

**DÜZENSİZ DALGA ETKİSİ ALTINDAKİ
KIYILARDA KISMİ KAPLAMA YAPISI İLE KIYI
ÇİZGİSİNİN KORUNMASI**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANLAR MERKEZİ**

**DOKTORA TEZİ
Y. Müh. Kemal GÜNAYDIN
(501982005)**

104249

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 4 Ocak 2001

Tezin Savunulduğu Tarih : 10 Mayıs 2001

Tez Danışmanı :

Prof.Dr. M. Sedat KABDAŞLI

Diğer Jüri Üyeleri

Prof.Dr. Emin KARAHAN (İ.T.Ü.)

Prof.Dr. Derin ORHON (İ.T.Ü.)

Prof.Dr. Yalçın YÜKSEL (Y.T.Ü.)

Doç.Dr. Osman BÖREKÇİ (B.Ü.)

MAYIS 2001

ÖNSÖZ

İnsanoğlu yaradılışından bu güne kadar sürekli doğadan kendini korumanın yollarını aramıştır. Karşılaştığı probleme çözüm üretip bu problemi yok etmeye çalışmıştır. Her sonuç, daha sonraki problemlerin çözümüne ışık tutmuş ve böylece bilgi sürekli geliştirilmiştir. Bu çalışmada da insanoğlunun karşılaştığı problemlerden biri olan kıyı çizgisinin korunması konusu araştırılmıştır. Çalışmalarımın her aşamasında bilgilerinden faydalandığım, her türlü yardım ve imkanı sağlayan çok değerli hocam Prof. Dr. M. Sedat Kabdaşlı'ya öncelikle teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım İnş. Yük. Müh. Alpaslan Aydın Gakko, İnş. Yük. Müh. Oral Yağcı ve İnş. Yük. Müh. Dilek Mercan'a teşekkür ederim. Deneysel çalışmalarım sırasında yardımlarından faydalandığım teknisyenler Hasan Yalçın, Mevlüt Uluçınar, Yaşar Aktaş'a teşekkür ederim.

Çalışmalarımın her aşamasında bana her türlü desteği veren aileme teşekkürlerimi sunarım.

İnş. Yük. Müh. Kemal GÜNAYDIN

Mayıs 2001

3.1.5. Deney Malzemeleri	37
3.2. Deney Yöntemi	38
3.2.1. Düzenli Dalga Serilerinde Yapılan Deneyler	38
3.2.1.1. Kaplamasız Profil Değişimi Analizi	38
3.2.1.2. Kaplama Malzemesinin Yerleştirilmesi	38
3.2.1.3. Kaplama Tabakası Statik Hasarının Belirlenmesi	39
3.2.2. Düzensiz Dalga Serilerinde Yapılan Deneyler	40
3.2.2.1. Kaplamasız Profil Değişimi Analizi	40
3.2.2.2. Kaplamalı Profil Değişimi ve Statik Stabilite Analizi	41
4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	42
4.1. Giriş	42
4.2. Düzenli Dalga Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	46
4.2.1. Statik Stabilite Analizi	46
4.2.1.1. Dalga Yüksekliği İle Statik Hasar İlişkisi	46
4.2.1.2. Dalga Periyodu İle Statik Hasar İlişkisi	47
4.2.1.3. Dane Çapı İle Statik Hasar İlişkisi	48
4.2.2. Dinamik Profil Değişimi Analizi	49
4.2.2.1. Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi İlişkisi	49
4.2.2.2. Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi İlişkisi	51
4.2.3. Kısmi Kaplama Yapısının Dinamik Profil Değişiminin İncelenmesi	51
4.2.3.1. Kısmi Kaplamanın Dinamik Profil Değişimine Etkisi	51
4.2.3.2. Dalga Yüksekliği İle Kısmi Kaplamalı Profil Değişimi İlişkisi	58
4.2.3.3. Dalga Periyodu İle Kısmi Kaplamalı Profil Değişimi İlişkisi	60
4.2.3.4. Kaplama Cinsinin Profil Değişimine Etkisi	61
4.3. Düzensiz Dalga Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	64
4.3.1. Statik Stabilite Analizi	65
4.3.1.1. Dalga Yüksekliği İle Statik Hasar İlişkisi	65
4.3.1.2. Dalga Periyodu İle Statik Hasar İlişkisi	65
4.3.1.3. Farklı Kaplama Malzemeleri İçin Statik Hasarın Değişimi	66
4.3.2. Dinamik Profil Değişimi Analizi	67
4.3.2.1. Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi İlişkisi	67
4.3.2.2. Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi İlişkisi	70
4.3.3. Kısmi Kaplama Yapısının Dinamik Profil Değişiminin İncelenmesi	72
4.3.3.1. Kısmi Kaplamanın Dinamik Profil Değişimine Etkisi	72
4.3.3.2. Dalga Yüksekliği İle Kısmi Kaplamalı Profil Değişimi İlişkisi	77

3.1.5. Deney Malzemeleri	37
3.2. Deney Yöntemi	38
3.2.1. Düzenli Dalga Serilerinde Yapılan Deneyler	38
3.2.1.1. Kaplamasız Profil Değişimi Analizi	38
3.2.1.2. Kaplama Malzemesinin Yerleştirilmesi	38
3.2.1.3. Kaplama Tabakası Statik Hasarının Belirlenmesi	39
3.2.2. Düzensiz Dalga Serilerinde Yapılan Deneyler	40
3.2.2.1. Kaplamasız Profil Değişimi Analizi	40
3.2.2.2. Kaplamalı Profil Değişimi ve Statik Stabilitate Analizi	41
4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	42
4.1. Giriş	42
4.2. Düzenli Dalga Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	46
4.2.1. Statik Stabilitate Analizi	46
4.2.1.1. Dalga Yüksekliği İle Statik Hasar İlişkisi	46
4.2.1.2. Dalga Periyodu İle Statik Hasar İlişkisi	47
4.2.1.3. Dane Çapı İle Statik Hasar İlişkisi	48
4.2.2. Dinamik Profil Değişimi Analizi	49
4.2.2.1. Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi İlişkisi	49
4.2.2.2. Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi İlişkisi	51
4.2.3. Kısmi Kaplama Yapısının Dinamik Profil Değişiminin İncelenmesi	51
4.2.3.1. Kısmi Kaplamanın Dinamik Profil Değişimine Etkisi	51
4.2.3.2. Dalga Yüksekliği İle Kısmi Kaplamalı Profil Değişimi İlişkisi	58
4.2.3.3. Dalga Periyodu İle Kısmi Kaplamalı Profil Değişimi İlişkisi	60
4.2.3.4. Kaplama Cinsinin Profil Değişimine Etkisi	61
4.3. Düzensiz Dalga Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	64
4.3.1. Statik Stabilitate Analizi	65
4.3.1.1. Dalga Yüksekliği İle Statik Hasar İlişkisi	65
4.3.1.2. Dalga Periyodu İle Statik Hasar İlişkisi	65
4.3.1.3. Farklı Kaplama Malzemeleri İçin Statik Hasarın Değişimi	66
4.3.2. Dinamik Profil Değişimi Analizi	67
4.3.2.1. Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi İlişkisi	67
4.3.2.2. Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi İlişkisi	70
4.3.3. Kısmi Kaplama Yapısının Dinamik Profil Değişiminin İncelenmesi	72
4.3.3.1. Kısmi Kaplamanın Dinamik Profil Değişimine Etkisi	72
4.3.3.2. Dalga Yüksekliği İle Kısmi Kaplamalı Profil Değişimi İlişkisi	77

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Farklı Kırılma Tipleri İçin Kıyı Benzerlik Parametresinin Sınır Değerleri.....	7
Tablo 2.2. Farklı Kaplama Türleri İçin Stabilite Katsayısı.....	9
Tablo 2.3. Farklı Kaplama Türlerindeki Stabilite Katsayıları (SPM, 1994)....	13
Tablo 2.4. Farklı Taş Blok Cinsine Göre A, B ve I_{r0} Değerleri.....	14
Tablo 2.5. Farklı Kırılma Tipleri İçin Kıyı Benzerlik Parametresinin Limit Değerleri.....	20
Tablo A.1. Düzenli ve Düzensiz Dalga Serilerinde Kullanılan Malzeme Özellikleri.....	103
Tablo A.2. Düzenli Dalga Serileri İçin Kaplamasız Deney ve Dalga Özellikleri.....	104
Tablo A.3. Düzenli Dalga Serileri İçin Kaplamalı Deney ve Dalga Özellikleri.....	106
Tablo A.4. Düzenli Dalga Serileri İçin Zamana Bağlı Kaplamasız Deney ve Dalga Özellikleri.....	110
Tablo A.5. Düzensiz Dalga Serileri İçin Kaplamasız Deney ve Dalga Özellikleri.....	112
Tablo A.6. Düzensiz Dalga Serileri İçin Kaplamalı Deney ve Dalga Özellikleri.....	115

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Stabilite Katsayısı İle Farklı Yapılar Arasındaki İlişki (van der Meer, 1988).	3
Şekil 2.2 : Dalga Kırılma Tipleri.....	6
Şekil 2.3 : Dalga Yüksekliklerine Karşılık Gelen Blok Ağırlıkları (ton).....	9
Şekil 2.4 : Düzenli Dalgalar Altında Rip-Rapların Stabilitesi (Ahrens, 1975).	10
Şekil 2.5 : Dinamik Stabilite Modeli.....	18
Şekil 2.6 : Kırılma Tipleri ve Bu Tipler İçin Katı Madde Hareketi.....	20
Şekil 2.7 : Farklı Kırılma Tiplerinde Oluşan Kıyı Profilleri.....	21
Şekil 2.8 : Şev Üzerindeki Birim Katı Maddeye Etki Eden Kuvvetler.....	21
Şekil 2.9 : Plunging ve Spilling Tip Dalga Gözlemleri.....	24
Şekil 2.10 : 1/5 Başlangıç Eğimli Dinamik Profil Değişimi (van der Meer, 1988).	26
Şekil 3.1 : Düzensiz Dalga Kanalı.....	29
Şekil 3.2 : Düzenli Dalga Kanalı.....	30
Şekil 3.3 : Hidrolik Piston.....	31
Şekil 3.4 : Hidrolik Besleme Sistemi.....	31
Şekil 3.5 : Dalga Paletinin Arka Tarafındaki 1/8 Eğimli Şev.....	32
Şekil 3.6 : Düzensiz Dalga Düzenliğini Yönlendiren Sistem.....	33
Şekil 3.7 : Doğru Akım Motoru.....	34
Şekil 3.8 : Redresör.....	34
Şekil 3.9 : Rezistans Tip Dalga Elektrodu.....	35
Şekil 3.10 : Dalga Kayıtlarının Alınıp Hesaplarının Yapıldığı Sistem.....	36
Şekil 4.1 : 2 Nolu Kaplama Malzemesi İçin Dalga Yüksekliği İle Statik Hasar İlişkisi.....	46
Şekil 4.2 : 4 Nolu Kaplama Malzemesi İçin Dalga Yüksekliği İle Statik Hasar İlişkisi.....	47
Şekil 4.3 : 2 Nolu Kaplama Malzemesi İçin Dalga Periyodu İle Statik Hasar İlişkisi.....	47
Şekil 4.4 : 4 Nolu Kaplama Malzemesi İçin Dalga Periyodu İle Statik Hasar İlişkisi.....	48
Şekil 4.5 : Dane Çapı İle Statik Hasar İlişkisi.....	48
Şekil 4.6 : 1 ve 3 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi.....	49
Şekil 4.7 : 4 ve 10 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi.....	49
Şekil 4.8 : 2 ve 6 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi.....	50
Şekil 4.9 : 6 ve 9 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi.....	50

Şekil 4.10 : 5 ve 9 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi.....	50
Şekil 4.11 : 1 ve 5 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi.....	51
Şekil 4.12 : 1-13 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi.....	52
Şekil 4.13 : 1-18 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi.....	52
Şekil 4.14 : 2-12 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi.....	52
Şekil 4.15 : 3-15 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi.....	53
Şekil 4.16 : 4-16 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi.....	53
Şekil 4.17 : 5-11 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi.....	53
Şekil 4.18 : 9-17 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi.....	54
Şekil 4.19 : 8-16 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi.....	54
Şekil 4.20 : 6-14 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi.....	54
Şekil 4.21 : 9-19 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi.....	55
Şekil 4.22 : 9-20 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi.....	55
Şekil 4.23 : 9-21 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi.....	55
Şekil 4.24 : 9-22 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi.....	56
Şekil 4.25 : 9-27 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi.....	56
Şekil 4.26 : 9-28 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi.....	56
Şekil 4.27 : 9-29 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi.....	57
Şekil 4.28 : 9-30 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi.....	57
Şekil 4.29 : 9-31 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi.....	57
Şekil 4.30 : 12 ve 13 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi.....	58
Şekil 4.31 : 15 ve 13 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi.....	58
Şekil 4.32 : 12 ve 15 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi.....	59
Şekil 4.33 : 16 ve 18 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi.....	59
Şekil 4.34 : 15 ve 17 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi.....	59

Şekil 4.35 : 14 ve 16 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi.....	60
Şekil 4.36 : 12 ve 14 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi.....	60
Şekil 4.37 : 12 ve 18 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi.....	61
Şekil 4.38 : 13 ve 17 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi.....	61
Şekil 4.39 : 14-28 ve 31 Nolu Seriler İçin Kaplama Cinsi İle Dinamik Profil Değişimi.....	62
Şekil 4.40 : 14-19 Nolu Seriler İçin Farklı Serim Tipleri İle Dinamik Profil Değişimi.....	62
Şekil 4.41 : 14-20 Nolu Seriler İçin Farklı Serim Tipleri İle Dinamik Profil Değişimi.....	63
Şekil 4.42 : 14-21 Nolu Seriler İçin Farklı Serim Tipleri İle Dinamik Profil Değişimi.....	63
Şekil 4.43 : 14-19-20 Nolu Seriler İçin Farklı Serim Tipleri İle Dinamik Profil Değişimi.....	63
Şekil 4.44 : 14-19-20-21 Nolu Seriler İçin Farklı Serim Tipleri İle Dinamik Profil Değişimi.....	64
Şekil 4.45 : 28-29-30 Nolu Seriler İçin Farklı Serim Tipleri İle Dinamik Profil Değişimi.....	64
Şekil 4.46 : 7 Nolu Kaplama Malzemesi İçin Dalga Yüksekliği İle Statik Hasar İlişkisi.....	65
Şekil 4.47 : 7 Nolu Kaplama Malzemesi İçin Dalga Periyodu İle Statik Hasar İlişkisi.....	65
Şekil 4.48 : Farklı Kaplama Özelliklerinde Dalga Yüksekliği İle Statik Hasar İlişkisi.....	66
Şekil 4.49 : Farklı Kaplama Özelliklerinde Dalga Periyodu İle Statik Hasar İlişkisi.....	66
Şekil 4.50 : 101-114 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi.....	67
Şekil 4.51 : 103-106 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi.....	67
Şekil 4.52 : 101-105 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi.....	68
Şekil 4.53 : 112-113 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi.....	68
Şekil 4.54 : 106-111 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi.....	68
Şekil 4.55 : 109-110 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi.....	69
Şekil 4.56 : 116-117 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi.....	69
Şekil 4.57 : 108-117 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi.....	69
Şekil 4.58 : 112-114 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi.....	70
Şekil 4.59 : 101-112 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi.....	70

Şekil 4.60 : 101-102 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi.....	71
Şekil 4.61 : 104-114 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi.....	71
Şekil 4.62 : 108-116 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi.....	71
Şekil 4.63 : 104-105 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi.....	72
Şekil 4.64 : 103-113 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi.....	72
Şekil 4.65 : 112-122 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profiller.....	73
Şekil 4.66 : 113-123 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profiller.....	73
Şekil 4.67 : 114-121 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profiller.....	73
Şekil 4.68 : 117-124 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profiller.....	74
Şekil 4.69 : 115-127 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profiller.....	74
Şekil 4.70 : 116-128 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profiller.....	74
Şekil 4.71 : 109-129 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profiller.....	75
Şekil 4.72 : 110-131 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profiller.....	75
Şekil 4.73 : 111-130 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profiller.....	75
Şekil 4.74 : 112-118 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profiller.....	76
Şekil 4.75 : 113-119 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profiller.....	76
Şekil 4.76 : 114-120 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profiller.....	76
Şekil 4.77 : 124-128 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil İlişkisi.....	77
Şekil 4.78 : 129-130 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil İlişkisi.....	77
Şekil 4.79 : 121-122 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil İlişkisi.....	78
Şekil 4.80 : 122-123 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil İlişkisi.....	78
Şekil 4.81 : 124-127 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil İlişkisi.....	78
Şekil 4.82 : 121-124 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil İlişkisi.....	79
Şekil 4.83 : 121-122 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil İlişkisi.....	79
Şekil 4.84 : 122-123 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil İlişkisi.....	80

Şekil 4.85 : 130-131 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil İlişkisi.....	80
Şekil 4.86 : 118-122 Nolu Seriler İçin Farklı Kaplama Durumundaki Dinamik Profiller.....	81
Şekil 4.87 : 119-123 Nolu Seriler İçin Farklı Kaplama Durumundaki Dinamik Profiller.....	81
Şekil 4.88 : 120-121 Nolu Seriler İçin Farklı Kaplama Durumundaki Dinamik Profiller.....	81
Şekil 4.89 : Kaplamasız ve Kaplamalı Durumlar İçin Dinamik Hasarın Değişimi.....	82
Şekil 5.1 : Dinamik Hasara Etki Eden Parametreler İle Hasar Parametresinin İlişkisi.....	85
Şekil 5.2 : Statik Hasara Etki Eden Parametreler İle Hasar Parametresinin İlişkisi.....	88
Şekil 5.3 : Statik Hasar Parametresi İle Stabilite Katsayısının İlişkisi.....	89
Şekil 5.4 : Stabilite Katsayısı İle Statik Verim İlişkisi.....	90
Şekil 5.5 : Kısmi Kaplamanın Stabilite Parametresi İle Dinamik Verim İlişkisi.....	93
Şekil B.1 : 1 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.).....	119
Şekil B.2 : 2 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.).....	120
Şekil B.3 : 3 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.).....	121
Şekil B.4 : 4 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.).....	122
Şekil B.5 : 5 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.).....	123
Şekil B.6 : 6 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.).....	124
Şekil B.7 : 7 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.).....	125
Şekil B.8 : 8 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.).....	126
Şekil B.9 : 9 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.).....	127
Şekil B.10 : 10 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.).....	128
Şekil B.11 : 11 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.).....	129
Şekil B.12 : 12 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.).....	130
Şekil B.13 : 13 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.).....	131
Şekil B.14 : 14 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.).....	132
Şekil B.15 : 15 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.).....	133
Şekil B.16 : 16 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.).....	134

Şekil B.67 : 128 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinatt Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütölmüştür.).....	185
Şekil B.68 : 129 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinatt Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütölmüştür.).....	186
Şekil B.69 : 130 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinatt Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütölmüştür.).....	187
Şekil B.70 : 131 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinatt Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütölmüştür.).....	188



SEMBOL LİSTESİ

α	: Şevin yatayla yaptığı açı
ϕ	: İçsel sürtünme açısı
ξ	: Kıyı benzerlik parametresi
ρ_a	: Koruyucu kaplama tabakası bloklarının özgül kütlesi
ρ_b	: Koruyucu kaplama tabakasının bağıl yoğunluğu
ρ_w	: Suyun yoğunluğu
Δ	: Rölatif özgül ağırlık
ΔE_1	: Dalga tırmanması sırasında harcanan enerji
ΔE_2	: Dalga çekilmesi sırasında harcanan enerji
γ_s	: Koruyucu kaplama tabakasındaki blokların özgül ağırlığı
γ_w	: Suyun özgül ağırlığı
A	: Erozyona uğrayan bölgenin alanı
a	: Orantı katsayısı
a_5	: Sabit sayı
a_4	: Sabit sayı
C_1	: Normal doğrultudaki dalga kuvveti katsayısı
C_2	: Şev yüzeyine paralel doğrultudaki dalga kuvveti katsayısı
D	: Birim dane çapı
D_{50}	: Koruyucu kaplama tabakası nominal çapı
d_b	: Dalganın kırılma derinliği
F_N	: Normal doğrultudaki dalga kuvveti
F_p	: Şev yüzeyine paralel doğrultudaki dalga kuvveti
g	: Yer çekimi ivmesi
$H_{1/10}$	: Toplam dalga sayısının en büyük dalga yüksekliğine sahip %10'luk kısmının aritmetik ortalaması
H_b	: Kırılan dalganın yüksekliği
h_c	: Kret yüksekliği
H_{max}	: Bir dalga serisinde gözlenen en büyük dalga yüksekliği
H_{min}	: Bir dalga serisinde gözlenen en küçük dalga yüksekliği
H_o	: Bir dalga serisindeki dalga yüksekliklerinin aritmetik ortalaması
$H_o T_o$	: Boyutsuz dalga yüksekliği ve dalga periyodu parametresi
H_{rms}	: Bir dalga serisinde, dalga yüksekliklerinin karelerinin ortalamasının karekökü
h_s	: Basamak yüksekliği

H_s	: Belirgin dalga yüksekliği
h_t	: Geçiş noktası yüksekliği
K_D	: Stabilite katsayısı
l_c	: Kret uzunluğu
L_o	: Derin sudaki dalga boyu
l_r	: Dalga tırmanma uzunluğu
l_s	: Basamak uzunluğu
m_1	: Dalga tırmanması sırasında hareket eden katı madde kütlesi
m_2	: Dalga çekilmesi sırasında hareket eden katı madde kütlesi
N	: Gelen dalga sayısı
N_{ex}	: Yer değiştiren blok sayısı
N_s	: Stabilite sayısı
P	: Yapının geçirimsizliği
P_a	: Koruyucu kaplama tabakasının porozitesi
$par1$	: Dinamik hasara etkili olan parametre
$par2$	: Statik hasara etkili olan parametre
$par3$	: Kısmi kaplama yapısının stabilitesine etkili olan parametre
s_m	: Dalga periyodu parametresi
S_p	: Boyutsuz hasar parametresi
S_v	: Görsel hasar parametresi
T_{rms}	: Bir dalga serisinde, dalga periyotlarının karelerinin ortalamasının karekökü
$T_{1/10}$	: Toplam dalga sayısının en büyük dalga periyoduna sahip %10'luk kısmının aritmetik ortalaması
T_{max}	: Bir dalga serisinde gözlenen en büyük dalga periyodu
T_{min}	: Bir dalga serisinde gözlenen en küçük dalga periyodu
T_o	: Bir dalga serisindeki dalga periyotlarının aritmetik ortalaması
W	: Koruyucu kaplama tabakası ağırlığı
W'	: Şev üzerindeki birim danenin su içerisindeki ağırlığı
X	: Gövde genişliği
x_1	: Dalga tırmanması sırasında katı maddenin kat ettiği uzaklık
x_2	: Dalga çekilmesi sırasında katı maddenin kat ettiği uzaklık

DÜZENSİZ DALGA ETKİSİ ALTINDAKİ KIYILARDA KİSMİ KAPLAMA YAPISI İLE KIYI ÇİZGİSİNİN KORUNMASI

ÖZET

Dünya deniz ticaretindeki gelişmelerin sonucu olarak kıyı ve kıyı yapılarının önemi de artmıştır. Klasik kıyı koruma yapıları boyutlandırılmalarında kullanılan kriterler nedeni ile büyük boyutlu yapılardır. Dünyada çevre bilincinin gelişmesi ile kıyı alanlarının korunması, yapılacak olan kıyı koruma yapılarının estetik ve çevre ile uyumlu olması gündeme gelmiştir. Ayrıca kıyı koruma yapılarının düşük maliyetli olması arzu edilen bir diğer unsurdur. Bu çalışmada kıyı çizgisinin korunması için, düşük maliyetli, çevre ile uyumlu, bölgenin doğal güzelliğini bozmayacak, estetik bir kıyı koruma yapısı olan kısmi kaplama yapısı uygulanarak kıyı çizgisinin korunması araştırılmıştır. Söz konusu kısmi kaplama yapısının düzensiz dalga etkisi altındaki davranışı irdelenmiştir.

Çalışmadaki gerekli olan deneylerin tamamı İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Hidrolik Laboratuvarında yapılmıştır. Düzenli dalga deneyleri boyu 22.5 m, eni 1 m ve yüksekliği 0.5 m olan dalga kanalında, düzensiz dalga deneyleri ise boyu 24 m, eni 1 m ve yüksekliği 1 m olan dalga kanalında yapılmıştır.

Düzenli ve düzensiz dalga deneylerinde başlangıçta dalga kanalına 1/5 eğimde, dane çapı 0.35 mm ve birim hacim ağırlığı 2.63 gr/cm^3 olan doğal plaj malzemesi serilmiştir. Bu şeye kaplamasız durum için farklı özellikteki dalgalar gönderilmiş ve dalga kayıtları alınmıştır. Dalgalar profil dengeye ulaşınca (35-40 dakika) kadar gönderilmiştir. Dengeye ulaşan profil belirlenmiş ve bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Daha sonra aynı plaj malzemesi üzerine dalganın birinci ve ikinci kırılma noktaları arasına değişik kaplama malzemeleri serilmiş ve farklı özellikteki dalgalar gönderilmiştir. Yine dalga kayıtları alınmış ve kısmi kaplama tabakasında oluşan statik hasar stabilitesi bozulan kaplama malzemelerinin sayılması ile belirlenmiştir. Dalgaların gönderilmesi tamamlandıktan sonra oluşan profil belirlenip bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Bu şekilde farklı dalga özelliklerinde, kaplamasız ve kaplamalı durumdaki dinamik profil değişimleri, kaplamalı durumda kaplamada oluşan statik hasar oranları belirlenmiştir.

Çalışma neticesinde belirlenen sonuçlar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Sabit dalga periyodunda dalga yüksekliğindeki artış kaplamalı ve kaplamasız durumlarda dinamik profil değişimini arttırmaktadır.

Sabit dalga yüksekliğinde, dalga periyodundaki artış kaplamalı ve kaplamasız durumdaki dinamik profil değişimini arttırmaktadır.

Kısmi kaplama yapısının statik stabilitesi incelendiğinde sabit kaplama özelliği ve sabit dalga periyodu için dalga yüksekliğindeki artışın statik hasarı arttırdığı görülmüştür.

Sabit kaplama özelliği ve sabit dalga yüksekliklerinde dalga periyodundaki artışın statik hasarı arttırdığı görülmüştür.

Sabit dalga özellikleri ve sabit birim hacim ağırlığında kaplama malzemesi dane çapındaki artış statik hasarı azaltmıştır.

Sabit dalga özellikleri ve dane çapında kaplama malzemesi birim hacim ağırlığındaki artış statik stabiliteyi arttırmıştır.

Düzensiz dalga etkisi altında yapılan deneylerde elde edilen veriler kullanılarak konuya etki eden parametreler ile boyutsuz dinamik erozyon alanı arasında aşağıdaki bağıntı kurulmuştur.

$$s_d = \frac{1}{1.5 \cdot 10^{-6}} \cdot \left(\ln \left(\frac{H_s \cdot \xi}{G_{sp} \cdot D_p} \right) - 4.1396 \right) \quad (1)$$

Düzensiz dalga etkisi altında kısmi kaplama yapısının statik hasarı incelendiğinde, konu ile ilgili parametreler ile statik hasar arasında aşağıdaki bağıntı kurulmuştur.

$$s_s = \left(0.01254 \cdot \ln \left(\frac{G_{sp} \cdot H_s}{G_{sk} \cdot D_k} \cdot \xi \right) + 0.00074 \right) \quad (2)$$

Kısmi kaplama yapısının statik verimi (1/statik hasar) ile ilgili parametreler arasında aşağıdaki bağıntı kurulmuştur.

$$s_{sv} = \left(0.01254 \cdot \ln \left(\frac{G_{sp} \cdot H_s}{G_{sk} \cdot D_k} \cdot \xi \right) + 0.00074 \right)^{-1} \quad (3)$$

Söz konusu boyutsuz statik hasar ve statik verim parametrelerinin Hudson (1959)'ın K_D stabilite katsayısı ile ilişkisi aşağıdaki bağıntılar ile ifade edilmiştir.

$$K_D = 75.243 \cdot s_s^{1.2155} \quad (K_D \text{ -Statik Hasar}) \quad (4)$$

$$K_D = 75.243 \cdot s_{sv}^{-1.2155} \quad (K_D \text{ -Statik Verim}) \quad (5)$$

Üzerinde çalışılan kısmi kaplama yapısı ile kıyı erozyonunda sağladığı verim için ilgili parametreler ile boyutsuz erozyonu engellenmiş bölge alanı arasında aşağıdaki bağıntı kurulmuştur.

$$s_{dv} = \left(-\ln \left(\frac{D_p^2 \cdot s_{sv}}{H_s \cdot G_{sk} \cdot G_{sp}} \cdot \frac{x_p}{D_k \cdot t \cdot \xi} \right) - 3.22138 \right) \cdot \frac{1}{6.78 \cdot 10^{-6}} \quad (6)$$

Kullanılacak kaplama malzemesinin blok ağırlıkları, kısmi kaplamalı durum için yapılmış deneylerden belirlenmiş olan K_D stabilite katsayısı kullanılarak aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir.

$$W = \frac{\gamma_s \cdot H_s^3}{K_D \cdot \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \right)^3 \cdot \cot \alpha} \quad (7)$$

Bu çalışmada üzerinde durulan kısmi kaplama yapısı kullanılarak iyi bir projelendirme ile %65-70 oranında kıyı erozyonun engellenebileceği görülmüştür.



PROTECTION OF SHORE LINE IN COASTS UNDER THE EFFECT OF IRREGULAR WAVES WITH PARTIAL COVERING STRUCTURE

SUMMARY

As a result of the development in the world's overseas trade, the importance of coast and coastal structures has increased. The classical shore protection structures are big in size because of their designing criteria. With the result that the environmental consciousness has grown, two subject are put on the agenda. These are the protection of coastal areas and coastal protection structures which are expected esthetic and in harmony with the environment. Another point is that the low costed shore protection structures are desired. In this study, a partial covering structure, which is with low cost, in harmony with the environment, not disturbing natural beauty of the area, and esthetic, has been investigated for the protection of shore line. The behavior of the mentioned partial structure is investigated under the impacts of irregular waves.

All experiments required in this study are performed in the Laboratories of İstanbul Technical University, Civil Engineering Faculty, Department of Hydraulics. The measurements of the regular wave flume used in the experiments were 22.5 m by 1 m by 0.5 m and those of irregular one were 24 m by 1 m by 1 m.

At the beginning in both regular and irregular wave experiments natural beach sand those grains were 0.35 mm in diameter with 2.63 specific gravity was used with a slope of 1/5. Different characteristic waves were applied on this slope for uncovering condition and the wave records were taken. The waves were applied until the profile reached the balance (35-40 minutes). The balanced profile was determined and transferred to the computer. Afterward, between the first and second breaking points of waves on the same beach profile, different covering materials were spread out and different characteristics waves were applied. The wave records were taken again, and the statical damage occurred on the covering layer was determined by counting the covering materials. After finishing the application of waves, the change of the occurred profile was determined and transferred to the computer. In this way, for different wave characteristics, the change of the dynamics profile on uncovering and covering condition and the statical damage ratio on covering condition were determined.

At the end of the study, the determined conclusions are briefly summarized below.

On the constant wave period, the increase in the wave height on both covering and uncovering conditions increases the change of the dynamic profile.

On the constant wave height, the increase in the wave period increases the change of dynamic profile of on covering and uncovering conditions.

When the effect on the statical stability of the partial covering structure was investigated, the increase in the wave height increased the statical damage for the constant covering characteristics and the constant wave period.

On the constant covering characteristics and constant wave height, the increase in the wave period increased the statical damage.

On the constant wave characteristics with constant specific gravity the increasing in the diameter of grains decreased the statical damage.

On the constant wave characteristics and unit diameter the increase in the specific gravity of the armor unit increased the statical stability. By using criteria obtained from experiments performed under irregular wave effect the following equation between effective parameters and dimensionless dynamic erosion area was established.

$$s_d = \frac{1}{1.5 \cdot 10^{-6}} \cdot \left(\ln \left(\frac{H_s \cdot \xi}{G_{sp} \cdot D_p} \right) - 4.1396 \right) \quad (1)$$

When the statical damage was investigated under irregular wave effect, the relationship between related parameters and statical damage could be determined as below.

$$s_s = \left(0.01254 \cdot \ln \left(\frac{G_{sp} \cdot H_s}{G_{sk} \cdot D_k} \cdot \xi \right) + 0.00074 \right) \quad (2)$$

The relationship between the statical yield of partial covering structure and related parameter could be determined as below.

$$s_{sv} = \left(0.01254 \cdot \ln \left(\frac{G_{sp} \cdot H_s}{G_{sk} \cdot D_k} \cdot \xi \right) + 0.00074 \right)^{-1} \quad (3)$$

The relationship between this statical damage and statical yield parameters and Hudson's stability coefficients could be stated as below.

$$K_D = 75.243 \cdot s_s^{1.2155} \quad (K_D \text{-Statical damage}) \quad (4)$$

$$K_D = 75.243 \cdot s_{sv}^{-1.2155} \quad (K_D \text{-Statical yield}) \quad (5)$$

With the studied partial covering structure, and for the yield of the shore erosion, the relationship between related parameters and dimensionless erosion area could be established as below.

$$s_{dv} = \left(-\ln \left(\frac{D_p^2 \cdot s_{sv}}{H_s \cdot G_{sk} \cdot G_{sp}} \cdot \frac{x_p}{D_k \cdot t \cdot \xi} \right) - 3.22138 \right) \cdot \frac{1}{6.78 \cdot 10^{-6}} \quad (6)$$

The weight of the armor unit could be calculated by using stability coefficient determined as a result of the experiments of partial covering condition.

$$W = \frac{\gamma_s \cdot H_s^3}{K_D \cdot \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \right)^3 \cdot \cot \alpha} \quad (7)$$

In this study, it has been seen that the shore erosion could be decreased to the ratio of % 65-70 with a good project of studied partial covering structure.



1. GİRİŞ

Dünyada gelişen ekonomik koşullara paralel olarak deniz ticareti hızla artmaktadır. Bu nedenle büyük boyutlu kıyı yapılarına ihtiyaç duyulmaktadır. Diğer taraftan turizm gibi etkiler dikkate alındığında kıyıların korunması ve doğal güzelliklerinin bozulmaması gerekmektedir. Yani artık kıyı yapıları için projeler hazırlanırken çevresel etkiler de dikkate alınmalıdır.

Klasik kıyı koruma yapıları tasarımında kullanılan kriterler nedeniyle oldukça büyük boyutlu yapılardır. Bu yapıların gerek inşaa gerekse bakım maliyetleri oldukça yüksek olmakta ve estetik olmamaktadır. Bu nedenle düşük maliyetli ve çevreyle uyumlu kıyı koruma yapılarının zorunluluğu ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmada kısmi kaplama yapısı ile kıyı çizgisinin korunması konusu araştırılmıştır. Kıyı koruma yapısı olarak kıyının tamamı yerine belli bir kısmı kaplanarak kıyı çizgisinin korunması hedeflenmiştir. Böylece hem düşük maliyetli, hem çevreyle uyumlu hem de estetik bir kıyı koruma yapısı amaçlanmıştır.

İkinci bölümde, üzerinde çalışılan kısmi kaplama yapısı teorik olarak hem dinamik hem de statik stabilite kavramlarını içerdiğinden bu konular ile ilgili daha önceki yapılan çalışmalar araştırılmıştır.

Üçüncü bölümde, çalışmada kullanılan deney ve ölçüm sistemleri anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde, deneylerden elde edilen veriler konu ile ilgili parametreler dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Beşinci bölümde, düzensiz dalga deneylerinden elde edilen değerler boyutsuz büyüklüklerle ifade edilmiş ve matematiksel olarak değerlendirilmiştir.

Altıncı bölümde, çalışmadan elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

2. KONU İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

2.1 Giriş

Bu çalışmada düzensiz dalga etkisi altındaki kıyılarda kısmi kaplama yapısı ile kıyı çizgisinin korunması konusu üzerinde çalışılmıştır. Konu hem statik stabilite hem de dinamik stabilite kavramlarını içerdiği için bu bölümde daha önce bu konular üzerine yapılmış çalışmalara yer verilmiştir.

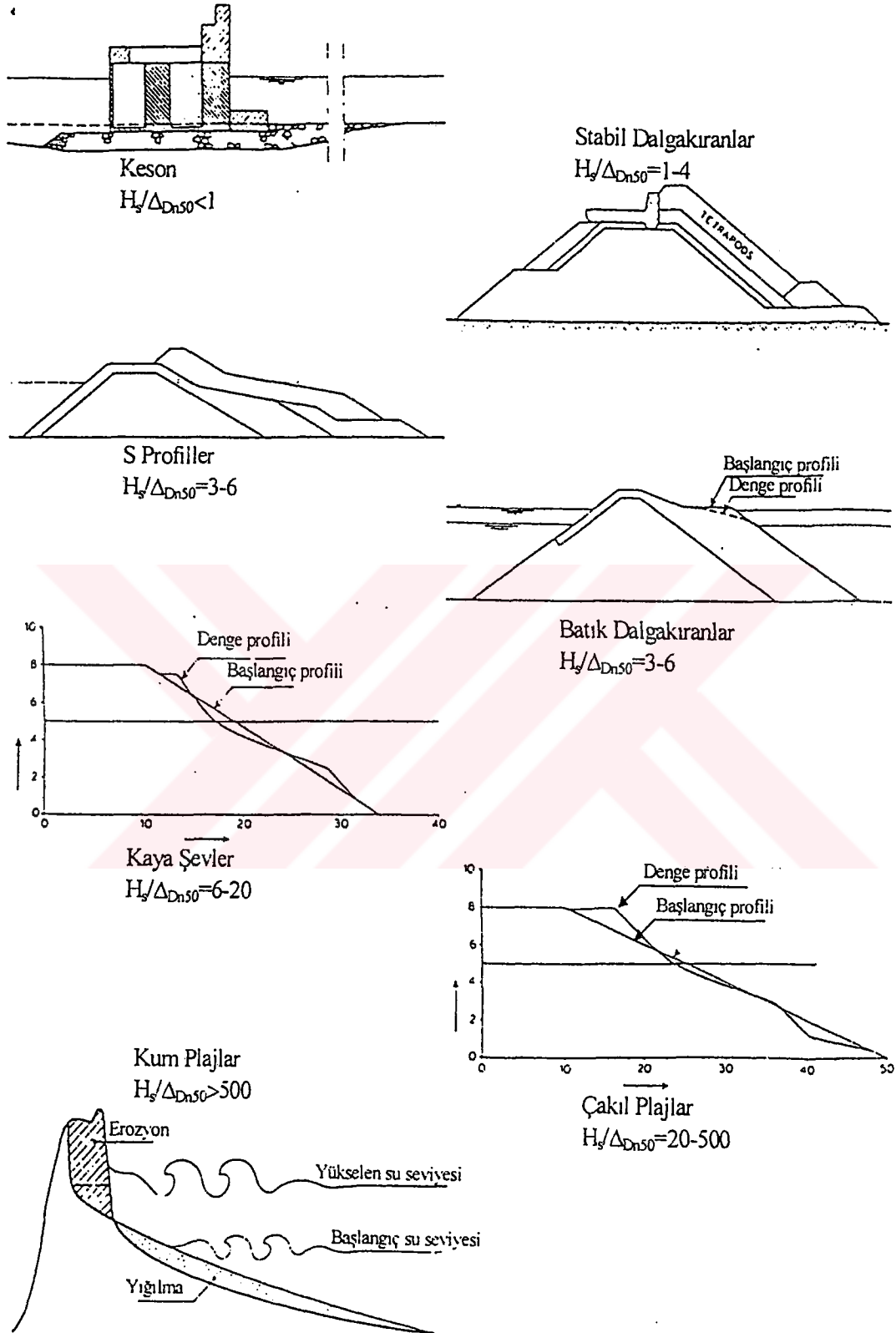
Statik ve dinamik stabilite kavramlarına geçmeden önce stabilite kavramını tanımlamak faydalı olacaktır. Dalga etkisi altındaki kıyı ve kıyı yapılarında stabilite sayısı olarak genellikle Denklem 2.1 kullanılmıştır. Van der Meer (1988), bu denklemi farklı yapılar arasındaki stabilite ilişkisini belirlemekte kullanmıştır. Vidal ve diğ. (1995), söz konusu denklemi Hudson'ın stabilite sayısı olarak tanımlamıştır ve bu stabilite sayısı Denklem 2.1'de verilmiştir.

$$N_s = \frac{H_s}{\Delta D_{50}} \quad (2.1)$$

Burada H_s , belirgin dalga yüksekliğini; Δ , rölatif özgül ağırlığı; D_{50} , nominal çapı ifade etmektedir.

Yukarıda ifade edilen stabilite sayısı ile farklı yapılar arasındaki ilişki Şekil 2.1'de sınıflandırılmış ve söz konusu yapıların özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

- Kesonlar ve kıyı duvarları : Stabilite sayısı 1'den küçüktür. Bu tip yapılarda hasara mücade edilmeksizin projelendirme yapılır.



Şekil 2.1 Stabilité Sayısı İle Farklı Yapılar Arasındaki İlişki (van der Meer, 1988)

- **Stabil dalgakıranlar:** Stabilite sayısı 1 ile 4 arasındadır. Genel olarak üniform eğim üzerine doğal veya suni bloklar kullanılarak inşaa edilirler. Çok az hasara müsaade edilebilir.
- **S tipi ve batık dalgakıranlar:** Stabilite sayısı 3 ile 6 arasındadır. Bu yapıların eğimleri büyük veya küçük olabilir. S tipinde şev üzerindeki bloklar gelen dalga kuvvetlerine karşı koyarlar. Batık dalgakıranlarda ise ilk fırtına durumunda belli bir profil oluşur ve bu profil daha sonra değişmez.
- **Kaya şevler :** Stabilite sayısı 6 ile 20 arasındadır. Burada taş çapları kısmen küçüktür. Bu yapılar büyük dalga etkisi altında hareket etmeksizin dayanamazlar. Yapının farklı dalga etkisindeki davranışı tasarımda dikkate alınır.
- **Çakıl Plajlar:** Stabilite sayısı 15 ile 500 arasındadır. Santimetre ve milimetre boyutundaki malzemelerden oluşur. Profilleri farklı dalga koşullarında sürekli olarak değişir. Tasarım aşamasında farklı dalga koşullarında gösterdikleri bu değişimler önemlidir.
- **Kum plajlar ve dunlar:** Stabilite sayısı 500'den büyüktür. Bu malzemeler çok küçük çaplıdır. Dalga etkisi altında oluşan kum erozyonları ve profil değişimleri tasarımda önemlidir.

2.2 Statik Stabilitenin Tanımı

2.2.1 Statik Stabilite Kavramı

Statik olarak stabil yapılarda yapının tamamının veya belli elemanlarının yer değişimi dikkate alınarak tasarım yapılır. Yapı elemanlarının yer değişiminin hiç olmaması veya çok az olması istenir. Ancak bu elemanlarda hiç hasar olmayacak şekilde tasarım yapılması inşaa maliyetini arttırdığı için maliyet ile hasar arasında optimum değer dikkate alınarak tasarım yapılır. Bölüm 2.1'de anlatılan yapı sınıfı ile stabilite katsayısı arasındaki ilişki incelendiğinde bu katsayının 4'ten küçük olması durumunda statik stabilitenin dikkate alındığı görülür (van der Meer, 1988). Bu çalışmada statik stabilite kavramı kıyı çizgisinin korunmasında kullanılan kaplama malzemeleri için dikkate alınmıştır.

2.2.2 Statik Hasarın Tanımı

Koruyucu kaplama tabakasında bulunan statik olarak stabil yapı elemanları normal dalga koşullarında hareket etmezler. Ancak daha büyük dalgalarda bu kaplama elemanlarının stabilitesinde bozulmalar olabilir. Statik stabilitede meydana gelen bu bozulmalar statik hasar olarak tanımlanabilir. Ancak stabilitesi bozulan yapı elemanlarının oluşturduğu hasar seviyesinin belli sınır değerleri içinde kalması gerekir. Yapı ömrünün belirlenmesinde hasar seviyesinin çok büyük etkisi vardır. Deneyler sırasında hasar oranı, stabilitesi bozulan kaplama elemanı sayısının toplam kaplama elemanı sayısına oranı olarak dikkate alınmıştır.

Yukarıdaki tanımlamadan hareketle statik olarak stabil yapılar için tasarım yapılırken kullanılan kaplama elemanlarının ve toplam kaplama ağırlığının statik stabilitenin en önemli parametrelerinden olduğu görülür. Ancak büyük blokların kullanıldığı yapılarda statik hasarın çok az olmasına karşı ilk yatırım maliyeti, küçük blokların kullanıldığı yapılarda ise zamanla oluşacak hasar neticesinde bakım ve onarım maliyeti yüksek olacaktır. Tasarım sırasında bu unsurlar dikkate alınarak optimum çözümün yapılması önerilir.

2.2.3 Koruyucu Kaplama Tabakası

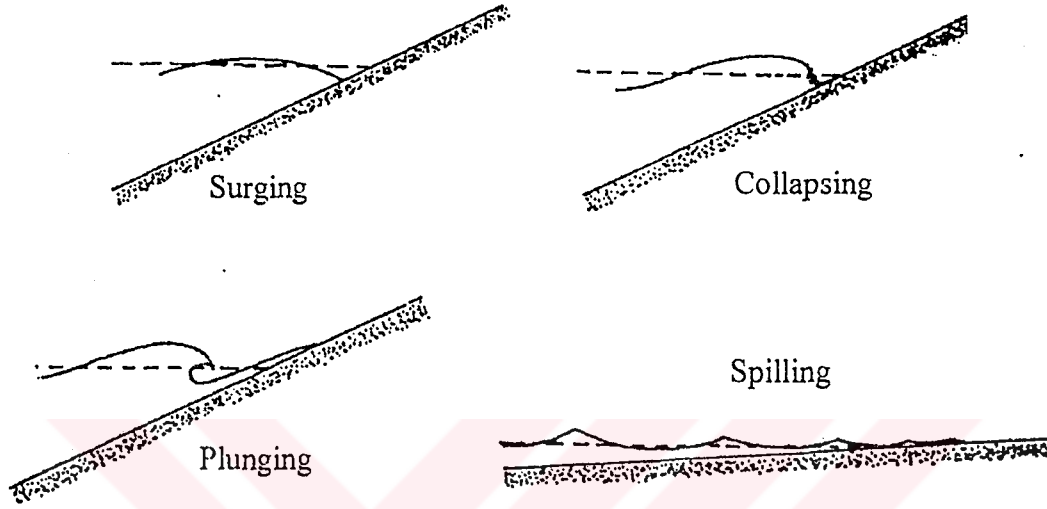
Bu çalışmada kullanılan koruyucu kaplama malzemesi dalganın birinci ve ikinci kırılma noktaları arasına yerleştirilmiştir. Bu kaplama malzemesi ile kıyı çizgisinde profil değişiminin en aza indirilmesi hedeflenmiştir. Kaplamanın statik stabilitesindeki bozulmalar dinamik profil değişimini arttırdığı için kaplama elemanlarında oluşacak hasarın dikkate alınması gerekmiştir. Deneyler sırasında farklı özelliklerde kaplama malzemesi kullanılarak oluşacak hasarın istenilen seviyelerde tutulması amaçlanmıştır.

