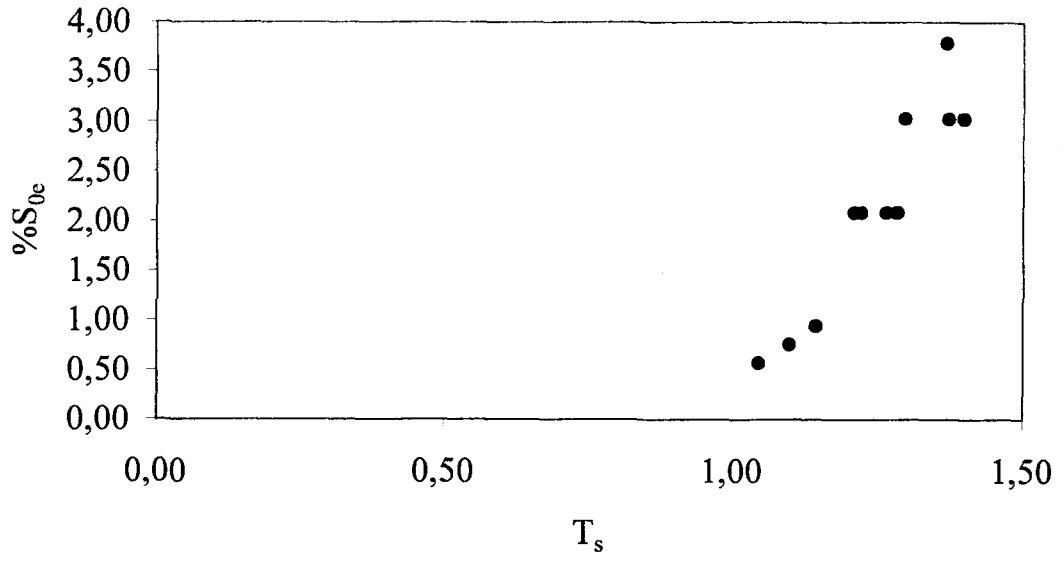
Şekil 5.34 Core-Loc için T_s - $\%S_{0e}$ değişimi, $d_t=0.35$ m



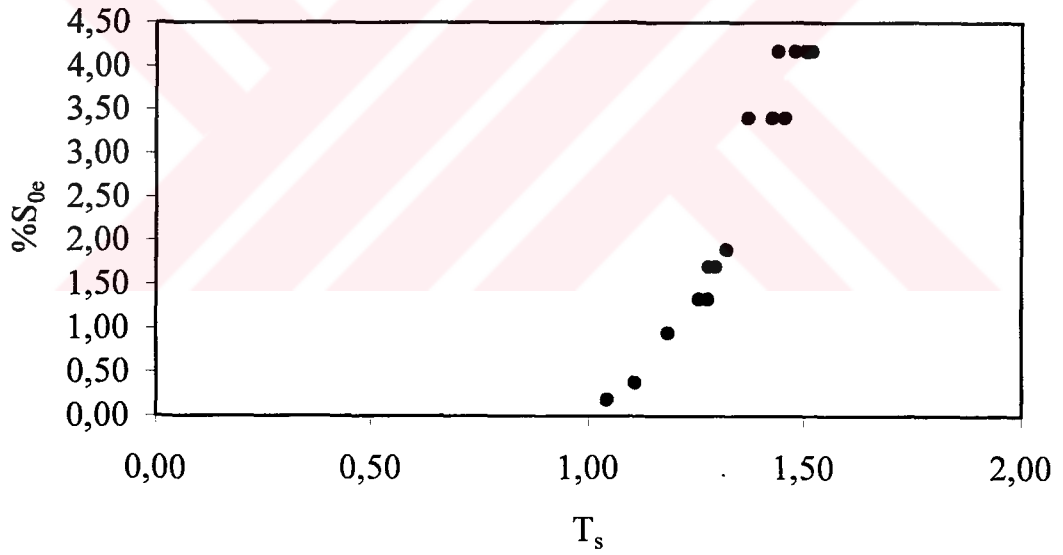
Şekil 5.35 Core-Loc için T_s - $\%S_{0e}$ değişimi, $d_t=0.40$ m