2.2.4 Dalga Kırılma Tipi İle Statik Hasar İlişkisi

Dalgalar açık denizden kazandığı enerji ile kıyı bölgesine ulaştıklarında taban etkisi ile kırılırlar. Bu olay sırasında dalga enerjisinin bir kısmı ısıya dönüşür ve bu bölgede türbülans alanı oluşur. Bu nedenle katı madde taşınımı meydana gelebilir. Çünkü kırılma esnasında açığa çıkan enerjinin malzeme taşınımı için kuvvet uygulayarak sönmelenmesi gerekir.

Dalganın sığlaşma nedeniyle sürtünme için harcadığı enerji kırılma olayında harcanan enerjiden çok küçüktür (Ünal, 1996). Kıyı bölgesinde meydana gelen yoğun enerji kaybı nedeniyle de dalga yükseklikleri sahile doğru azalacaktır.

Kıyı bölgesindeki kırılma olayı spilling, plunging, surging ve collapsing olmak üzere dört farklı tipte sınıflandırılmıştır. Şekil 2.2’de, bahsedilen kırılma tipleri şematik olarak gösterilmiştir (Günbak ve Bruun, 1979).



Şekil 2.2 Dalga Kırılma Tipleri

Spilling tip kırılma, dik dalgaların taban eğiminin çok küçük olduğu kıyı bölgesindeki kırılma şeklidir. Bu kırılma tedrici bir kırılma tipidir. Kırılma sırasında dalga yüzeyinde köpüklenme gözlenir.

Plunging tip kırılma, dalgaların dik kumsallardaki kırılma şeklidir. Dalga tepesi dalganın önündeki su kütesine dalmış gibi bir görüntü verir. Bu kırılma tipinde dalganın yansıması ve kıyı bölgesinde büyük çevrıntiler gözlenir.

Surging tip kırılma, dik kıyı bölgelerinde basık dikliğe sahip dalganın yaklaşması ile meydana gelen kırılma mekanizmasıdır. Kırılma küçük miktarlarda olur ve büyük dalga yansıması meydana gelir. Dalga yüksekliğinde meydana gelen azalma ortalama su seviyesinin artmasına neden olur. Bu olay ise kabarma olarak adlandırılır.

Collapsing tip kırılma, surging ve plunging kırılma tipinden tam olarak ayrılamaz.

Yukarıda anlatılan kırılma tiplerinin sınıflandırılmasında surf benzerlik parametresi kullanılmıştır. Bu parametre dalganın kırılıp kırılmadığını ve kırılmış ise nasıl

kırıldığını gösterir. Günbak ve Bruun (1979), bu parametreyi aşağıdaki denklemlerle tanımlamışlardır.

$$\xi = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{H/L_0}} \quad (2.2)$$

$$L_0 = \frac{g T^2}{2\pi} \quad (2.3)$$

Burada H, yapı önündeki dalga yüksekliği; α , şev eğimi; L_0 , derin sudaki dalga boyu; ξ , kıyı benzerlik parametresi; g, yerçekimi ivmesi; T, dalga periyodudur.

Farklı kırılma tipleri için kıyı benzerlik parametresinin sınır değerleri Tablo 2.1’de gösterilmiştir (Günbak ve Bruun, 1979).

Tablo 2.1 Farklı Kırılma Tipleri İçin Kıyı Benzerlik Parametresinin Sınır Değerleri

Kırılma Tipi	Spilling	Plunging	Plunging-Collapsing	Collapsing-Surging	Surging
Sınır Değeri	$\xi < 0.5$	$0.5 < \xi < 2$	$2 < \xi < 2.6$	$2.6 < \xi < 3.1$	$3.1 < \xi$

Yukarıda anlatılan kırılma tiplerinin koruyucu kaplama tabakasının statik stabilitesi üzerine büyük etkisi bulunur. Kaplama tabakasına etkiyen maksimum kuvvetler dalganın tırmanması veya geri çekilmesi sırasında uygulanır. Bu olaylar kaplama tabakasında büyük miktarlarda hasara neden olabilir. Kaplamanın tam üzerine düşen dalgalar bu bölgedeki kaplama elemanlarının yerini terk etmesine neden olabilir. Bu konu üzerinde yapılan diğer çalışmalar Bölüm 2.3’te sunulmuştur.

2.3 Statik Stabilité Üzerinde Yapılan Çalışmalar

Statik stabilite ile ilgili çalışmalar 1920’li yıllara kadar dayanır. Bu konu üzerindeki yapılan çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Hudson (1959) statik hasarı,

$$\frac{H}{\Delta.D_{n50}} = (K_D \cdot \cot \alpha)^{1/3} \quad (2.4)$$

ifadesi ile tanımlamıştır. Bu formülün basit yapısı kullanımını arttırmıştır. Ancak K_D ile tanımlanan stabilite katsayısı; blokların şekli, kaplama tabakasındaki blok sayısı, blokların yerleştirilme şekli, yüzey pürüzlülüğü, dalganın kırılıp kırılmaması, kaplama bloklarının yapının gövde veya kafasına yerleştirilmesi hali, dalganın geliş açısı, yapının eğimi, blokların su seviyesi altındaki derinliği, alt tabakanın boyutu ve geçirimsizliği, deniz tabanının geometrik özellikleri, model ölçeği gibi pek çok parametreyi içermektedir. Stabilite katsayısının bu kadar çok parametreye bağlı olmasından doğan belirsizlik ifadenin hassasiyetini azaltmıştır.

Iribarren (1938) koruyucu kaplama tabakasında kullanılan blokların ağırlığını,

$$W = \frac{\gamma_s \cdot K \cdot H_b^3}{\left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1\right)^3 \cdot (\cos \alpha - \sin \alpha)^3} \quad (2.5)$$

formülü ile ifade etmiştir. Burada K stabilite katsayısı olarak tanımlanmıştır (Kabdaşlı, 1992).

Hudson (1958),

$$W = \frac{\gamma_s \cdot H^3}{K_D \cdot \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1\right)^3 \cdot \cot \alpha} \quad (2.6)$$

formülü ile kaplama tabakasındaki blokların ağırlığını tanımlamıştır. Burada K_D stabilite katsayısı için Tablo 2.2'deki değerler önerilmiştir.

Swée ve diğ., çalışmasında kaplama tabakası blok ağırlığı için aşağıdaki formülü tanımlamıştır (Raichlen, 1974).

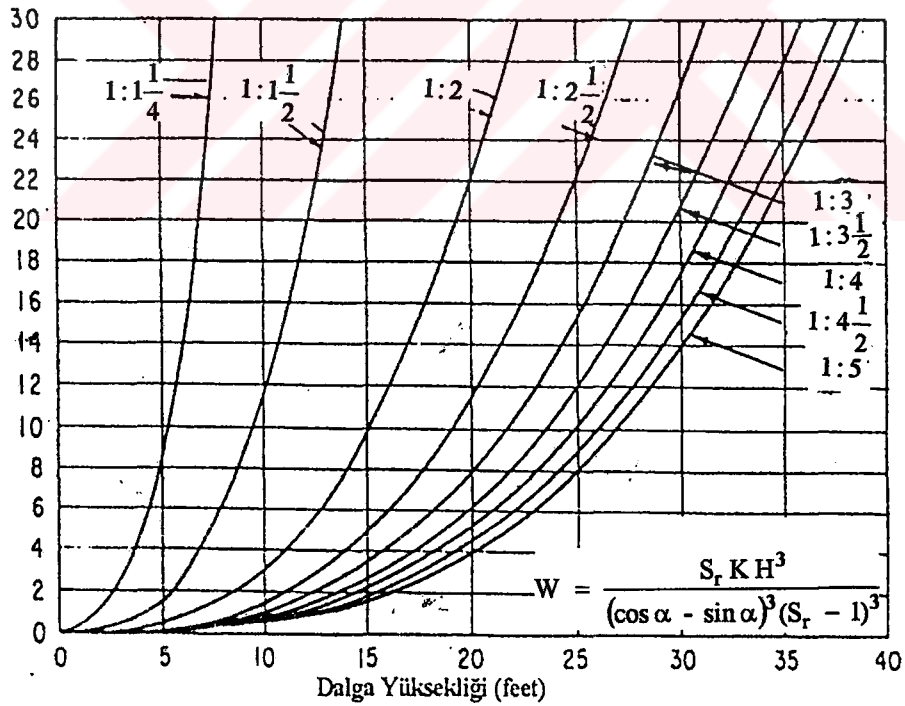
$$W = \frac{K \cdot \gamma_s \cdot H^3}{(S_s - 1)^3 \cdot (\cos \alpha)} \quad (2.7)$$

$$S_s = \frac{\rho_a}{\rho_w} \quad (2.8)$$

Tablo 2.2 Farklı Kaplama Türleri İçin Stabilite Katsayısı

Kaplama Elemanı Taş blok	(N) Kaplama Sıra Sayısı	Yerleşim Şekli	Yapı gövdesinde		Yapı kafasında		Eğim
			K _D		K _D		
			Kırılan Dalga	Kırılmayan Dalga	Kırılan Dalga	Kırılmayan Dalga	Cot θ
Düzgün	2	Rasgele	1.2	2.4	1.1	1.9	1.5-3
Yuvarlak	<3		1.6	3.2	1.4	2.3	
Pürüzlü	1		-	2.9	-	2.3	
Pürüzlü	2	Rasgele	2.0	4.0	1.9	3.2	1.5
					1.6	2.8	2.0
					1.3	2.3	3.0
	>3	Rasgele	2.2	4.5	2.1	4.2	1.5-3.0
2	Özel	5.8	7.0	5.3	4.5		

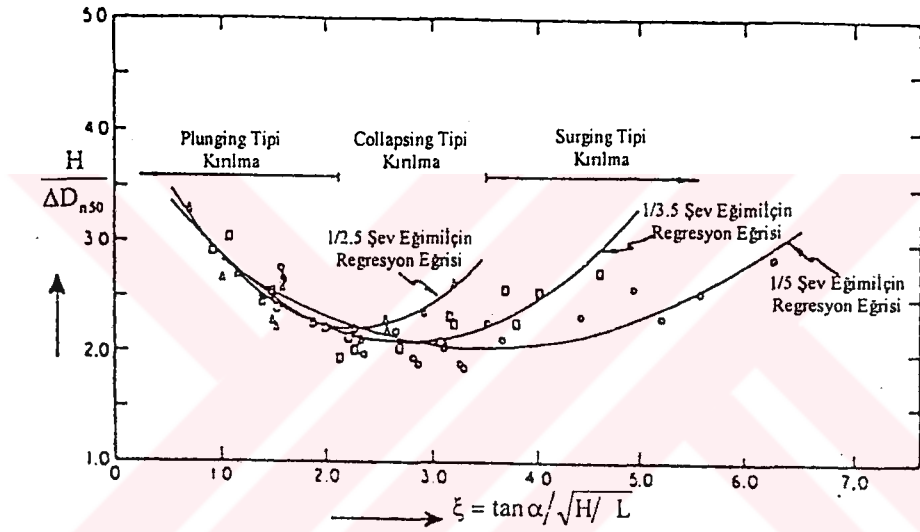
Quinn (1961), Irribaren eşitliği için dalga yüksekliklerine karşılık gelen blok ağırlıklarını hesaplamıştır. Bunun için Şekil 2.3 önerilmiştir.



Şekil 2.3 Dalga Yüksekliklerine Karşılık Gelen Blok Ağırlıkları (ton)

Battjes (1974), Irribaren katsayısını (I_r) surf benzerlik parametresi ile tanımlamıştır.

Ahrens (1975), rip-rap türü kaplama malzemesi üzerinde düzenli dalgalar için yapmış olduğu çalışmasında dalga periyodunun etkisini incelemiştir. Deney sonunda Şekil 2.4' de görüldüğü gibi, $H / \Delta D_{n50}$ hasar parametresi ile $\xi = \tan \alpha / \sqrt{H / L}$ surf benzerlik parametresi arasındaki ilişki araştırılmıştır. Surf benzerlik parametresi periyodun bir fonksiyonu olarak $\xi = \tan \alpha \sqrt{2\pi H / g T^2}$ şeklinde de yazılabilir. Bu çalışmada plunging tip dalgalarda farklı eğimler için surf benzerlik parametresinin aynı parabolü oluşturduğu görülmüştür ($\xi < 2.5-3$). Minimum stabilite collapsing tip dalgalarda gözlenmiştir. Surging tipte ise farklı eğimler için farklı paraboller elde edilmiştir ($\xi > 2.5-3$). Bu durum eğimin stabilite üzerindeki etkisini göstermiştir (van der Meer, 1988).



Şekil 2.4 Düzenli Dalgalar Altında Rip-Rapların Stabilitesi (Ahrens, 1975)

Ahrens ve Mc Cartney (1976), rip-rap üzerinde yaptıkları çalışmalarda stabilitenin dalga periyodu ile değiştiğini ve minimum stabilitenin collapsing tip dalgada oluştuğunu görmüşlerdir.

Thompson ve Shuttler (1975), yeni bir hasar parametresi (N_{Δ}) tanımlamışlar ve Denklem 2.9'u önermişlerdir (van der Meer, 1988).

$$N_{\Delta} = \frac{A \rho_b 9 D_{n50}}{\rho_a D_{n50}^3 \frac{\pi}{6}} \quad (2.9)$$

Bu çalışmada dört farklı eğim ($\cot\alpha=2, 3, 4, 6$) kullanılmıştır. Sonuçta minimum stabiliteye büyük periyotlu dalgalarda ulaşıldığı belirlenmiştir. N_{Δ} parametresinin avantajı hasarın malzeme şeklinden bağımsız olmasıdır. Fakat erozyon alanıyla doğrudan ilgilidir. Bir diğer problem de suya doymun birim hacim ağırlığının protatip olarak belirlenmesinden doğan zorluktur.

Bruun ve Günbak (1976), çalışmalarında Ir (Irribaren) sayısının belli bir aralığında şev stabilitesinin minimum değer aldığını görmüşlerdir. Bunu rezonans olayı ile açıklamışlardır. Bu olay dalga tırmanma ve çekilme periyodunun çakışmasından kaynaklanan bir oluşumdur.

Bruun ve Günbak (1977), surf bezerlik parametresinin dinamik basınçla değişimini incelemişlerdir. Maksimum pozitif ve negatif basınçları surf benzerlik parametresinin 2.5 civarında olduğu bölgede belirlemişlerdir.

Price (1978), yaptığı çalışmada doğal taşlar için dalga geliş açısının stabilite üzerine büyük etkisinin olmadığını görmüştür (van der Meer, 1988).

Losada ve Gimenez-Curto (1979), düzenli dalga etkisi altındaki tetrapot bloklar üzerinde yaptığı çalışmalarında $Q = (H / (\Delta \cdot D_{n50}))^3$ stabilite katsayısı ile ξ surf benzerlik parametresi arasındaki ilişkiyi incelemiş ve minimum stabiliteyi $\xi=2-4$ arasında gözlemişlerdir.

Plarczyk ve Den Boer (1983), Ahrens' in çalışmasını temel alarak dalga periyodunun farklı eğimlerdeki etkisini gözlemişler ve aşağıdaki bağıntıları önermişlerdir (van der Meer, 1988).

$$\frac{H}{\Delta \cdot D_{n50}} = 2.5 \cdot \xi^{-0.5} \cdot S_R \quad \text{Plunging Tip} \quad (2.10)$$

$$\frac{H}{\Delta \cdot D_{n50}} = 0.54 \cdot \sqrt{\cot \alpha} \cdot \xi^{0.5} \cdot S_R = 0.54 \cdot (H / L)^{-0.25} \cdot S_R \quad \text{Surging Tip} \quad (2.11)$$

$$S_R = \mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha \quad (2.12)$$

Burada μ sürtünme katsayısı olup $\tan \phi$ olarak kabul edilir (Irribarren 1950). Çalışma yorumlandığı zaman plunging tip dalgadaki hasarın eğimden bağımsız buna karşın surging tip dalgadaki hasarın eğime bağlı olduğu görülür.

Sawaragi (1982), taş dolgu dalgakıranlar üzerinde yapmış olduğu çalışmalarda, stabilite koşullarının minimize olduğu bir Ir aralığının olduğunu doğrulamıştır. Bu aralığın geçirimsiz ve düz yüzeyler için dar, geçirimli yüzeyler için geniş olduğunu belirlemiştir (van der Meer, 1988).

Hader (1986), kaplama ve plaj malzemesi geçirimsizliğinin statik stabilite üzerinde büyük etkisinin olduğunu gözlemiştir.

Broderick (1984) hasarı,

$$S_p = \frac{A}{(W_{50} / \rho_a)^{2/3}} \quad (2.13)$$

$$S_p = \frac{A}{D_{n50}^2} \quad (2.14)$$

ifadeleri ile tanımlamıştır (Yağcı, 2000).

Shore Protection Manuel (1984)'de, K_D stabilite katsayısının belirlenmesi için Tablo 2.3 önerilmiştir.

Bruun (1985), Irribarren (1938)'in çalışmasını temel alarak blok ağırlıkları için,

$$W = \frac{K (H^3 \cdot \gamma_s)}{(\mu \cdot \cos \alpha - \sin \alpha) (\gamma_s / \gamma_w - 1)} \quad (2.15)$$

formülünü önermiştir.

Tablo 2.3 Farklı Kaplama Türlerindeki Stabilite Katsayıları (SPM, 1984)

Kaplama Cinsi	(N) Kaplama Sıra Sayısı	Yerleşim Şekli	Yapı Gövdesinde		Yapı Kafasında		Eğim
			K _D		K _D		
			Kırılan Dalga	Kırılmayan Dalga	Kırılan Dalga	Kırılmayan Dalga	Cot θ
Tabii taş	2 <3 1	Rasgele	1.2	2.4	1.1	1.9	1.5-3.0
Düzgün			1.64	3.2	1.44	2.3	
Pürüzlü			-	2.9	-	2.3	
Pürüzlü	2	Rasgele	2.0	4.0	1.9	3.2	1.5
					1.6	2.8	2.0
					1.3	2.3	3.0
Pürüzlü Parallelepiped	>3	Rasgele	2.2	4.5	2.1	4.2	1.5-3.0
	2	Özel	5.8	7.0	5.3	4.5	
	2		7.0-20.0	8.5-24.0	-	-	
Terapod Ve Quadripod	2	Rasgele	7.0	8.0	5.0	6.0	1.5
					4.5	5.5	2.0
					3.5	4.0	3.0
Tribar	2	Rasgele	9.0	10.0	8.3	9.0	1.5
					7.6	8.5	2.0
					6.0	6.5	3.0
Dolos	2	Rasgele	15.8	31.8	8.0	16.0	2.0
					7.0	14.0	3.0
Küp	2	Rasgele	8.5	7.5	-	5.0	1.5-3.0
Heksapod	2		8.0	9.5	6.0	7.0	
Toskane	2	Üniform	11.0	22.0	-	-	
Tribar	1		12.0	15.0	7.5	9.5	
Tabii taş	-	Rasgele	2.5	2.5	-	-	

Bruun (1985), Irribaren'in stabilite tanımlamasından hareketle kullanılacak taş blokların (kaplama malzemesi) ağırlıkları ile ilgili aşağıdaki formülü geliştirmiştir.

$$W = \gamma H^3 R \psi \quad (2.16)$$

$$R = \frac{S_r}{(S_r - 1)^3} \quad (2.17)$$

$$S_r = \frac{\gamma_t}{\gamma_w} \quad (2.18)$$

$$\psi = A \cdot (I_r - I_{r0}) \cdot \exp B(I_r - I_{r0}) \quad I_r > I_{r0} \quad (2.19)$$

$$I_r = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{H / L_o}} \quad (2.20)$$

$$I_{r_0} = 2.354 \cdot \tan \alpha \quad (2.21)$$

Burada ψ stabilite fonksiyonudur. A, B ve I_{r_0} katsayıları ise taş blokların cinsine bağlı olup değerleri Tablo 2.4’de verilmiştir.

Losada ve diğ. (1986), görsel olarak hasarı üç farklı derecede tanımlamıştır.

Hasarın başlangıcı (ID), belli sayıdaki bloğun orijinal yerinden başka bir yere, birimin bir kenar uzunluğundan daha fazla uzaklığa hareket etmesidir.

İrribaren hasarı (IR), üst kısımdaki kaplamada oluşan hasarın alt kısımdaki malzemenin hareketine müsaade edecek kadar çok olması durumudur.

Harap olma (D), dalga kıranlar için filtre malzemesinin yıkanması durumudur.

Tablo 2.4 Farklı Taş Blok Cinsine Göre A, B ve I_{r_0} Değerleri

Taş Blok	Cot α	A	B	I_{r_0}
Ocak taşları	1.50	0.09035	-0.5879	1.77
	2.00	0.05698	-0.6627	1.33
	3.00	0.04697	-0.8087	0.88
	4.00	0.04412	-0.9339	0.66
Paralelepipedic bloklar	1.50	0.06819	-0.5148	1.77
	2.50	0.03968	-0.6247	1.33
Tetrapotlar	3.00	0.03410	-0.7620	0.88
	1.33	0.03380	-0.3141	1.99
	2.50	0.02788	-0.3993	1.77
	2.00	0.02058	-0.5078	1.33
	2.50	0.18340	-0.5764	1.06
	3.50	0.18190	-0.6592	0.76
	5.00	0.14680	-0.6443	0.53

Hader (1986), düzenli dalgalar üzerinde yaptığı çalışmasında yapı üzerine geçirimsizliğin etkisini incelemiş ve geçirimli yapıların stabilitesinin daha fazla olduğu sonucuna varmıştır. Bu çalışmada yapının geçirimli veya geçirimsiz olması durumunda dalganın tırmanması ve geri çekilmesi için dört farklı bağıntı önerilmiştir.

$$W = \frac{\pi}{6} \gamma_s D^3 \quad (2.22)$$

1) Tırmanma durumunda:

a) Alt tabakanın geçirimli olması halinde:

$$D = \frac{0.33(d_b + 0.7H_b)(\tan \phi + 2)}{\left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1\right) \left(3.6 - \frac{1}{e^4 \tan \beta}\right) \cos \alpha (\tan \phi + \tan \alpha)} \quad (2.23)$$

b) Alt tabakanın geçirimsiz olması halinde:

$$D = \frac{0.41(d_b + 0.7H_b)(\tan \phi + 2)}{\left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1\right) \left(3.3 - \frac{1}{e^4 \tan \beta}\right) \cos \alpha (\tan \phi + \tan \alpha)} \quad (2.24)$$

2) Çekilme durumunda:

a) Alt tabakanın geçirimli olması halinde:

$$D = \frac{(d_b + 0.7H_b)(\tan \phi + 2)}{\left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1\right) \left(13.7 - \frac{1}{e^4 \tan \beta}\right) \cos \alpha (\tan \phi + \tan \alpha)} \quad (2.25)$$

b) Alt tabakanın geçirimsiz olması halinde:

$$D = \frac{1.6(d_b + 0.7H_b)(\tan \phi + 2)}{\left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1\right) \left(13.7 - \frac{1}{e^4 \tan \beta}\right) \cos \alpha (\tan \phi + \tan \alpha)} \quad (2.26)$$

Burada, ϕ , taş blokların içsel sürtünme açısı; α , şevin eğimi; $\beta = \alpha + (\phi - 48)$; d_b , dalga kırılma derinliği; D , koruyucu kaplama blok hacmine eşdeğer kürenin çapı; W , koruyucu kaplama blok ağırlığı; H_b , kırılan dalga yüksekliği; γ_s , blokların özgül ağırlığıdır.

Burcharth ve Frigaarg (1987), çalışmalarında Reynolds sayısının statik stabilite üzerinde büyük etkisinin olmadığını belirlemişlerdir (van der Meer, 1988).

Van der Meer (1988), yaptığı çalışmaları neticesinde statik stabiliteyi aşağıdaki bağıntılarla tanımlamıştır.

$$S = A/D_{n50}^2 \quad (2.27)$$

$$H_s / \Delta \cdot D_{n50} \cdot \sqrt{\xi_m} = 6.2 \cdot P^{0.18} \cdot (S / \sqrt{N})^{0.2} \quad \text{Plunging Tip} \quad (2.28)$$

$$H_s / \Delta \cdot D_{n50} = 1.0 \cdot P^{-0.13} \cdot (S / \sqrt{N})^{0.2} \cdot \sqrt{\cot \alpha} \cdot \xi_m^P \quad \text{Surging Tip} \quad (2.29)$$

$$\xi_m = (6.2 \cdot P^{0.31} \cdot \sqrt{\tan \alpha})^{1/(P+0.5)} \quad \text{Collapsing Tip} \quad (2.30)$$

Vidal ve diğ. (1991), Losada ve diğ.(1986)'nin hasar derecelerine ek olarak harap olma başlangıcı diye tanımladıkları ilave bir hasar derecesi önermişlerdir. Bu hasar derecesi koruyucu kaplama tabakası altındaki bölgede hasarın başlangıcı olarak ifade edilmiştir.

Meer ve Heydra (1991), hasara sadece yerini terk eden kaplama malzemesi bloklarının değil kırıldayan blokların da etkisinin olduğunu belirlemişlerdir.

Vidal ve diğ. (1995), dalgakıran gövde kısmı için görsel hasar parametresini kullanmışlardır. Bu parametre Denklem 2.31'de görülmektedir.

$$S_v = \frac{N_{ex} D_{n50}}{(1 - P_a) X} \quad (2.31)$$

Burada S_v , görsel hasar parametresi; N_{ex} , yer değiştiren blok sayısı; D_{n50} , nominal çap; P_a , kaplama tabakasının porozitesi; X , gövde genişliğidir.

Vidal ve diğ. (1995), Broderick (1984) tarafından belirlenen boyutsuz hasar parametresi (Denklemler 2.14) ile görsel hasar parametresini tek bir eşitlikte aşağıdaki gibi ifade etmişlerdir.

$$S = a \cdot S_v + b \cdot S_p \quad (2.32)$$

$$a = \frac{1 - (N_{ex} - 30)}{50} \quad (2.33)$$

$$b = \frac{(N_{ex} - 30)}{50} \quad (2.34)$$

N_{ex} 'in 80'den büyük olması durumunda boyutsuz hasar parametresi, 30'dan küçük olması durumunda görsel hasar parametresi, 80 ile 30 arasında olması durumunda ise Denklem 2.32 önerilmiştir.

Yüksel ve diğ. (1998), Hudson formülünün hassasiyeti ile ilgili aşağıdaki tespitlerde bulunmuşlardır.

- a) Dalga yüksekliğindeki %10 artış taş ağırlığını yaklaşık %33 artırır.
- b) Taş yoğunluğundaki %10'luk artış taş ağırlığını yaklaşık %50 artırır.
- c) Deniz suyu yoğunluğundaki %2.5'lik artış taş ağırlığında %13'lük artış yaratır.
- d) K_D stabilite katsayısı ve eğimin lineer bir etkisi vardır.

2.4 Dinamik Stabilitenin Tanımı

2.4.1 Dinamik Stabilité Kavramı

Gelen dalga kıyıya yakın bölgede değişime uğrar ve sonra kırılır. Daha sonra dalga kıyıda belli bir noktaya kadar tırmanır ve yer çekimi etkisi ile geri döner. Bu olaylar esnasında büyük miktarlarda katı madde taşınımı meydana gelir. Belli sayıdaki dalga sonunda kıyıdaki profil değişimi sona erer ve profil stabil konuma gelir. Profil oluşumunun üst limiti dalganın tırmandığı son nokta, alt limiti ise katı madde

2.4.2 Dinamik Hasar Kavramı

2.4.3 Dalga Kırılma Tipi İle Dinamik Stabilité İlişkisi

18

Kırılma bölgesindeki oluşan türbülans alanında açığa çıkan enerjinin önemli bir kısmı katı madde taşınımı ile sönmülenir. Bu olaylar kıyı profilinde çeşitli değişimlere neden olur. Belli sayıda dalganın gelmesiyle bu değişim sona erer ve kıyı stabil duruma gelir. Profil değişiminin üst limiti dalga tırmanmasının son noktası, alt limiti ise katı madde hareketinin başlangıç noktasıdır. Bu bölge üzerindeki bütün noktalarda katı madde hareket halindedir.

Galvin (1968), çalışmasında dört farklı kırılma mekanizması tanımlamıştır. Bunlar spilling, plunging, collapsing ve surging kırılma tipleridir. Bu kırılma tiplerinde kıyının dinamik profilinde oluşan değişimler Şekil 2.6'da görülmektedir. Söz konusu şekilde verilen kırılma mekanizmalarının özellikleri aşağıda verilmiştir.

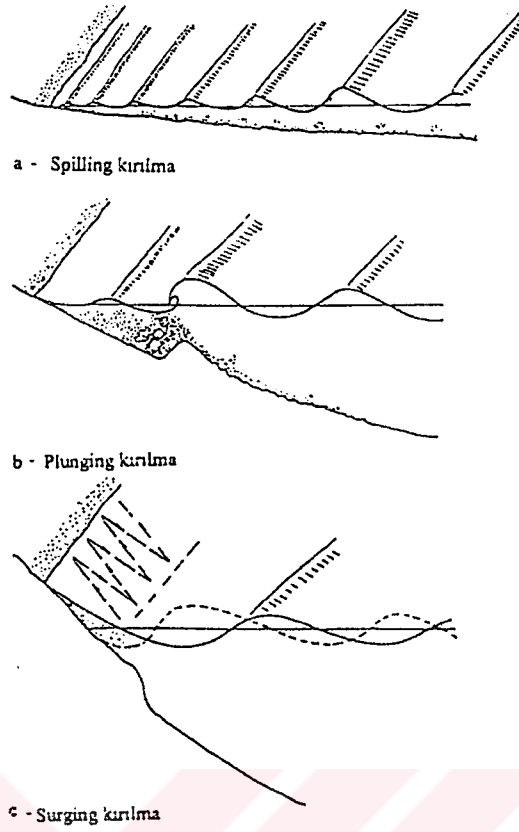
- a) Spilling Kırılma: Tabandaki yersel su hareketlerinden meydana gelen türbülans sınır tabakasını etkiler, kum parçacıkları harekete geçer ve askıdaki bu katı madde kıyı akımıyla taşınır.
- b) Plunging Kırılma: Dalganın kırılması ile oluşan türbülans ve vorteks etkisi katı maddeyi harekete geçirir ve kıyı akımıyla bu askıdaki katı madde taşınır.
- c) Surging Kırılma: Dalganın gelişi sırasında kum taneleri taban ve kırılma türbülansı ile kıyı çizgisinde yukarı doğru, çekilmesi sırasında ise yerçekimi etkisiyle normal yüzeyde aşağı doğru hareket ederler. Bu hareket tekrarlanırsa diş fırçası gibi aşağı yukarı hareket gözlenir.

Battjes (1974), Galvin (1968)'in verilerinin sınıflandırılmasında kıyı benzerlik parametresinin kullanılabileceğini önermiştir.

$$\xi_0 = \frac{\tan \alpha}{(H_0 / L_0)^{1/2}} \quad (2.35)$$

$$L_0 = \frac{g T^2}{2\pi} \quad (2.36)$$

Burada, ξ_0 , kıyı benzerlik parametresi; α , şev eğimi; H_0 , derin su dalga yüksekliği; L_0 , derin su dalga boyu; g , yer çekimi ivmesi; T , dalga periyodudur.



Şekil 2.6 Kırılma Tipleri ve Bu Tipler İçin Katı Madde Hareketi

Battjes (1974), belli kırılma tipleri için kıyı benzerlik parametresinin limit değerlerini Tablo 2.5'deki gibi vermiştir.

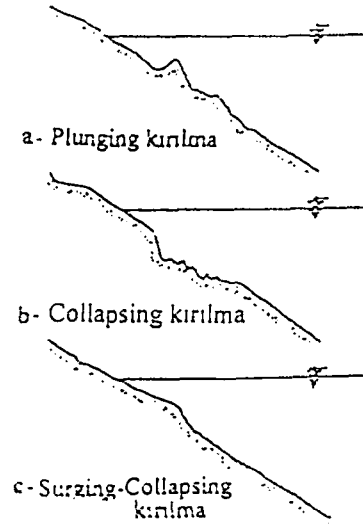
Tablo 2.5 Farklı Kırılma Tipleri İçin Kıyı Benzerlik Parametresinin Limit Değerleri

$0.5 > \xi_0$	Spilling kırılma
$0.5 < \xi_0 < 3.3$	Plunging kırılma
$\xi_0 > 3.3$	Collapsing veya surging kırılma

Özhan (1982), yaptığı çalışmada dalga etkisi ile kıyıda meydana gelen çeşitli değişimleri Şekil 2.7'de vermiştir.

Şekil 2.7 incelendiğinde plunging tip kırılan dalgaların kıyıdan aldığı malzemeyi açığa taşıyarak kum tepesi oluşturduğu, collapsing tip kırılan dalgaların açıktan aldığı malzemeyi kıyıya taşıyarak kırılma bölgesinde oyulma meydana getirdiği, surging collapsing tip kırılan dalgaların ise plunging tip kırılan dalgalara göre daha küçük boyutlu kum tepesi oluşturduğu görülür.

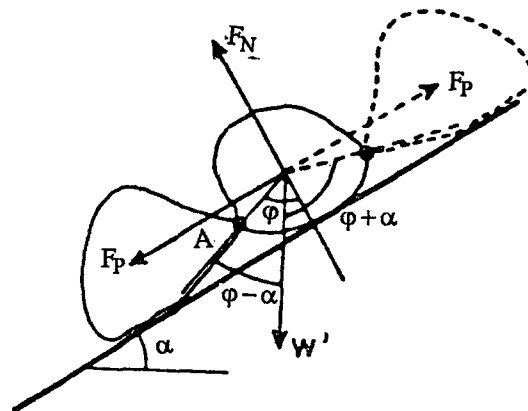
Yukarıda anlatıldığı gibi kırılma mekanizmasının kıyıların dinamik profil değişimi üzerinde büyük etkisi vardır. Bu konu ile ilgili diğer çalışmalar Bölüm 2.5’de verilmiştir.



Şekil 2.7 Farklı Kırılma Tiplerinde Oluşan Kıyı Profilleri

2.4.4 Şev Üzerindeki Birim Katı Maddenin Dengesi

Şev eğimi α olan bir kıyı bölgesindeki birim katı maddeye etki eden kuvvetler şematik olarak Şekil 2.8’de gösterilmiştir. Burada φ , danelerin birbirine değdiği nokta (A) ile danenin ağırlık merkezi arasındaki açıdır. Ayrıca kuvvet dengesi yazılırken danenin tam küre olduğu kabulü yapılmıştır.



Şekil 2.8 Şev Üzerindeki Birim Katı Maddeye Etki Eden Kuvvetler

Buna göre şev üzerindeki birim katı maddeye etki eden kuvvetler aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$F_N \cdot \sin(\varphi) \cdot \frac{D}{2} + F_P \cdot \cos(\varphi) \cdot \frac{D}{2} = g \cdot W' \cdot \sin(\varphi - \alpha) \cdot \frac{D}{2} \quad (2.37)$$

$$W' = (\rho_a - \rho_w) \cdot D^3 \quad (2.38)$$

Hudson (1959), F_N ve F_P 'yi dalga yüksekliği ile aşağıdaki gibi ilişkilendirmiştir.

$$F_N = \rho_w \cdot g \cdot C_1 \cdot D^2 \cdot H \quad (2.39)$$

$$F_P = \rho_w \cdot g \cdot C_2 \cdot D^2 \cdot H \quad (2.40)$$

Burada, W' , birim danenin su içerisindeki ağırlığı; ρ_a , dane yoğunluğu; ρ_w , suyun yoğunluğu; D , dane çapı; g , yerçekimi ivmesi; H , dalga yüksekliği; C_1 , normal doğrultudaki dalga kuvveti katsayısı; C_2 , şev yüzeyine paralel doğrultudaki dalga kuvveti katsayısı; F_N , normal doğrultudaki dalga kuvveti; F_P , şev yüzeyine paralel doğrultudaki dalga kuvvetidir.

Yukarıdaki bağıntılar incelendiğinde denge durumundaki birim katı madde küçük eğimli şevde daha büyük, büyük eğimli şevde ise daha küçük dalga etkisi ile harekete geçer (van der Meer, 1988).

2.4.5 Dalga Enerjisinin Harcanması

Dinamik profil üzerinde dalga enerjisi katı madde taşınımının fazla olduğu bölgede daha fazla harcanacaktır. Yani taşınan katı madde miktarının dalga enerjisinin harcanması ile orantılı olduğunu söylemek mümkündür. Kıyı üzerinde yatayla belli bir β açısı yapan bir birim alan düşünüldüğünde tırmanma sırasındaki su kütlesinin kıyıya doğru hareketinde, katı madde hareketine yol açan sürtünme ile oluşan enerji kaybı (ΔE_1), taşınan katı madde miktarı ve bunların kat ettiği uzunluk (x) ile orantılı olacaktır. İçsel sürtünme açısı (ϕ) ve hareket eden katı madde kütlesi (m) ise;

$$\Delta E_1 = a. \frac{\rho_s - \rho}{\rho_s} .g.m_1.x_1. \cos \beta.(tg\phi - tg\beta) \quad (2.41)$$

enerji kaybı Denklem (2.41)'deki gibi yazılabilir. Burada a, orantı katsayısı; ρ_s , katı madde yoğunluğu; ρ , suyun yoğunluğudur (Bagnold, 1963).

Diğer bazı enerji kayıpları nedeniyle geri dönüş sırasında meydana gelen enerji kaybı (ΔE_2), daha küçük olacaktır.

$$\Delta E_2 = a. \frac{\rho_s - \rho}{\rho_s} .g.m_2.x_2. \cos \beta.(tg\phi + tg\beta) \quad (2.42)$$

Eğer profil denge konumunda ise tırmanma ve geri dönüş sırasında eşit miktarda katı madde taşınımı meydana gelir. Yani,

$$m_1.x_1 = m_2.x_2 \quad (2.43)$$

şeklinde yazılabilir. Buna göre,

$$\Delta E_2 = c_f .\Delta E_1 \quad (2.44)$$

ifadesi yazılabilir. Burada c_f ,

$$c_f = \frac{tg\phi - tg\beta}{tg\phi + tg\beta} \quad (2.45)$$

ifadesi ile tanımlanabilir.

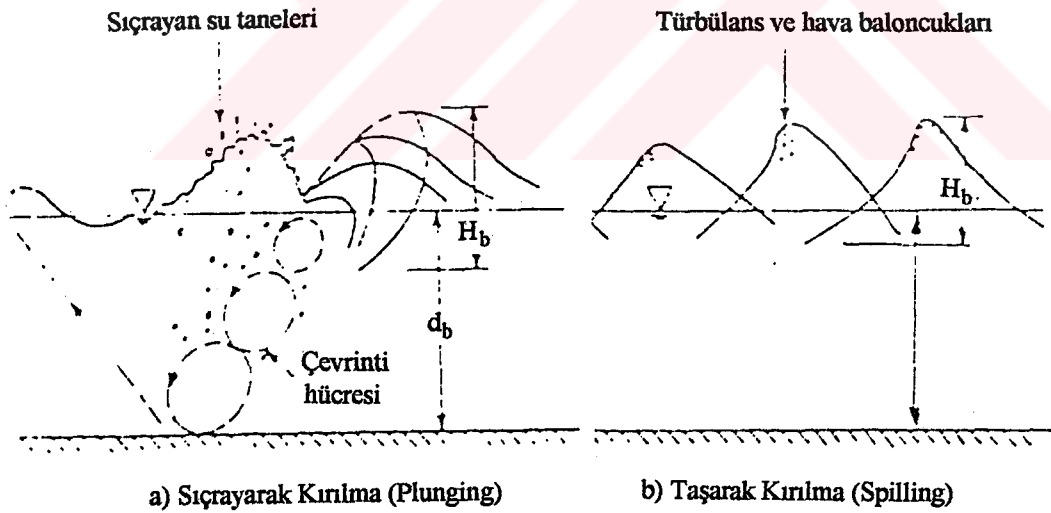
Yukarıdaki ifadeler incelendiğinde dinamik profil değişimine yerel geometrinin büyük etkisinin olduğu görülür (Kabdaşlı, 1989).

2.5 Dinamik Stabilit e  zerinde Yapılan  alışmalar

Bu bölümde dinamik stabilit e ile ilgili daha önce yapılmış çalışmalara yer verilmiştir. Bu  alışmalar aşağıda sıralanmıştır.

Popov (1960), 1/3 başlangıç eğimli kıyı profili üzerinde yaptığı deneyler sonunda dinamik stabilit yi, malzeme taşınımının aşağı doğru olduğu bölgeyi belirlemek suretiyle tanımlamıştır.

Savaragi ve Ivata (1974), plunging ve spilling tip kırılan dalgalar üzerinde laboratuvar çalışmaları yapmıştır. Çalışmadan elde edilen gözlemler şekil 2.9'da görülmektedir. Sonuçta plunging tip kırılmada dalgalar su yüzeyine kıvrılarak çarptığında su tekrar sı rır ve tabana kadar ulaşan  evrinti h creti oluşturur. Oluşan  evrinti h creti 0.5-1 dalga periyodu kadar süre sonunda y zeeye çıkar. Bu süre içinde enerjisinin %75'ini harcar. Spilling tip kırılan dalgaların y zeeye çarptığında oluşturduğu türbülans tabana kadar ulaşmaz. Dalga enerji kaybı çok yavaş olur. Enerjisinin yaklaşık %75'inin harcanması için dalganın taban üzerinde en az beş dalga boyu ilerlemesi gerekir. Yani plunging tip dalganın kıyı profil değişimine daha büyük bir etkisinin olduğu söylenebilir ( nal, 1996).



şekil 2.9 Plunging ve Spilling Tip Dalga Gözlemleri

Van Hijum ve Pilarczyk (1982), düzenli dalga için 1/10 ve 1/5 eğimlerinde, kısa süreli fırtına durumunda ($H_s/\Delta \cdot D_{n50} = 3 - 32$) aralığı için deneysel çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalarda fırtına durumunun sonuç profile çok büyük bir etkisinin

olmadığını gözlemişlerdir. Bu çalışmanın daha önce Popov (1960) tarafından yapılan çalışmadan tek farkı sonuç profildeki kum tepesinin altında sıçramanın oluşmasıdır.

Peregrine (1985), çalışmasında plunging tip kırılma ile su yüzeyine çarpan su jetinin meydana getirdiği sıçrama nedeniyle bazı durumlardaki dalga yüksekliğinin ilk durumlardaki dalga yüksekliğinden daha fazla olabileceğini görmüştür (Ünal, 1996).

Powel (1986), plaj koşulunda 1/5.5 eğimde 2-4 mm çapında malzeme kullanarak ve monokromatik dalga vererek yaptığı deneyde ($H_s/\Delta \cdot D_{n50} = 3 - 30$) daha önce yapılan çalışmalara ek olarak bir sonuca ulaşamamıştır (van der Meer, 1988).

Pilarczyk ve Boer (1983), Vellinga (1986), Meer ve Pilarczyk (1987) bu konu ile ilgili çeşitli çalışmalar yapmışlardır (Kabdaşlı, 1992).

Bu çalışmaların en kapsamlı olanını van der Meer (1988) yapmıştır. Bu çalışmalarda dinamik stabilite çeşitli uzunluk, yükseklik ve eğimle tanımlanmıştır. Bunlar Şekil 2.10'da gösterilmiştir.

$$S_m = 2\pi \cdot H_s / g \cdot T^2 \quad (2.46)$$

$$H_o T_o = \frac{H_s}{\Delta D_{n50}} \cdot \sqrt{\frac{g}{D_{n50}}} \cdot T_m \quad (2.47)$$

$$H_o T_o = 2.9 \cdot (l_r/D_{n50} \cdot N^{-0.05})^{1.3} \quad (2.48)$$

$$h_c/H_s \cdot N^{-0.15} = 0.089 \cdot S_m^{-0.5} \quad (2.49)$$

$$H_o T_o = 21 \cdot (l_c/D_{n50} \cdot N^{-0.12})^{1.2} \quad (2.50)$$

$$h_s/H_s \cdot N^{-0.07} = 0.22 \cdot S_m^{-0.3} \quad (2.51)$$

$$H_o T_o = 3.8 \cdot (l_s/D_{n50} \cdot N^{-0.07})^{1.3} \quad (2.52)$$

$$h_t/H_s \cdot N^{-0.04} = 0.73 \cdot S_m^{-0.2} \quad (2.53)$$

$$\tan \beta = 1.1 \cdot \tan \alpha^4 \quad (2.54)$$

$$A = 1 - 0.45 \exp(-500/N) \quad (2.55)$$

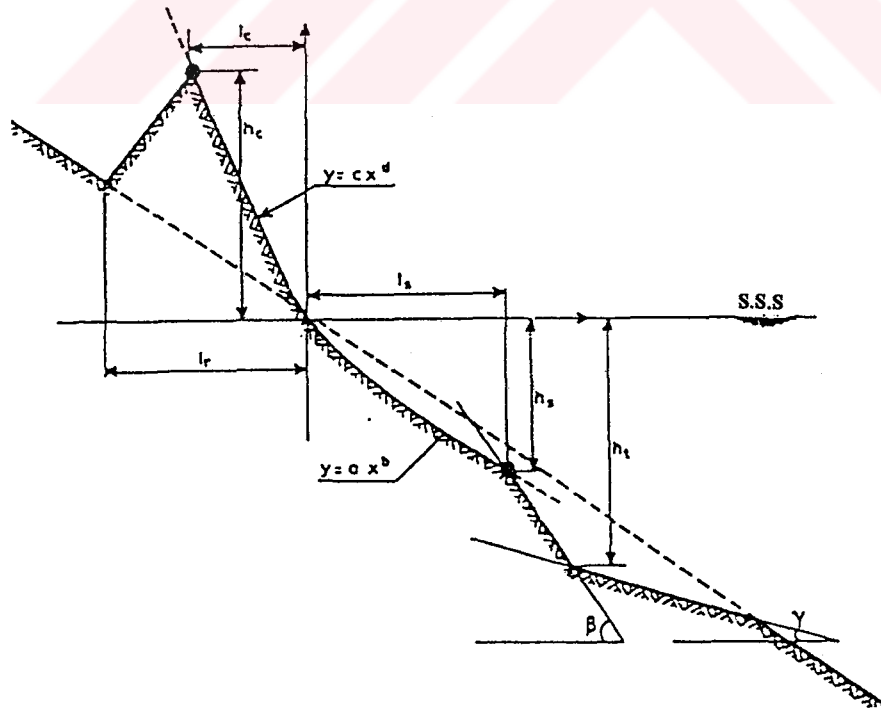
$$\tan \gamma = 0.5 \cdot \tan \alpha \quad (2.56)$$

$$\sigma = 1 - 0.75 \cdot (2.2 - h/H_s) \quad h/H_s < 2.2 \quad (2.57)$$

$$\sigma = 1 \quad h/H_s > 2.2 \quad (2.58)$$

$$y = a_4 \cdot x^{0.83} \quad (2.59)$$

$$y = a_5 \cdot (-x)^{1.15} \quad (2.60)$$



Şekil 2.10 1/5 Başlangıç Eğimli Dinamik Profil Değişimi (van der Meer, 1988)

Dalga geliş açısının (ψ) etkisi, l_c hariç tüm parametreler $\sqrt{\cos \psi}$ ile çarpılarak dikkate alınabilir.

Bu formüller yardımıyla dinamik profili belirleyecek olan dalga tırmanma yüksekliği (l_r), geçiş noktası yüksekliği (h_t), basamak uzunluğu (l_s), basamak yüksekliği (h_s), kret uzaklığı (l_c), kret yüksekliği (h_c) ve taban eğimleri (β , γ) hesaplanır. Burada a_4 ve a_5 sabit katsayılarıdır.

Burada, H_0T_0 , boyutsuz dalga yüksekliği ve dalga periyodu parametresidir; s_m , dalga periyodu parametresi; N , gelen dalga sayısı; T_m , dalga periyodu; g , yerçekimi ivmesi; D_{n50} , nominal çaptır.

Kabdaşlı ve diğ. (1995), plunging tip kırılan dalgaların kırılmanın olduğu birkaç dalga boyluk bölgede büyük enerji harcaması meydana getirdiğini ve enerji harcanırken de tabana büyük miktarda kuvvet uyguladığını dolayısıyla dinamik profil değişimine büyük etkisinin olduğunu belirlemişlerdir.

Kobayashi ve diğ. (1996), yaptıkları deneysel çalışmalarda dalga etkisi ile kıyıda oluşan profil değişimlerinin gelen dalgaların yansıması üzerine büyük etkisinin olduğunu ve oluşan profillerden, eğim ve su derinliğinin belirlenebileceğini ifade etmişlerdir.

Grasmeijer ve van Rijn (1999), düzensiz dalga etkisi altında ve Jonswap dalga spektrumunu kullanarak yaptıkları deneysel çalışmalarında, dalga ve akıntı etkisi ile oluşan katı madde taşınımını ve bar formasyonunun bu taşınım üzerine etkilerini araştırmışlardır.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada gerekli olan deneylerin tamamı İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Hidrolik Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

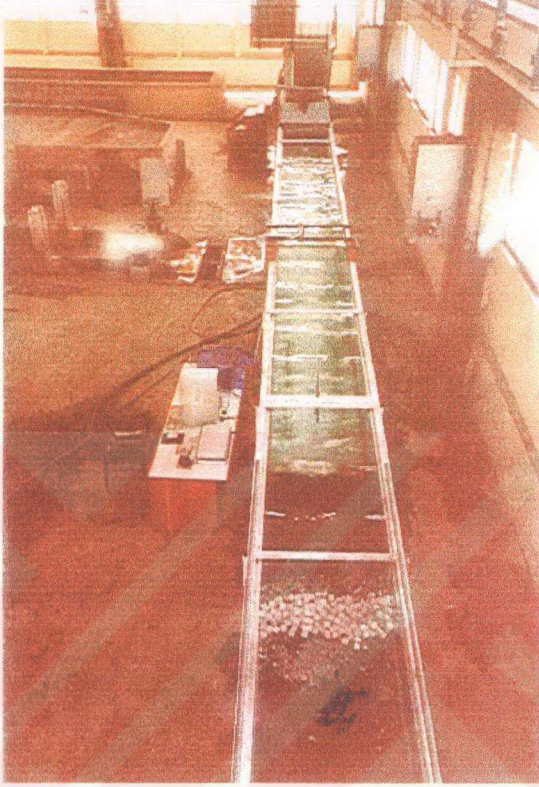
3.1 Deney Sistemi

Dinamik profil değişimi, kısmi kaplama yapısı, dalga kanalının özellikleri, dalga kayıt sistemi, kısmi kaplamalı profil değişimi aşağıda kısaca belirlenmiştir.

3.1.1 Dalga Kanalı

3.1.1.1 Düzensiz Dalga Kanalı

Düzensiz dalga deneylerinin tamamı, boyu 24 m, eni 1 m ve yüksekliği 1 m olan kanalda yapılmıştır. Bu kanalın çevresinin camdan yapılması gözlem kolaylığı sağlamıştır. Kanalda düzensiz ve düzenli dalga üretimi mümkündür. Söz konusu dalga kanalı Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Kanalda uygun formda dalga üreten su yüksekliğinin, Kabdaşlı ve Ünal (1996) tarafından yapılan çalışma sonunda 50-70 cm arasında olabileceği belirlenmiştir. Bu çalışmada tüm serilerde kanal içindeki su yüksekliği 60 cm olarak sabit tutulmuştur.



Şekil 3.1 Düzensiz Dalga Kanalı

3.1.1.2 Düzenli Dalga Kanalı

Düzenli dalga deneylerinin tamamı 22.5 m boyunda, 1 m genişliğinde ve 0.5 m yüksekliğinde olan cam kanalda yapılmıştır. Söz konusu dalga kanalı Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Bu çalışmada kanal içindeki su yüksekliği tüm deneylerde 33 cm'de sabit tutulmuştur.



Şekil 3.2 Düzenli Dalga Kanalı

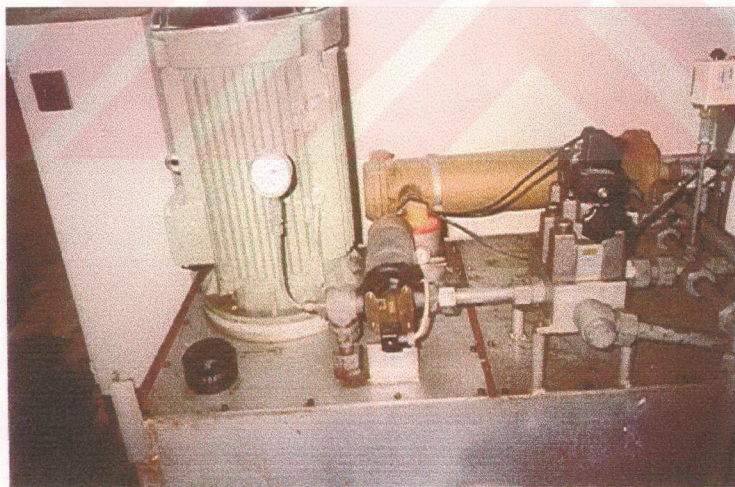
3.1.2 Dalga Üretici Sistem

3.1.2.1 Düzensiz Dalga Üretici Sistem

Düzensiz dalga kanalı içinde oluşturulan dalgalar flap tipteki alttan mafsallı dalga paleti ile sağlanmıştır. Bu dalga paleti üstten bir hidrolik piston (Şekil 3.3) ve onu besleyen hidrolik sisteme (Şekil 3.4) bağlıdır. Hidrolik pistonu hareket kabiliyetini bu hidrolik besleme sistemi sağlar.

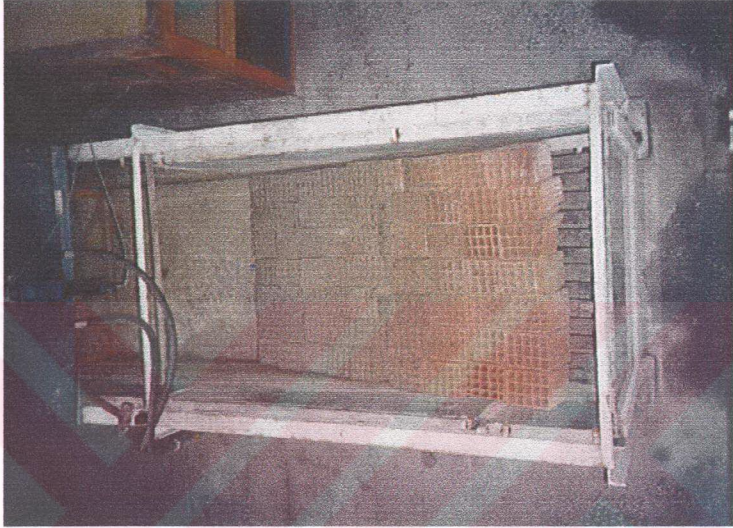


Şekil 3.3 Hidrolik Piston



Şekil 3.4 Hidrolik Besleme Sistemi

Dalga paletinin arka kısmında oluşan dalgaları sönümlemek amacıyla özel bir şev yapılmıştır. 1/8 eğimli bu şev boşluklu tuğlalardan oluşturulmuş olup paletin arka tarafında oluşan dalgaları sönümler. Söz konusu şev Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



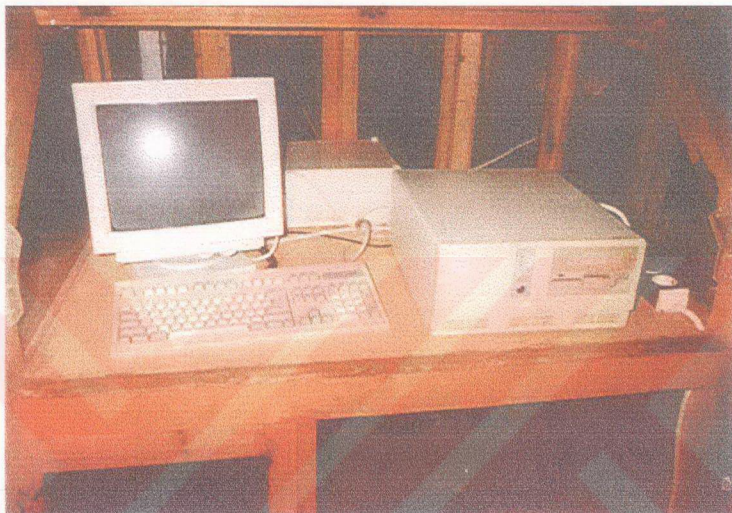
Şekil 3.5 Dalga Paletinin Arka Tarafındaki 1/8 Eğimli Şev

Hidrolik pistonun farklı deplasmanlar yapabilmesi için yağ basıncı ayarlarının yapılması gerekir. Bu ayarlamayı sistemdeki servo-mekanizma sağlar.

İstenilen özellikteki düzenli ve düzensiz dalgalar, seçilen bir dalga spectrumundan elde edilen sinyallerin servo sisteme gönderilmesiyle elde edilirler. Bilgisayarda dijital olarak bulunan sinyallerin analog hale getirilebilmesi için PCL-812P6 tip D/A dönüştürücü ile sisteme gönderilir. Düzeneği yönlendiren sistem Şekil 3.6'da gösterilmiştir.

Üretilcek düzensiz dalgalar için bir matematik spektrum modelinin belirlenmesi gerekecektir. Bu sistemde Pierson-Moskowitz dalga spektrumu kullanılmıştır.

Bilgisayardan gönderilen her farklı dalga özelliği için piston zamana bağlı olarak farklı şekillerde hareket eder. Zamana bağlı bu komutlarla istenilen özellikte dalga üretimi mümkün olur.



Şekil 3.6 Düzensiz Dalga Düzenliğini Yönlendiren Sistem

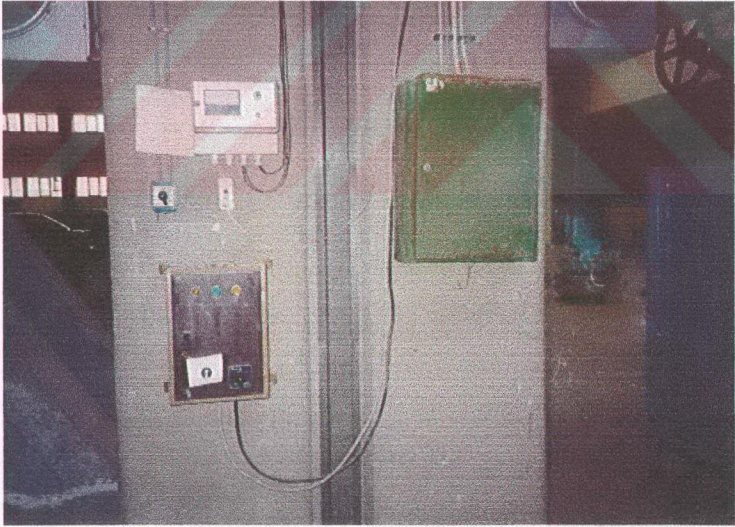
3.1.2.2 Düzenli Dalga Üretici Sistem

Düzenli dalgaların tamamı alttan mafsallı, üstten dalga motoruna bir mil ile bağlı olan ve bu mil aracılığıyla hareketin sağlandığı dalga paleti ile üretilmiştir. Kanalda istenilen özelliklerde dalga üretmek için 22 amp. gücünde bir doğru akım motoru (Şekil 3.7), buna giden akımı düzenleyen ve kumanda eden bir redresör (Şekil 3.8) bulunmaktadır.

Dalga üreten paletin arka tarafında bu kısımda oluşan dalgaları sönmölemek amacıyla, iri çakıl danelerinden oluşan bir şev bulunur.



Şekil 3.7 Doğru Akım Motoru

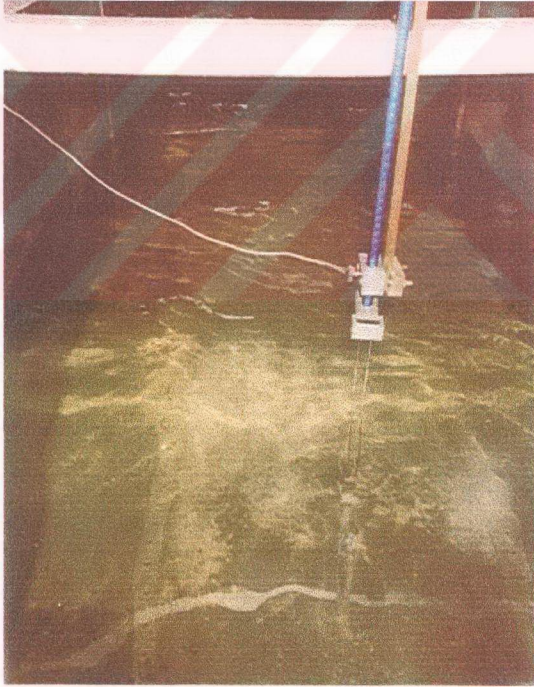


Şekil 3.8 Redresör

3.1.3 Dalga Kaydedici Sistem

Düzenli ve düzensiz dalga serilerinin tamamında aynı dalga kayıt sistemi kullanılmıştır.

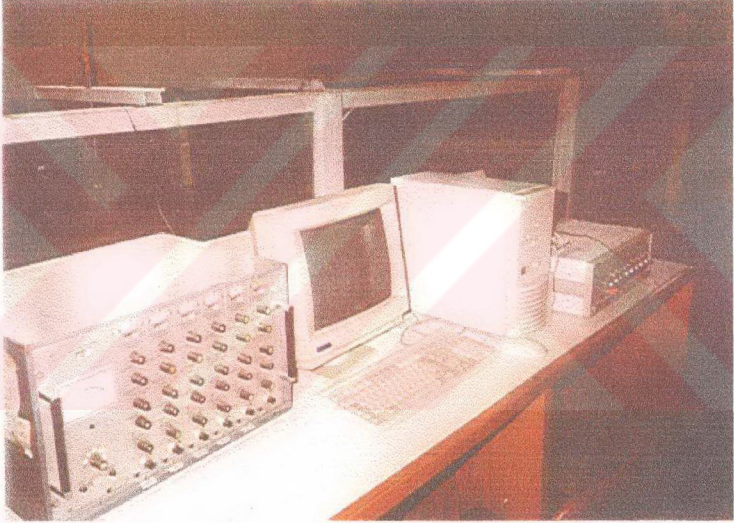
Deneyler sırasında üretilen dalgaların özelliklerinin belirlenmesi için, dalga kanalında biri şevin topuğundan 1.5 m açığa ve diğeri ise kanalın orta kısmına olmak üzere iki adet rezistans tip dalga elektrotu yerleştirilmiştir. Söz konusu elektrot Şekil 3.9'da gösterilmiştir. Bu elektrot iki adet çubuktan oluşur. Çalışma prensibi, bu çubukların arasındaki suyun devreyi tamamlaması ve alçalıp yükselmesi esasına dayanır. Su seviyesine bağlı olan dirençteki değişimler kablolar aracılığıyla bağlandığı amplifikatörde güçlendirilir. Deneylerde oluşan dalgaların deplasmanına bağlı olarak çalışan HRLM Cle 3 tip dalga amplifikatörü kullanılmıştır.



Şekil 3.9 Rezistans Tip Dalga Elektrodu

Bu sistemin en büyük dezavantajı, sistem suyun iletkenliğine bağılı olduğu için, sürekli kalibrasyona ihtiyaç duyulmasıdır. Bu nedenle çalışmalar sırasında her deneyden önce kalibrasyon yapılmıştır.

Amplifikatörden çıkan bağlantı PCLD-780 tipi kart üzerinde toplanır. Bu kart üzerinden gelen sürekli analog sinyaller PCL-812-Pg tip analog-dijital (A/D) dönüştürücü kart ile kesikli dijital volt değerlerine çevrilir. Bu dijital zaman serileri PC bilgisayarda Kabdaşlı ve Ünal (1996) tarafından yapılan bir bilgisayar programı ile anlamlı değerlere dönüştürülür. Söz konusu dalga kaydedici sistem Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10 Dalga Kayıtlarının Alınıp Hesaplarının Yapıldığı Sistem

3.1.3.1 Dalga Kayıtlarından Elde Edilen Dalga Karakteristiklerinin Tanımı

Belli zaman süresi boyunca üretilen dalga serilerinin, anlamlı dalga özelliklerinin belirlenebilmesi için başlangıçta, sakin su seviyesi referans alınarak kalibrasyon yapılmıştır. Gönderilen dalga kayıtlarının sıfırı kesme metodu kullanılarak elde edilen istatistiksel tanımları aşağıda verilmiştir.

$H_{\max}$ ve $T_{\max}$: Kaydedilen bir seri boyunca elde edilen en büyük dalga yükseklik ve dalga periyot değerleridir.

$H_{1/10}$ ve $T_{1/10}$: Kaydedilen dalga serisinde dalga sayısının en büyük %10'una karşılık gelen dalga yükseklik ve dalga periyot değerleridir.

H_s ve T_s : Kaydedilen dalga serisinde dalga sayısının en büyük %30'una karşılık gelen dalga yükseklik ve dalga periyot değerlerinin ortalamasıdır.

H_o ve T_o : Kaydedilen seri boyunca tüm dalgaların ortalama dalga yükseklik ve ortalama dalga periyot değerleridir.

$H_{\min}$ ve $T_{\min}$: Kaydedilen seri boyunca elde edilen en küçük dalga yükseklik ve dalga periyot değerleridir.

H_{rms} ve T_{rms} : Bir dalga serisinde, dalga yükseklikleri ve dalga periyotlarının karelerinin ortalamasının kareköküdür.

3.1.4 Şev

Düzenli ve düzensiz dalga kanalının diğer taraflarına 1/5 eğimli plaj malzemesi serilmiştir. Bu plaj malzemesinin dane çapı 0.35 mm (malzeme yaklaşık üniform dağılım göstermiştir) ve dane birim hacim ağırlığı 2.63 gr/cm³ olarak belirlenmiştir. Bu malzeme tüm şev boyunca aynı hatta olacak şekilde yerleştirilmiştir. Tüm deneylerde plaj malzemesi olarak bu malzeme kullanılmıştır.

3.1.5 Deney Malzemeleri

Yapılan tüm deneylerde kıyıya doğal plaj malzemesi serilmiştir. Bu malzeme kaplamalı ve kaplamasız tüm deneylerde kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan malzemeler numaralandırılmış ve özellikleri Tablo A.1'de verilmiştir.

3.2 Deney Yöntemi

3.2.1 Düzenli Dalga Serilerinde Yapılan Deneyler

3.2.1.1 Kaplamasız Profil Değişimi Analizi

Dane çapı 0.35 mm ve birim hacim ağırlığı 2.63 gr/cm^3 olan doğal plaj malzemesi 1/5 eğimli kıyı üzerine düz bir satıhta serilmiştir. Özellikleri Bölüm 3.1.1.2'de anlatılan dalga kanalı 33 cm yüksekliğinde su ile doldurulmuştur. Şev topuğundan 1.5 m açığa ve kanal ortasına yerleştirilen rezistans tip elektrotların kalibrasyonu yapılarak istenilen özellikteki dalga serisi gönderilmiştir. Dalgalar profil dengeye ulaşana kadar (35-40 dak.) üretilmiştir. Bu sırada dalgaların özellikleri dalga kaydı alınmak suretiyle belirlenmiştir. Deney sonunda kanal boşaltılarak başlangıçta düz satıhta olan şev üzerinde meydana gelen profil değişimi, kanal yan camına yerleştirilen şeffaf kağıt üzerine bire bir çizilmek suretiyle belirlenmiştir. Şevde meydana gelen erozyonun değeri şeffaf kağıt üzerine çizilen profildeki erozyona uğramış bölge alanının planimetre ile ölçülmesiyle elde edilmiştir. Şeffaf kağıt üzerine çizilen profiller bilgisayara aktarılmıştır. Elde edilen profil değişimleri Ek-B' de sunulmuştur. Bir sonraki seriye geçildiğinde şev tekrar düz hale getirilerek yukarıdaki işlemler tekrarlanmıştır. Böylece farklı dalga özelliklerinin kaplamasız profil üzerindeki etkisi incelenmiştir. Düzenli dalga etkisi altında yapılan serilerin dalga özellikleri de Tablo A.2 ve Tablo A.4'de verilmiştir.

3.2.1.2 Kaplama Malzemesinin Yerleştirilmesi

Kaplama malzemesinin yerleşim şekli statik stabilite için çok önemlidir. Kaplamanın statik stabilitesi şevin dinamik stabilitesini etkilediği için kaplama malzemesinin yerleşimi dinamik profil değişimi üzerinde de etkili olmaktadır. Deney çalışmasında, 1 nolu plaj malzemesi 1/5 eğimli şeve serilmiştir. Elek analizleri ile dane çapları belirlenen çeşitli kaplama malzemeleri şevin üzerinde dalgaanın birinci ve ikinci kırılma noktaları arasına yerleştirilmiştir. Kısmi kaplama uzunluğu maksimum dalga yüksekliğine bağlı olarak Denklem 3.1 ile belirlenmiştir.

$$x_p = (4.0 - 0.25m) \cdot H_b \quad (3.1)$$

Kaplama malzemesi şev üzerine farklı türlerde serilmiştir. Bunlar Tablo A.3'de "kaplama malzeme no" satırında açıklanmıştır.

3.2.1.3 Kaplama Tabakası Statik Hasarının Belirlenmesi

Kaplama tabakasının statik hasarı, daha önce Bölüm 2.2'de statik hasar kavramında anlatılan tanımlamalar dikkate alınarak,

$$\text{Statik Hasar} = \frac{\text{Hareket eden blok adedi}}{\text{Ön şev toplam blok adedi}} \quad (3.2)$$

bağıntısı ile belirlenmiştir. Burada hareket eden malzemenin oluşturduğu hasar derecelendirilmiştir. Çünkü kıpırdayan malzeme ile yerini terk edip yuvarlanan malzemenin oluşturduğu hasar farklılık gösterir. Bu amaçla belirlenen hasar dereceleri aşağıda verilmiştir:

Kıpırdama: Blokların dalga etkisiyle yerindeki hareketidir. Toplam hasara katkısı %25'tir.

Dönme: Blokların dalga etkisi ile kendi ekseni etrafındaki hareketidir. Toplam hasara katkısı %50'dir.

Yuvarlanma: Blokların dalga etkisi ile bulunduğu yeri terk etmesidir. Toplam hasara katkısı %100'dür.

Bu durumda Denklem 3.2, Denklem 3.3 ile tanımlanabilir.

$$\text{Statik Hasar Oranı} = \frac{0.25 \cdot \text{Kıpırdama} + 0.50 \cdot \text{Dönme} + 1.0 \cdot \text{Yuvarlanma}}{\text{Toplam Blok}} \quad (3.3)$$

Deney sırasında statik hasar değerleri görsel olarak belirlenmiştir.

Kaplama malzemesi 1/5 eğimli plaj malzemesi üzerine yüzeyi düz olacak şekilde yerleştirilmiş ve kanala 33 cm yüksekliğinde su doldurulmuştur. Yerleştirilen

rezistans tip elektrotların kalibrasyonu yapılarak istenilen özellikteki dalgalar gönderilmiştir. Dalgaların özellikleri Bölüm 3.1.3'de anlatılan dalga kayıt sistemi ile belirlenmiştir. Belirlenen dalga özellikleri Tablo A.3'de sunulmuştur. Profilin dengeye ulaşma süresi dikkate alınarak dalga serisi 35-40 dakika gönderilmiştir. Deney sırasında kaplamada oluşan hasar stabilitesi bozulan taşlar sayılarak belirlenmiştir. Deney sonunda kanal boşaltılarak kanal yan camına yerleştirilen şeffaf kağıt üzerine oluşan profil değişimi bire bir çizilmiştir. Şevde meydana gelen erozyon miktarı planimetre ile şeffaf kağıt üzerinden erozyona uğrayan bölgenin alanı ölçülerek belirlenmiştir. Belirlenen profiller daha sonra bilgisayara aktarılmıştır. Söz konusu profiller Ek-B'de verilmiştir.

Böylece kaplamalı durumda oluşan profil değişimi ve statik hasar belirlenmiştir. Bir sonraki deney serisine geçilmeden önce kaplama malzemesi yerinden çıkartılıp yıkanmış ve şev düzeltilerek yukarıdaki işlemler tekrarlanmıştır.

3.2.2 Düzensiz Dalga Serilerinde Yapılan Deneyler

3.2.2.1 Kaplamasız Profil Değişimi Analizi

Dane çapı 0.35 mm ve birim hacim ağırlığı 2.63 gr / cm^3 olan doğal plaj malzemesi Bölüm 3.1.1.1'de özellikleri anlatılan düzensiz dalga kanalına 1/5 eğimde serilmiştir. Malzemenin tüm yüzeyde aynı hizada olmasına dikkat edilmiştir. Dalga kanalı 60 cm yüksekliğe kadar su ile doldurulmuştur. Şev topuğundan 1.5 m açığa ve kanalın ortasına iki adet rezistans tip elektrot yerleştirilmiştir. Bu elektrotların sabit su seviyesi için kalibrasyonu yapılmıştır. Daha sonra istenilen özellikteki dalga serisi gönderilmiştir. Kanalda 35-40 dakikalık dalga üretimi yapılmıştır. Bu sırada Bölüm 3.1.3'de özellikleri anlatılan dalga kayıt sistemi ile gönderilen dalgaların özellikleri belirlenmiştir. Belirlenen dalga özellikleri TabloA.5'de gösterilmiştir. Deney sonunda kanal boşaltılmış ve başlangıçta düz olan kıyı çizgisinde meydana gelen profil değişimi kanal yan camına yerleştirilen şeffaf kağıt üzerine çizilmek suretiyle belirlenmiştir. Şev üzerinde meydana gelen erozyon alanının değeri şeffaf kağıt üzerinden planimetre ile ölçülmüştür. Daha sonra bu profil değişimleri bilgisayara aktarılmıştır. Bu şekilde elde edilen kıyı profilleri Ek-B'de sunulmuştur.

Bir sonraki deney serisine geçilmeden önce kıyı çizgisi tekrar düz hale getirilmiş ve yukarıdaki işlemler tekrarlanmıştır. Bu şekilde kaplamasız durumda gönderilen farklı özellikteki düzensiz dalgaların oluşturduğu profil değişimleri belirlenmiştir.

3.2.2.2 Kaplamalı Profil Değişimi ve Statik Stabilité Analizi

Tablo A.1'de özellikleri anlatılan kaplama malzemeleri, Bölüm 3.2.1.2'de anlatılan şekilde 1/5 eğimli, dane çapı 0.35 mm ve birim hacim ağırlığı 2.63 gr/cm^3 olan doğal plaj malzemesi üzerine serilmiştir. Plaj malzemesi üzerine serilen kaplama malzemesinin düz bir yüzeyde olmasına dikkat edilmiştir. Bölüm 3.1.1.1'de özellikleri anlatılan düzensiz dalga kanalı 60 cm'ye kadar su ile doldurulmuştur. Kanala rezistans tip elektrotlar yerleştirilmiştir. Bu elektrotların sabit su seviyesinde kalibrasyonları yapılarak istenilen özellikteki dalgalar 35-40 dakika gönderilmiştir. Bu sırada Bölüm 3.1.3'de anlatılan dalga kayıt sistemi ile gönderilen dalgaların özellikleri belirlenmiştir. Belirlenen dalga özellikleri Tablo A.6'da sunulmuştur. Bu sırada serilen kaplama tabakasındaki stabilitesi bozulan malzeme gözlemle sayılmıştır. Deney sonunda kanal boşaltılmış ve başlangıçta düz halde bulunan kıyı çizgisinde meydana gelen profil değişimi kanalın yan camına yerleştirilen şeffaf kağıt üzerine bire bir çizilmiştir. Şevde meydana gelen erozyon alanı planimetre ile bu kağıt üzerinden ölçülmüştür. Daha sonra oluşan profil değişimi bilgisayara aktarılmıştır. Bu şekilde elde edilen kaplamasız kıyı profilleri Ek-B'de sunulmuştur. Deney sonunda kaplama malzemesi yerinden çıkarılıp yıkanmış, kıyı çizgisi başlangıç durumuna getirilmiş ve yukarıdaki anlatılan işlemler tekrarlanmıştır.

4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1 Giriş

Üzerinde çalışılan, kısmi kaplama yapısı ile kıyı çizgisinin korunması konusu hem dinamik hem de statik stabilite kavramlarını içermektedir. Bu bölümde deney sonuçlarının değerlendirilmesine geçmeden önce konu ile ilgili değişkenler belirlenmiş ve deneyler bu değişkenler dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Söz konusu değişkenler daha önce yapılmış olan çalışmalar ve konunun özellikleri dikkate alınarak aşağıda verilmiştir.

Statik stabiliteye etki eden parametreler:

Dalga Yüksekliği (H): Statik hasar parametresinin doğrudan fonksiyonu olan dalga yüksekliğindeki artış ile statik hasar artmaktadır.

Dalga periyodu (T): Daha önceki çalışmalar incelendiğinde dalga periyodundaki artışın statik hasarı arttırdığı görülmüştür.

Eğim (α): Yapılan çalışmalar eğimin, özellikle surging tip kırılma mekanizmasında, statik hasara çok büyük etkisinin olduğunu ve eğimdeki artışın statik hasarı arttırdığını göstermiştir. Bu çalışmada kum plajlar için en olumsuz eğim olan 1/5'lik eğim kullanılmıştır.

Derecelenme (D_{85}/D_{15}): Yapılan çalışmalar derecelenmenin statik stabilite üzerine çok büyük bir etkisinin olmadığını göstermiştir.

Spektral şekil (K): Daha önceki çalışmalar neticesinde spektral şeklin statik stabilite üzerine büyük bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Bu nedenle çalışılan deney sistemi için en uygun olan spektral şeklin seçilmesi faydalı olacaktır. Bu çalışmada Pierson-Moskowitz dalga spektrumu kullanılmıştır.

Geçirimsizlik (p): Gelen dalga geçirimsizliği daha az olan yüzeyle daha fazla kuvvet uyguladığından, geçirimsizlik arttıka statik stabilite de artacaktır. Bu çalışmada geçirimsizlik sabit değerde dikkate alınmıştır.

Taş birim hacim ağırlığı (γ_{sk}): Kullanılan kaplamanın birim hacim ağırlığı arttıka statik stabilitede de artışın olduğu daha önceki çalışmalarda görülmüştür.

Yapı önündeki su derinliği (d): Daha  nceki çalışmalarda yapı önündeki su derinliği azaldık  statik stabilitenin arttığı görülmüştür. Bu çalışmada kullanılan kanalın özelliğine bağlı olarak, daha önce yapılan çalışmalar neticesinde belirlenmiş en uygun su derinliği kullanılmıştır.

Fırtına dalga durumu (N): Fırtına dalga durumunun hasar üzerine etkisi S hasar olmak üzere $S/\sqrt{N}$ değer i ile ifade edilmiştir. 3000 ve 1000 dalga için hasar oranları, Thompson ve Shuttler'in çalışmasında $S(3000)/S(1000)=1.81$, Van Der Meer'in çalışmasında $S(3000)/S(1000)=1.64$ bulunmuştur. Yani fırtına dalga durumu hasarı arttırır. Ancak açık deniz dalga koşullarında dalga sayısı sabit değerlere yakınsadığı için dikkate alınmayabilir.

Kaplama malzemesi  apı (D_k): Taş çapındaki artışın statik stabiliteyi attırdığı görülmüştür.

Yukarıdaki  alışmalar neticesinde statik stabiliteye etki eden parametreler aşağıda özetlenmiştir.

- $H, T, D_k, \alpha, \gamma_{sk}$ $\Rightarrow$ Etkili Parametreler
- Stabilitesi bozulan kaplama elemanı sayısı $\Rightarrow$  l m Parametresi

Dinamik stabiliteye etki eden parametreler:

Dalga yüksekliği (H): Daha  nceki çalışmalar dalga yüksekliğindeki artışın dinamik stabiliteyi azalttığını göstermiştir.

Dalga periyodu (T): Dalga periyodundaki artışın dinamik profil değişimini arttırdığı daha önce yapılan çalışmalarda görülmüştür.

Spektral şekil (K): Spektral şeklin dinamik stabilite üzerine yok denebilecek kadar az bir etkisinin bulunduğu görülmüştür. Bu çalışmada Pierson-Moskowitz dalga spektrumu kullanılmıştır.

Fırtına durumu (N): Dalga sayısı dinamik profil değişimini etkiler ancak yapılan çalışmada dalga sayısı profilin dengeye ulaşmasına göre belirlendiği için fırtına durumunun profil değişimi üzerinde çok büyük etkisi yoktur.

Çap (D_p): Daha önceki çalışmalar neticesinde kullanılan malzeme çapı arttıkça profil değişiminin azaldığı görülmüştür. Bu çalışmada doğal plaj kumu kullanılmıştır.

Derecelenme (D_{85}/D_{15}): Derecelenmenin küçük olduğu ($D_{85}/D_{15}=1.25-1.50$) durumda profil değişiminin küçük olacağı, derecelenmenin büyük olduğu ($D_{85}/D_{15}>2.25$) durumda ise büyük profil değişiminin olacağı daha önceki yapılan çalışmalarda görülmüştür. Bu çalışmada kullanılan malzemenin derecelenmesi küçük değerlerde kalmıştır.

Eğim (α): Yapılmış olan çalışmalarda şev eğiminin profil değişimi üzerinde büyük etkisinin bulunduğu görülmüştür. Bu çalışmada kum plajlar için büyük eğim olarak kabul edilen 1/5'lik şev eğimi kullanılmıştır. Eğim daha küçüldükçe dinamik stabilite de daha artacaktır.

Yapı önündeki su seviyesi (d): Yapı önündeki su seviyesinin fazla olması durumunda daha fazla malzeme hareketinin olduğu yapılmış çalışmalarda belirlenmiştir. Bu çalışmada dalga kanalının özelliğine bağlı olarak daha önceki çalışmalarda belirlenmiş en uygun su derinliği kullanılmıştır.

Su seviyesindeki değişim: Zamanla su seviyesinde meydana gelen değişimin profilde değişime neden olduğu, belli bir süre sonunda oluşan profilin ise ilk profilin aynı kaldığı belirlenmiştir.

Dalga geliş açısı (ψ): Van Hijum ve Pilarczyk yaptıkları çalışmada dalga geliş açısının profil değişimini $\sqrt{\cos \psi}$ değeri kadar azalttığını belirlemişlerdir. Bu çalışmada dalganın dik olarak geldiği kabulüyle deneyler yapılmıştır.

Yukarıda anlatılan ve daha önceki çalışmalar neticesinde belirlenen dinamik stabiliteye etki eden parametreler aşağıda özetlenmiştir.

- H, T, D_p, α $\Rightarrow$ Etkili parametreler
- Erozyona uğrayan bölge alanı $\Rightarrow$ Ölçüm parametresi

Kısmi kaplamaya etki eden parametreler:

Kaplama kalınlığı (t): Çalışmada kaplama kalınlığı için farklı konfigürasyonlar denenmiştir. Ancak genelde tek sıra kaplama malzemesi kullanılmıştır.

Kaplama uzunluğu (x_p): Kaplama uzunluğu olarak dalga'nın birinci ve ikinci kırılma noktası arasındaki uzunluk alınmıştır. Bunun hesabında,

$$x_p = (4.0 - 0.25 \cdot m) \cdot H_b \quad (4.1)$$

bağıntısı kullanılmıştır (Kabdaşlı, 1992). Bu çalışmada, kaplama uzunluğunun artması dinamik stabiliteyi arttırdığı için en olumsuz şartı meydana getiren maksimum dalga yüksekliği kullanılmıştır.

Diğer özellikler:

Bu çalışmada suyun özelliklerinden viskozite katsayısı (ν) ve Reynolds sayısı stabilite üzerinde önemli bir etkisi olmaması nedeniyle ihmal edilmiştir. Suyun birim hacim ağırlığının etkisi ise dikkate alınmıştır. Yerçekimi ivmesi genel özellik olarak dikkate alınmıştır.

Sonuç olarak çalışmada etkili olan tüm parametreler aşağıda özetlenmiştir.

Statik Stabilite : $H, T, \alpha, D_k, \gamma_{sk}, g$

Dinamik Stabilite : H, T, D_p, α, g

Kaplama Özellikleri : t, x_p

Suyun Özellikleri : γ_w

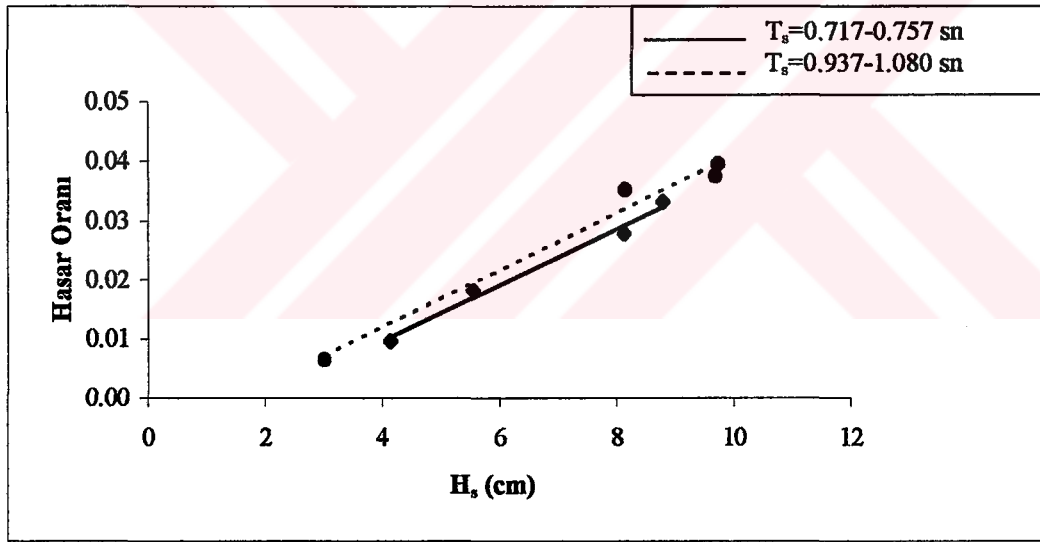
4.2 Düzenli Dalga Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bölüm 4.1'de konu ile ilgili parametreler belirlenmiştir. Bu bölümde ise söz konusu parametrelerin yapılan deneysel çalışmalarla değişimleri irdelenmiştir.

4.2.1 Statik Stabilité Analizi

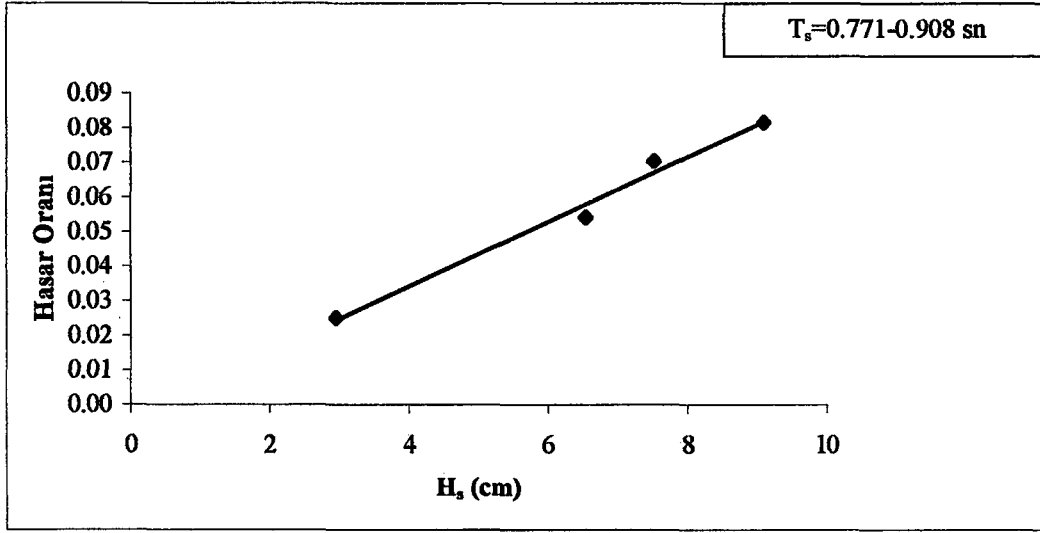
4.2.1.1 Dalga Yüksekliği İle Statik Hasar İlişkisi

Şekil 4.1'de yaklaşık sabit dalga periyodunda farklı dalga yükseklikleri için 2 nolu kaplama malzemesinin (Tablo A.1) kullanılması durumunda statik hasar oranındaki değişim görülmektedir. Söz konusu grafik incelendiğinde sabit dalga periyodunda dalga yüksekliğindeki artışın statik hasarı arttırdığı görülür. Burada dalga periyotları yakın olan seriler ayrı ayrı değerlendirilerek grafik üzerinde gösterilmiştir. Ayrıca büyük dalga periyodundaki grupta hasar oranı daha fazla çıkmıştır.



Şekil 4.1 2 Nolu Kaplama Malzemesi İçin Dalga Yüksekliği İle Statik Hasar İlişkisi

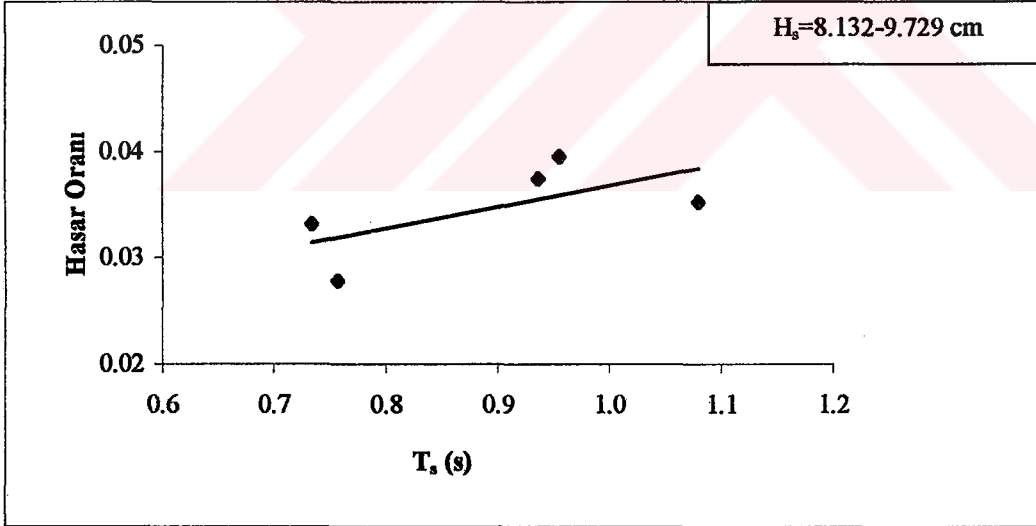
Şekil 4.2'de 4 nolu kaplama malzemesinin (Tablo A.1) kullanılması durumunda yaklaşık sabit dalga periyodu için statik hasar oranı ile dalga yüksekliği arasındaki değişim görülmektedir. Grafik incelendiğinde dalga yüksekliğindeki artışın statik hasar oranını da arttırdığı görülür.



Şekil 4.2 4 Nolu Kaplama Malzemesi İçin Dalga Yüksekliği İle Statik Hasar İlişkisi

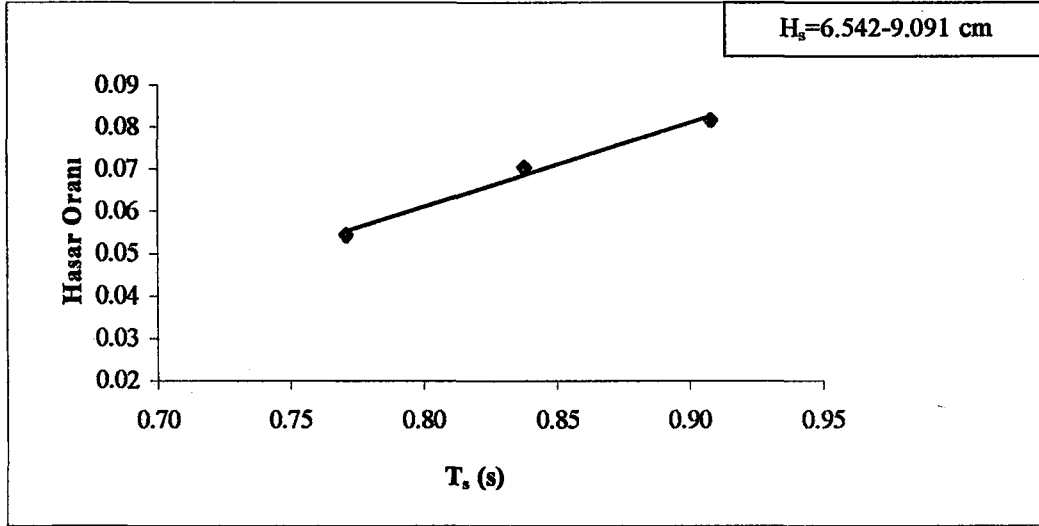
4.2.1.2 Dalga Periyodu İle Statik Hasar İlişkisi

Şekil 4.3'de yaklaşık sabit dalga yükseklikleri için farklı dalga periyotlarında 2 nolu kaplama malzemesindeki oluşan hasarın değişimi görülmektedir. Söz konusu şekil incelendiğinde dalga periyodundaki artışın statik hasarı arttırdığı görülür.