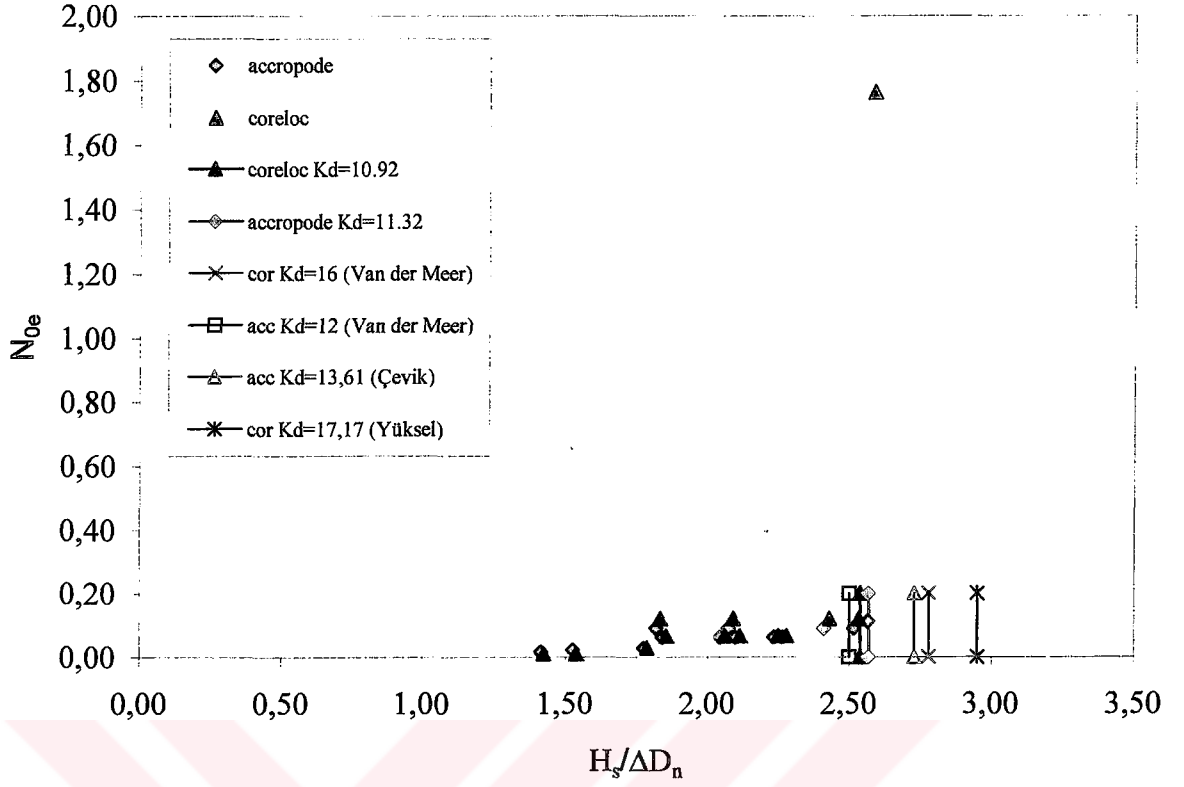
Şekil 5.36 Accropode için T_s - $\%S_{0e}$ değişimi, $d_t=0.30$ m