Şekil 4.3 2 Nolu Kaplama Malzemesi İçin Dalga Periyodu İle Statik Hasar İlişkisi

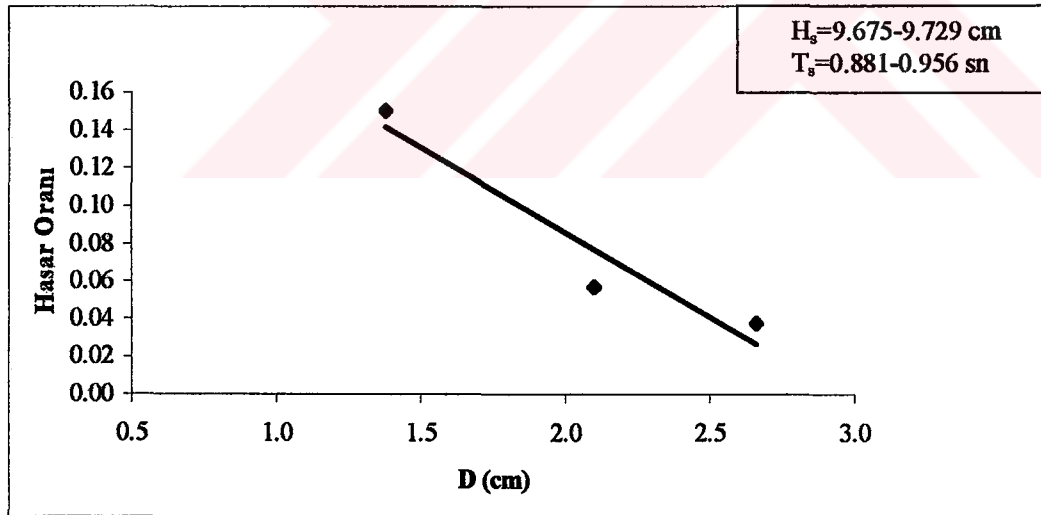
Şekil 4.4'de farklı periyotlardaki dalgalar ile 4 nolu kaplama malzemesinde meydana gelen hasar oranının değişimi görülmektedir. Grafik incelendiğinde dalga periyodundaki artışın hasar oranını arttırdığı görülür.



Şekil 4.4 4 Nolu Kaplama Malzemesi İçin Dalga Periyodu İle Statik Hasar İlişkisi

4.2.1.3 Dane Çapı İle Statik Hasar İlişkisi

Şekil 4.5'te yaklaşık aynı dalga özellikleri ve birim hacim ağırlıklarında (Seri 17-28-31), dane çapı ile statik hasar değişimi görülmektedir. Grafik incelendiğinde dane çapındaki artışın statik hasar oranını azalttığı görülür.

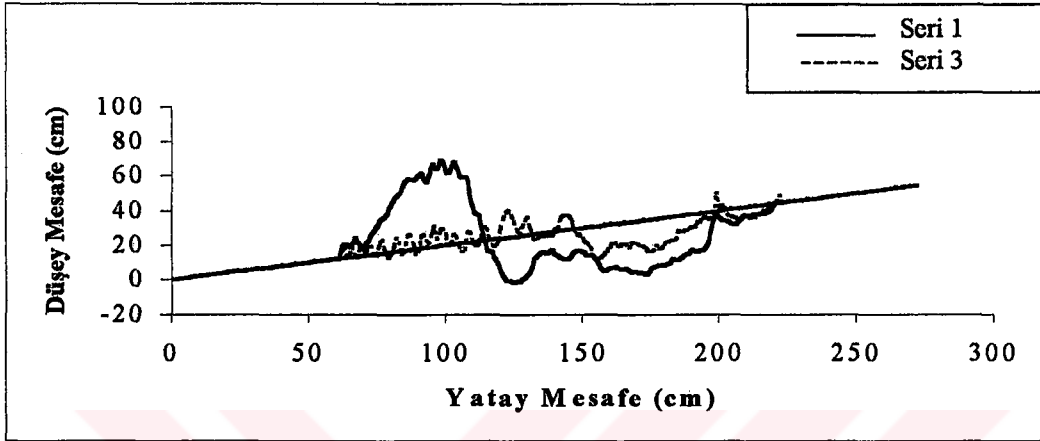


Şekil 4.5 Dane Çapı İle Statik Hasar İlişkisi

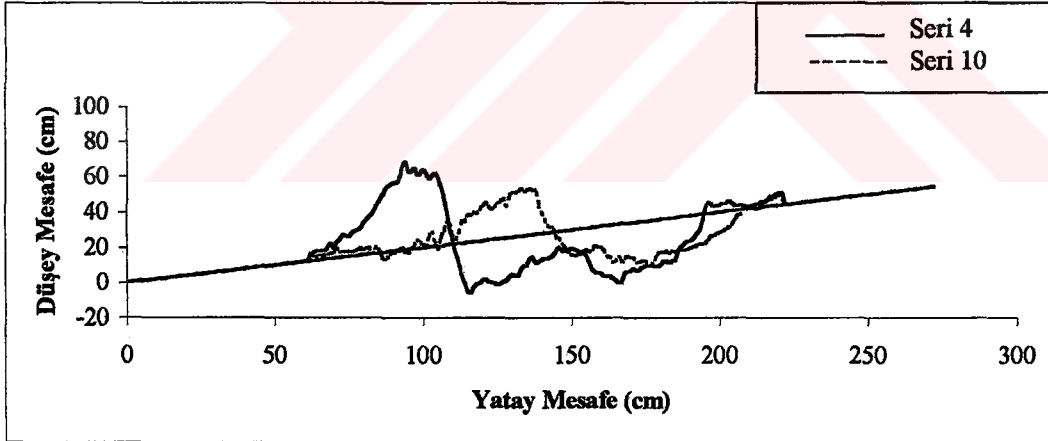
4.2.2 Dinamik Profil Değişimi Analizi

4.2.2.1 Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi İlişkisi

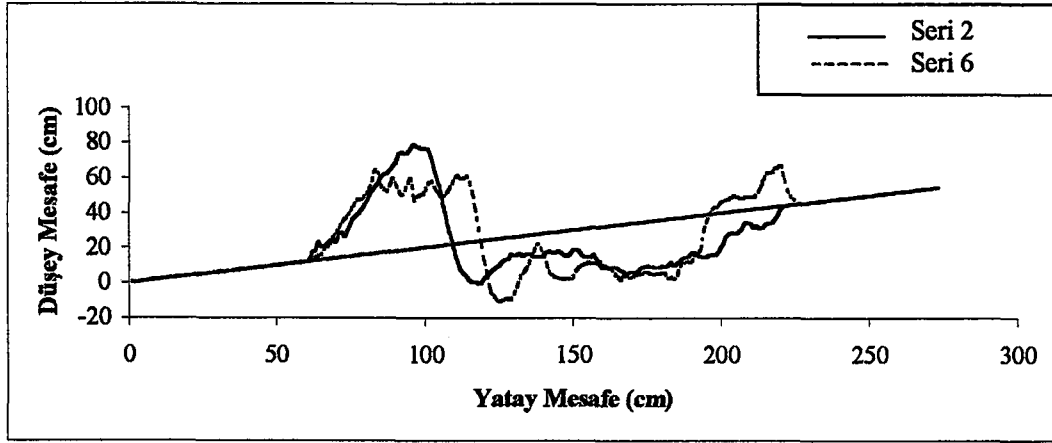
Şekil 4.6'dan Şekil 4.10'a kadar birbirine yakın dalga periyotlarında farklı dalga yükseklikleri için dinamik profil değişimi görülmektedir.



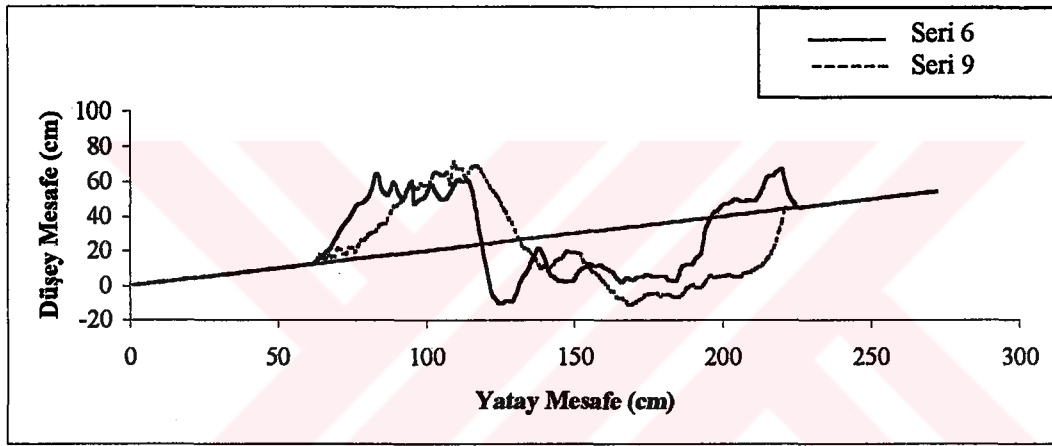
Şekil 4.6 1 ve 3 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi



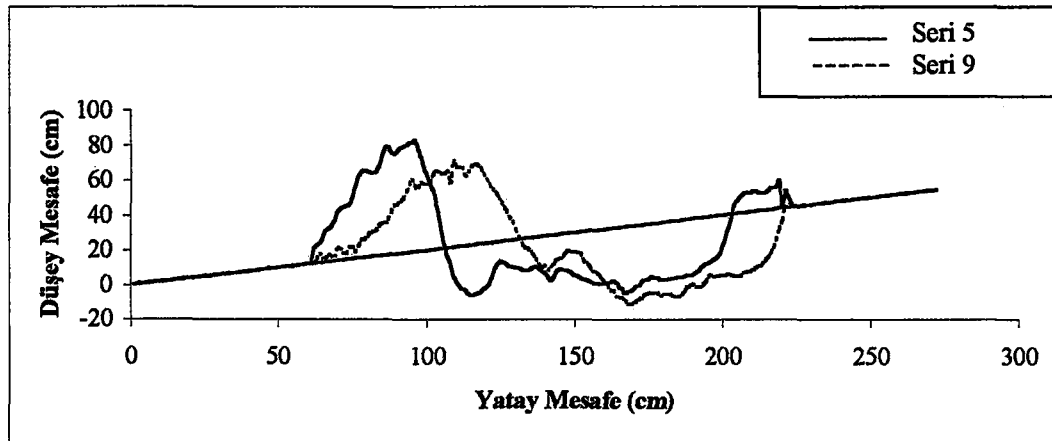
Şekil 4.7 4 ve 10 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi



Şekil 4.8 2 ve 6 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi



Şekil 4.9 6 ve 9 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi

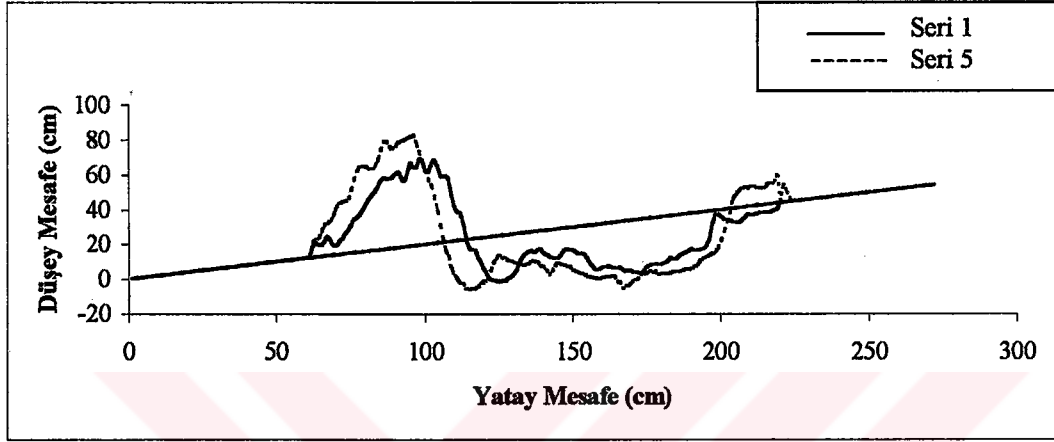


Şekil 4.10 5 ve 9 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi

Yukarıdaki şekiller incelendiğinde yaklaşık olarak birbirine eşit dalga periyotlarında dinamik profil değişiminin dalga yüksekliği arttıkça arttığı görülür.

4.2.2.2 Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi İlişkisi

Şekil 4.11 incelendiğinde yaklaşık olarak birbirine eşit dalga yüksekliklerinde dalga periyodundaki artışın dinamik profil değişimini arttırdığı görülür.

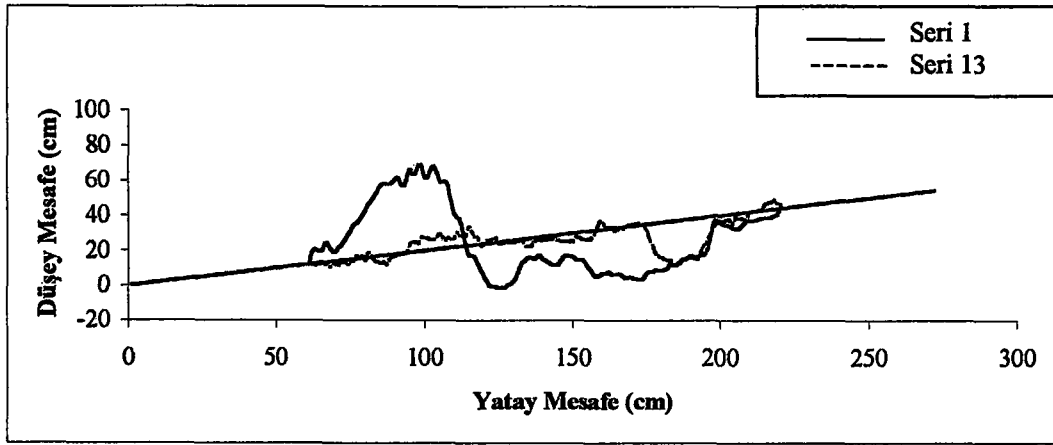


Şekil 4.11 1 ve 5 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi

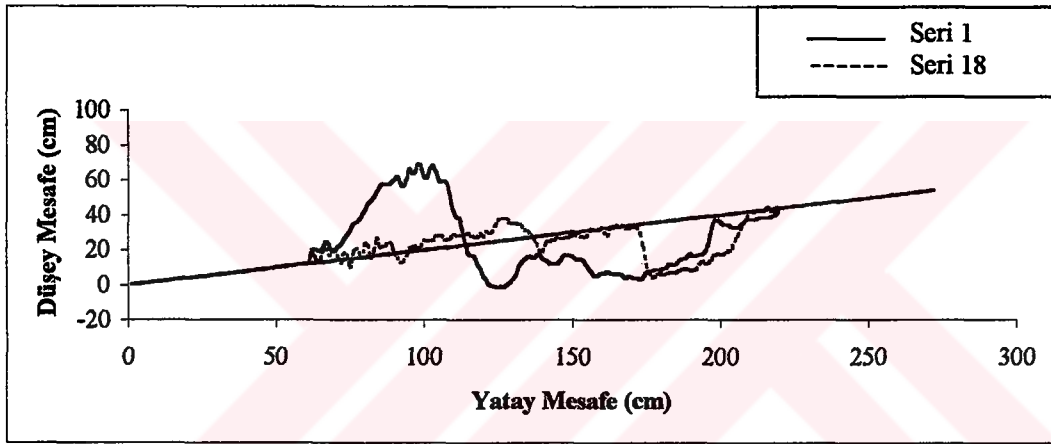
4.2.3 Kısmi Kaplama Yapısının Dinamik Profil Değişiminin İncelenmesi

4.2.3.1 Kısmi Kaplamanın Dinamik Profil Değişimine Etkisi

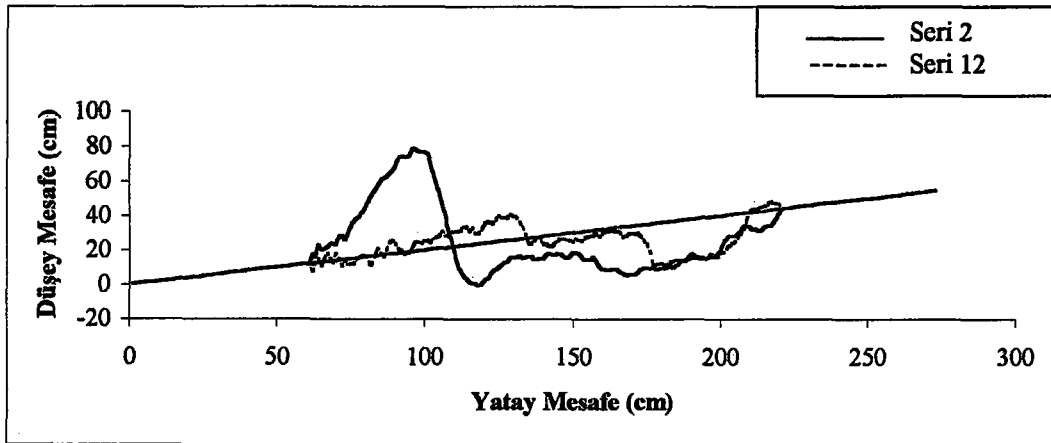
Şekil 4.12'den Şekil 4.29'a kadar kullanılan kısmi kaplama yapısının dinamik profil değişimine etkisi görülmektedir.



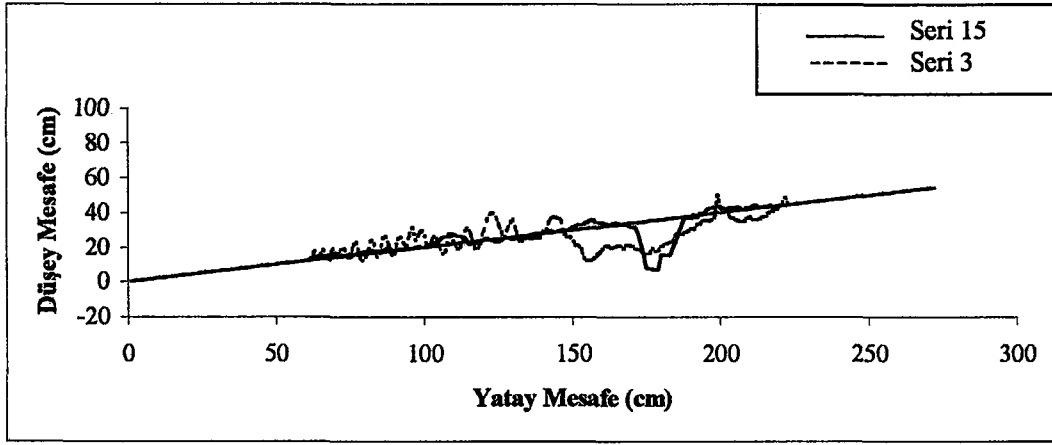
Şekil 4.12 1-13 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi



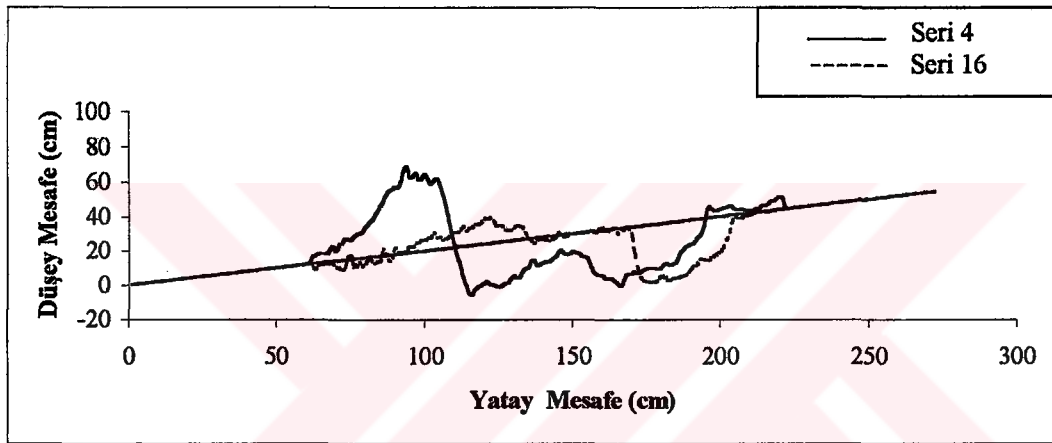
Şekil 4.13 1-18 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi



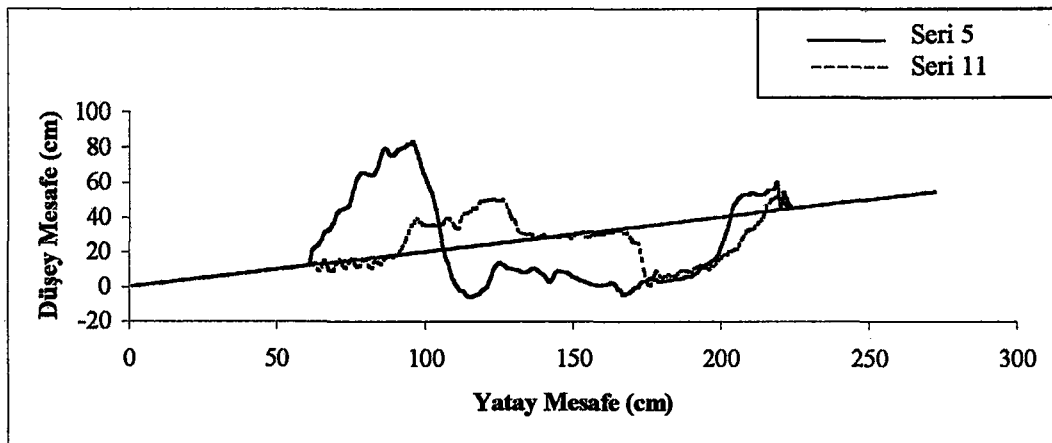
Şekil 4.14 2-12 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi



Şekil 4.15 3-15 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi

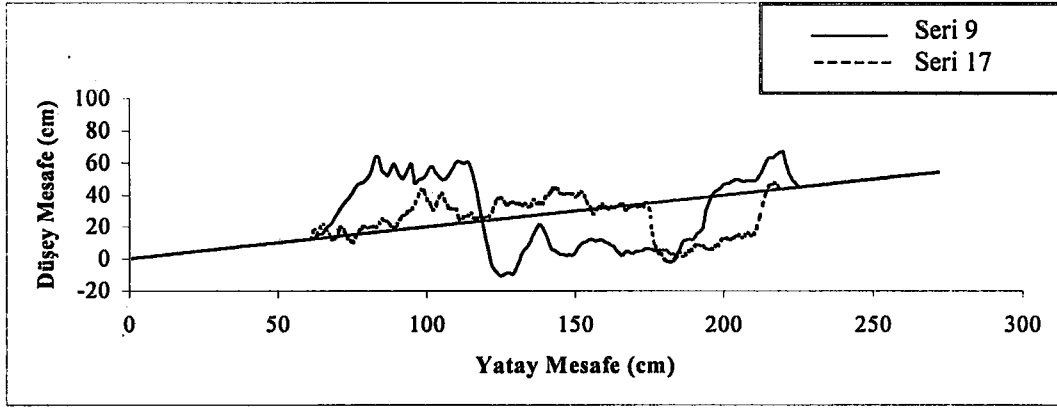


Şekil 4.16 4-16 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi

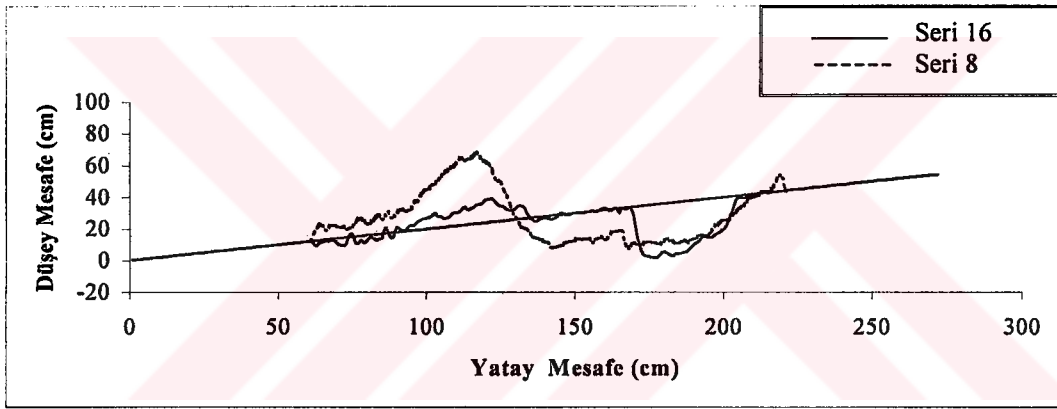


Şekil 4.17 5-11 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi

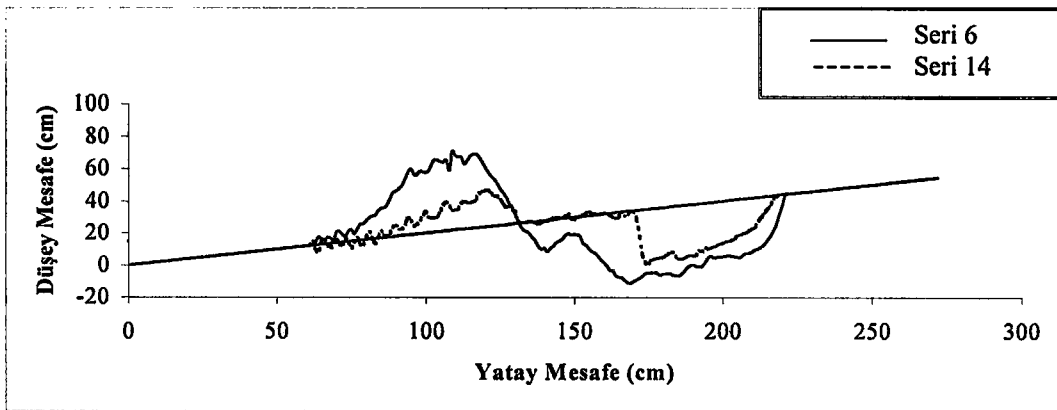
Şekil 4.12'den Şekil 4.20'ye kadar yaklaşık aynı özelliklere sahip dalgaların oluşturduğu kaplamalı ve kaplamasız dinamik profil değişimleri görülmektedir.



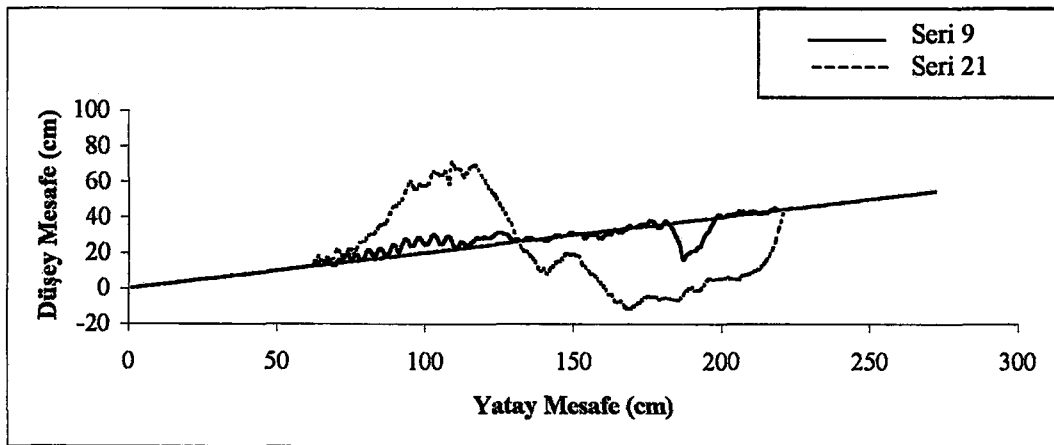
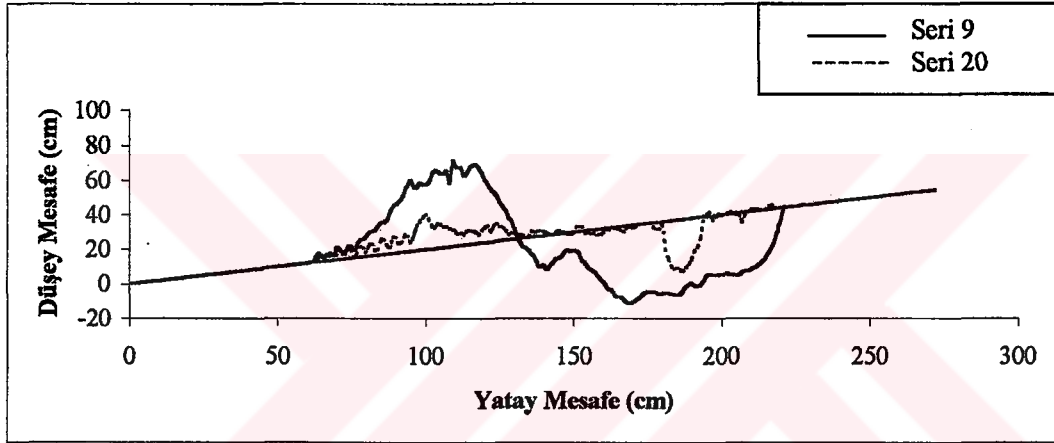
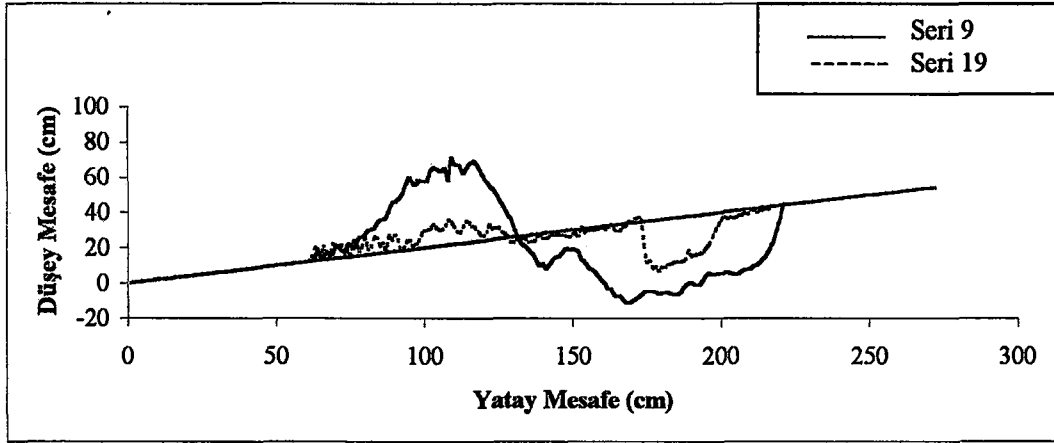
Şekil 4.18 9-17 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi



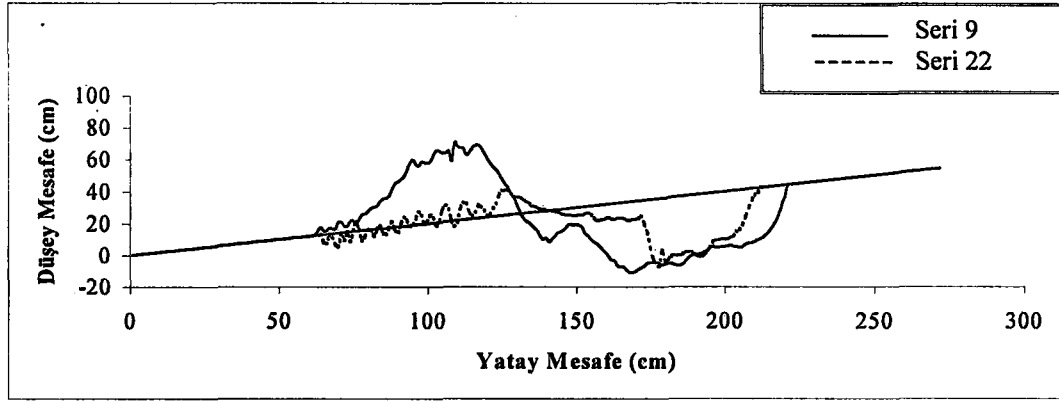
Şekil 4.19 8-16 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi



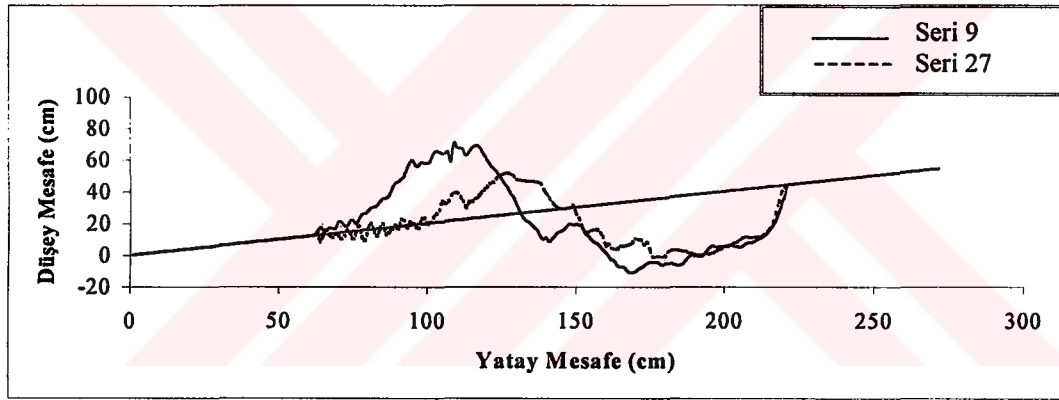
Şekil 4.20 6-14 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi



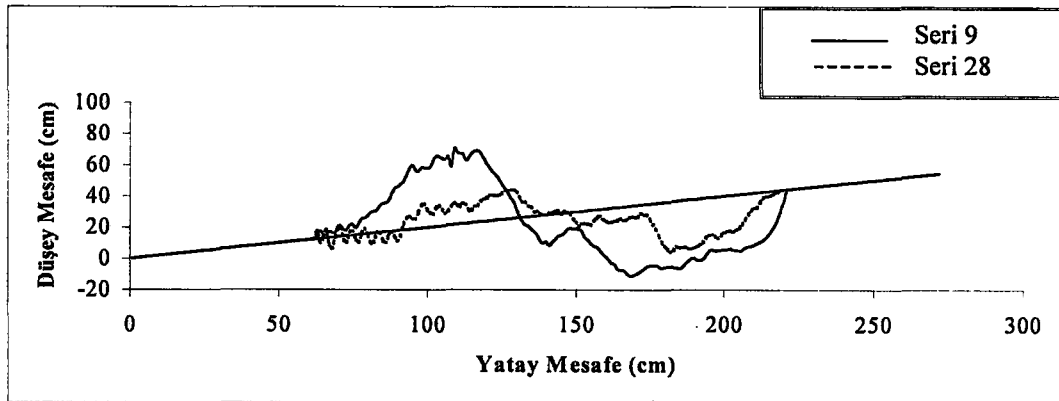
Şekil 4.21'den Şekil 4.29'a kadar ise maksimum hasarı oluşturan dalga özelliklerinde kaplamasız ve farklı kaplama malzemesi kullanılarak elde edilen dinamik profiller arasındaki ilişki incelenmiştir.



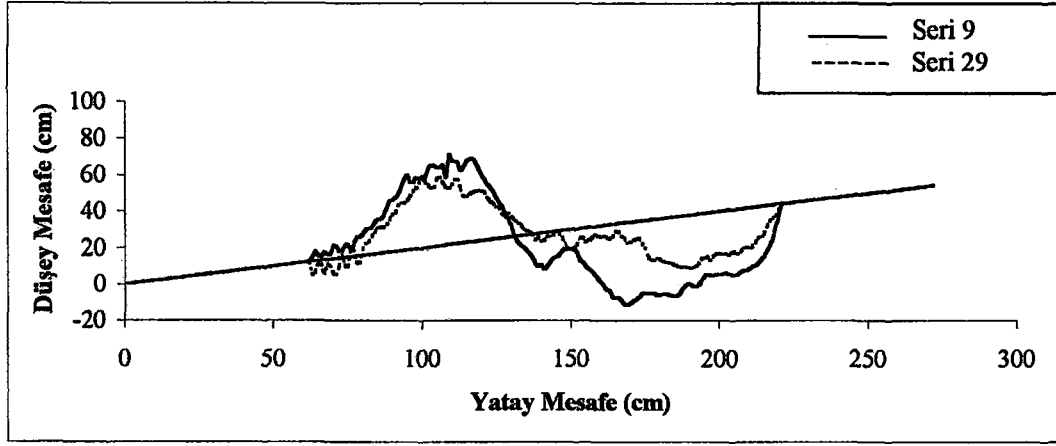
Şekil 4.24 9-22 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi



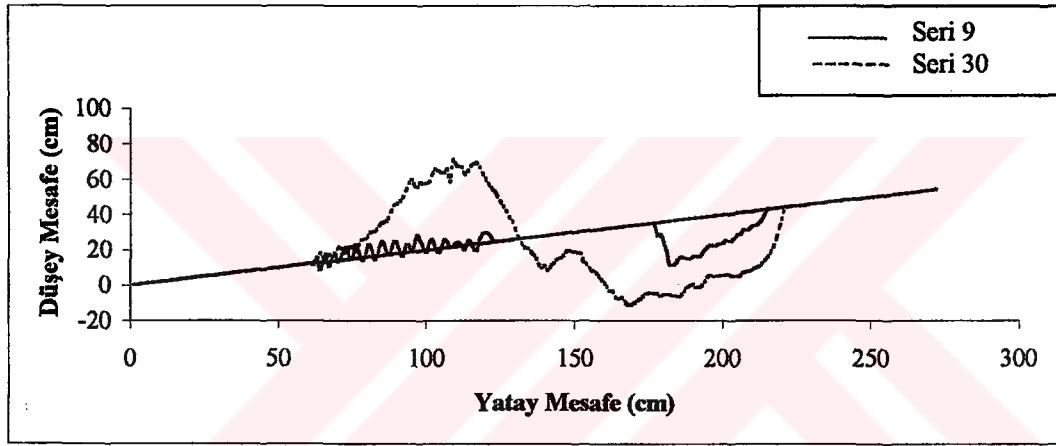
Şekil 4.25 9-27 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi



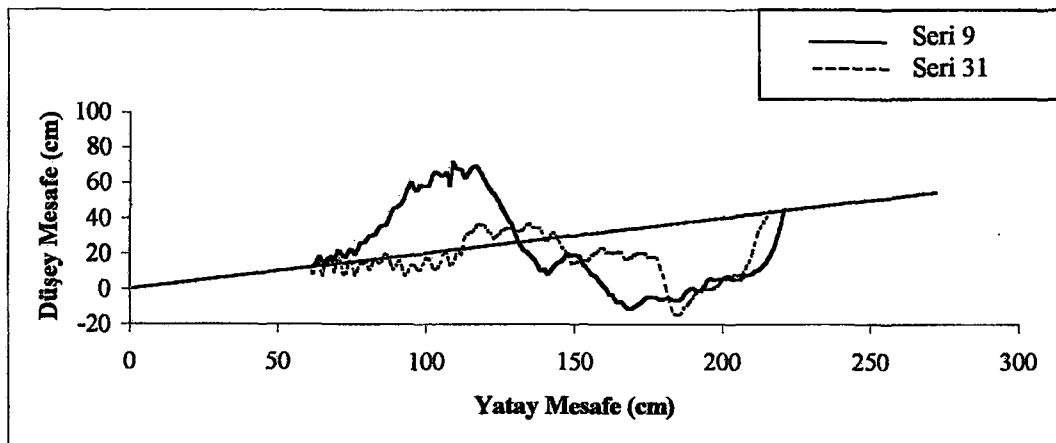
Şekil 4.26 9-28 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi



Şekil 4.27 9-29 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi



Şekil 4.28 9-30 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi

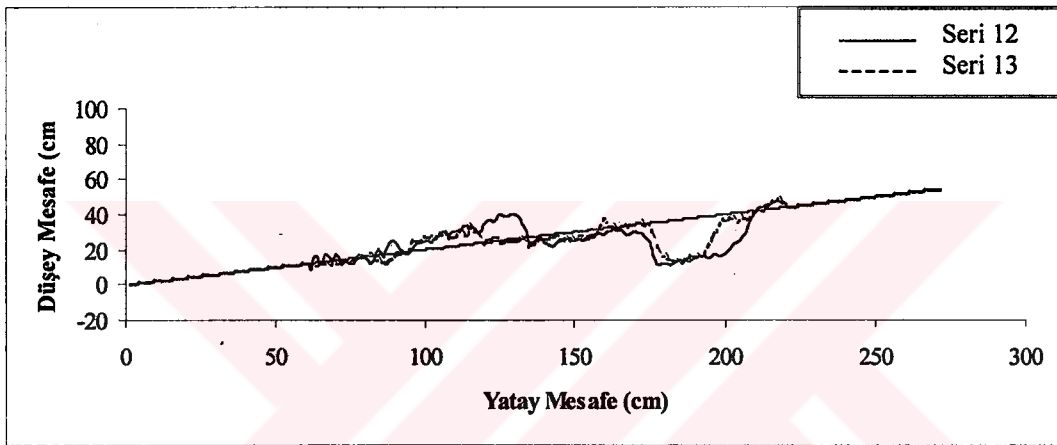


Şekil 4.29 9-31 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profil Değişimi

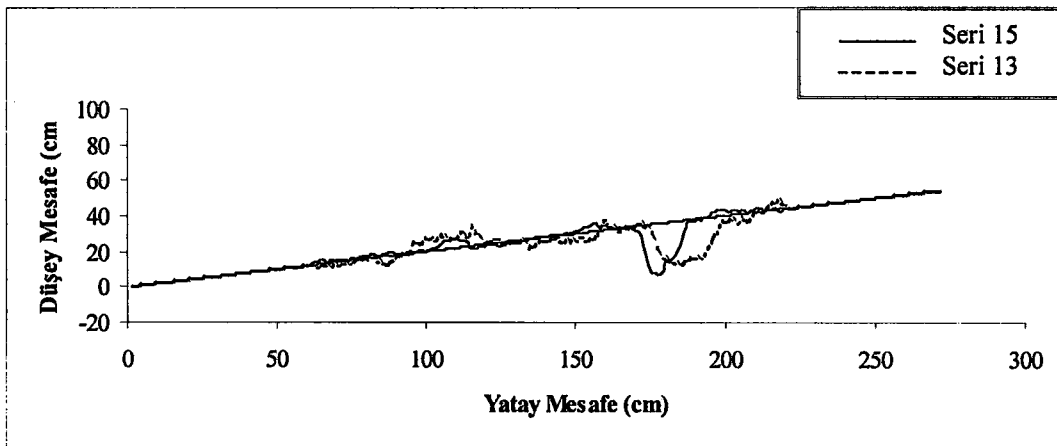
Yukarıdaki şekillerde görüldüğü gibi kısmi kaplama yapısı ile erozyona uğrayan bölge alanında önemli ölçüde azalma meydana gelmektedir. Ek A'da sunulan deneysel çalışmalardan elde edilen veriler kullanılarak yapılan değerlendirmede kısmi kaplama yapısı ile kıyı erozyonunda yaklaşık %55-60'lık bir azalma olduğu görülmüştür.

4.2.3.2 Dalga Yüksekliği İle Kısmi Kaplamalı Profil Değişimi İlişkisi

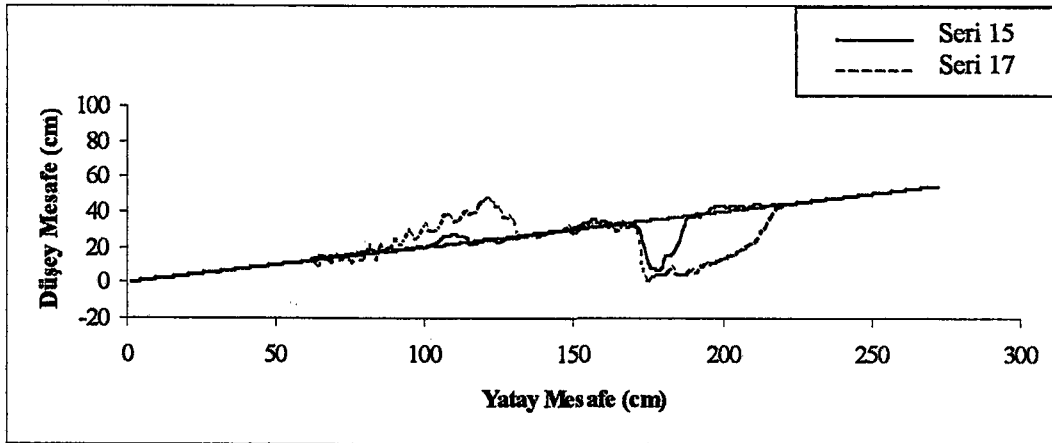
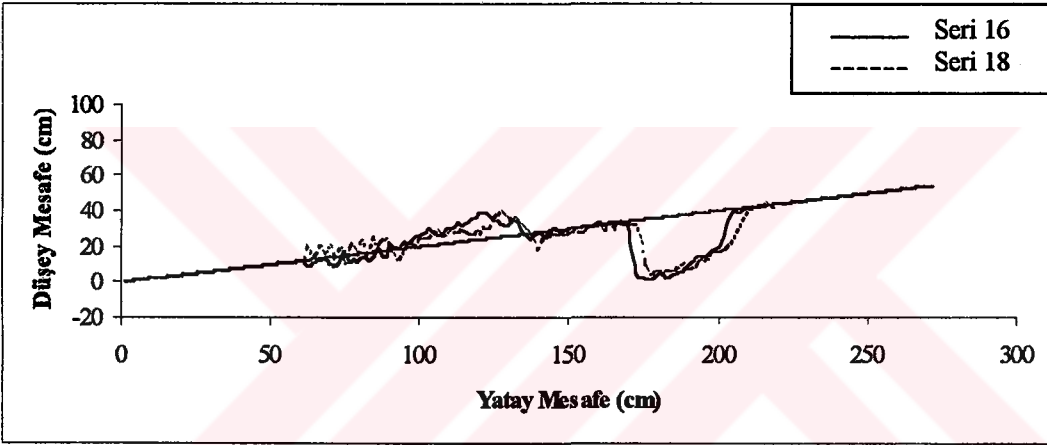
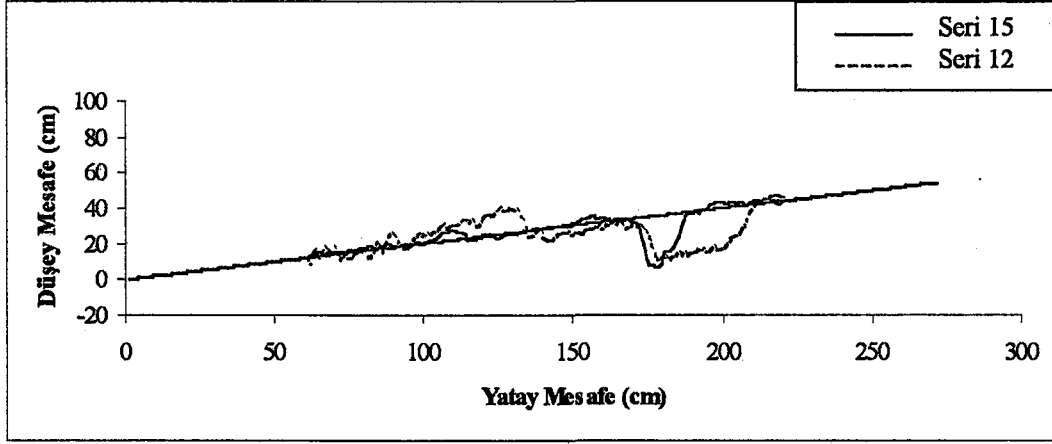
Şekil 4.30'dan Şekil 4.35'e kadar periyotları yaklaşık olarak birbirine eşit olan farklı dalga yükseklikleri için profil değişimleri görülmektedir.