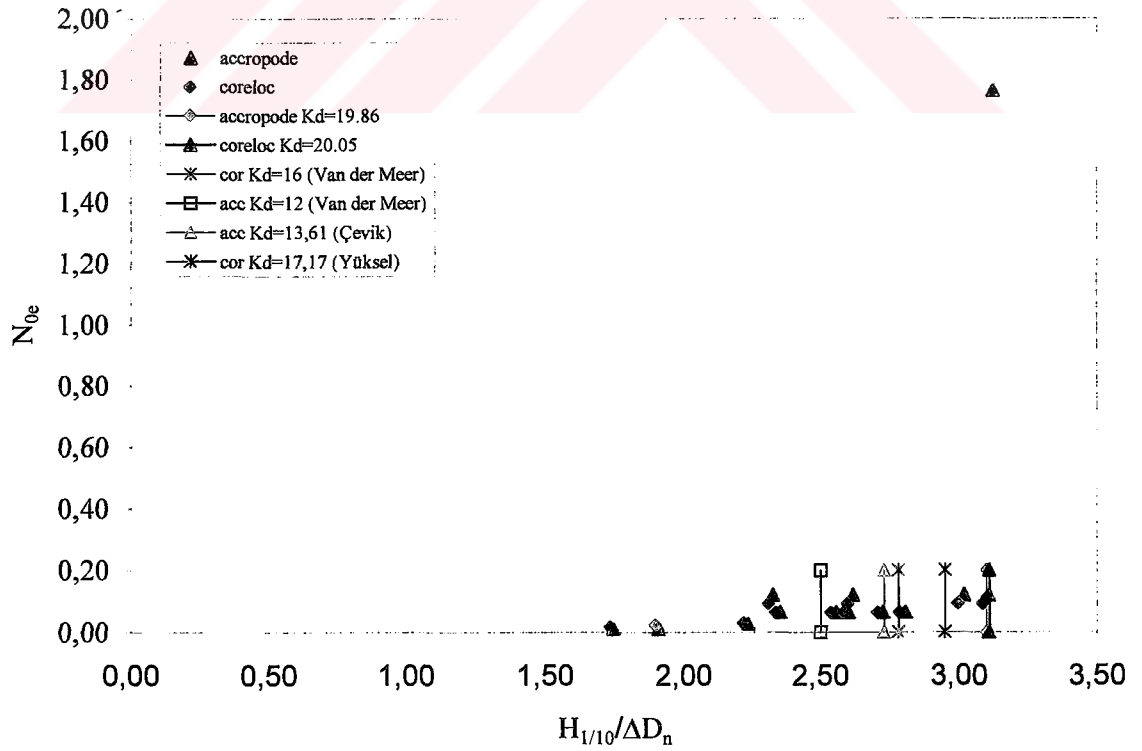
Şekil 5.37 Accropode için T_s - $\%S_{0e}$ değişimi, $d_t=0.35$ m



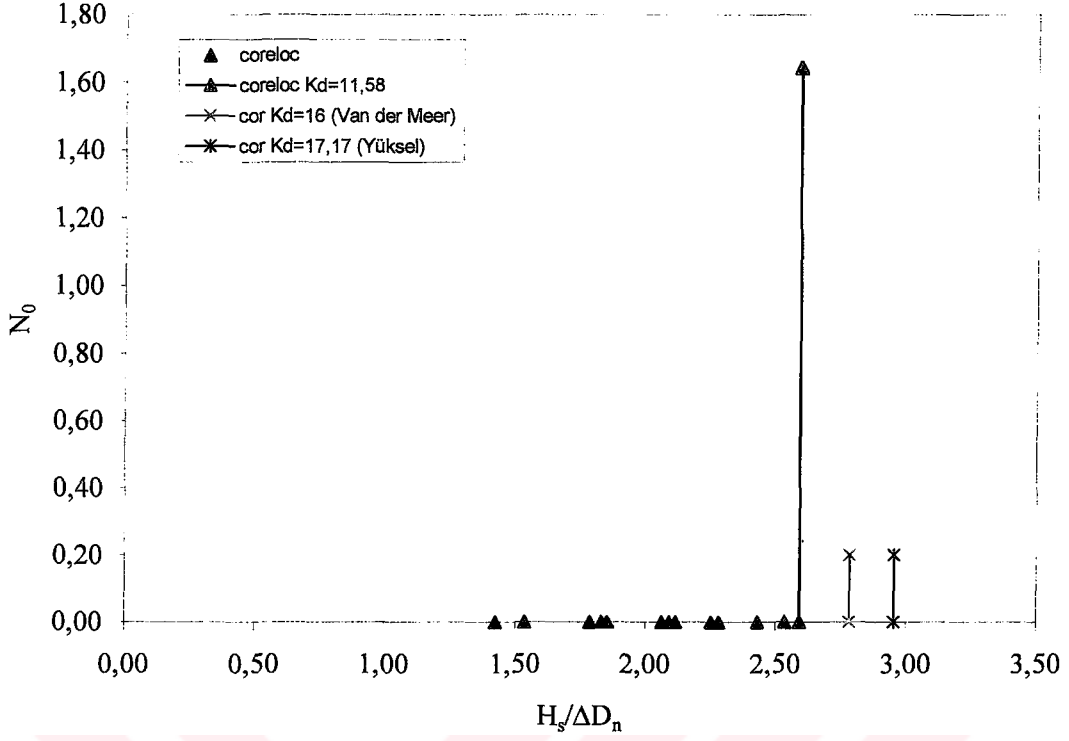
Şekil 5.38 Accropode için T_s - $\%S_{0e}$ değişimi, $d_t=0.40$ m