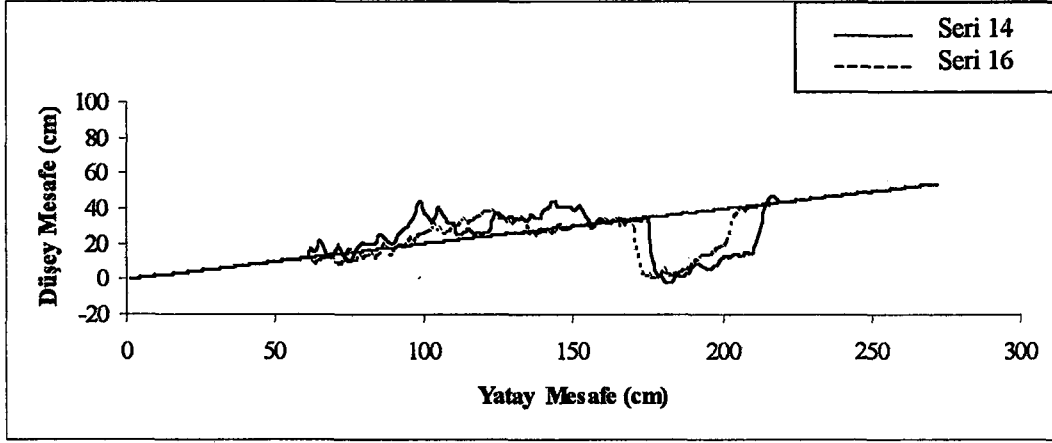


Şekil 4.30 12 ve 13 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi



Şekil 4.31 15 ve 13 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi



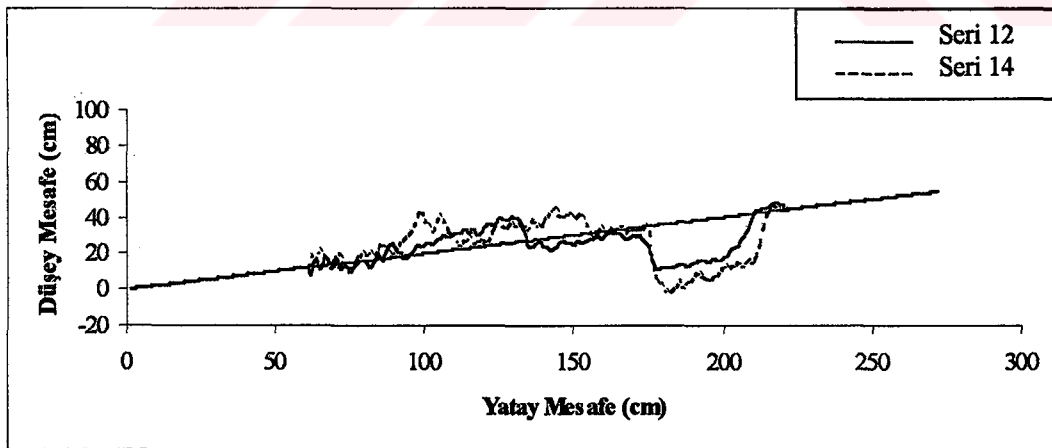


Şekil 4.35 14 ve 16 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi

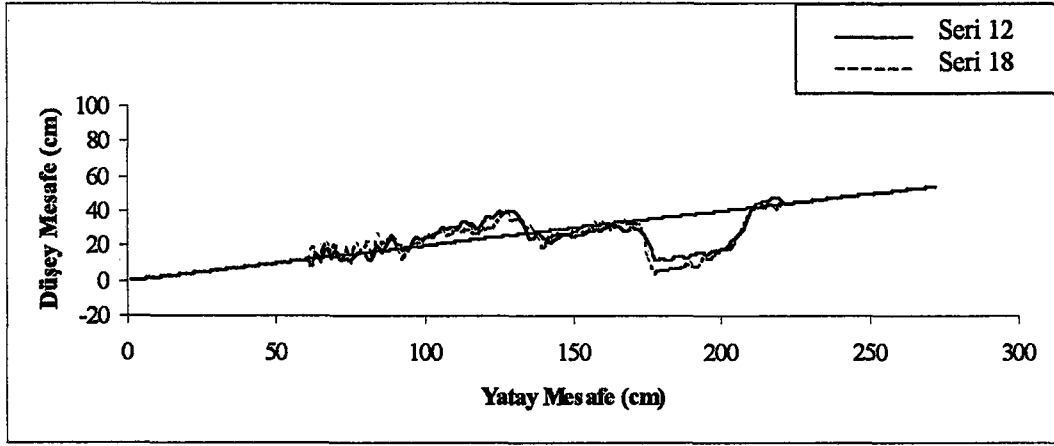
Yukarıdaki grafikler incelendiğinde yaklaşık sabit dalga periyotlarında dalga yüksekliğindeki artışın kaplamalı durumdaki dinamik profil değişimini arttırdığı görülür.

4.2.3.3 Dalga Periyodu İle Kısmi Kaplamalı Profil Değişimi İlişkisi

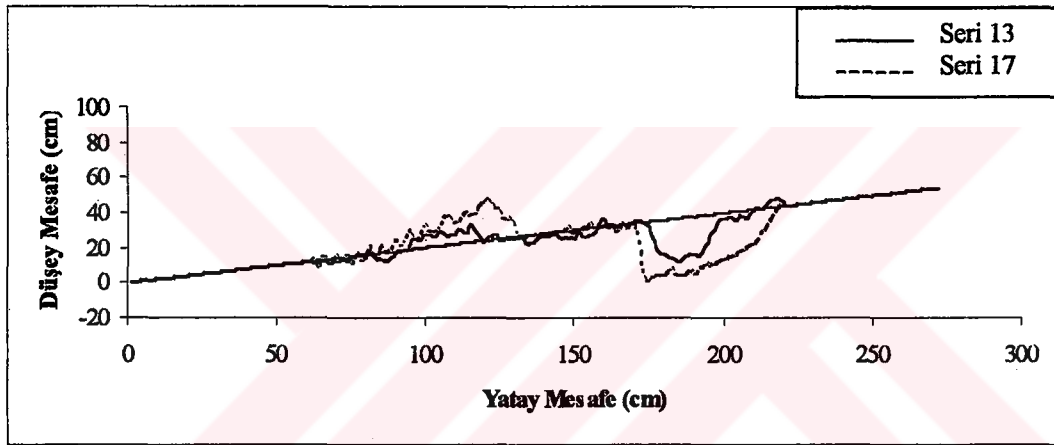
Şekil 4.36'dan Şekil 4.38'e kadar dalga yükseklik değerleri yaklaşık olarak birbirine eşit olan farklı dalga periyotları için dinamik profil değişimleri görülmektedir.



Şekil 4.36 12 ve 14 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi



Şekil 4.37 12 ve 18 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi

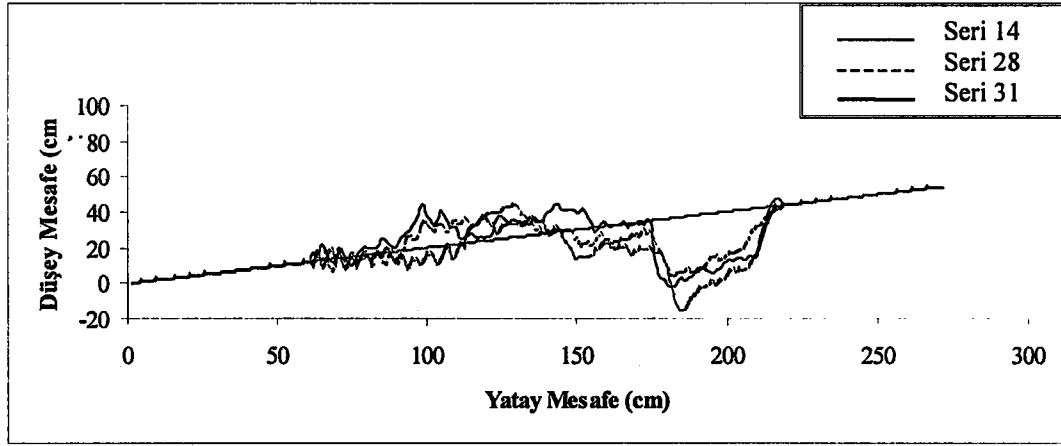


Şekil 4.38 13 ve 17 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi

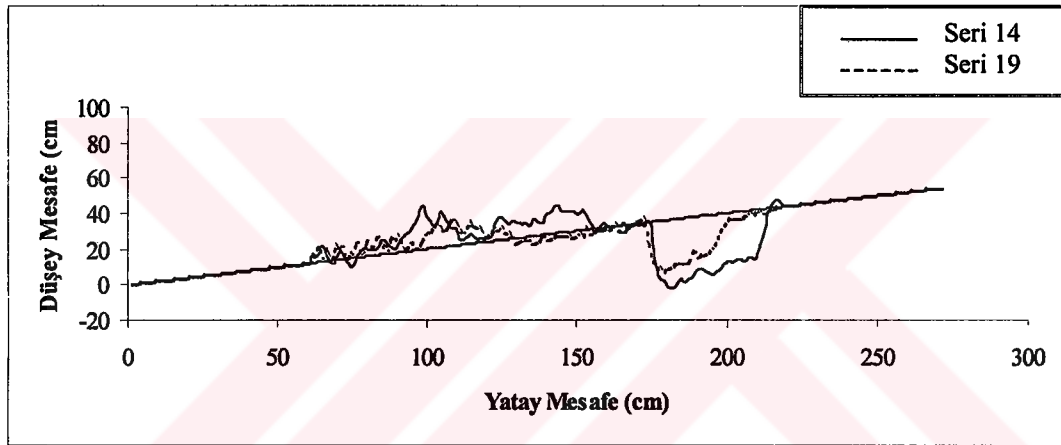
Yukarıdaki grafikler incelendiğinde yaklaşık sabit dalga yüksekliklerinde, dalga periyotlarındaki artışın kaplamalı durumdaki dinamik profil değişimini arttırdığı görülür.

4.2.3.4 Kaplama Cinsinin Profil Değişimine Etkisi

Şekil 4.39'da yaklaşık olarak eşit dane birim hacim ağırlığına sahip dane çapları farklı olan malzeme kullanılarak yapılmış kısmi kaplamanın yaklaşık aynı dalga özelliklerinde dinamik profil değişimine etkisi görülmektedir.

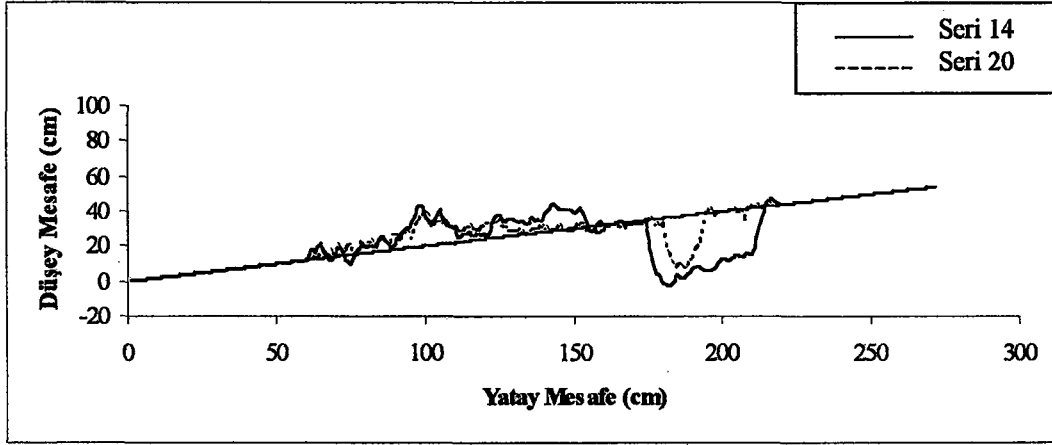


Şekil 4.39 14-28 ve 31 Nolu Seriler İçin Kaplama Cinsi İle Dinamik Profil Değişimi

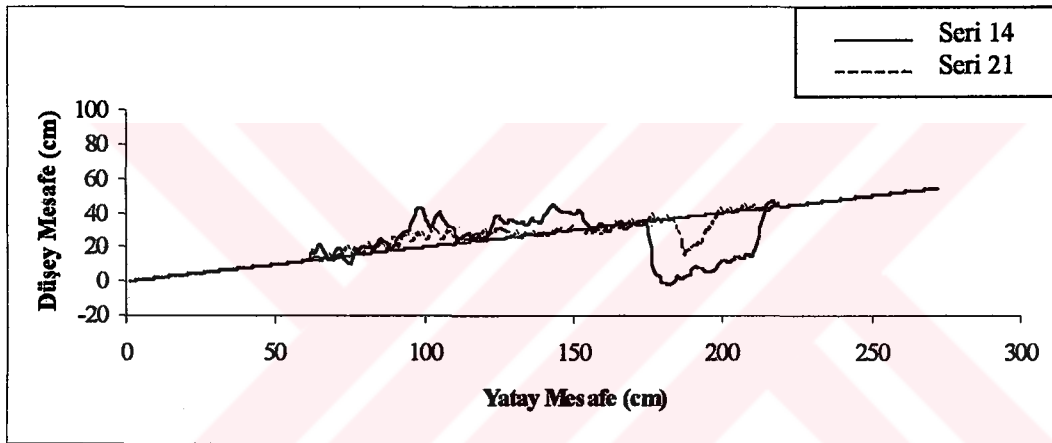


Şekil 4.40 14-19 Nolu Seriler İçin Farklı Serim Tipleri İle Dinamik Profil Değişimi

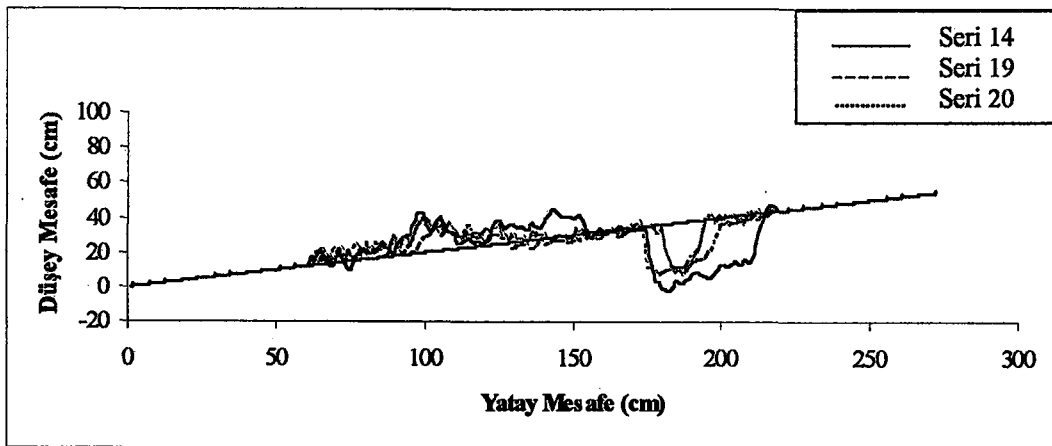
Şekil 4.40'dan Şekil 4.45'e kadar serim konfigürasyonu değişik olan kısmi kaplama yapısı için dinamik profil değişimleri görülmektedir.



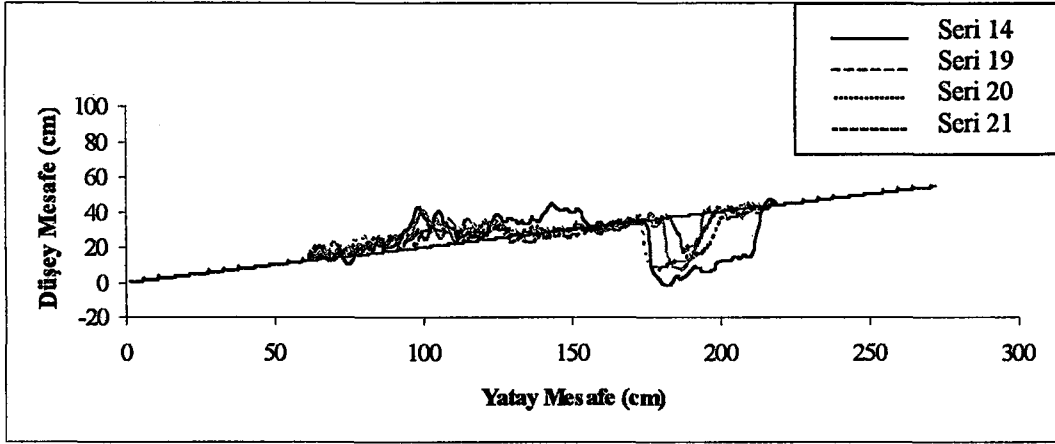
Şekil 4.41 14-20 Nolu Seriler İçin Farklı Serim Tipleri İle Dinamik Profil Değişimi



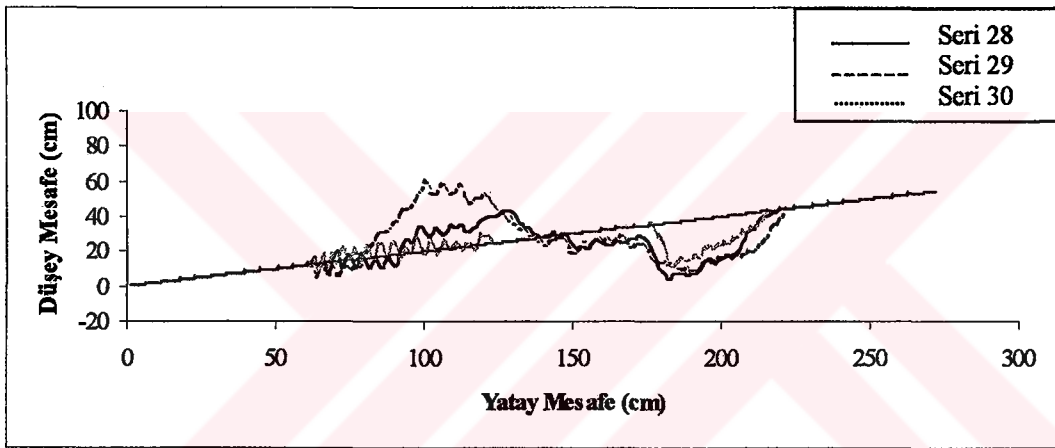
Şekil 4.42 14-21 Nolu Seriler İçin Farklı Serim Tipleri İle Dinamik Profil Değişimi



Şekil 4.43 14-19-20 Nolu Seriler İçin Farklı Serim Tipleri İle Dinamik Profil Değişimi



Şekil 4.44 14-19-20-21 Nolu Seriler İçin Farklı Serim Tipleri İle Dinamik Profil Değişimi



Şekil 4.45 28-29-30 Nolu Seriler İçin Farklı Serim Tipleri İle Dinamik Profil Değişimi

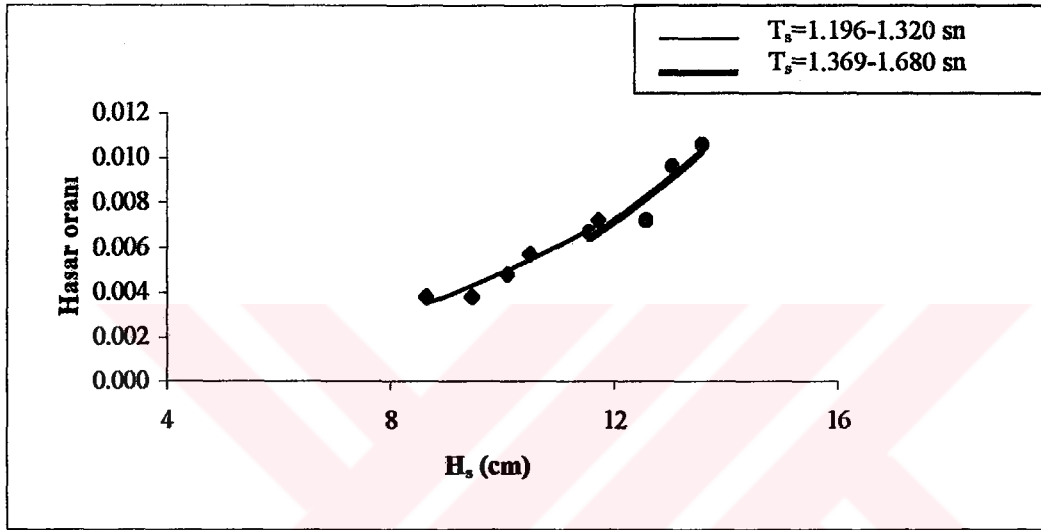
4.3 Düzensiz Dalga Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bölüm 4.1'de anlatılan konu ile ilgili parametrelerin değişimi yapılan deneysel çalışmalar kullanılarak incelenmiştir.

4.3.1 Statik Stabilité Analizi

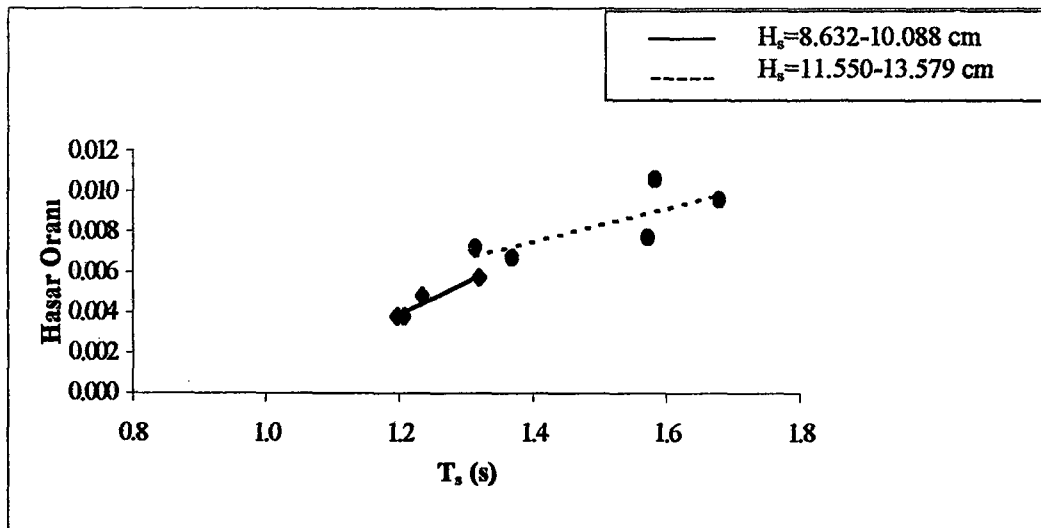
4.3.1.1 Dalga Yüksekliği İle Statik Hasar İlişkisi

Şekil 4.46'da 7 nolu kaplama malzemesinin kullanıldığı, dalga periyodunun belli sınırlar içinde kaldığı deney serilerinde, dalga yüksekliği ile statik hasar oranı arasındaki ilişki görülmektedir. Söz konusu grafik incelendiğinde dalga yüksekliğindeki artışın statik hasar oranını arttırdığı görülür.



Şekil 4.46 7 Nolu Kaplama Malzemesi İçin Dalga Yüksekliği İle Statik Hasar İlişkisi

4.3.1.2 Dalga Periyodu İle Statik Hasar İlişkisi

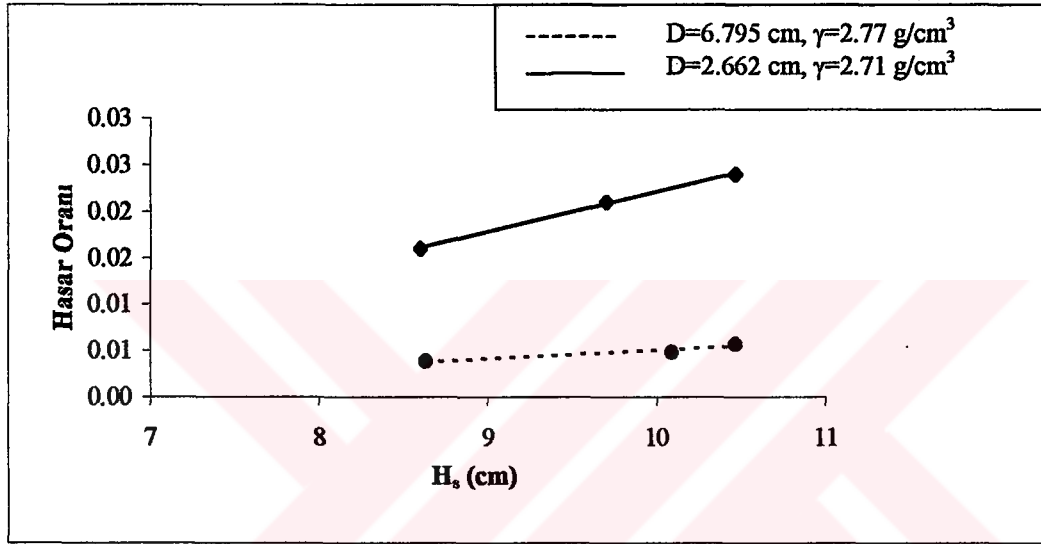


Şekil 4.47 7 Nolu Kaplama Malzemesi İçin Dalga Periyodu İle Statik Hasar İlişkisi

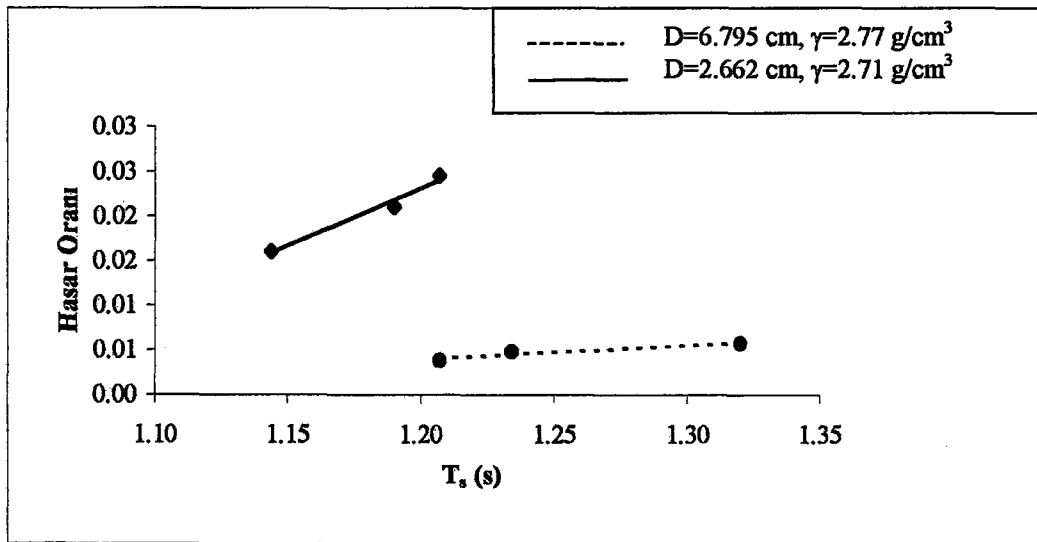
Şekil 4.47'de dalga yüksekliklerinin belli sınırlarda tutulduğu 7 nolu kaplama malzemesi kullanılarak yapılmış deneylerde dalga periyodu ile hasar oranı arasındaki ilişki görülmektedir. Söz konusu grafik incelendiğinde dalga periyodundaki artışın statik hasarı arttırdığı görülür.

4.3.1.3 Farklı Kaplama Malzemeleri İçin Statik Hasarın Değişimi

Şekil 4.48'de dalga periyotları belli sınırlar içinde sabit olan farklı kaplama türleri için dalga yüksekliği ile meydana gelen hasar oranı arasındaki ilişki görülmektedir.



Şekil 4.48 Farklı Kaplama Özelliklerinde Dalga Yüksekliği İle Statik Hasar İlişkisi



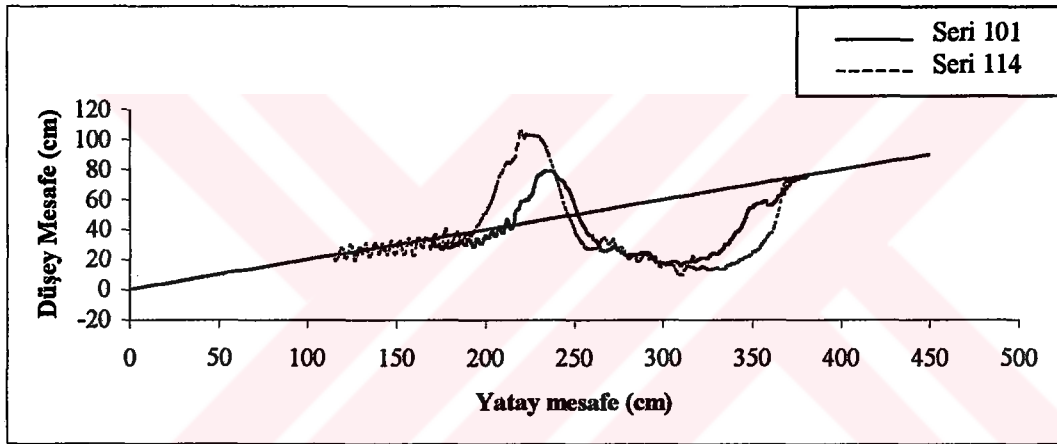
Şekil 4.49 Farklı Kaplama Özelliklerinde Dalga Periyodu İle Statik Hasar İlişkisi

Grafik incelendiğinde büyük çap ve birim hacim ağırlığına sahip kaplama türünde aynı dalga yüksekliği için statik hasar oranının daha düşük olduğu görülür. Şekil 4.49'da ise aynı kaplama özelliklerinde dalga periyodu ile statik hasarın değişimi görülmektedir. Burada da büyük dane çapı ve birim hacim ağırlığına sahip kaplama türünde daha az statik hasar oluştuğu görülmüştür.

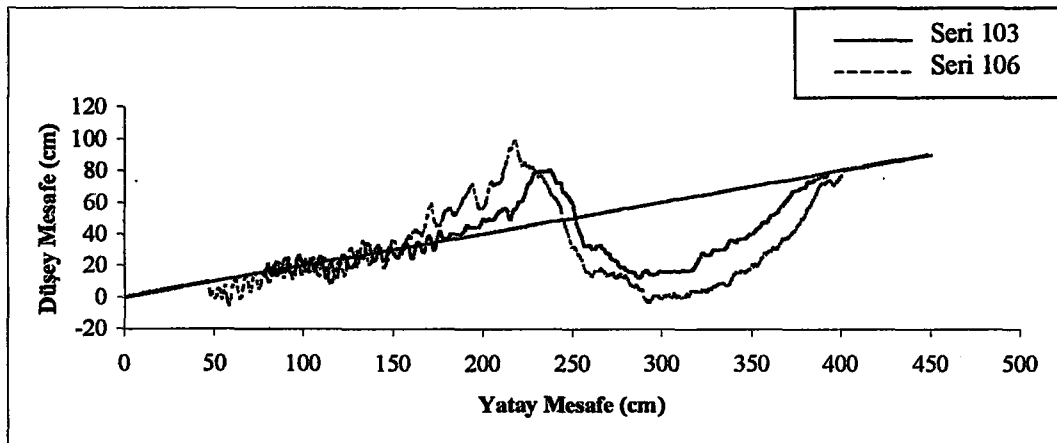
4.3.2 Dinamik Profil Değişimi Analizi

4.3.2.1 Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi İlişkisi

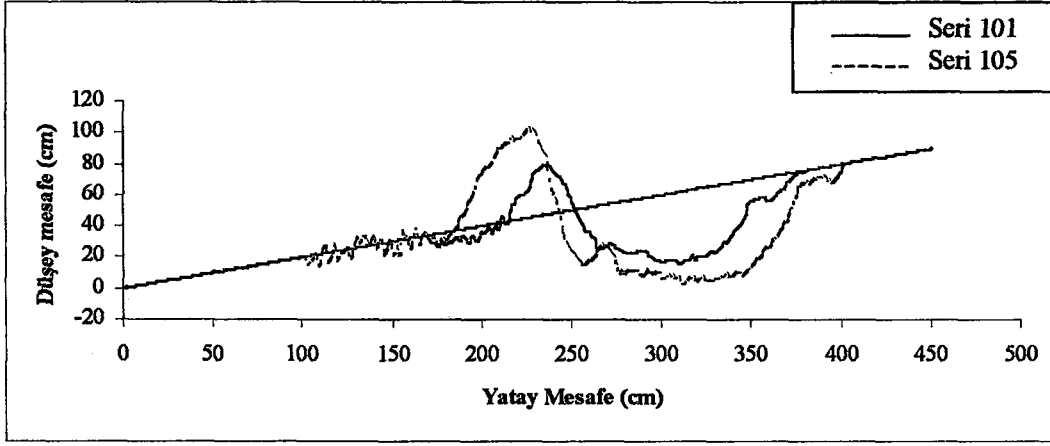
Şekil 4.50'den Şekil 4.58'e kadar yaklaşık aynı dalga periyotlarında farklı dalga yükseklikleri için dinamik profil değişimleri görülmektedir.



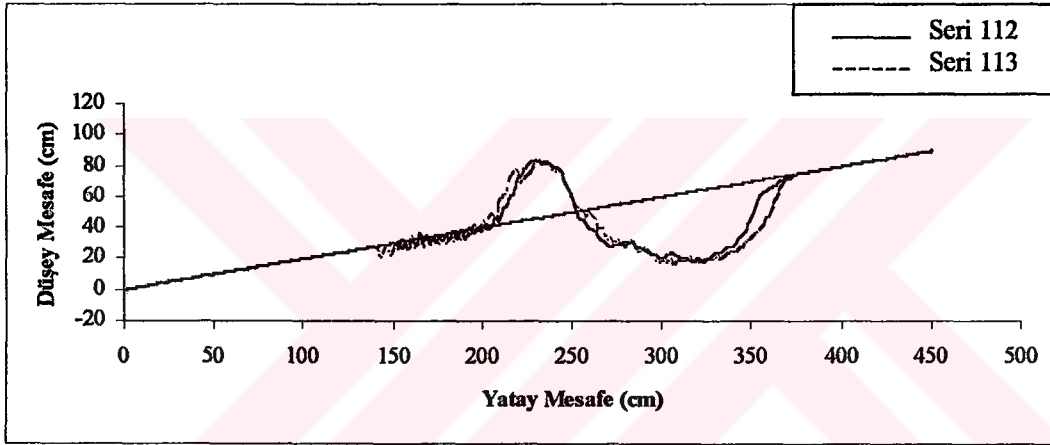
Şekil 4.50 101-114 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi



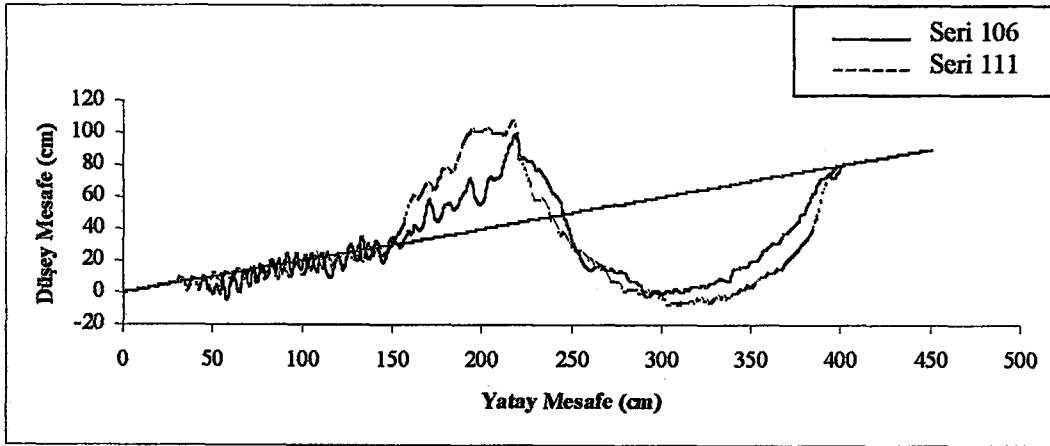
Şekil 4.51 103-106 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi



Şekil 4.52 101-105 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi

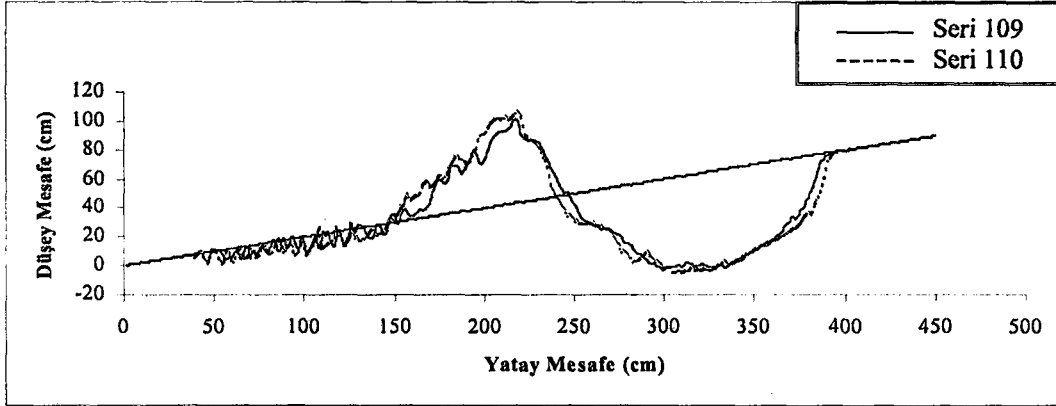


Şekil 4.53 112-113 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi

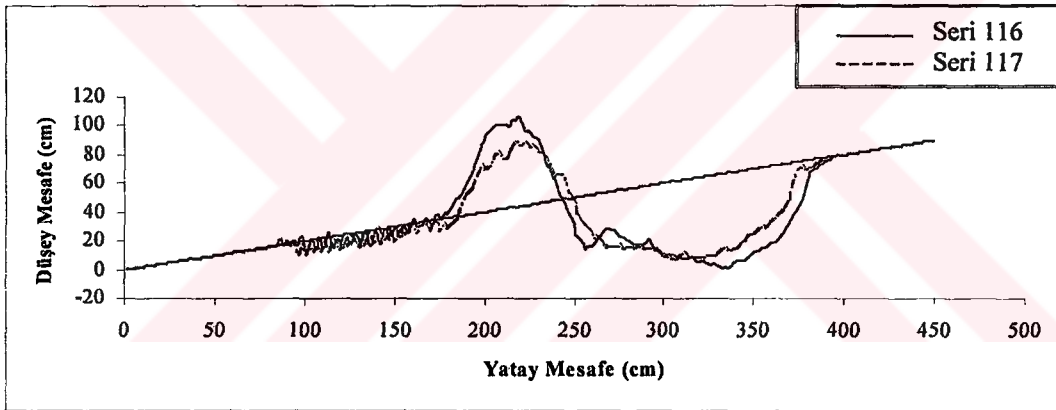


Şekil 4.54 106-111 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi

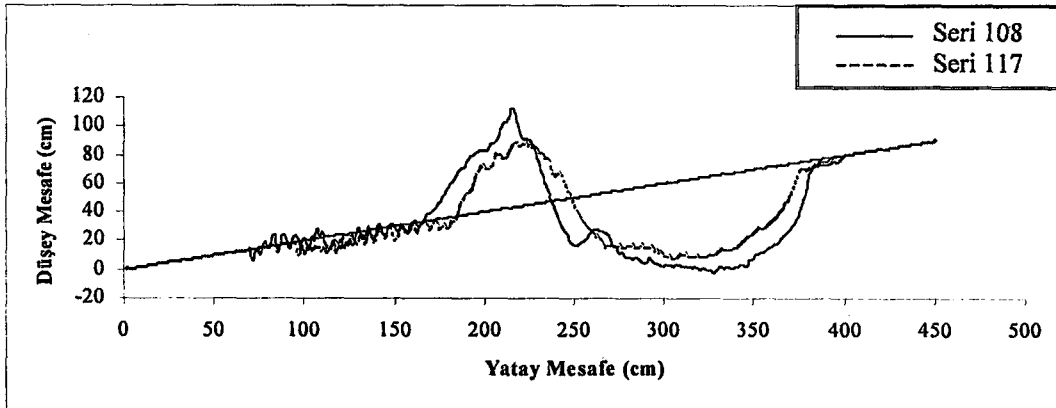
Bu grafikler hazırlanırken düzensiz dalga koşulları altında yapılan deney serileri kullanılmıştır. Aynı malzeme ve şev koşulları için, bu serilerden dalga periyot değerleri birbirine yakın ancak dalga yükseklik değerleri farklı olanlar kullanılmıştır.



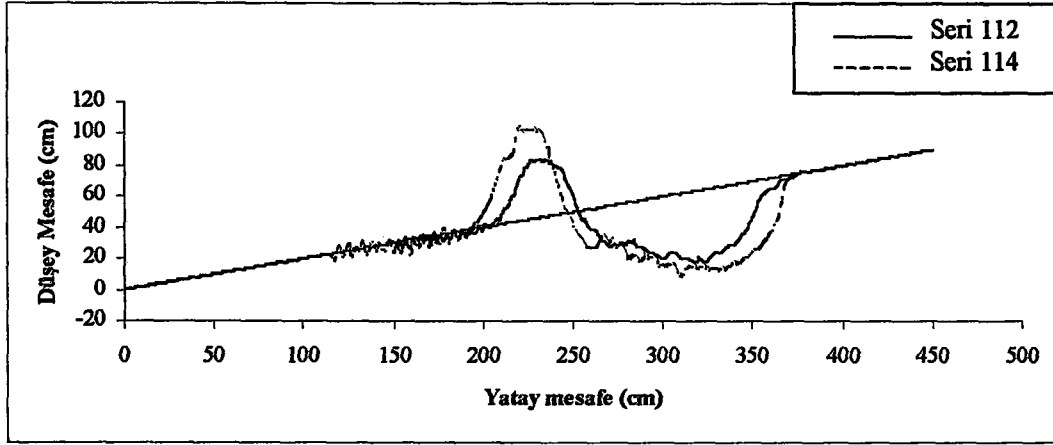
Şekil 4.55 109-110 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi



Şekil 4.56 116-117 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi



Şekil 4.57 108-117 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi

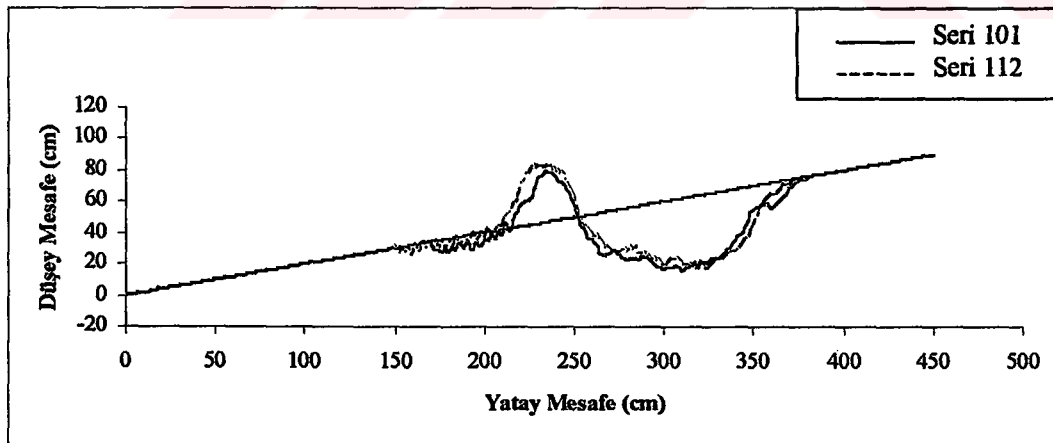


Şekil 4.58 112-114 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil Değişimi

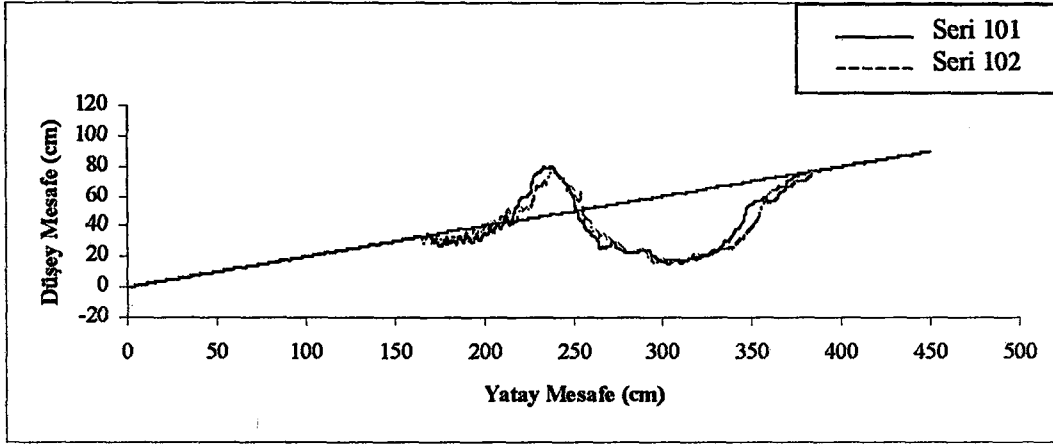
Yukarıdaki şekiller incelendiğinde yaklaşık sabit dalga periyotlarında dalga yüksekliğindeki artışın dinamik profil değişimini arttırdığı görülür.

4.3.2.2 Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi İlişkisi

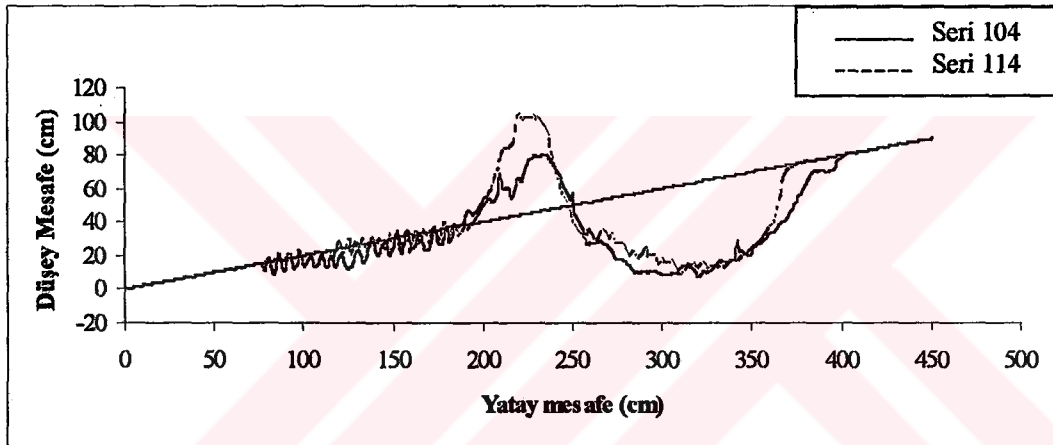
Şekil 4.59'dan Şekil 4.64'e kadar yaklaşık olarak birbirlerine eşit dalga yüksekliklerinde dalga periyodundaki değişimin dinamik profil değişimine etkisi incelenmiştir.



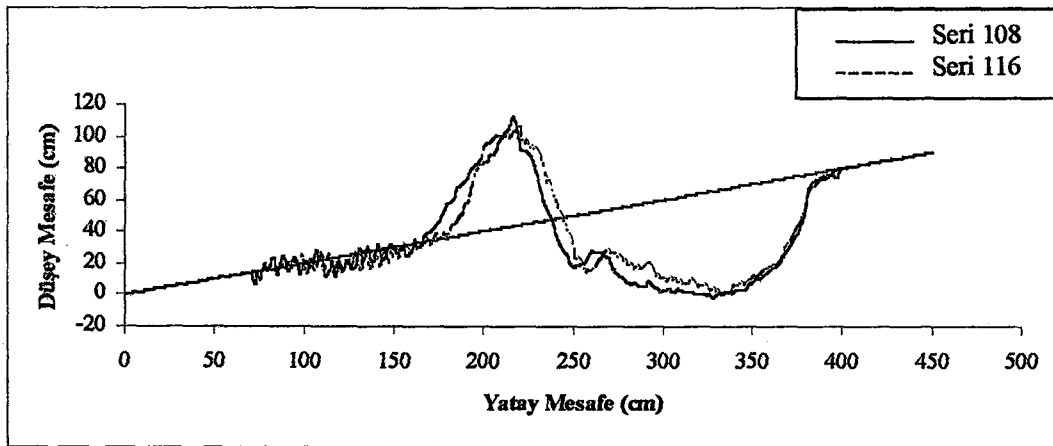
Şekil 4.59 101-112 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi



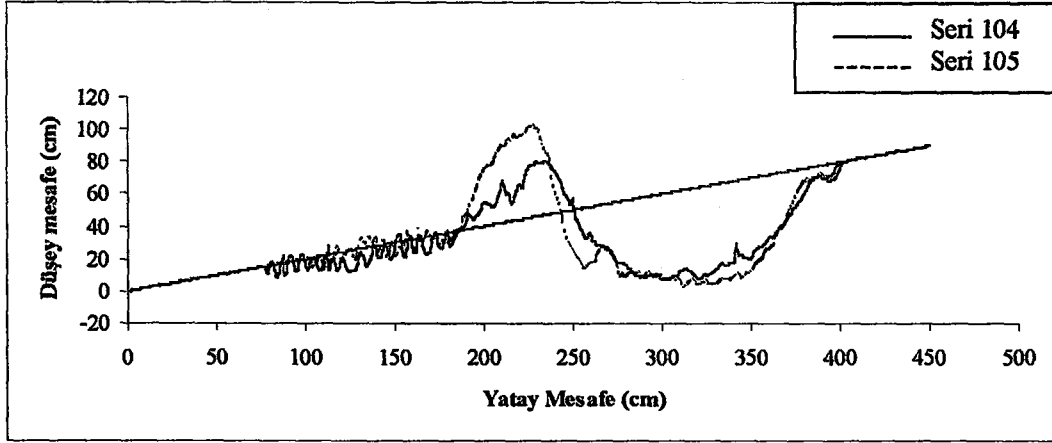
Şekil 4.60 101-102 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi



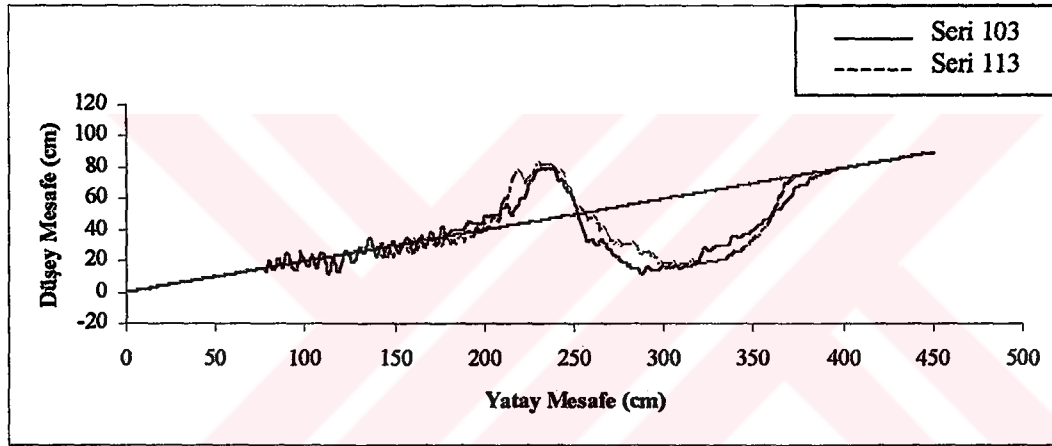
Şekil 4.61 104-114 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi



Şekil 4.62 108-116 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi



Şekil 4.63 104-105 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi



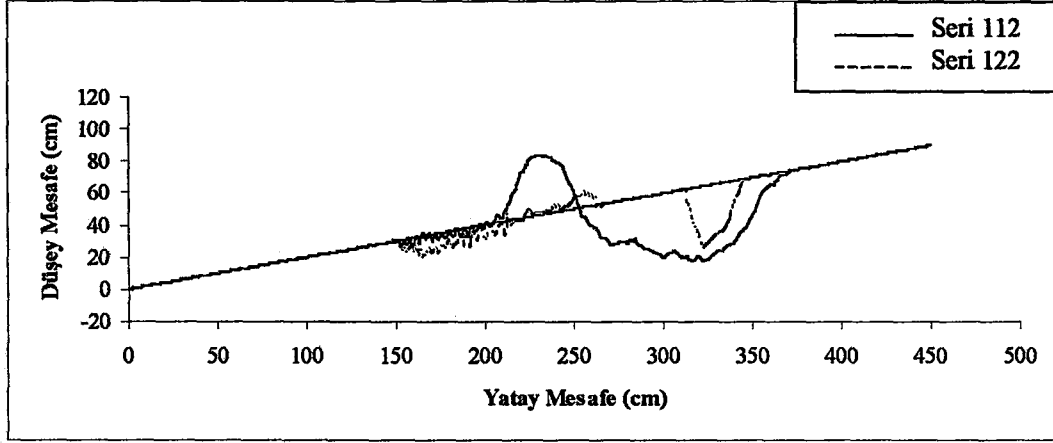
Şekil 4.64 103-113 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil Değişimi

Yukarıdaki şekiller incelendiğinde birbirine yakın dalga yükseklik değerlerinde dalga periyodundaki artışın dinamik profil değişimini arttırdığı görülür.

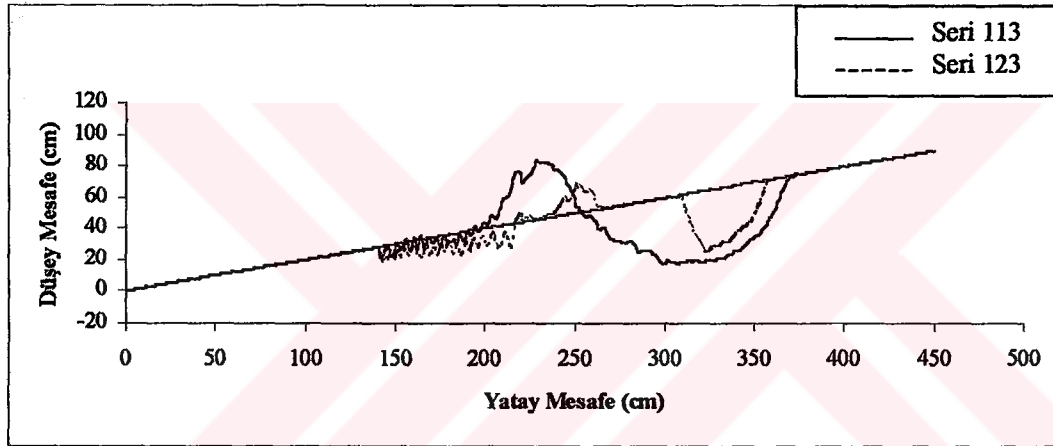
4.3.3 Kısmi Kaplama Yapısının Dinamik Profil Değişiminin İncelenmesi

4.3.3.1 Kısmi Kaplamanın Dinamik Profil Değişimine Etkisi

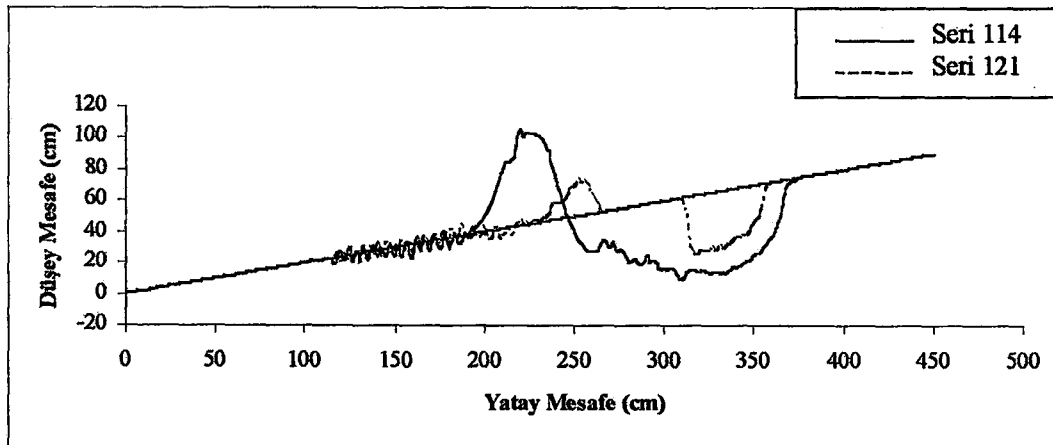
Şekil 4.65'ten Şekil 4.76'ya kadar yaklaşık olarak aynı dalga özelliklerinde kaplamalı ve kaplamasız durumlar için profil değişimleri görülmektedir.



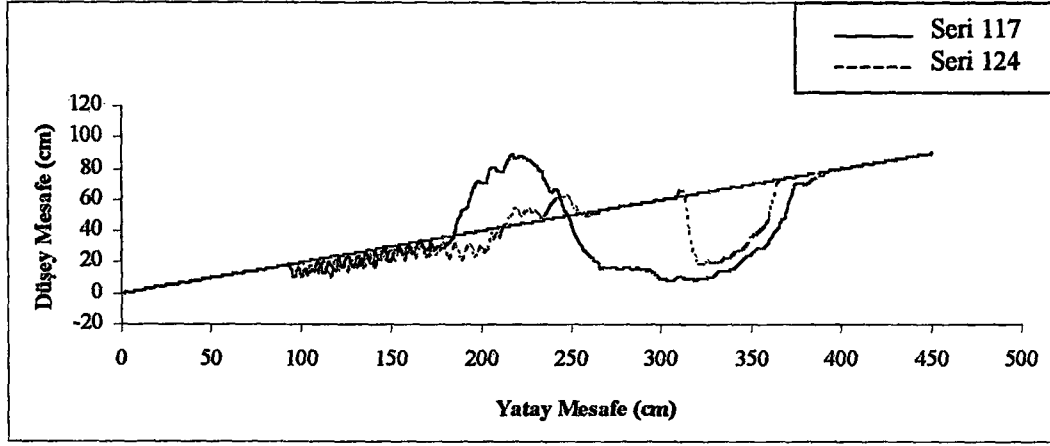
Şekil 4.65 112-122 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profiller



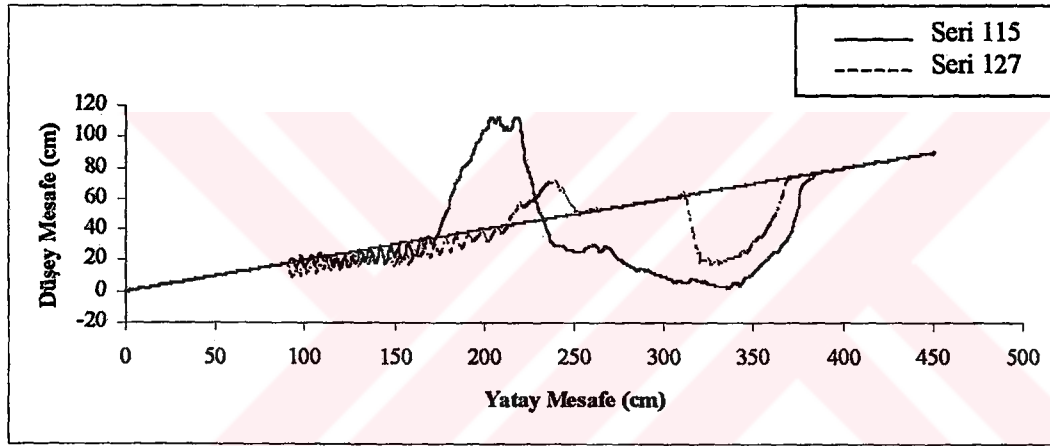
Şekil 4.66 113-123 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profiller



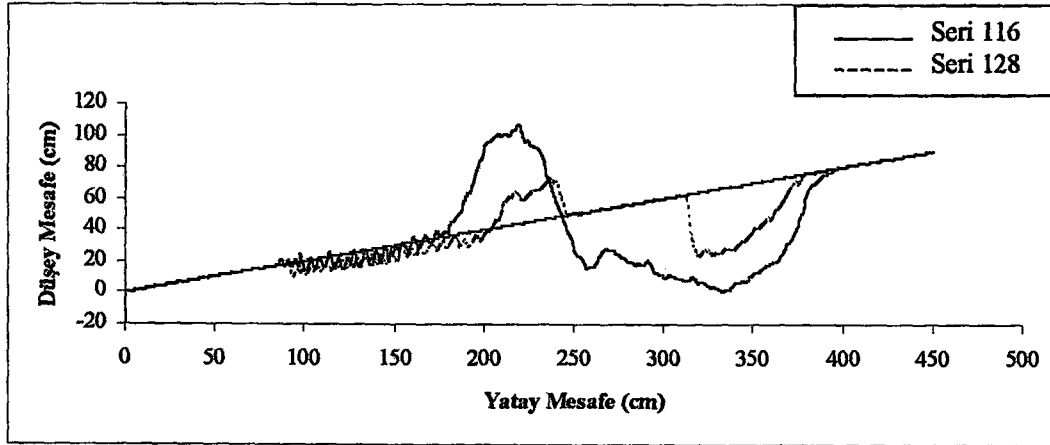
Şekil 4.67 114-121 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profiller



Şekil 4.68 117-124 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profiller

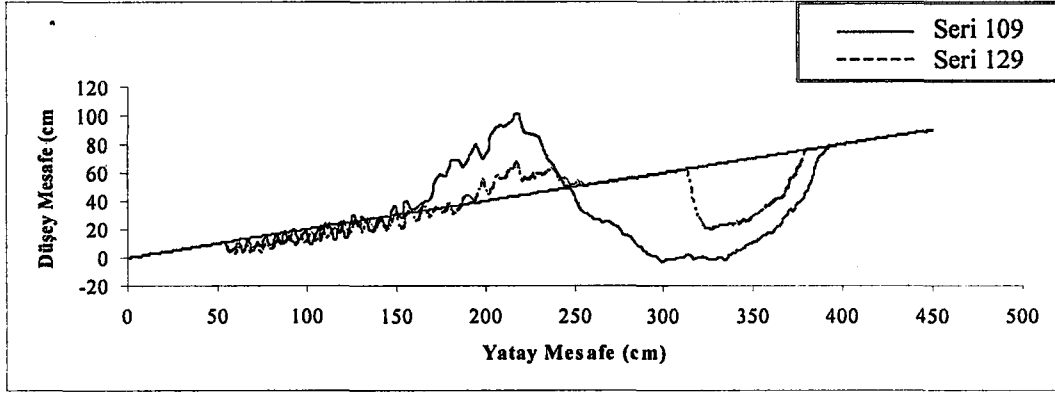


Şekil 4.69 115-127 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profiller

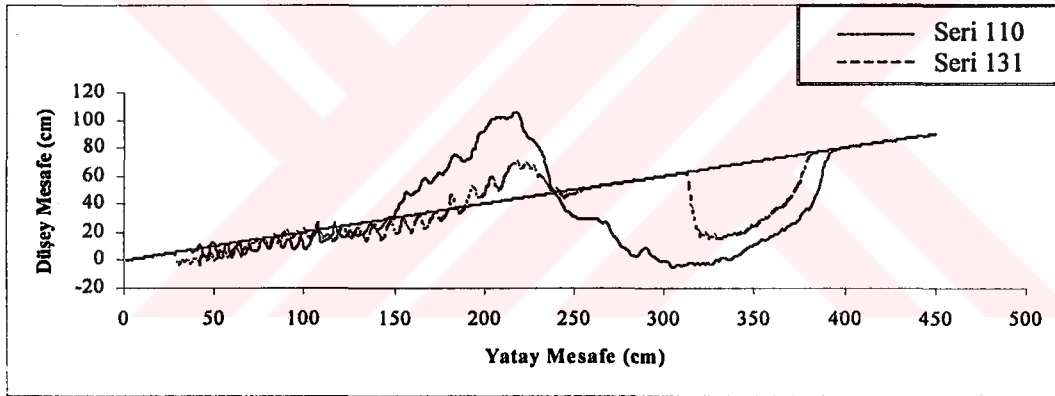


Şekil 4.70 116-128 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profiller

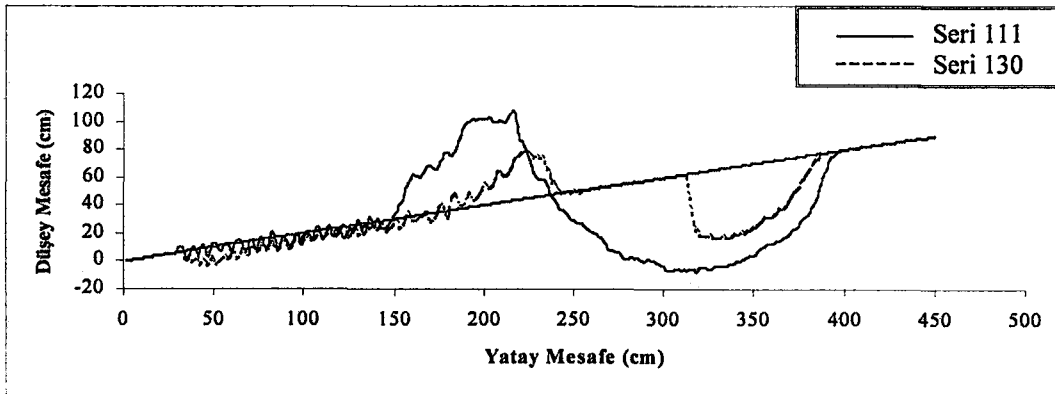
Bu grafikler karşılaştırılırken aynı şev ve plaj malzemesi kullanılarak yaklaşık eşit dalga özelliklerinde kaplamalı ve kaplamasız serilerden elde edilen sonuçlar kullanılmıştır. Daha belirgin bir görüntü elde etmek için aynı grafik üzerinde bir kaplamalı birde kaplamasız durum sonucu gösterilmiştir.



Şekil 4.71 109-129 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profiller

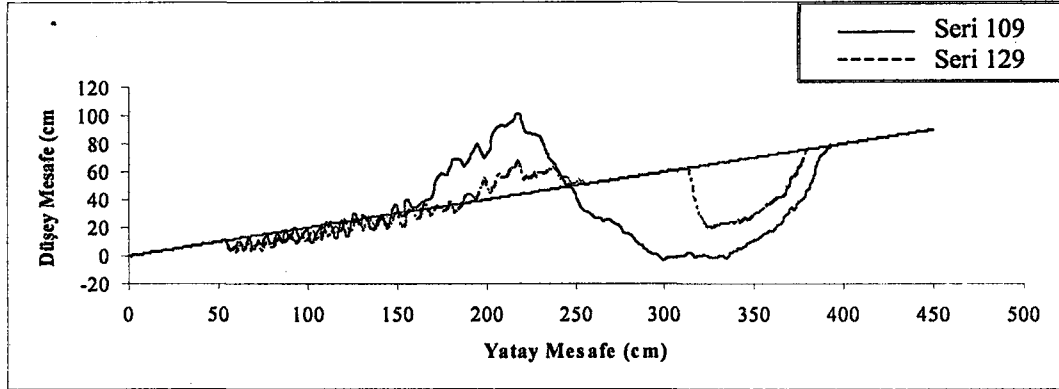


Şekil 4.72 110-131 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profiller

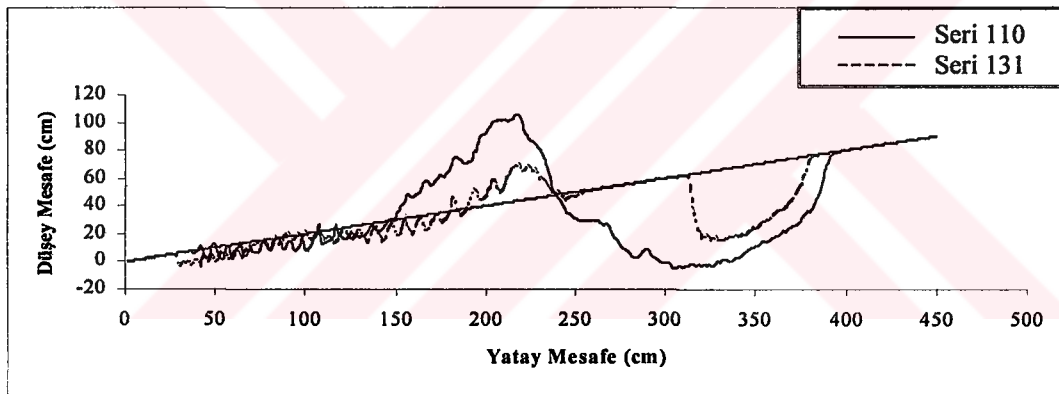


Şekil 4.73 111-130 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profiller

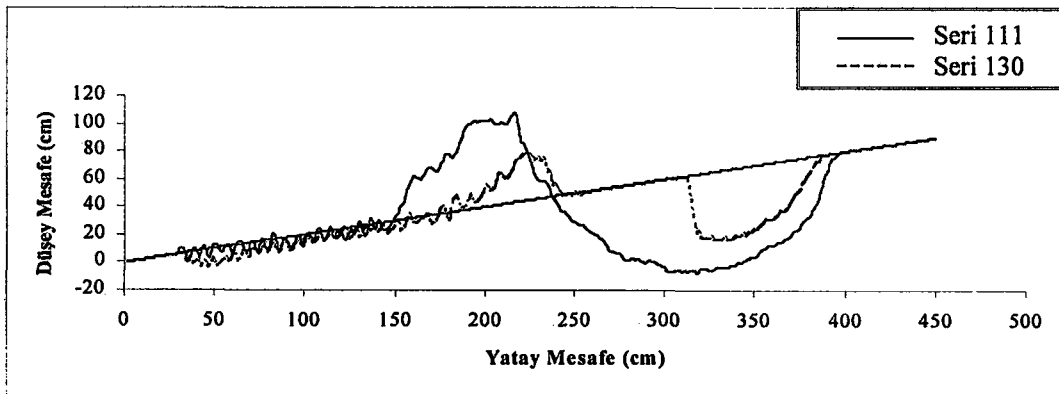
Bu grafikler karşılaştırılırken aynı şev ve plaj malzemesi kullanılarak yaklaşık eşit dalga özelliklerinde kaplamalı ve kaplamasız serilerden elde edilen sonuçlar kullanılmıştır. Daha belirgin bir görüntü elde etmek için aynı grafik üzerinde bir kaplamalı birde kaplamasız durum sonucu gösterilmiştir.



Şekil 4.71 109-129 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profiller



Şekil 4.72 110-131 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profiller

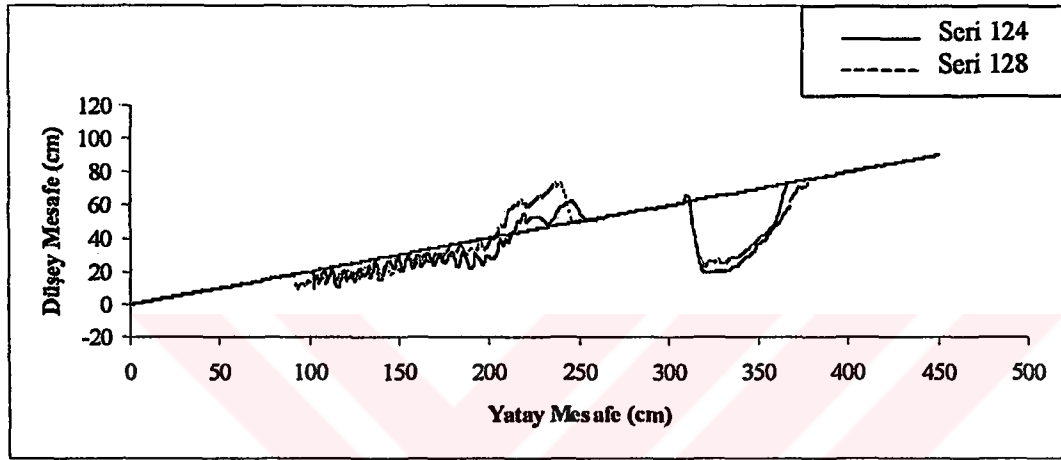


Şekil 4.73 111-130 Nolu Seriler İçin Kaplamalı ve Kaplamasız Dinamik Profiller

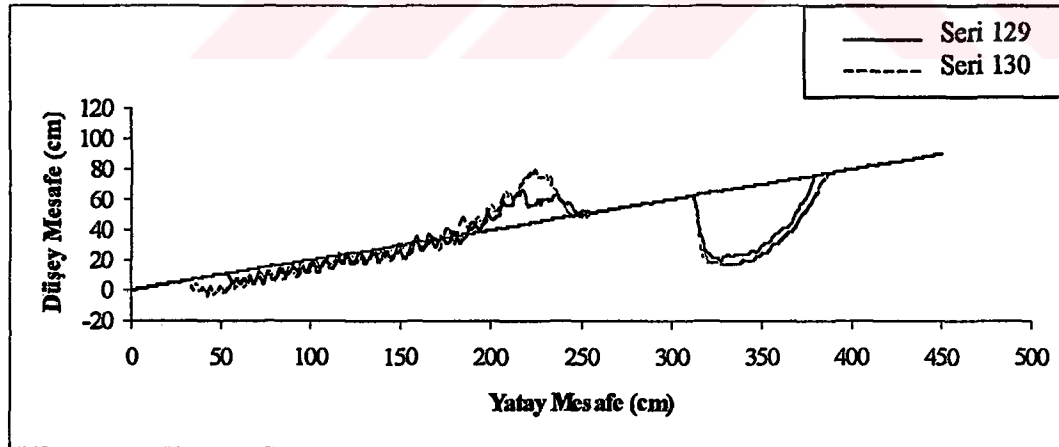
Yukarıdaki şekiller incelendiğinde kullanılan kısmi kaplama yapısı ile dinamik profil değişiminde %65-70 oranında bir azalma görülmüştür.

4.3.3.2 Dalga Yüksekliği İle Kısmi Kaplamalı Profil Değişimi İlişkisi

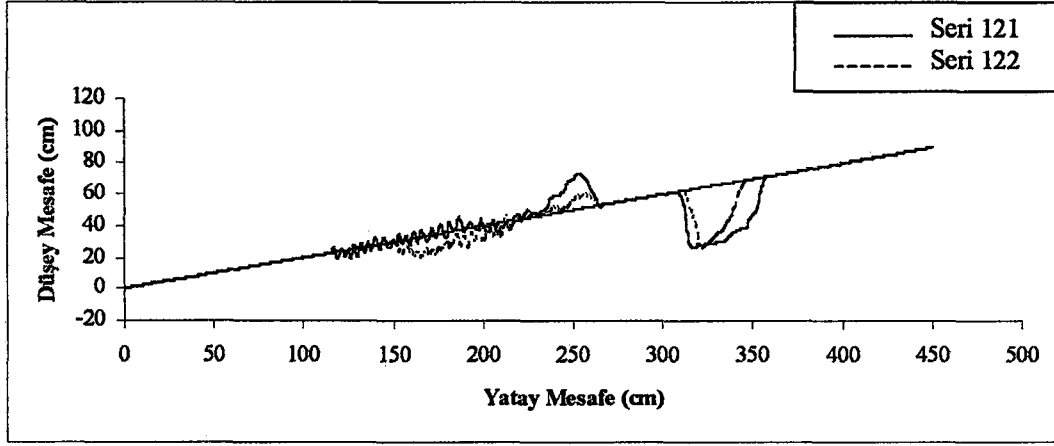
Şekil 4.77'den Şekil 4.81'e kadar 7 nolu kaplama malzemesi kullanılarak yapılmış olan, dalga periyot değerleri yaklaşık birbirine eşit, farklı dalga yükseklik değerlerinde kısmi kaplamalı profil değişimleri görülmektedir.



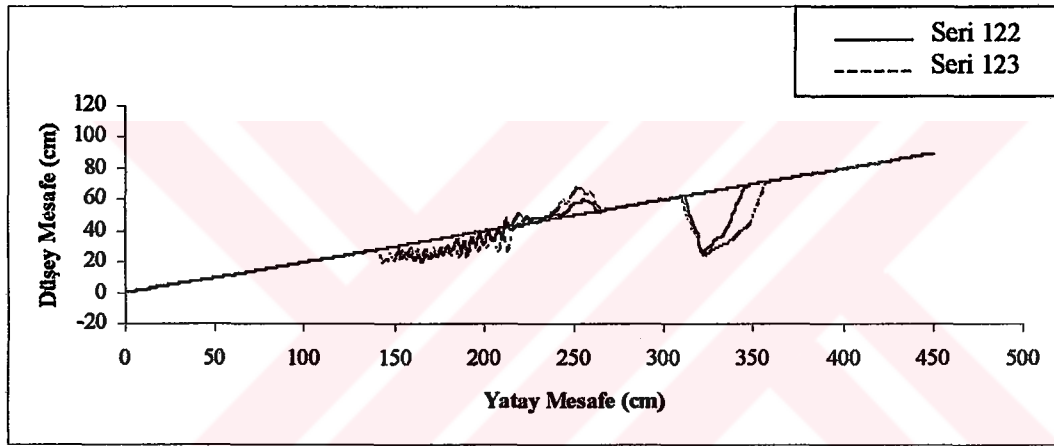
Şekil 4.77 124-128 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil İlişkisi



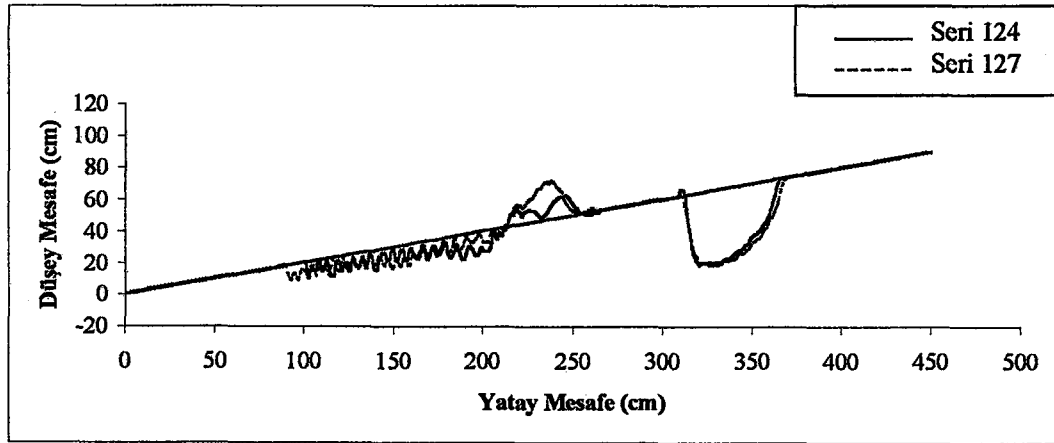
Şekil 4.78 129-130 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil İlişkisi



Şekil 4.79 121-122 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil İlişkisi



Şekil 4.80 122-123 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil İlişkisi

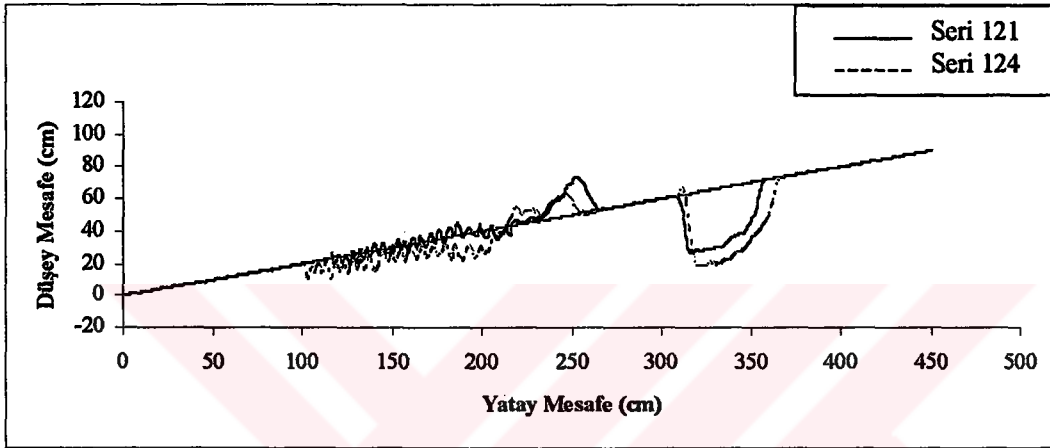


Şekil 4.81 124-127 Nolu Seriler İçin Dalga Yüksekliği İle Dinamik Profil İlişkisi

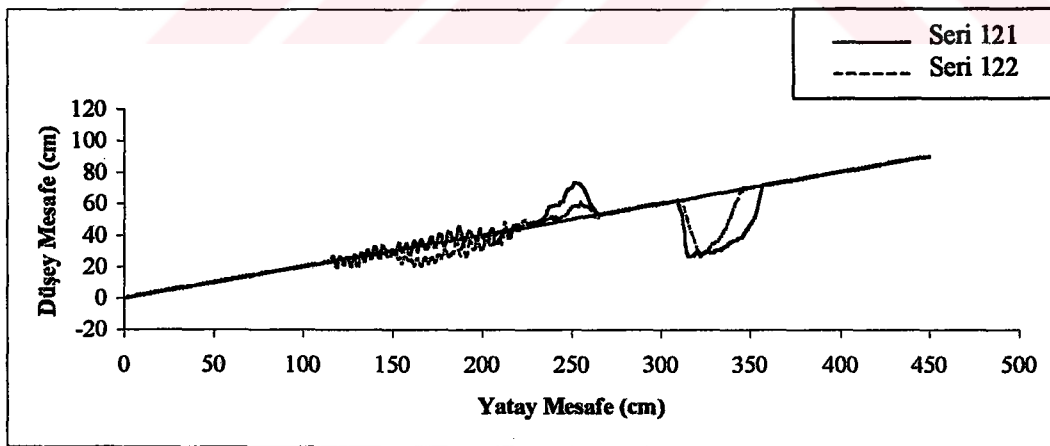
Yukarıdaki grafikler incelendiğinde yaklaşık olarak sabit kabul edilebilecek dalga periyotlarında dalga yüksekliğindeki artışın kaplamalı durumdaki dinamik profil değişimini de arttırdığı görülür.

4.3.3.3 Dalga Periyodu İle Kısmi Kaplamalı Profil Değişimi İlişkisi

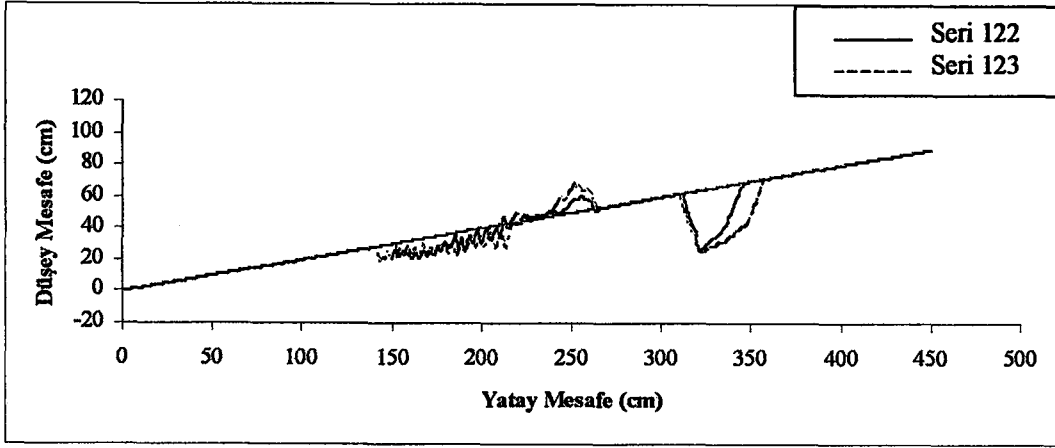
Şekil 4.82'den Şekil 4.85'e kadar 7 nolu kaplama malzemesinin kullanıldığı, dalga yükseklik değerlerinin birbirine yakın olduğu serilerde farklı dalga periyot değerleri için kısmi kaplamalı durumdaki profil değişimleri verilmiştir.



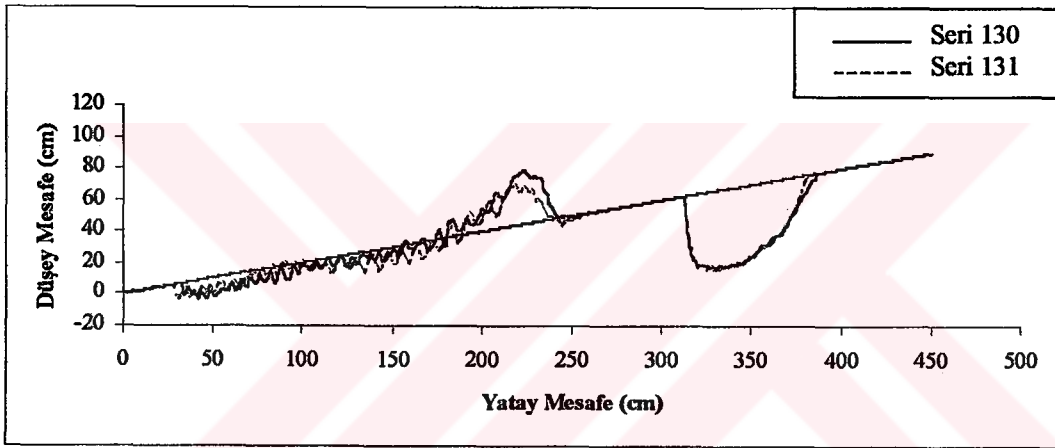
Şekil 4.82 121-124 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil İlişkisi



Şekil 4.83 121-122 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil İlişkisi



Şekil 4.84 122-123 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil İlişkisi

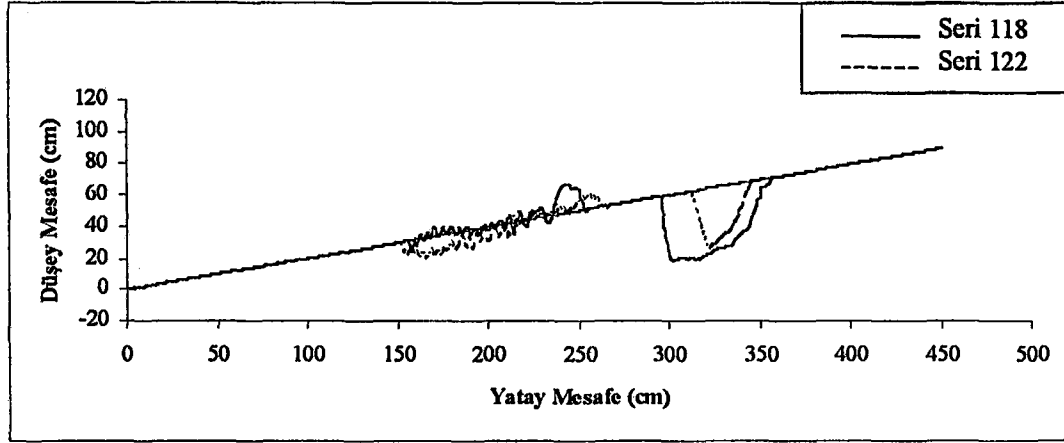


Şekil 4.85 130-131 Nolu Seriler İçin Dalga Periyodu İle Dinamik Profil İlişkisi

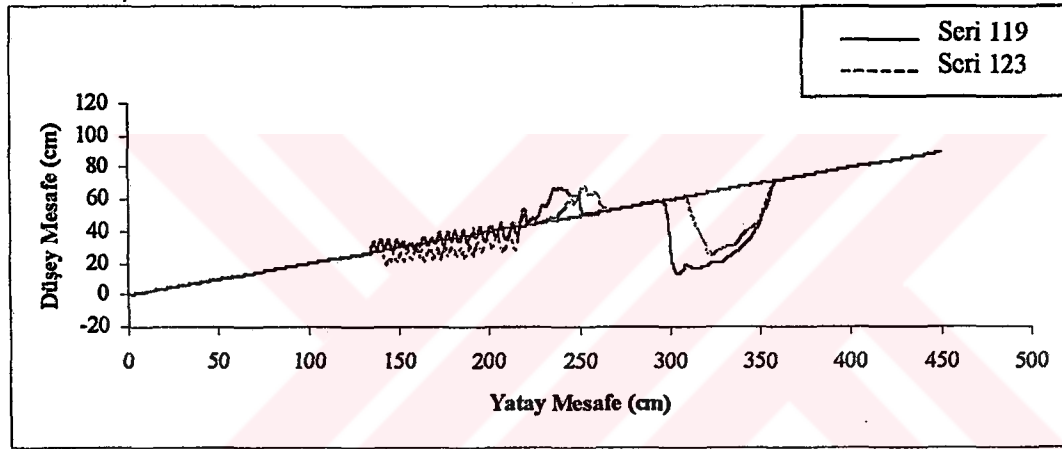
Yukarıdaki grafikler incelendiğinde yaklaşık sabit dalga yükseklik değerlerinde dalga periyodundaki artışın kaplamalı dinamik profil değişimini arttırdığı görülür.

4.3.3.4 Kaplama Cinsinin Profil Değişimine Etkisi

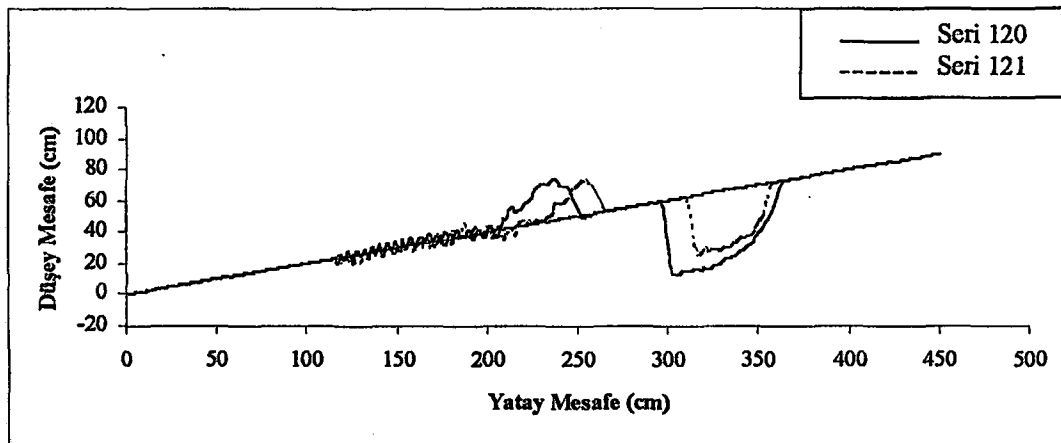
Şekil 4.86'dan Şekil 4.88'e kadar 2 ve 7 nolu kısmi kaplama malzemelerinin kullanıldığı aynı dalga özelliklerindeki profil değişimleri görülmektedir. Kaplama malzemeleri incelendiğinde birim hacim ağırlıklarının birbirine çok yakın ancak çaplarının farklı olduğu görülür.