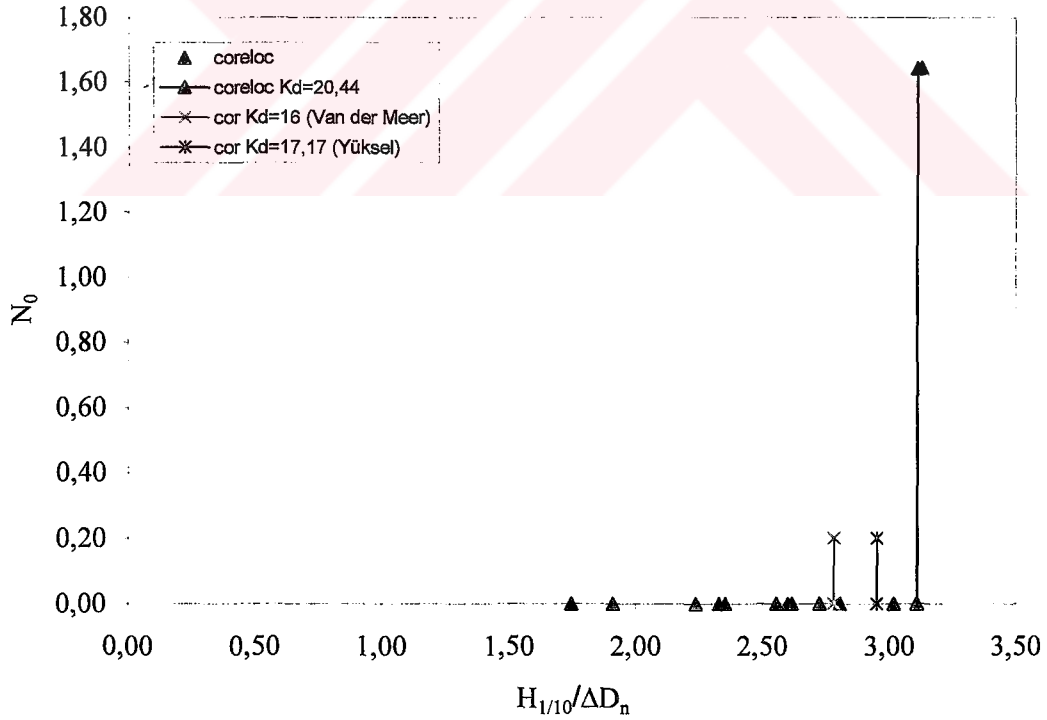
Şekil 5.39 Accropode ve Core-Loc için Van der Meer, Yüksel, Çevik ve bu çalışma için stabilite grafiği (Bu çalışmada H_s 'e göre hesaplanan stabilite sayıları ile diğer çalışmaların sonuçları gösterilmektedir)



Şekil 5.40 Accropode ve Core-Loc için Van der Meer, Yüksel, Çevik ve bu çalışma için stabilite grafiği (Bu çalışmada $H_{1/10}$ 'a göre hesaplanan stabilite sayıları ile diğer çalışmaların sonuçları gösterilmektedir)



Şekil 5.41 Core-Loc için Van der Meer, Yüksel ve bu çalışma için stabilite grafiği (Bu çalışmada H_s 'e göre hesaplanan stabilite sayıları ile diğer çalışmaların sonuçları gösterilmektedir)