Şekil 4.86 118-122 Nolu Seriler İçin Farklı Kaplama Durumundaki Dinamik Profiller



Şekil 4.87 119-123 Nolu Seriler İçin Farklı Kaplama Durumundaki Dinamik Profiller

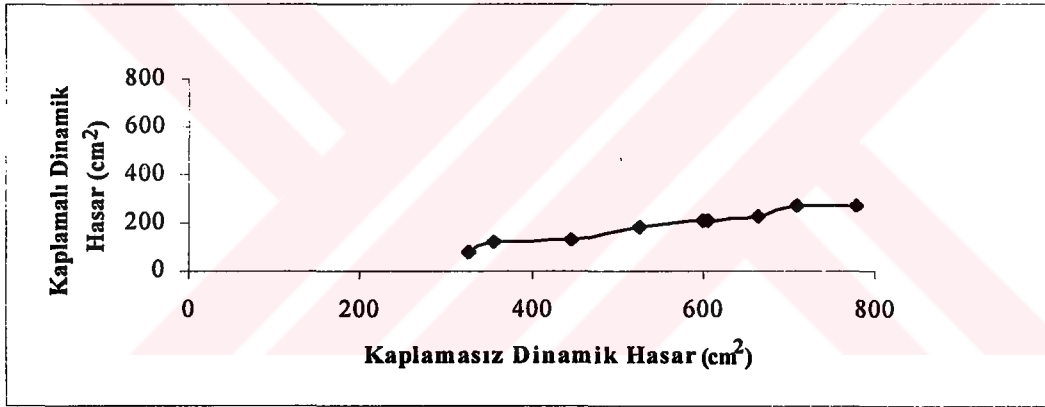


Şekil 4.88 120-121 Nolu Seriler İçin Farklı Kaplama Durumundaki Dinamik Profiller

Yukarıdaki grafikler incelendiğinde birbirine yaklaşık olarak eşit dalga özelliklerinde kaplama malzemesi çapındaki artışın dinamik erozyonu azalttığı görülür. Burada malzeme çapındaki artışın statik stabiliteyi arttırmasının dinamik profil değişimini azalttığı da dikkate alınmalıdır. Ayrıca birim hacim ağırlığı yüksek olan kaplama malzemesinin statik stabilitesinin fazla olması nedeni ile dinamik profil değişimini azalttığı da söylenebilir.

4.3.4 Kaplamasız ve Kaplamalı Durumlar İçin Dinamik Hasarın Değişimi

Şekil 4.89'da yapılmış olan deneysel çalışmalar neticesinde kaplamalı ve kaplamasız durumlar için ölçülen dinamik hasarın değişimi görülmektedir. Söz konusu şekil incelendiğinde kısmi kaplama yapısı ile korunmuş olan kıyı bölgesinde % 65-70 oranında kıyı erozyonunun azaldığı görülür. Grafiğin x-eksenine yatık çıkması bunun bir sonucudur.



Şekil 4.89 Kaplamasız ve Kaplamalı Durumlar İçin Dinamik Hasarın Değişimi

5. DÜZENSİZ DALGA DENEY SONUÇLARININ MATEMATİKSEL DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1 İlgili Parametreler ve Boyutları

Daha önceki çalışmalar ve deneysel değerlendirmeler neticesinde bu konu ile ilgili parametreler ve boyutları aşağıda verilmiştir.

H_s : Belirgin dalga yüksekliği, [L]

T_s : Belirgin dalga periyodu, [T]

D_p : Plaj malzemesi dane çapı, [L]

$\tan \alpha$: Şev eğimi, [-]

γ_{sp} : Plaj malzemesi birim hacim ağırlığı, [M/L³]

γ_w : Suyun birim hacim ağırlığı, [M/L³]

g : Yerçekimi ivmesi, [L.T⁻²]

A : Erozyon alanı, [L²]

D_k : Kaplama malzemesi dane çapı, [L]

γ_{sk} : Kaplama malzemesi birim hacim ağırlığı, [M/L³]

x_p : Kaplama boyu, [L]

t : Kaplama kalınlığı, [L]

5.2 Dinamik Stabilité Analizi

Daha önceki yapılan çalışmalar ve deneysel değerlendirmeler neticesinde dinamik stabiliteye etki eden parametreler,

$$f(H_s, T_s, D_p, \alpha, \gamma_{sp}, \gamma_w, g, A) = 0$$

olarak belirlenmiştir. Bu parametreler π teoremi kullanılarak boyutsuz büyüklükler halinde aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$m = 8;$	Konu ile ilgili değişken sayısı
$r = 3;$	Temel boyut sayısı
$n = m - r = 5;$	Boyutsuz ifade sayısı

$$\pi_1 = \frac{H_s}{D_p} \quad (5.1a)$$

$$\pi_2 = \frac{T_s \cdot \sqrt{g}}{\sqrt{D_p}} \quad (5.1b)$$

$$\pi_3 = \tan(\alpha) \quad (5.1c)$$

$$\pi_4 = \frac{\gamma_{sp}}{\gamma_w} \quad (5.1d)$$

$$\pi_5 = \frac{A}{D_p^2} \quad (5.1e)$$

Yukarıdaki boyutsuz parametrelerin bazıları kıyı benzerlik parametresi (ξ) altında birleştirilebilir.

$$\xi = \pi_1^{-1/2} \cdot \pi_3 \cdot \pi_2 \quad (5.1f)$$

Böylece şev eğimi ve dalga periyodu aynı boyutsuz parametre içinde tanımlanıp, konu ile ilgili boyutsuz ifade sayısı azaltılabilir. Buna göre konuya etki eden boyutsuz parametreler aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\frac{H_s}{D_p} ; \text{ boyutsuz dalga yükseklik parametresi,} \quad (5.2)$$

$$\frac{H_s}{G_{sp} \cdot D_p} \cdot \xi = 62.781 \cdot e^{0.0000015 \cdot s_d} \quad (5.7)$$

$$s_d = \frac{1}{1.5 \cdot 10^{-6}} \cdot \left(\ln \left(\frac{H_s \cdot \xi}{G_{sp} \cdot D_p} \right) - 4.1396 \right) \quad (5.8)$$

5.3 Statik Stabilité Analizi

Daha önceki yapılan çalışmalar ve deneyler neticesinde sadece statik stabiliteye etki eden parametreler aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$f(H_s, T_s, D_k, D_p, \tan(\alpha), \gamma_{sk}, \gamma_{sp}, \gamma_w, g, s_s) = 0$$

Bu parametreler π teoremi kullanılarak boyutsuz parametreler haline dönüştürülmüştür.

$m = 10;$	Konu ile ilgili değişken sayısı
$r = 3;$	Temel boyut sayısı
$n = m - r = 7;$	Boyutsuz ifade sayısı

$$\pi_1 = \frac{H_s}{D_p} \quad (5.9a)$$

$$\pi_2 = \frac{T_s \cdot \sqrt{g}}{\sqrt{D_p}} \quad (5.9b)$$

$$\pi_3 = \frac{D_k}{D_p} \quad (5.9c)$$

$$\pi_4 = \tan(\alpha) \quad (5.9d)$$

$$\pi_5 = \frac{\gamma_{sk}}{\gamma_w} \quad (5.9e)$$

$$\frac{H_s}{G_{sp} \cdot D_p} \cdot \xi = 62.781 \cdot e^{0.0000015 \cdot s_d} \quad (5.7)$$

$$s_d = \frac{1}{1.5 \cdot 10^{-6}} \cdot \left(\ln \left(\frac{H_s \cdot \xi}{G_{sp} \cdot D_p} \right) - 4.1396 \right) \quad (5.8)$$

5.3 Statik Stabilité Analizi

Daha önceki yapılan çalışmalar ve deneyler neticesinde sadece statik stabiliteye etki eden parametreler aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$f(H_s, T_s, D_k, D_p, \tan(\alpha), \gamma_{sk}, \gamma_{sp}, \gamma_w, g, s_s) = 0$$

Bu parametreler π teoremi kullanılarak boyutsuz parametreler haline dönüştürülmüştür.

$$m = 10;$$

$$r = 3;$$

$$n = m - r = 7;$$

Konu ile ilgili değişken sayısı

Temel boyut sayısı

Boyutsuz ifade sayısı

$$\pi_1 = \frac{H_s}{D_p} \quad (5.9a)$$

$$\pi_2 = \frac{T_s \cdot \sqrt{g}}{\sqrt{D_p}} \quad (5.9b)$$

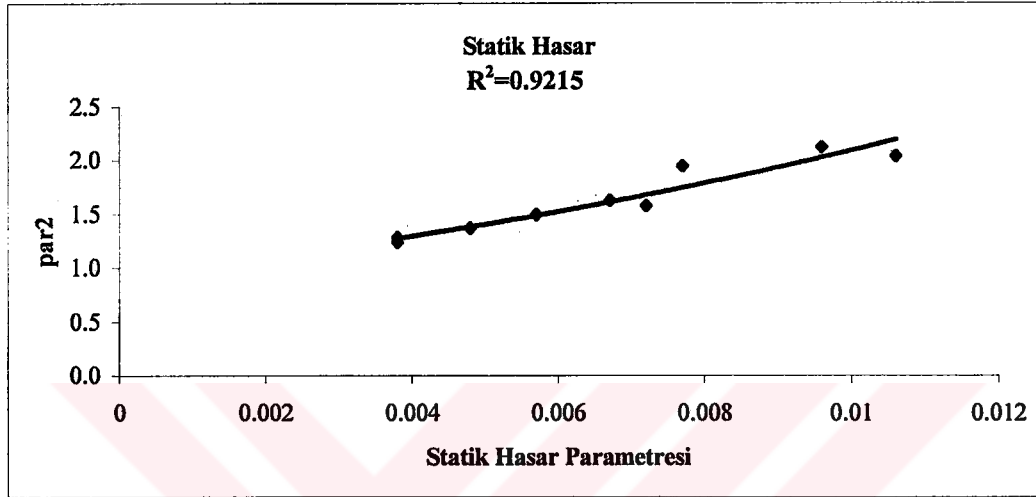
$$\pi_3 = \frac{D_k}{D_p} \quad (5.9c)$$

$$\pi_4 = \tan(\alpha) \quad (5.9d)$$

$$\pi_5 = \frac{\gamma_{sk}}{\gamma_w} \quad (5.9e)$$

Yukarıdaki boyutsuz parametrelerle statik stabilitiye etki eden parametreler dikkate alınmış olur. Bu parametreler bir denklemde statik hasara etki özelliklerine göre yazılırsa statik hasar ile ilişkileri belirlenebilir.

$$\xi \cdot \left(\frac{H_s}{D_p} \right) \cdot \left(\frac{D_k}{D_p} \right)^{-1} \cdot \frac{G_{sp}}{G_{sk}} = \text{par2} \quad (5.16)$$



Şekil 5.2 Statik Hasara Etki Eden Parametreler İle Hasar Parametresinin İlişkisi

Şekil 5.2'de statik hasarın etki eden parametreleri ile değişimi görülmektedir. Söz konusu eğrinin denklemi belirlendiğinde statik hasarın etkili parametrelerle ilişkisi belirlenebilir. Bu denklem aşağıda verilmiştir.

$$\frac{G_{sp} \cdot H_s}{G_{sk} \cdot D_k} \cdot \xi = 0.9426 \cdot e^{79.745 \cdot s_s} \quad (5.17)$$

$$s_s = 0.01254 \cdot \ln \left(\frac{G_{sp} \cdot H_s}{G_{sk} \cdot D_k} \cdot \xi \right) + 0.00074 \quad (5.18)$$

Kaplamanın statik verimini belirlemek için statik verim (s_{sv}) ile etkiyen parametreler arasındaki ilişki incelenmiştir. Statik hasara etki eden parametrelerin tamamı ters yönde statik verime de etki edecektir. Statik verim parametresi olarak;

$$s_{sv} = \frac{1}{s_s}; \text{ boyutsuz statik verim parametresi} \quad (5.19)$$

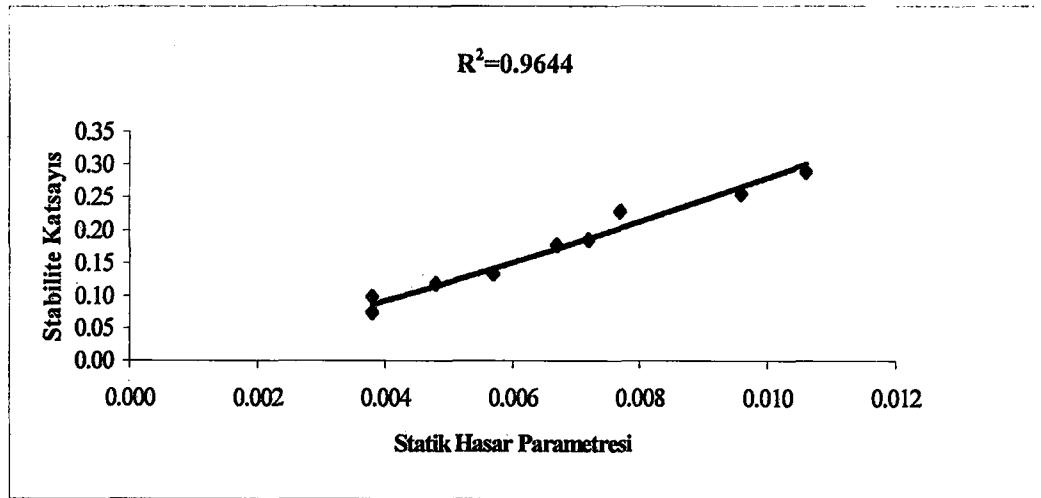
kullanılmıştır.

Söz konusu statik verimin etkili parametrelerle değişimi ise tek bağıntı üzerinde Denklem 5.20'de sunulmuştur.

$$s_{sv} = \left(0.01254 \cdot \ln \left(\frac{G_{sp} \cdot H_s}{G_{sk} \cdot D_k} \cdot \xi \right) + 0.00074 \right)^{-1} \quad (5.20)$$

Hudson (1959)'ın önerdiği statik stabilite katsayısı (K_D)'nın statik hasar ile ilişkisi Şekil 5.3, statik verimle ilişkisi Şekil 5.4'te verilmiştir. Söz konusu grafiklerin denklemleri belirlenerek, statik hasar ve statik verimin stabilite katsayısına göre değişimi aşağıda tanımlanmıştır.

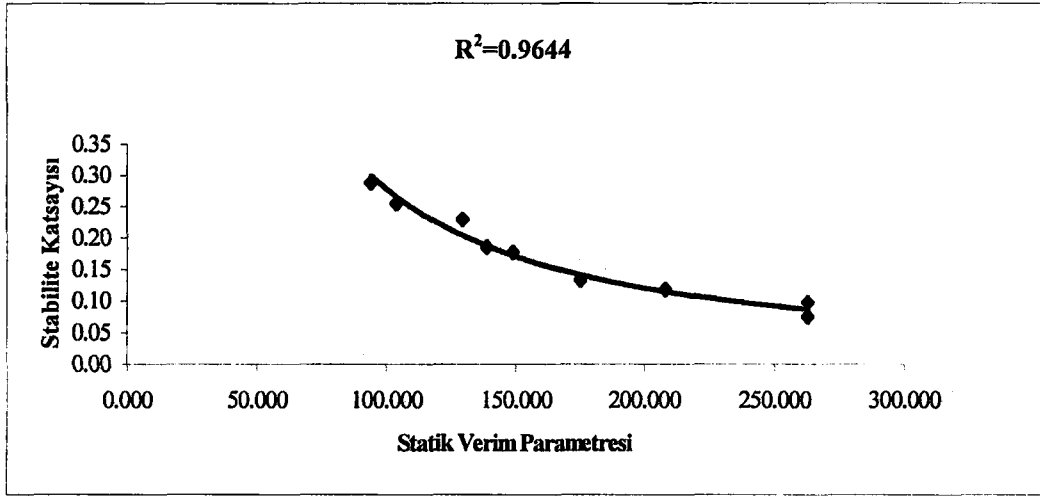
$$K_D = \frac{\gamma_s \cdot H_s^3}{W \cdot \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \right)^3 \cdot \cot \alpha} \quad (5.21)$$



Şekil 5.3 Statik Hasar Parametresi İle Stabilite Katsayısının İlişkisi

Stabilite katsayısı ile statik hasar parametresinin denklemi:

$$K_D = 75.243 \cdot s_s^{1.2155} \quad (5.22)$$



Şekil 5.4 Stabilite Katsayısı İle Statik Verim İlişkisi

Stabilite katsayısı ile statik verimin denklemi:

$$K_D = 75.243 \cdot s_{sv}^{-1.2155} \quad (5.23)$$

5.4 Kısmi Kaplama Yapısının Stabilite Analizi

Kısmi kaplama yapısının stabilitesine etkiyen parametreler aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$f(H_s, T_s, D_k, D_p, \tan(\alpha), \gamma_{sk}, \gamma_{sp}, \gamma_w, g, s_{sv}, t, x_p, A_{dv}) = 0$$

Bu parametreler π teoremi kullanılarak boyutsuz hale dönüştürülmüştür.

$m = 13;$	Konu ile ilgili değişken sayısı
$r = 3;$	Temel boyut sayısı
$n = m - r = 10;$	Boyutsuz ifade sayısı

$$\pi_1 = \frac{H_s}{D_p} \quad (5.24a)$$

$$\pi_2 = \frac{T_s \cdot \sqrt{g}}{\sqrt{D_p}} \quad (5.24b)$$

$$\pi_3 = \frac{D_k}{D_p} \quad (5.24c)$$

$$\pi_4 = \tan(\alpha) \quad (5.24d)$$

$$\pi_5 = \frac{\gamma_{sk}}{\gamma_w} \quad (5.24e)$$

$$\pi_6 = \frac{\gamma_{sp}}{\gamma_w} \quad (5.24f)$$

$$\pi_7 = s_{sv} \quad (5.24g)$$

$$\pi_8 = \frac{x_p}{D_p} \quad (5.24h)$$

$$\pi_9 = \frac{t}{D_p} \quad (5.24i)$$

$$\pi_{10} = \frac{A_{dv}}{D_p^2} \quad (5.24j)$$

Yukarıdaki boyutsuz parametrelerin bazıları kıyı benzerlik parametresi (ξ) altında birleştirilebilir.

$$\xi = \pi_1^{-1/2} \cdot \pi_4 \cdot \pi_2 \quad (5.24k)$$

Böylece şev eğimi ve dalga periyodu aynı boyutsuz parametre içinde ifade edilerek boyutsuz ifade sayısı azaltılabilir. Buna göre konuya etki eden boyutsuz parametreler aşağıda yazılmıştır.

$$\frac{H_s}{D_p} ; \text{boyutsuz dalga yükseklik parametresi,} \quad (5.25)$$

$$\frac{\gamma_{sp}}{\gamma_w} = G_{sp} ; \text{boyutsuz plaj malzemesi spesifik gravite parametresi,} \quad (5.26)$$

$$\frac{\gamma_{sk}}{\gamma_w} = G_{sk} ; \text{boyutsuz kaplama malzemesi spesifik gravite parametresi,} \quad (5.27)$$

$$\frac{\tan \alpha \cdot T_s}{\sqrt{H_s}} \cdot \sqrt{\frac{g}{2\pi}} = \xi ; \text{boyutsuz kıyı benzerlik parametresi,} \quad (5.28)$$

$$\frac{D_k}{D_p} ; \text{boyutsuz kaplama malzemesi çap parametresi,} \quad (5.29)$$

$$s_{sv} = \frac{1}{s_s} ; \text{boyutsuz statik verim parametresi,} \quad (5.30)$$

$$\frac{x_p}{D_p} ; \text{boyutsuz kaplama boyu parametresi,} \quad (5.31)$$

$$\frac{t}{D_p} ; \text{boyutsuz kaplama kalınlığı parametresi,} \quad (5.32)$$

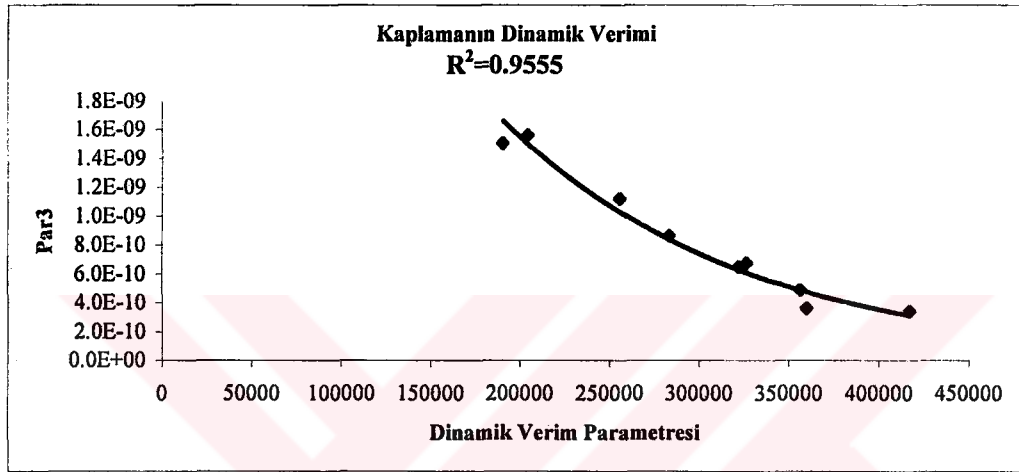
$$s_{dv} = \frac{A_{dv}}{D_p^2} ; \text{dinamik verim parametresidir.} \quad (5.33)$$

Yukarıdaki boyutsuz parametreler ile kısmi kaplamanın dinamik verimine etki eden tüm parametreler dikkate alınmış olur. Burada kısmi kaplamanın statik verimi

dinamik verime etkisi bulunan parametreler arasında olduğu için kısmi kaplamanın hem dinamik hem de statik verim ilişkisi dikkate alınabilir.

Buna göre kısmi kaplamanın stabilitesine etki eden parametreler etkilerine göre aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\frac{1}{\xi} \cdot \frac{D_p}{H_s} \cdot \frac{1}{G_{sp}} \cdot \frac{D_p}{G_{sk}} \cdot \frac{D_p}{D_k} \cdot s_{sv} \cdot \frac{x_p}{D_p} \cdot \frac{D_p}{t} = \text{par3} \quad (5.34)$$



Şekil 5.5 Kısmi Kaplamanın Stabilite Parametreleri İle Dinamik Verim İlişkisi

Şekil 5.5’de kısmi kaplamanın stabilitesine etki eden parametrelerin dinamik verim ile değişimi verilmiştir. Söz konusu grafiğin eğrisi belirlendiğinde kısmi kaplama yapısına etki eden parametrelerle dinamik verim arasındaki bağıntı kurulabilir. Bu parametrelerin içinde statik verim parametresi de bulunduğu için hem statik stabilite hem de dinamik stabilite aynı bağıntıda tanımlanmıştır. Söz konusu bağıntı aşağıda verilmiştir.

$$\left(\frac{D_p^2 \cdot s_{sv}}{H_s \cdot G_{sp} \cdot G_{sk}} \cdot \frac{x_p}{D_k \cdot t \cdot \xi} \right) = 0.0399 \cdot e^{-6.78 \cdot 10^{-6} \cdot s_{dv}} \quad (5.35)$$

$$s_{dv} = \left(-\ln \left(\frac{D_p^2 \cdot s_{sv}}{H_s \cdot G_{sk} \cdot G_{sp}} \cdot \frac{x_p}{D_k \cdot t \cdot \xi} \right) - 3.22138 \right) \cdot \frac{1}{6.78 \cdot 10^{-6}} \quad (5.36)$$

Yukarıda kaplamanın sağladığı dinamik verimin ilgili parametreler ile değişimi görülmektedir. Söz konusu parametrelerin kaplamalı durumda oluşan dinamik hasar (s_{dh}) ile değişimi ise kaplamasız durumda oluşan dinamik hasar ile kaplamalı durumun sağladığı dinamik verimin farkından belirlenebilir. Söz konusu kaplamalı durumda oluşan dinamik hasar bağıntısı denklem 5.37 ve 5.38’de verilmiştir.

$$s_{dh} = s_d - s_{dv} \quad (5.37)$$

$$s_{dh} = \frac{1}{1.5 \cdot 10^{-6}} \left(\ln \left(\frac{H_s \cdot \xi}{G_{sp} \cdot D_p} \right) - 4.1396 \right) - \left(-\ln \left(\frac{D_p^2 \cdot s_{sv}}{H_s \cdot G_{sk} \cdot G_{sp}} \cdot \frac{x_p}{D_k \cdot t \cdot \xi} \right) - 3.22138 \right) \cdot \frac{1}{6.78 \cdot 10^{-6}} \quad (5.38)$$

Denklem 5.36’da farklı dalga karakteristikleri için stabilite bağıntısı verilmiştir. İstenen dalga özellikleri için herhangi bir kısmi kaplama yapısının boyutlandırılması sırasında aşağıdaki yol takip edilebilir.

$$s_{sv} = \left(0.01254 \cdot \ln \left(\frac{G_{sp} \cdot H_s}{G_{sk} \cdot D_k} \cdot \xi \right) + 0.00074 \right)^{-1} \quad (5.39)$$

$$K_D = 75.243 \cdot s_{sv}^{-1.2155} \quad (5.40)$$

$$W = \frac{\gamma_s \cdot H_s^3}{K_D \cdot \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \right)^3 \cdot \cot \alpha} \quad (5.41)$$

Denklem 5.41 ile istenen dalga özellikleri için kullanılması önerilen kaplama ağırlığı belirlenebilir. Kaplamanın dinamik profil değişimi için sağlayacağı verim ise denklem 5.36’da tanımlanmıştır. Bu denklem içindeki boyutsuz statik verim katsayısı dalga karakteristiklerinin fonksiyonu olarak Denklem 5.39’dan hesaplanabilir.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada düşük maliyetli, çevreyle uyumlu ve estetik kıyı koruma yapılarından olan kısmi kaplama yapısı ile kıyı çizgisinin korunması amaçlanmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında konu üzerinde yapılmış çalışmalar araştırılmıştır. Daha sonra kurulan deney düzeneği ile düzenli ve düzensiz dalga etkisi altında kaplamasız ve kısmi kaplamalı durumdaki davranış incelenmiştir. Deneysel çalışmalar sırasında dane çapı 0.35 mm ve birim hacim ağırlığı 2.63 gr/cm^3 olan doğal plaj kumu çalışmanın yürütüldüğü laboratuvar kanalına yerleştirilmiştir. Bu malzemeden yapılan şevin dalga etkisi altındaki davranışı analiz edilmiştir. Aynı plaj malzemesi üzerine farklı özellikteki kaplama malzemesi serilerek oluşturulan kısmi kaplama yapısının dalga etkisi altındaki dinamik ve statik stabiliteyi incelenmiştir. Çalışmalar neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

Sabit dalga periyodunda dalga yüksekliğindeki artış kaplamasız durumdaki dinamik profil değişimini arttırmıştır.

Sabit dalga yüksekliğinde dalga periyodundaki artışta kaplamasız durumdaki dinamik profil değişimi artmıştır.

Kısmi kaplama yapısının statik stabilitesi incelendiğinde sabit kaplama özelliği ve dalga periyodunda dalga yüksekliğindeki artışın kaplamanın statik hasarını arttırdığı görülmüştür.

Sabit kaplama özelliği ve dalga yüksekliğinde dalga periyodundaki artış kısmi kaplama yapısının statik stabilitesini azaltmıştır.

Sabit dalga özellikleri ve kaplama birim hacim ağırlığında kaplama malzemesi çapındaki artış statik hasarı azaltmıştır.

Kısmi kaplama yapısında aynı dalga özelliklerinde ve aynı dane çapında yapılan deneyler sonunda dane birim hacim ağırlığındaki artışın statik stabiliteyi arttırdığı görülmüştür.

Kısmi kaplama yapısının uygulanması durumunda sabit kaplama özelliği ve sabit dalga periyodunda dalga yüksekliğindeki artışın oluşan profil değişimini arttırdığı görülmüştür.

Sabit kaplama özelliği ve dalga yüksekliğinde dalga periyodundaki artışın kısmi kaplamalı durumdaki profil değişimini arttırdığı görülmüştür.

Sabit dalga özelliklerinde kullanılan kaplama malzemesinin statik hasarındaki artış dinamik profil değişimini arttırmıştır.

Kısmi kaplama malzemesinin sabit dalga özellik ve dane çapında birim hacim ağırlığındaki artışın statik stabiliteyi arttırması nedeniyle dinamik profil değişimini azalttığı görülmüştür.

Düzensiz dalga etkisi altında yapılan deneylerden elde edilen veriler kullanılarak bu konuya etkiyen boyutsuz parametreler ile boyutsuz dinamik erozyon alanı arasında aşağıdaki bağıntı kurulmuştur.

$$s_d = \frac{1}{1.5 \cdot 10^{-6}} \cdot \left(\ln \left(\frac{H_s \cdot \xi}{G_{sp} \cdot D_p} \right) - 4.1396 \right)$$

Düzensiz dalga etkisi altında kısmi kaplama yapısının statik stabilitesi incelendiğinde konu ile ilgili boyutsuz parametrelerin boyutsuz statik verimle (1/ statik) değişimi aşağıdaki bağıntı ile ifade edilmiştir.

$$s_{sv} = \left(0.01254 \cdot \ln \left(\frac{G_{sp} \cdot H_s}{G_{sk} \cdot D_k} \cdot \xi \right) + 0.00074 \right)^{-1}$$

Söz konusu boyutsuz statik verim parametresinin Hudson (1959)'ın K_D stabilite katsayısı ile ilişkisi aşağıdaki formüllerle ifade edilmiştir.

$$K_D = 75.243 \cdot s_{sv}^{-1.2155}$$

$$K_D = 75.243 \cdot \left(\left(0.01254 \cdot \ln \left(\frac{G_{sp} \cdot H_s}{G_{sk} \cdot D_k} \cdot \xi \right) + 0.00074 \right)^{-1} \right)^{-1.2155}$$

Üzerinde çalışılan kısmi kaplama yapısının kıyı çizgisinin korunmasında sağladığı verim için ilgili boyutsuz parametreler ile boyutsuz erozyonu engellenmiş bölgenin alanı arasında aşağıdaki bağıntı kurulmuştur.

$$s_{dv} = \left(-\ln \left(\frac{D_p^2 \cdot s_{sv}}{H_s \cdot G_{sk} \cdot G_{sp}} \cdot \frac{x_p}{D_k \cdot t \cdot \xi} \right) - 3.22138 \right) \cdot \frac{1}{6.78 \cdot 10^{-6}}$$

Kullanılan kaplama malzemesi ağırlığı için de aşağıdaki bağıntı önerilebilir. Bu ifade de K_D stabilite katsayısı olarak kısmi kaplama yapısı için deneylerle belirlenmiş stabilite katsayısı kullanılmıştır.

$$W = \frac{\gamma_s \cdot H_s^3}{K_D \cdot \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \right)^3 \cdot \cot \alpha}$$

Yukarıda çeşitli bağıntılarla ifade edilmiş olan kısmi kaplama yapısında kaplama uzunluğu olarak dalganın birinci ve ikinci kırılma noktaları arasındaki uzunluk maksimum dalga yüksekliği dikkate alınarak belirlenmiştir. Kaplama kalınlığı için ise genel olarak kullanılan kaplama malzemesinin tek sıra yerleştirilmesiyle elde edilen kalınlık alınmıştır.

Bu çalışmada üzerinde durulan kısmi kaplama yapısı kullanılarak iyi bir projelendirme ile % 65-70 oranında kıyı erozyonunun engellenebileceği görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Ahrens, J.P. and Mc Cortney, B.L., 1976. Wave Period Effect on the Stability of Riprap, *Civil Engineering in the Oceans*, p. 1019-1034.
- Battjes, J.A., 1974. Surf Similarity. *Proceeding 14th Conference Coastal Engineering*, ASCE, 1, 466-480.
- Battjes, J.A., 1974. Surf Similarity. *Proceeding 14th Conference Coastal Engineering*, ASCE, 1, 507-529.
- Bruun, P.M. and Günbak, A.R., 1976. Hydraulic and Friction Parameters Affecting the Stability of Rubble Mounds, *Permanent International Association of Navigation Congress*, Bulletin No:24, 33-38.
- Bruun, P.M. and Günbak, A.R., 1977. Stability of Sloping Structures in Relation to $\xi = \tan \alpha / \sqrt{H / L_0}$ Risk Criteria in Design, *Coastal Engineering*, 1, 287-322.
- Bruun, P.M., 1985. Design and Construction of Mound for Breakwaters and Coastal Protection Developments in Geotechnical Engineering, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- CERC, 1996. Shore Protection Manuel, 4 th Ed., Coastal Engineering Resource Center , US Army Corps, Washington, USA.
- Galvin, C.J., 1968. Breaker Type Classification on Three Laboratory Beaches, *Journal of Geophysics Research*, 73, 3651-3659.
- Grasmeijer, B.T. and Van Rijn, L.C., 1999. Transport of Fine Sand by Waves. III: Breaking Waves over Barred Profile with Ripples. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, 125, 71-79.
- Günbak, A.R. and Bruun, P.M., 1979. Wave Mechanics Principles on the Design of Rubble Mound Breakwaters, Port and Ocean Engineering Under Artic Conditions, *Norwegian Institute of Technology*, p. 1301-1318.

- Hader, P.A.**, 1986. Armor Layer Stability of Rubble Mound Breakwaters, *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, **112**, No:3.
- Hudson, R.Y.**, 1958. Design of Quarry-Stone Layers for Rubble Mound Breakwaters, Waterway Experiment Station Report, Vicksburg, USA.
- Hudson, R.Y.**, 1959. Laboratory Investigation of Rubble Mound Breakwaters, *Journal of Waterways and Harbor Division*, ASCE, **85**, 93-121.
- Hudson, R.Y.**, 1979. Coastal Hydraulics Models, US Army Corps of Engineering, Coastal Engineering Research Center, *Special Report*, No:5.
- Kabdaşlı, M.S.**, 1989. Kıyıların Doğal Dengesini Bozmayan Düşük Maliyetli Kıyı Koruma Yapıları, İ.T.Ü. Araştırma Projesi, İstanbul.
- Kabdaşlı, M.S.**, 1992. Kıyı Mühendisliği, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Kabdaşlı, M.S., Ünal, E.**, 1996. Düzensiz Dalga Kanalının Performansı, *İnşaat Mühendisliğinde Bilgisayar Kullanımı V.Sempozyumu*, Haziran, 11-14.
- Kabdaşlı, M.S., Yüksel, Y. ve Mutlu, T.**, 1995. Dinamik Kıyı Profili Üzerinde Dalga Kırılması Olayında Enerji Kaybının Araştırılması, İ.T.Ü. Araştırma Fonu, Proje No: 428, İstanbul.
- Kobayashi, N., Tega, Y. and Hancock, M.W.**, 1996. Wave Reflection and Overwash of Dunes, *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, **122**, 150-153.
- Losada, M.A., Desire, J.M. and Alejo, L.M.**, 1986. Stability of Blocks as Breakwaters Armor Units, *Journal of Structural Engineering Division*, ASCE, **112**, 2392-2401.
- Meer, J.W. and Pilarezyk, K.W.**, 1987. Dynamic Stability of Rock Slopes and Gravel Beaches, Reports of Delft Hydraulics, Publication No: 379.
- Mutlu, T.**, 1998. Sempatik Kıyı Koruma Yapısı Olarak Kazıklı Dalgakıranların Düzenli ve Düzensiz Dalgalar Altındaki Performanslarının ve Üzerine Gelen Yüklerinin İncelenmesi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özhan, E.**, 1982. Laboratory Study of Breaker Type Effect on Longshore Sand Transport, *Proceeding of Euromech 156*, Mechanics of Sediment Transport, İstanbul.

- Popov, I.J.**, 1960. Experimental Research in Formation by Waves of Stable Profiles of Upstream Faces of Earth Dams and Reservoir Shores, *Proceeding 7.th ICCE*, The Hague, The Netherlands.
- Raichlen, F.**, 1974. The Effect of Wave on Rubble Mound Structures, *Annual Review of Fluid Mechanics*, 7, 327-355.
- Ünal, E.**, 1996. Düzenli ve Düzensiz Dalgaların Etkisi ile Şev Üzerindeki İri Danelerin Harekete Başlaması, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Van der Meer, J.W.**, 1988. Rock Slopes and Gravel Beaches Under Wave Attack, *PhD Thesis*, Delft University of Technology.
- Van der Meer, J.W. and Heydra, G.**, 1991. Rocking Armor Units: Number, Location and Impact Velocity, *Coastal Engineering*, Elsevier Science Publishers, 15, 21-39.
- Van Hijum, E. and Pilarczyk, K.W.**, 1982. Equilibrium Profile and Longshore Transport of Coarse Material Under Regular and Irregular Wave Attack, Delft Hydraulics, Publication No: 274, The Netherlands.
- Vidal, C., Losada, M.A. and Mansard, E.P.D.**, 1995. Stability of Low Crested Rubble Mound Breakwater Heads, *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering Division*, ASCE, 121, 114-122.
- Vidal, C., Losada, M.A. and Mansard, E.P.D.**, 1995. Suitable Wave Height Parameter for Characterizing Breakwater Stability, *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering Division*, ASCE, 121, 88-97.
- Vidal, C., Losada, M.A. and Medina, R.**, 1991. Stability of Mound Breakwaters Head and Trunk, *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering Division*, ASCE, 117, 570-587.
- Yağcı, O.**, 2000. Şevli Dalga Kıranlarda Koruyucu Kaplama Tabakasında Kullanılan Antifer Blokların Stabilesinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yüksel, Y., Çevik, E. ve Çelikoğlu, Y.**, 1998. Kıyı ve Liman Mühendisliği, Türkiye Mühendisler Mimarlar Odası Birliği, Ankara Şubesi.

EKLER



EK-A

Düzenli ve Düzensiz Dalga Serileri İle Yapılan Deneylerde Elde Edilen Dalga ve Stabilit e Özellikleri



Tablo A.1 Düzenli ve Düzensiz Dalga Serilerinde Kullanılan Malzeme Özellikleri

Cinsi	No	Çap D ₅₀ (mm)	Birim Hacim Ağırlık γ_s (gr/cm ³)
Doğal Plaj Malzemesi	1	0.35	2.63
Doğal Taş	2	26.62	2.71
Doğal Çakıl	3	8.50	2.47
Dökme Beton Küp	4	18.61	1.81
Doğal Taş	5	21.00	2.74
Doğal Kırmataş	6	13.80	2.19
Doğal Taş	7	67.95	2.77
Farklı Malzemelerle Yapılmış Kaplama Türleri	a	2 nolu malzeme ile yapılan kaplamanın kıyı tarafının üst bölgesine yan yana 2 sıra 2 nolu malzeme ilave edilerek yükseltilmiştir.	
	b	2 nolu malzeme ile yapılan kaplamanın kıyı tarafına 10 cm 2 nolu malzeme ilave edilerek kaplama boyu uzatılmıştır.	
	c	2 nolu malzeme ile yapılan kaplamanın kıyı tarafına 10 cm 3 nolu malzeme ilave edilerek kaplama boyu uzatılmıştır.	
	d	4 nolu malzeme ile yapılan kaplamanın altına 2 cm yüksekliğinde 3 nolu malzeme serilmiştir.	
	e	5 nolu malzeme ile yapılan kaplamanın üzerine 1 cm yüksekliğinde 1 nolu malzeme serilmiştir.	
	f	5 nolu malzeme ile yapılan kaplamanın altına 3 nolu malzeme serilmiştir.	

Tablo A.2 Düzenli Dalga Serileri İçin Kaplamasız Deney ve Dalga Özellikleri

Cot $\alpha=5$					
Plaj Malzeme No: 1					
	Seri 1	Seri 2	Seri 3	Seri 4	Seri 5
$H_{\min}$ (cm)	3.137	5.555	1.548	0.241	2.588
H_{rms} (cm)	7.009	7.096	3.769	3.937	7.719
H_s (cm)	8.937	7.820	4.807	5.179	9.385
$H_{\max}$ (cm)	13.363	8.774	7.584	7.511	12.161
$T_{\min}$ (s)	0.849	0.898	0.480	0.177	0.480
T_0 (s)	1.147	1.001	1.272	0.537	0.734
T_s (s)	1.362	1.026	1.400	0.593	0.810
$T_{\max}$ (s)	1.481	1.562	2.049	0.951	0.915
Erozyon Alanı (cm ²)	191.75	190.75	52.25	172.5	179.72

Tablo A.2 (Devam) Düzenli Dalga Serileri İçin Kaplamasız Deney ve Dalga Özellikleri

Cot $\alpha=5$					
Plaj Malzeme No: 1					
	Seri 6	Seri 7	Seri 8	Seri 9	Seri 10
$H_{\min}$ (cm)	5.090	0.064	0.270	4.096	0.895
H_{rms} (cm)	7.092	5.213	4.650	9.141	4.416
H_s (cm)	7.780	5.586	6.202	11.080	5.743
$H_{\max}$ (cm)	10.677	6.526	8.316	14.578	7.494
$T_{\min}$ (s)	0.747	0.084	0.138	0.655	0.279
T_0 (s)	0.911	1.098	0.618	0.797	0.557
T_s (s)	0.931	1.124	0.716	0.856	0.616
$T_{\max}$ (s)	0.976	1.235	1.053	0.963	0.830
Erozyon Alanı (cm ²)	186.00	72.25	143.00	259.75	94.25

Tablo A.3 Düzenli Dalga Serileri İçin Kaplamalı Deney ve Dalga Özellikleri

Cot $\alpha=5$					
Plaj Malzeme No: 1					
	Seri 11	Seri 12	Seri 13	Seri 14	Seri 15
Kaplama Malzeme No	2	2	2	2	2
Kaplama Malzemesi Sayısı	935	935	935	935	935
Ağırlık (gr)	25830	25830	25830	25830	25830
$H_{\min}$ (cm)	3.025	0.233	0.233	0.207	0.133
H_{rms} (cm)	7.948	5.858	2.932	7.231	2.280
H_s (cm)	9.729	8.132	4.140	8.148	3.016
$H_{\max}$ (cm)	11.337	11.648	6.629	10.914	5.527
$T_{\min}$ (s)	0.776	0.180	0.175	0.119	0.155
T_0 (s)	0.918	0.665	0.577	0.989	0.661
T_s (s)	0.956	0.757	0.717	1.080	0.946
$T_{\max}$ (s)	0.986	1.264	1.392	1.580	2.744
Kıyırdama	20	12	4	16	4
Dönme	20	12	4	16	4
Yuvarlanma	22	17	6	21	3
Statik Hasar (%)	3.95	2.78	0.96	3.52	0.64
Erozyon Alanı (cm ²)	105.00	79.50	36.75	94.00	28.00

Tablo A.3 (Devam) Düzenli Dalga Serileri İçin Kaplamalı Deney ve Dalga Özellikleri

Cot $\alpha=5$					
Plaj Malzeme No: 1					
	Seri 16	Seri 17	Seri 18	Seri 19	Seri 20
Kaplama Malzeme No	2	2	2	a	b
Kaplama Malzemesi Sayısı	935	935	935	998	1065
Ağırlık (gr)	25830	25830	25830	27570	29430
H_{min} (cm)	0.400	4.407	0.526	0.170	4.989
H_{rms} (cm)	3.946	8.078	6.985	7.641	8.862
H_s (cm)	5.552	9.680	8.787	10.148	10.108
H_{max} (cm)	7.915	12.311	12.502	12.088	13.727
T_{min} (s)	0.212	0.679	0.282	0.201	0.595
T_0 (s)	0.619	0.864	0.648	0.855	0.817
T_s (s)	0.731	0.937	0.734	0.933	0.860
T_{max} (s)	0.986	1.039	0.831	2.885	0.900
Kıpırdama	8	16	16	24	24
Dönme	10	20	16	24	28
Yuvarlanma	10	21	19	25	27
Statik Hasar (%)	1.81	3.74	3.31	4.30	4.40
Erozyon Alanı (cm ²)	76.75	100.50	84.00	71.50	32.50

Tablo A.3 (Devam) Düzenli Dalga Serileri İçin Kaplamalı Deney ve Dalga Özellikleri

Cot $\alpha=5$					
Plaj Malzeme No: 1					
	Seri 21	Seri 22	Seri 23	Seri 24	Seri 25
Kaplama Malzeme No	c	4	4	4	4
Kaplama Malzemesi Sayısı	935 ^{2 no}	1119	1119	1119	1119
Ağırlık (gr)	25830 ^{2 no} 4970 ^{3 no}	9695	9695	9695	9695
H _{min} (cm)	4.595	3.669	0.269	1.477	0.076
H _{rms} (cm)	9.024	7.646	2.109	5.262	6.139
H _s (cm)	10.377	9.091	2.947	6.542	7.518
H _{max} (cm)	15.322	12.487	4.529	10.086	9.972
T _{min} (s)	0.570	0.533	0.233	0.343	0.155
T ₀ (s)	0.802	0.841	0.661	0.643	0.756
T _s (s)	0.863	0.908	0.864	0.771	0.838
T _{max} (s)	0.959	1.012	2.796	3.759	0.971
Kıyırdama	16	54	20	37	47
Dönme	22	50	10	23	34
Yuvarlanma	20	53	18	40	50
Statik Hasar (%)	3.74	8.17	2.50	5.43	7.03
Erozyon Alanı (cm ²)	17.50	200.50	108.25	99.50	201.25

Tablo A.3 (Devam) Düzenli Dalga Serileri İçin Kaplamalı Deney ve Dalga Özellikleri

Cot $\alpha=5$						
Plaj Malzeme No: 1						
	Seri 26	Seri 27	Seri 28	Seri 29	Seri 30	Seri 31
Kaplama Malzeme No	4	d	5	e	f	6
Kaplama Malzemesi Sayısı	1119	550 ^{4 no}	1983	992 ^{5 no}	992 ^{5 no}	
Ağırlık (gr)	9695	7360 ^{3 no} 4850 ^{4 no}	27650	14350 ^{4 no}	7360 ^{3 no} 14350 ^{5 no}	23710
H _{min} (cm)	2.811	2.663	1.212	0.275	0.526	0.512
H _{rms} (cm)	3.654	6.225	7.752	7.512	7.970	8.009
H _s (cm)	3.950	7.647	9.699	9.586	9.981	9.675
H _{max} (cm)	5.187	10.243	13.223	13.297	12.749	13.311
T _{min} (s)	0.999	0.448	0.401	0.243	0.297	0.306
T ₀ (s)	1.132	0.882	0.833	0.826	0.821	0.802
T _s (s)	1.154	0.982	0.922	0.929	0.898	0.881
T _{max} (s)	1.254	1.179	1.492	1.376	1.310	1.033
Kıpırdama	32	Çok fazla	20	12	10	Çok fazla
Dönme	23	Çok fazla	20	10	6	Çok fazla
Yuvarlanma	30	Çok fazla	40	10	6	Çok fazla
Statik Hasar (%)	4.42	≈25.00	3.02	1.81	1.15	≈15.00
Erozyon Alanı (cm ²)	84.75	253.00	105.00	162.00	59.50	181.00

Tablo A.4 Düzenli Dalga Serileri İçin Zamana Bağlı Kaplamasız Deney ve Dalga Özellikleri