Şekil 5.42 Core-Loc için Van der Meer, Yüksel ve bu çalışma için stabilite grafiği (Bu çalışmada $H_{1/10}$ 'e göre hesaplanan stabilite sayıları ile diğer çalışmaların sonuçları gösterilmektedir)

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada düzensiz dalga koşullarında farklı su derinliklerinde Core-Loc ve Accropode blokların stabilitesi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- 1- Her iki blokta da topuk su derinliğinin artmasıyla stabilitenin azaldığı belirlenmiştir.
- 2- Her iki blokta da periyot arttıkça hasar artmaktadır.
- 3- Core-Loc'un hasar başlangıcının Accropode'ye göre daha geç olduğu buna karşın hasar yüzdesi ise daha yüksektir.
- 4- Blokların kırılma ve dönmeleri dikkate alındığında hasarın blokların bu davranışlarının 0.05 ve 0.1 katsayıları ile dikkate alınmasıyla daha iyi temsil edildikleri belirlenmiştir.
- 5- Stabilite katsayıları H_s ve $H_{1/10}$ için ayrı ayrı belirlenmiştir. Katsayıların $H_{1/10}$ dikkate alındığında önceki çalışmalarla uyumlu olduğu görülmektedir.
- 6- Core-Loc ve Accropode'un stabiliteleri düzensiz dalga koşullarında birbirine oldukça yakın olarak belirlenmiştir.
- 7- Sonuçlar, düzensiz dalga şartlarında stabilitenin fırtına süresine bağımlı olduğunu göstermiştir. Bu durum, sonraki çalışmalarda gözönüne alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Çevik, E., Yüksel, Y., Zengin, Ö., (2002), “Accropode Dalgakıranlarda Stabilite”, IV. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Cilt 2, 24-27 Ekim 2002, Antalya, Türkiye.
- Ergin, A., Öner, O., Günbak, A. R., (1971), Taşdolgu Dalgakıranlar, ODTÜ, Ankara, Türkiye.
- Kapdaşlı, S., (1992), Kıyı Mühendisliği, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, Türkiye.
- Massie, W.W., (1986), “Volume III Breakwater Desing”, Coastal Engineering, Delft Technical University, Netherlands.
- Novak, P., Moffat, A.I.B., Nalluri, C., Narayanan, R., (2001), Hydrolic Structures Third Edition, Spon Press, London and Newyork.
- Van der Meer, J.W., (1988a), “Rock Slopes and Gravel Beaches under Wave Attact”, Doctorate Thesis, Delft Technical University, Netherlands.
- Van der Meer, J.W., (1988b), “Stability of Cubes, Tetrapods and Accropode”, I.C.E, Design of Breakwaters, Proc. Cnf. Breakwaters’88, Thomas Telford, London, Ch. 6:59-68
- Van der Meer, J.W., (1999), “Design of Concrete Armour Layers”, Coastal Structures, Vol. 1, 213-221.
- Yağcı, O., (2000), “Şevli Dalgakıranlarda Koruyucu Kaplama Tabakasında Kullanılan Antifer Blokların Stabilesinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Yüksel, Y., Çevik, E., Zengin, Ö., (2002), “Core-Loc Dalgakıranlarda Stabilite” , IV. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Cilt 2, 24-27 Ekim 2002, Antalya, Türkiye.
- Yüksel, Y., Çevik, E., Çelikoğlu, Y., (1998), “Kıyı ve Liman Mühendisliği”, İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara, Türkiye.

EKLER

- EK 1 Accropode Blokların Özellikleri ve Tasarım Dalgasının Hesaplanması
- EK 2 Core-Loc Blokların Özellikleri ve Tasarım Dalgasının Hesaplanması
- EK 3 Hasarın Hesaplanması
- EK 4 Accropode İçin Porozitenin Hesaplanması
- EK 5 Core-Loc İçin Porozitenin Hesaplanması
- EK 6 Accropode Bloklar İçin K_D Hesaplanması
- EK 7 Core-Loc Bloklar İçin K_D Hesaplanması
- EK 8 Ölçüm Sistemi Aracılığıyla Elde Edilen Dalga Kaydı Örneği
- EK 9 Accropode ve Core-Loc'un Hacimsel Karşılaştırılması



Ek 1 Accropode Blokların Özellikleri ve Tasarım Dalgasının Hesaplanması

Accropode yüksekliği	: h=7.1 cm
Nominal çap	: $D_n=0.7h=4,97$ cm
Suya doymun ağırlığı	: W=235.20 gr
Özgül ağırlığı	: $\gamma_r=1.96$ gr/cm ³

Hudson Formülü:

$$W = \frac{\gamma_r H_d^3}{K_D \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1 \right)^3 \cot \alpha}$$

$K_D=12$ alınarak (Van der Meer, 1999)

$$235.20 = \frac{1.96 H_d^3}{12 \left(\frac{1.96}{1} - 1 \right)^3 1.5}$$

$H_d=12,75$ cm

Ek 2 Core-Loc Blokların Özellikleri ve Tasarım Dalgasının Hesaplanması

Core-Loc yüksekliği	: h=7.2 cm
Nominal çap	: $D_n=0.7h=5.04$ cm
Suya doymun ağırlığı	: W=184.30 gr
Özgül ağırlığı	: $\gamma_r=1.94$ gr/cm ³

Hudson Formülü:

$$W = \frac{\gamma_r H_d^3}{K_D \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1 \right)^3 \cot \alpha}$$

$K_D=16$ alınarak (Van der Meer, 1999)

$$184.30 = \frac{1.94 H_d^3}{16 \left(\frac{1.94}{1} - 1 \right)^3 1.5}$$

$H_d=12,37$ cm

Ek 3 Hasarın Hesaplanması

Dalgakıran kesitinde ortaya çıkan hasar hem klasik olarak çok fazla tercih edilen hasarın toplam blok adedine yüzdesi olan yüzde hasar ile, hem de van der Meer' in önerdiği hasar parametresi yöntemiyle hesaplanıp grafikleri çizilmiştir.

Ayrıca blokların davranışlarının (kıpırdanma ve dönme) gözönüne alındığı genişletilmiş hasar değerleri hesaplanmış, bu hasarlara karşılık gelen yerinden çıkan blok adedi tespit edilerek hem kasık hem de Van der Meer'in hasar parametresi yöntemiyle ortaya çıkan hasar hesaplanıp grafikleri çizilmiştir.

Dalgakıranın koruyucu tabakasında, düzensiz dalga koşulları altında kalan Accropode sayısı 132 adettir. Örnek olarak yapılan herhangi bir deney sonunda bu bölgedeki toplam yerlerinden ayrılmış olan Accropode adedi 6 olursa; bu koşul için hasar her iki yöntemle şu şekilde belirlenir;

$$\%S = \frac{6}{132} \times 100 = 4.55$$

Van der Meer'in önerdiği yöntem:

$$D_n = 4,97 \text{ cm}$$

Dalgakıran şevine yerleştirilen Accropode adedi: 132

Accropode'nin yerleştirildiği şev genişliği : 46 cm

$$D_n \text{ genişliği içine sığacak Accropode adedi} = \frac{4.97 \times 132}{46} = 14,262$$

Yerinden çıkan Accropode sayısı 6 ise hasar parametresi;

$$N_0 = \frac{14,262 \times 6}{132} = 0.65$$

olur.

Eğer aynı kesitte 4 adet blok kıpırdamış, 2 adet blok dönmüş ve 1 adet blok yerinden ayrılmış ise bu durumda genişletilmiş hasar değerleri iki yöntem için şu şekilde hesaplanır.

Kıpırdanmanın hasara etkisi = Kıpırdayan blok adedi x 0.25

Dönmenin hasara etkisi = dönen blok adedi x 0.5

Yerinden çıkmanın hasara etkisi = yerinden çıkan blok adedi x 1.0

0.25. Kıpırdayan BA + 0.50. Dönen BA +Yerinden Çıkan BA

$$\%S_{0e} = \frac{\text{Şevdeki Toplam Blok Adedi}}{\text{Şevdeki Toplam Blok Adedi}}$$

BA: Blok Adedi

Bu durumda:

$$\%S_{0e} = \frac{0.25 \times 4 + 0.50 \times 2 + 1}{132} = 0.023$$

olur.

$$\%N_{0e} = \frac{14.262 \times 3}{132} = 0.324$$

olarak bulunur.



Ek 4 Accropode İçin Porozitenin Hesaplanması

Porozite hesaplanırken kesitin 46 cm genişliğinde, 108 cm uzunluğundaki bölgede bulunan Accropode sayısı dikkate alınmıştır. Porozitenin daha kolay hesaplanabilmesi için kret bölgesindeki $2 \times 6 = 12$ adet Accropode hesaba katılmamıştır. Bu durumda dikkate alınan alan sınırlarda bulunan Accropode'ların eksenleri arasındaki mesafelerin çarpımlarından bulunur ve hacme; tabaka yüksekliğinin, bulunan alan ile çarpılması ile ulaşılır.

Şev genişliği	: 46 cm
Şev uzunluğu	: 108 cm
Accropode'ların oturduğu alan	: $46 \times 108 = 4968 \text{ cm}^2$ (şev alanı)
Accropode'un yüksekliği	: 6.75 cm
Accropode'un yerleşeceği alanın boş hacmi	: $4968 \times 6.75 = 33534 \text{ cm}^2$ (brüt hacim)
Bir Accropode hacmi	: 121 cm^3 (*)
Hacim içindeki Accropode adedi	: $132 - 12 = 120$
Hacim içindeki toplam Accropode hacmi	: $120 \times 121 = 14520 \text{ cm}^3$
Porozite	: $1 - \frac{14520}{33534} = 0.57$

(*) Not: Accropode yüksekliği 7.1 cm olmasına karşı şev üzerine düzensiz yerleştirilmesi sırasında aldığı konumdan dolayı yüksekliği değişmektedir. Bu nedenle Accropode yüksekliği şev üzerinde ölçülerek bulunmuştur. Bu amaçla şevin farklı kısımlarında çok sayıda Accropode yüksekliği ölçülerek ortalaması alınmış ve Accropode yüksekliği 6.75 cm olarak belirlenmiştir. Porozite hesabında bu değerler dikkate alınmıştır.

Ek 5 Core-Loc için porozitenin hesaplanması

Porozite hesaplanırken kesitin 46 cm genişliğinde, 108 cm uzunluğundaki bölgede bulunan Core-Loc sayısı dikkate alınmıştır. Porozitenin daha kolay hesaplanabilmesi için kret bölgesindeki $3 \times 6 = 18$ adet Core-Loc hesaba katılmamıştır. Bu durumda dikkate alınan alan sınırlarda bulunan Core-Loc'ların eksenleri arasındaki mesafelerin çarpımlarından bulunur ve hacme; tabaka yüksekliğinin, bulunan alan ile çarpılması ile ulaşılır.

Şev genişliği	: 46 cm
Şev uzunluğu	: 108 cm
Core-Loc'ların oturduğu alan	: $46 \times 108 = 4968 \text{ cm}^2$ (şev alanı)
Core-Loc'un yüksekliği	: 6.3 cm (*)
Core-Loc'un yerleşeceği alanın boş hacmi	: $4968 \times 6.3 = 31298.4 \text{ cm}^2$ (brüt hacim)
Bir Core-Loc hacmi	: 95 cm^3
Hacim içindeki Core-Loc adedi	: $144 - 18 = 126$
Hacim içindeki toplam Core-Loc hacmi	: $126 \times 95 = 11970 \text{ cm}^3$
Porozite	: $1 - \frac{11970}{31298.4} = 0.62$

(*) Not: Core-Loc yüksekliği 7.2 cm olmasına karşı şev üzerine düzensiz yerleştirilmesi sırasında aldığı konumdan dolayı yüksekliği değişmektedir. Bu nedenle Core-Loc yüksekliği şev üzerinde ölçülerek bulunmuştur. Bu amaçla şevin farklı kısımlarında çok sayıda Core-Loc yüksekliği ölçülerek ortalaması alınmış ve Core-Loc yüksekliği 6.3 cm olarak belirlenmiştir. Porozite hesabında bu değerler dikkate alınmıştır.

Ek 6 Accropode Bloklar İçin K_D Hesaplanması

Çizelge 5.13'deki H_s dikkate alınarak hesaplanan N_{0e} hasar başlangıcı için;

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = (K_D \cot \alpha)^{1/3} \Rightarrow 2.57 = (K_D 1.5)^{1/3}$$

$$K_D = 11.32$$

Çizelge 5.13'deki $H_{1/10}$ dikkate alınarak hesaplanan N_{0e} hasar başlangıcı için;

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = (K_D \cot \alpha)^{1/3} \Rightarrow 3.10 = (K_D 1.5)^{1/3}$$

$$K_D = 19.86$$



Ek 7 Core-Loc Bloklar İçin K_D Hesaplanması

Çizelge 5.13'deki H_s dikkate alınarak hesaplanan N_{0e} hasar başlangıcı için;

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = (K_D \cot \alpha)^{1/3} \Rightarrow 2.54 = (K_D 1.5)^{1/3}$$

$$K_D = 10.92$$

Çizelge 5.13'deki $H_{1/10}$ dikkate alınarak hesaplanan N_{0e} hasar başlangıcı için;

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = (K_D \cot \alpha)^{1/3} \Rightarrow 3.11 = (K_D 1.5)^{1/3}$$

$$K_D = 20.05$$



Ek 8 Ölçüm Sistemi Aracılığıyla Elde Edilen Dalga Kaydı Örneği

DALGA SINYALLERINDEN ELDE EDİLEN DALGA PARAMETRELERİ			
SERİ NO	=	300	
KANAL NO	=	0	
SİNYAL	SAYISI	N =	9599
SİFİRDAN GECME	SAYISI	Nz =	1159
SİFİRDAN GECEN DALGA	SAYISI	Dz =	578
ZAMAN ARALIĞI		dt =	0.050 s
TOPLAM KAYIT SÜRESİ		Tr =	478.944 s
TOPLAM KAYIT SÜRESİ		Tr =	7.982 dk
TOPLAM KAYIT SÜRESİ		Tr =	0.133 sa
MİNİMUM DALGA YUKSEKLİĞİ	Hmin =		0.153 cm
ORTALAMA DALGA YUKSEKLİĞİ	Hort =		4.239 cm
R.M.S. DALGA YUKSEKLİĞİ	Hrms =		4.720 cm
BELİRGİN DALGA YUKSEKLİĞİ	Hs =		6.623 cm
	H (1/10) =		8.378 cm
	H (1/20) =		9.152 cm
	H (1/30) =		9.531 cm
MAKSİMUM DALGA YUKSEKLİĞİ	Hmax =		11.006 cm
MİNİMUM DALGA PERİYODU	Tmin =		0.200 s
BELİRGİN DALGA PERİYODU	Ts =		1.043 s
ORTALAMA DALGA PERİYODU	To =		0.827 s
	T[1/10] =		1.260 s
MAKSİMUM DALGA PERİYODU	Tmax =		2.213 s
TOPLAM DALGA ENERJİSİ	Es =		1649.785 t/cm

Ek 9 Accropode ve Core-Loc'un Hacimsel Karşılaştırılması

Kullanılan Accropode adedi	: 120 adet (kretteki iki sıra hesaba katılmamıştır.)
Bir Accropode hacmi	: 120 cm ³
Toplam Accropode hacmi	: 120 × 120 = 14400 cm ³

Kullanılan Core-Loc adedi	: 126 adet (kretteki iki sıra hesaba katılmamıştır.)
Bir Core-Loc hacmi	: 95 cm ³
Toplam Core-Loc hacmi	: 126 × 95 = 11970 cm ³

Bu hesaplamalara göre düzensiz diziliş için Accropode bloklarda kullanılan hacim Core-Loc için kullanılan hacimden (14400-11970)=2430 cm³ fazladır. Diğer bir deyişle Accropode için kullanılan beton hacmi, Core-Loc için kullanılan beton hacminden $(2430/11970) \times 100 = \%20,3$ daha fazladır.



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	12.12.1978	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1992-1995	Şişli-Lisesi
Lisans	1996-2001	Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak. İnşaat Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2001-2003	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Hidrolik Programı