Cot $\alpha=5$					
Plaj Malzeme No: 1					
	Seri 32	Seri 33	Seri 34	Seri 35	Seri 36
Ölçüm Aralığı (dak)	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25
H_{min} (cm)	0.142	4.069	2.552	1.418	2.497
H_{rms} (cm)	8.748	9.056	8.846	8.477	8.453
H_s (cm)	10.683	10.657	10.627	10.404	10.307
H_{max} (cm)	15.516	13.648	13.621	13.046	13.582
T_{min} (s)	0.144	0.516	0.436	0.316	0.391
T_0 (s)	0.771	0.778	0.785	0.760	0.753
T_s (s)	0.848	0.847	0.859	0.844	0.843
T_{max} (s)	0.941	0.949	1.041	0.936	1.035
Erozyon Alanı (cm ²)	165.00	203.00	245.00	256.00	261.00

Tablo A.4 (Devam) Düzenli Dalga Serileri İçin Zamana Bağlı Kaplamasız Deney ve Dalga Özellikleri

Cot $\alpha=5$					
Plaj Malzeme No: 1					
	Seri 38	Seri 39	Seri 40	Seri 41	Seri 42
Ölçüm Aralığı (dak)	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25
$H_{\min}$ (cm)	0.482	1.829	1.649	3.533	3.664
H_{rms} (cm)	4.911	4.261	4.743	4.602	4.780
H_s (cm)	5.659	4.821	5.219	4.988	5.173
$H_{\max}$ (cm)	7.377	5.504	5.658	5.433	5.866
$T_{\min}$ (s)	0.329	0.412	0.355	1.083	1.040
T_0 (s)	1.105	1.178	1.156	1.181	1.148
T_s (s)	1.152	1.218	1.119	1.211	1.180
$T_{\max}$ (s)	1.266	1.310	1.353	1.288	1.287
Erozyon Alanı (cm ²)	91.00	95.00	109.00	112.00	118.00

Tablo A.5 Düzensiz Dalga Serileri İçin Kaplamasız Deney ve Dalga Özellikleri

Cot $\alpha=5$						
Plaj Malzeme No: 1						
	Seri 101	Seri 102	Seri 103	Seri 104	Seri 105	Seri 106
$H_{\min}$ (cm)	0.086	0.117	0.503	0.367	0.076	0.339
H_{rms} (cm)	6.005	6.496	7.025	7.281	7.769	7.976
H_s (cm)	8.300	8.465	9.645	10.004	10.724	11.159
$H_{\max}$ (cm)	13.284	13.777	15.787	16.222	16.251	18.137
$T_{\min}$ (s)	0.079	0.160	0.290	0.258	0.136	0.207
T_0 (s)	0.970	1.280	1.247	1.089	0.982	1.223
T_s (s)	1.282	2.092	1.741	1.468	1.240	1.670
$T_{\max}$ (s)	2.850	5.223	2.498	2.162	2.643	2.611
Erozyon Alanı (cm ²)	347.75	360.50	395.25	531.25	600.50	641.50

Tablo A.5 (Devam) Düzensiz Dalga Serileri İçin Kaplamasız Deney ve Dalga Özellikleri

Cot $\alpha=5$						
Plaj Malzeme No: 1						
	Seri 107	Seri 108	Seri 109	Seri 110	Seri 111	Seri 112
$H_{\min}$ (cm)	0.124	0.239	0.166	0.692	0.333	0.197
H_{rms} (cm)	8.067	8.553	9.041	9.721	9.650	6.134
H_s (cm)	11.392	11.873	12.578	13.284	13.610	8.530
$H_{\max}$ (cm)	19.273	17.798	19.622	19.362	19.519	14.814
$T_{\min}$ (s)	0.185	0.211	0.179	0.317	0.309	0.241
T_0 (s)	1.142	1.093	1.166	1.200	1.253	0.906
T_s (s)	1.509	1.397	1.569	1.571	1.665	1.145
$T_{\max}$ (s)	2.461	2.316	2.304	2.233	2.970	2.428
Erozyon Alanı (cm ²)	507.00	677.00	663.25	710.00	779.75	326.25

Tablo A.5 (Devam) Düzensiz Dalga Serileri İçin Kaplamasız Deney ve Dalga Özellikleri

Cot $\alpha=5$					
Plaj Malzeme No: 1					
	Seri 113	Seri 114	Seri 115	Seri 116	Seri 117
$H_{\min}$ (cm)	0.551	0.224	0.139	0.092	0.070
H_{rms} (cm)	6.854	7.430	8.386	8.288	7.680
H_s (cm)	9.371	10.268	11.507	11.524	10.733
$H_{\max}$ (cm)	14.147	19.076	20.040	16.399	16.753
$T_{\min}$ (s)	0.240	0.195	0.099	0.074	0.101
T_0 (s)	0.891	0.965	0.999	1.034	1.021
T_s (s)	1.099	1.225	1.263	1.311	1.345
$T_{\max}$ (s)	2.265	2.777	2.211	1.914	2.273
Erozyon Alanı (cm ²)	357.00	447.00	601.75	606.75	527.25

Tablo A.6 Düzensiz Dalga Serileri İçin Kaplamalı Deney ve Dalga Özellikleri

Cot $\alpha=5$				
Plaj Malzeme No: 1				
	Seri 118	Seri 119	Seri 120	Seri 121
Kaplama Malzeme No	2	2	2	7
Kaplama Malzemesi Sayısı	1154	1154	1154	260
Ağırlık (gr)	31875	31875	31875	50392
H_{min} (cm)	0.207	0.215	0.599	0.340
H_{rms} (cm)	6.182	7.003	7.439	7.187
H_s (cm)	8.599	9.703	10.467	10.088
H_{max} (cm)	14.621	15.879	17.758	15.997
T_{min} (s)	0.280	0.157	0.353	0.258
T_0 (s)	0.917	0.936	0.963	0.982
T_s (s)	1.144	1.190	1.207	1.234
T_{max} (s)	2.358	2.500	1.768	1.913
Kıyırdama	27	35	42	3
Dönme	-	-	-	1
Yuvarlanma	12	16	18	-
Statik Hasar (%)	1.62	2.14	2.45	0.48
Erozyon Alanı (cm ²)	192.00	219.75	255.50	134.00

Tablo A.6 (Devam) Düzensiz Dalga Serileri İçin Kaplamalı Deney ve Dalga Özellikleri

Cot $\alpha=5$				
Plaj Malzeme No: 1				
	Seri 122	Seri 123	Seri 124	Seri 127
Kaplama Malzeme No	7	7	7	7
Kaplama Malzemesi Sayısı	260	260	260	260
Ağırlık (gr)	50392	50392	50392	50392
$H_{\min}$ (cm)	0.203	0.119	0.951	0.260
H_{rms} (cm)	6.289	6.790	7.455	8.350
H_s (cm)	8.632	9.449	10.487	11.550
$H_{\max}$ (cm)	14.137	14.407	16.162	18.785
$T_{\min}$ (s)	0.186	0.179	0.375	0.152
T_0 (s)	0.945	0.942	1.041	1.060
T_s (s)	1.207	1.196	1.320	1.369
$T_{\max}$ (s)	2.247	2.685	2.220	2.503
Kıyırdama	4	4	4	5
Dönme	-	-	1	1
Yuvarlanma	-	-	-	-
Statik Hasar (%)	0.38	0.38	0.57	0.67
Erozyon Alanı (cm^2)	75.75	123.75	181.25	201.50

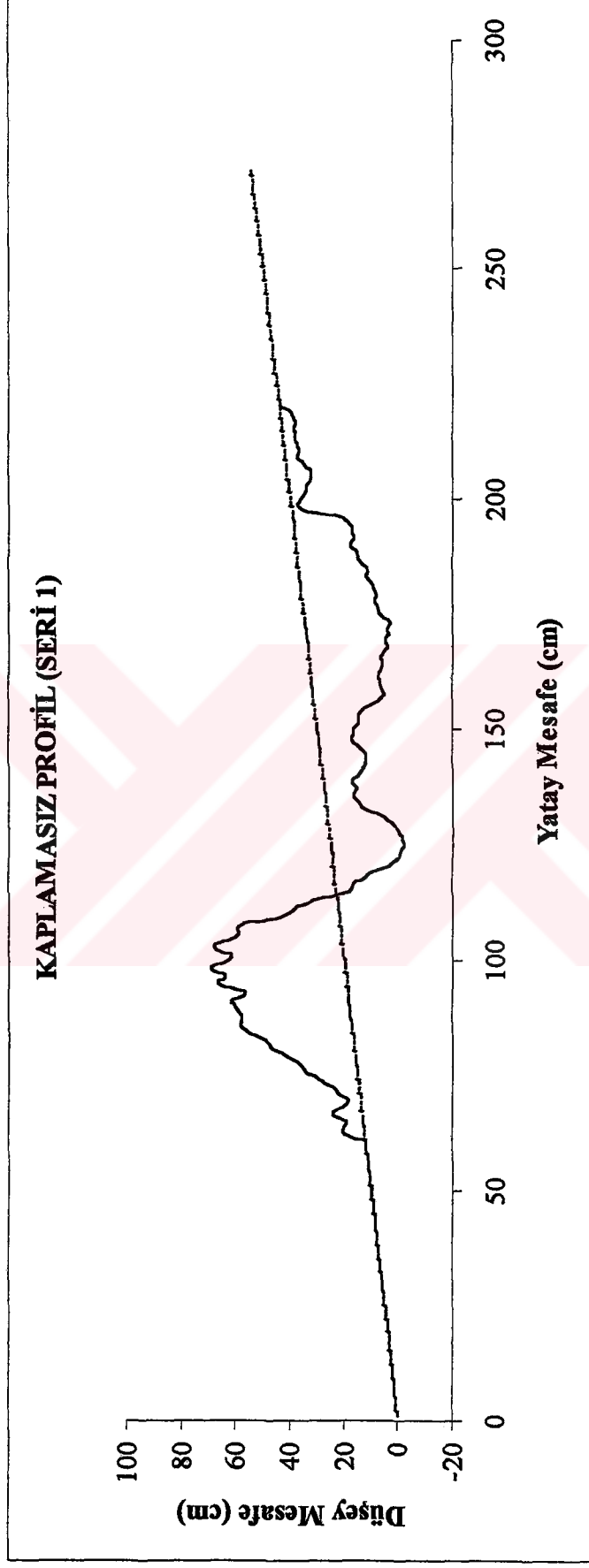
Tablo A.6 (Devam) Düzensiz Dalga Serileri İçin Kaplamalı Deney ve Dalga Özellikleri

Cot $\alpha=5$				
Plaj Malzeme No: 1				
	Seri 128	Seri 129	Seri 130	Seri 131
Kaplama Malzeme No	7	7	7	7
Kaplama Malzemesi Sayısı	260	260	260	260
Ağırlık (gr)	50392	50392	50392	50392
H_{min} (cm)	0.928	0.285	0.390	0.428
H_{rms} (cm)	8.402	8.840	9.594	9.386
H_s (cm)	11.716	12.572	13.579	13.040
H_{max} (cm)	18.826	19.470	19.173	20.129
T_{min} (s)	0.370	0.177	0.322	0.306
T_0 (s)	1.040	1.179	1.200	1.233
T_s (s)	1.314	1.572	1.583	1.680
T_{max} (s)	2.850	2.757	2.757	3.166
Kıyırdama	3	6	7	6
Dönme	2	1	2	2
Yuvarlanma	-	-	-	-
Statik Hasar (%)	0.72	0.77	1.06	0.96
Erozyon Alanı (cm ²)	212.00	226.00	262.50	269.00

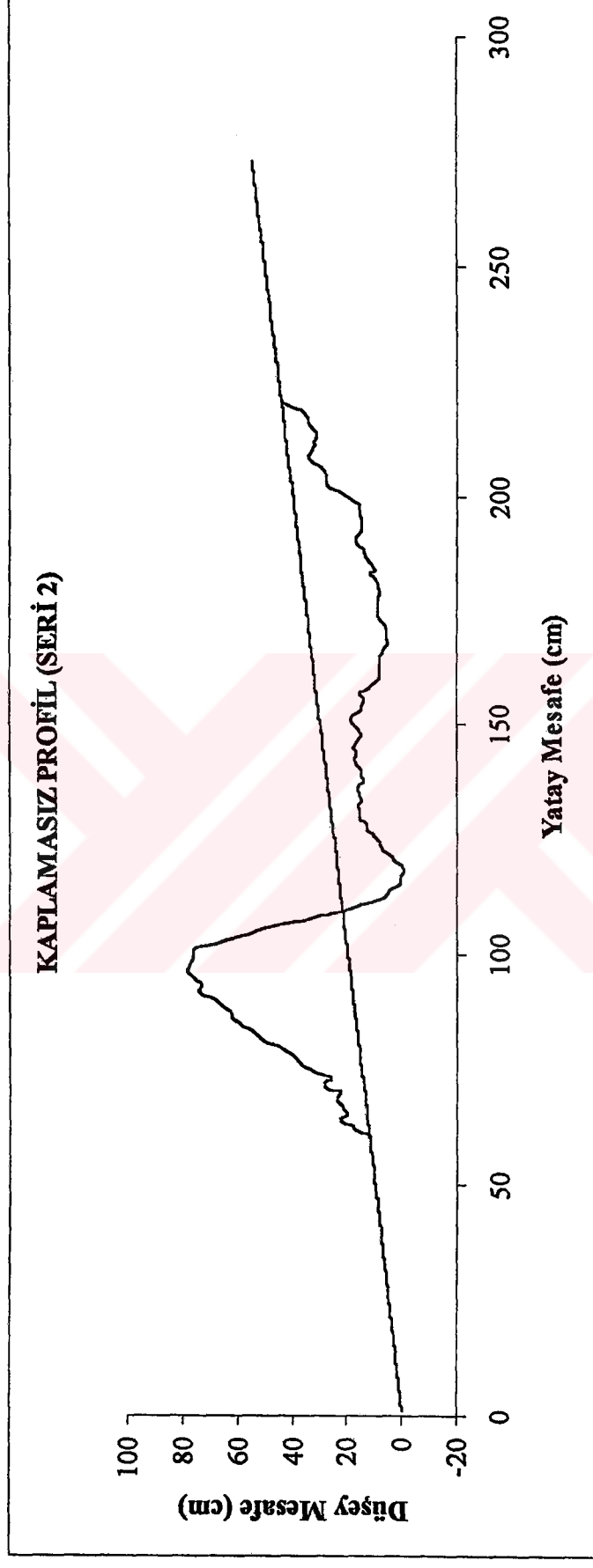
EK-B

Düzenli ve Düzensiz Dalga Serileri İle Yapılan Deneylerde Elde Edilen Dinamik Profiller

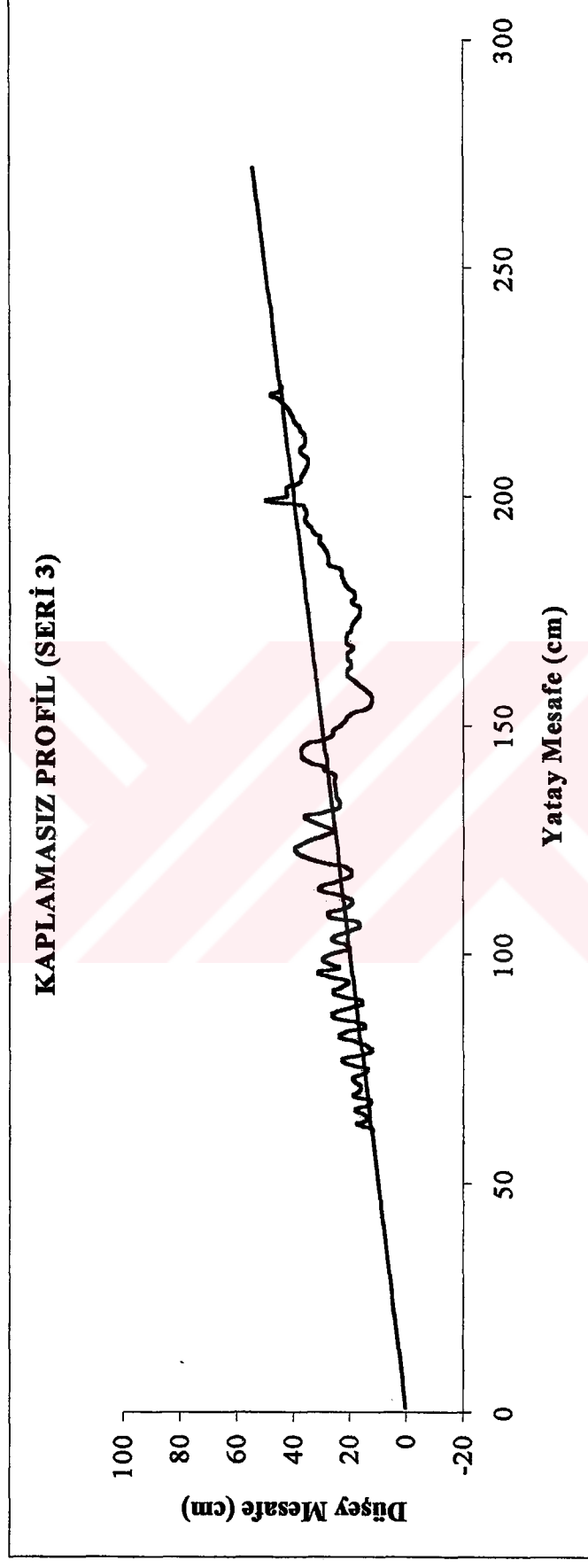




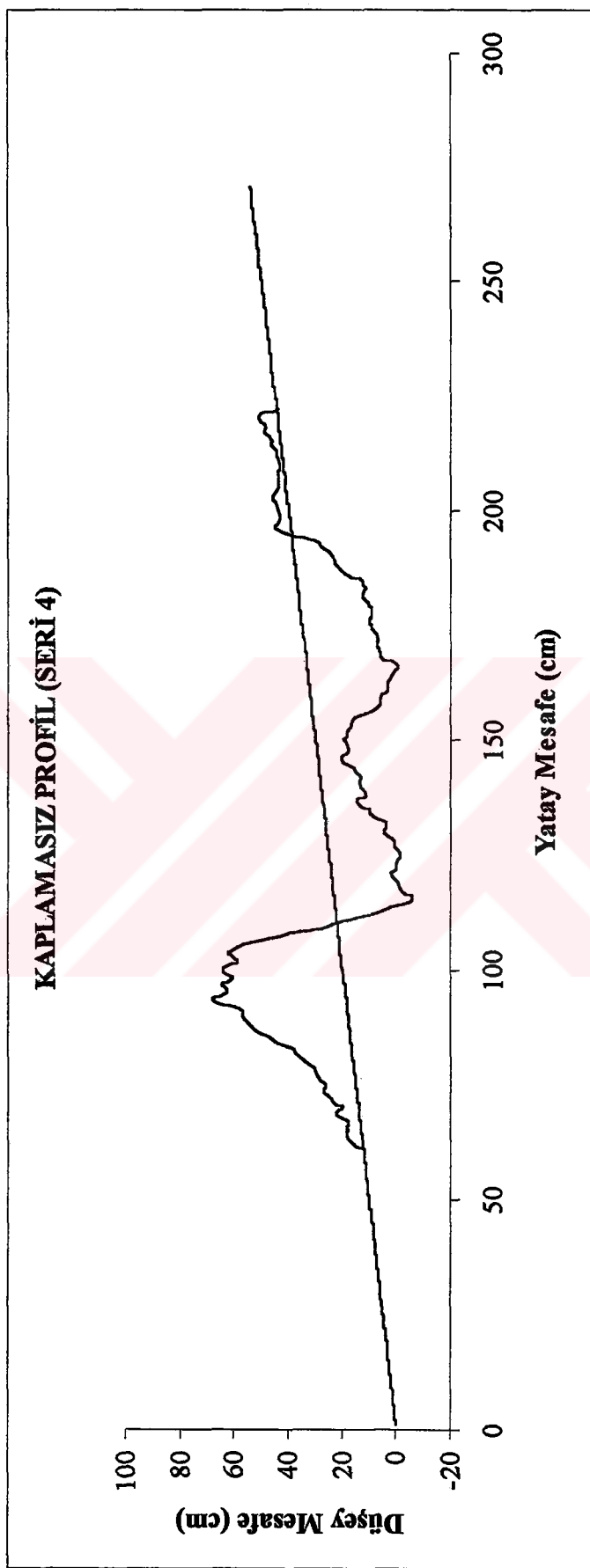
Şekil B.1 1 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 ile Çarpılarak Büyütülmüştür.)



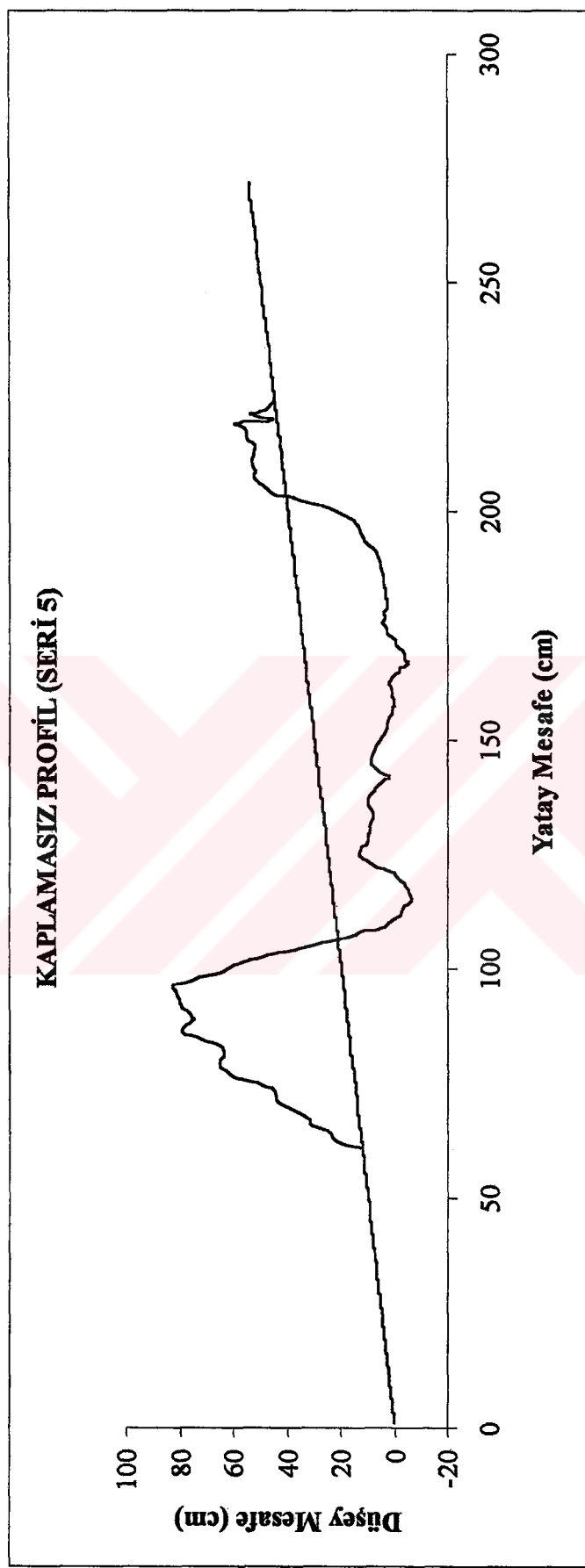
Şekil B.2 2 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



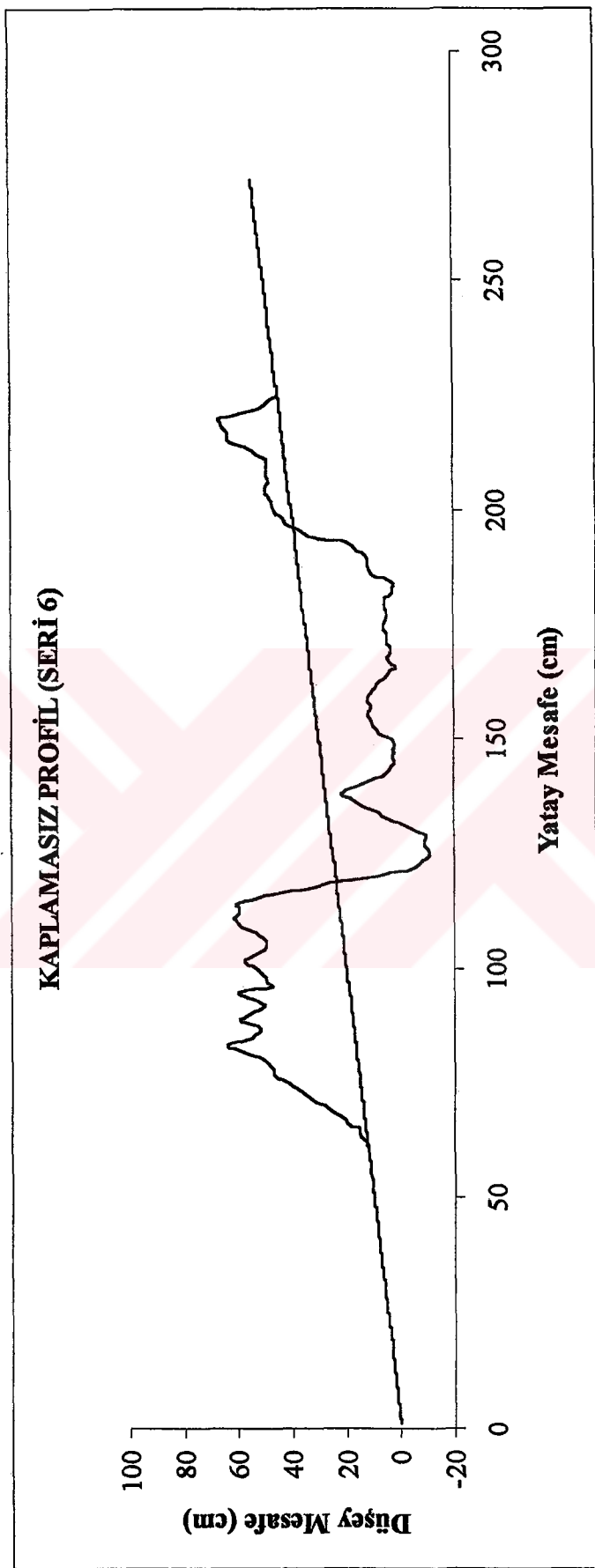
Şekil B.3 3 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinatat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



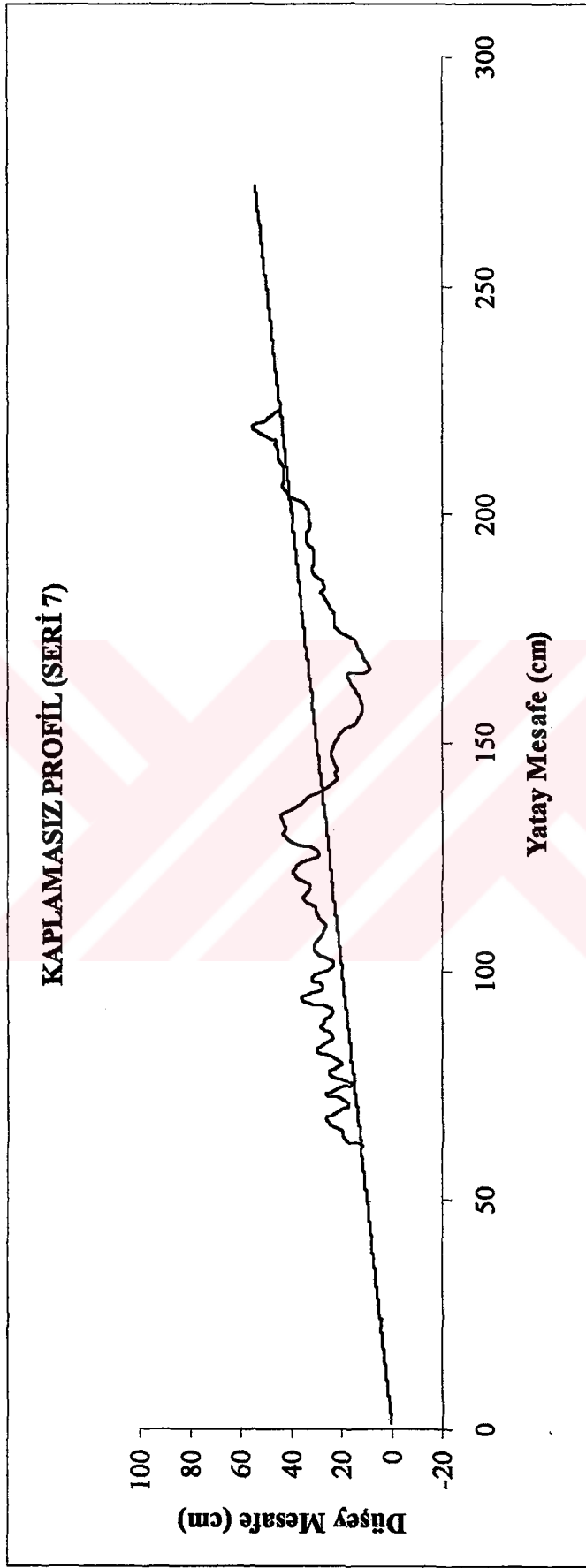
Şekil B.4 4 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinatt Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



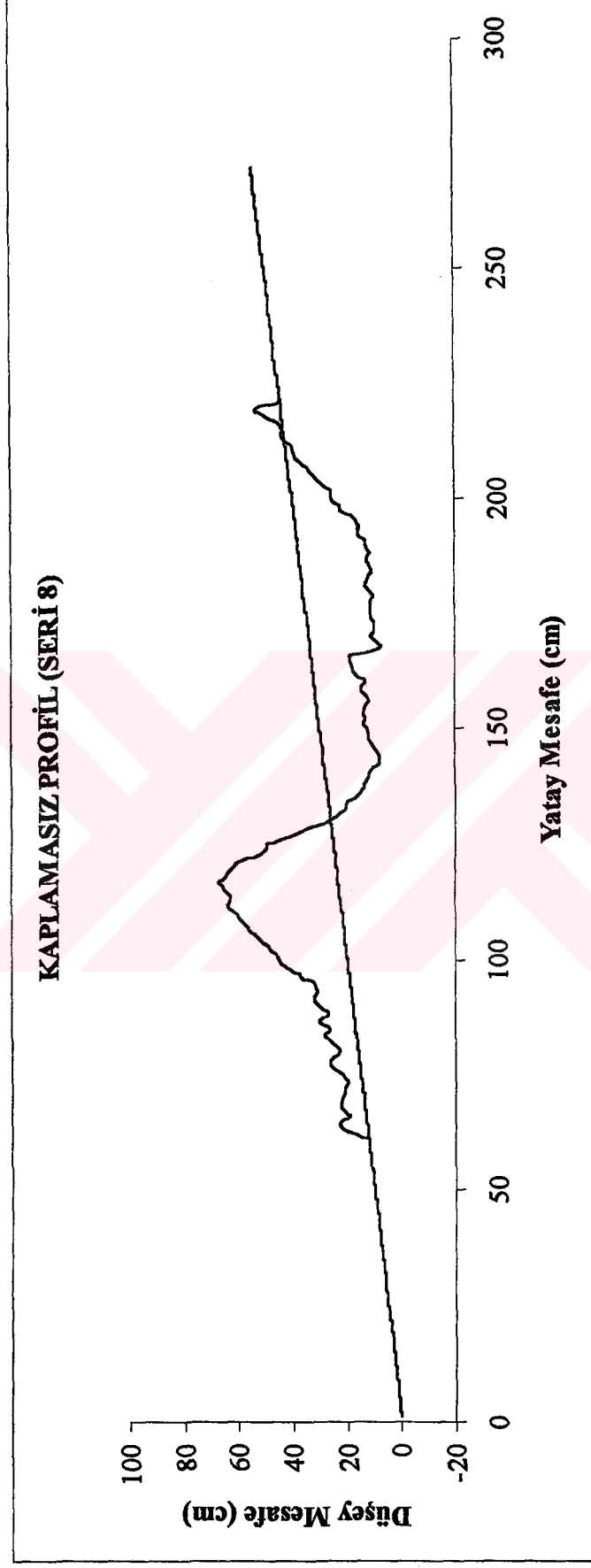
Şekil B.5 5 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



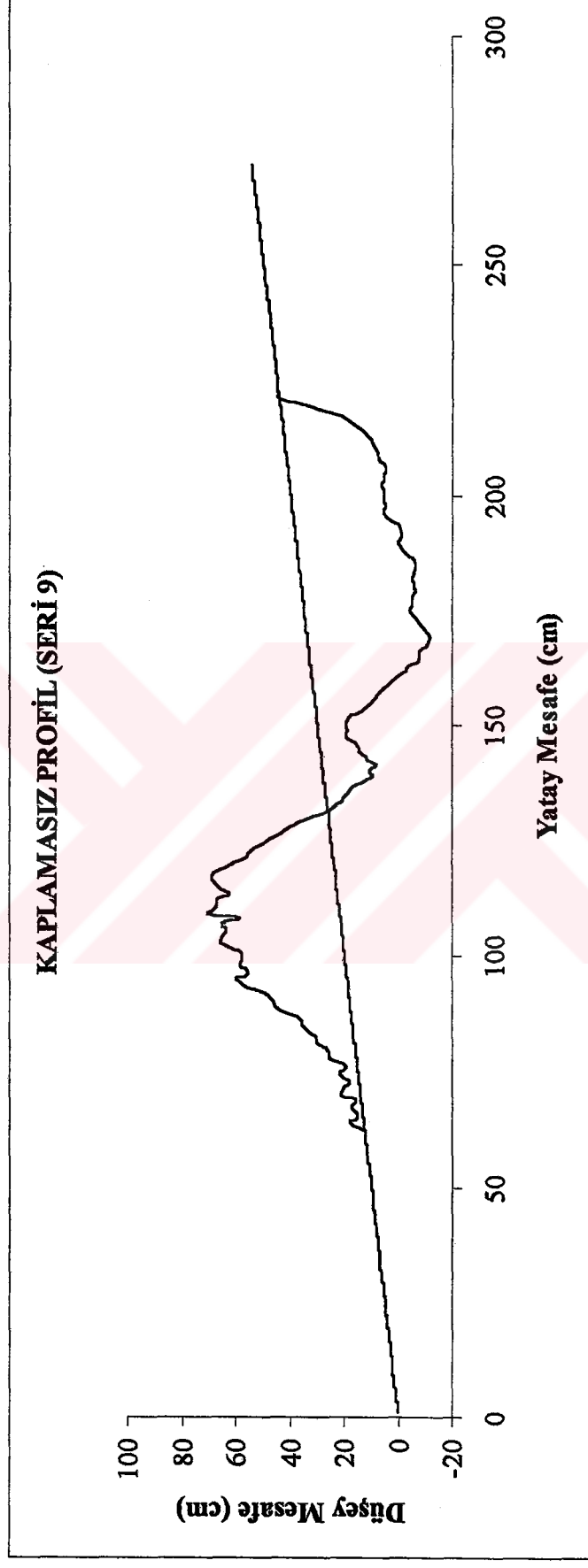
Şekil B.6 6 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



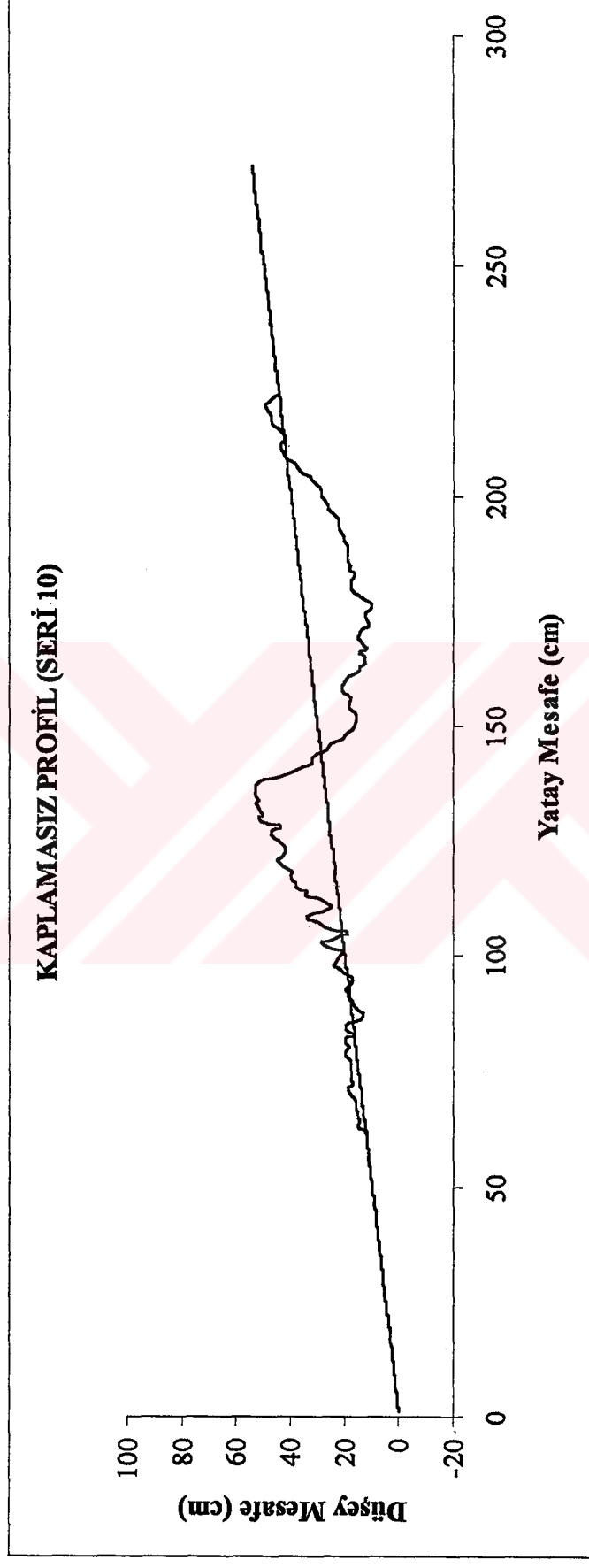
Şekil B.7 7 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinatat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



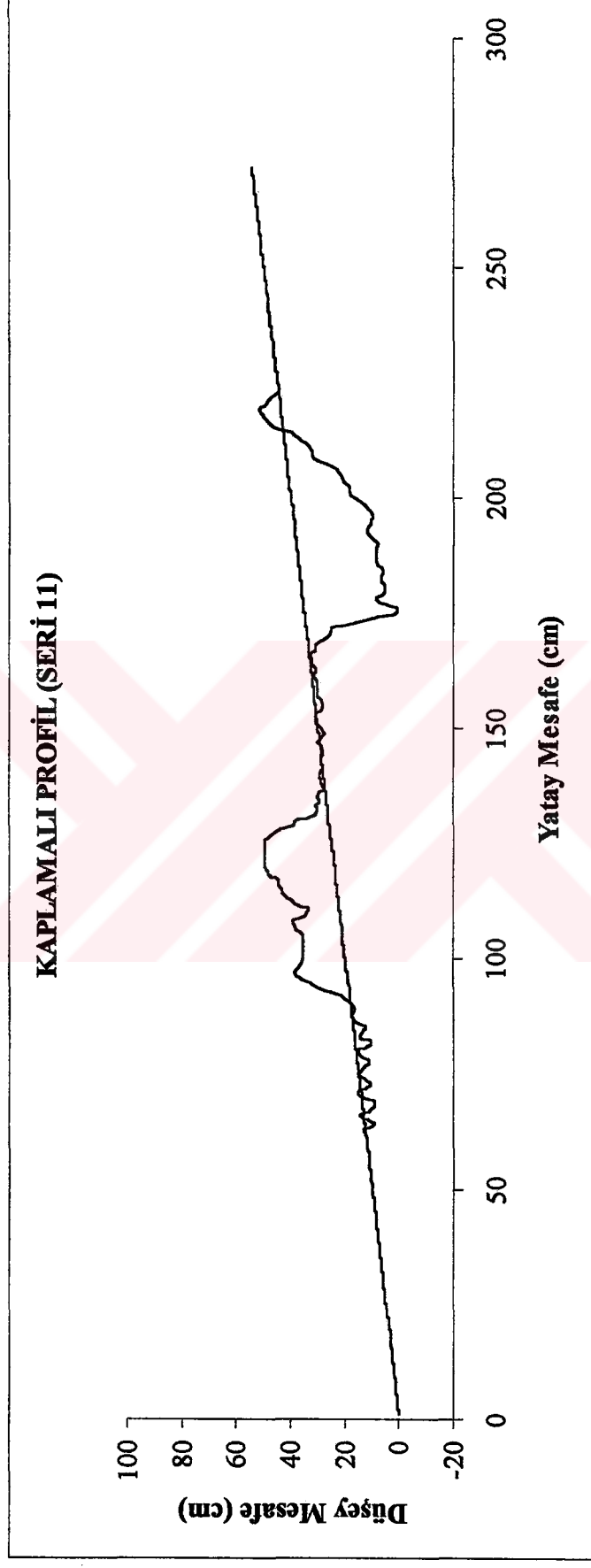
Şekil B.8 8 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



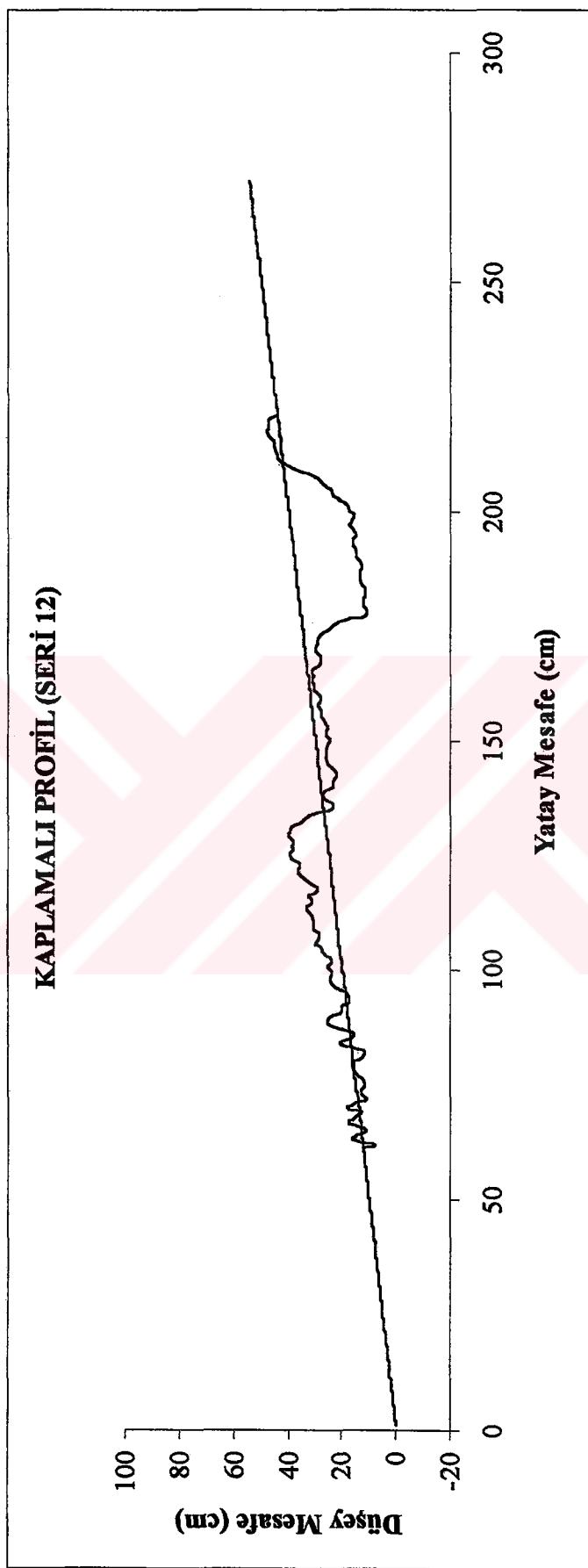
Şekil B.9 9 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



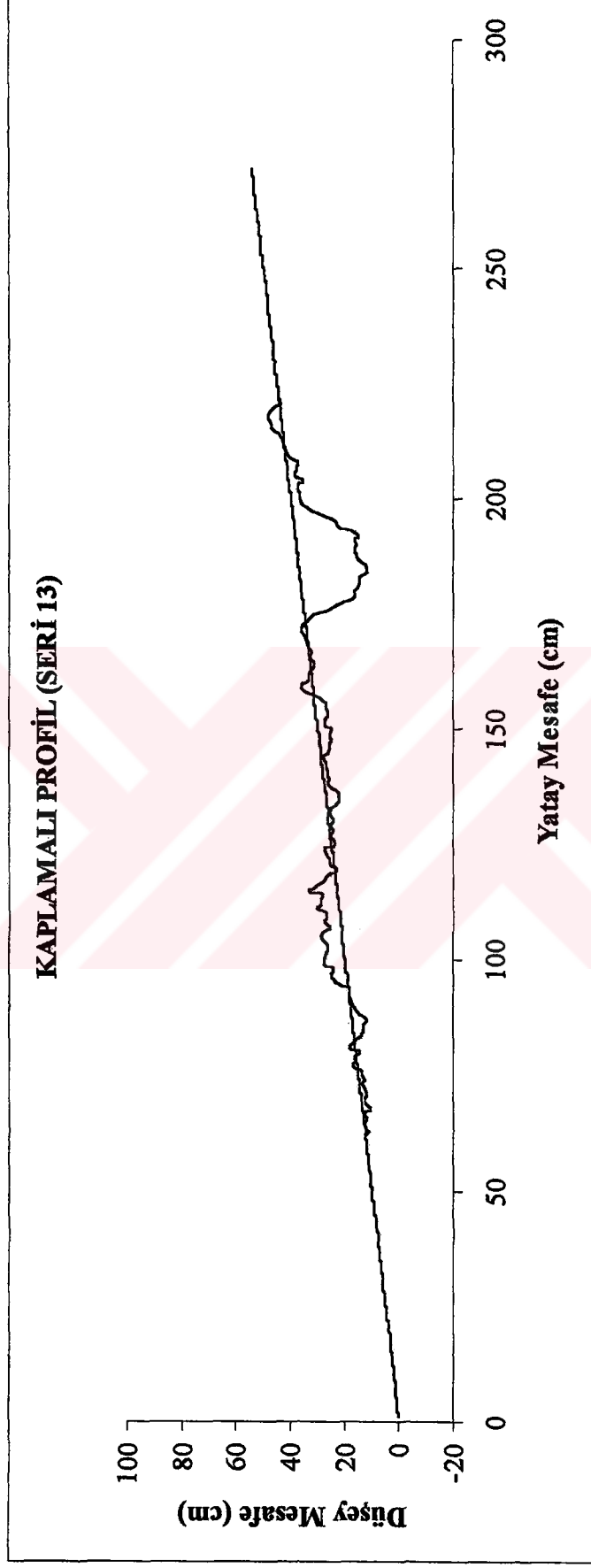
Şekil B.10 10 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



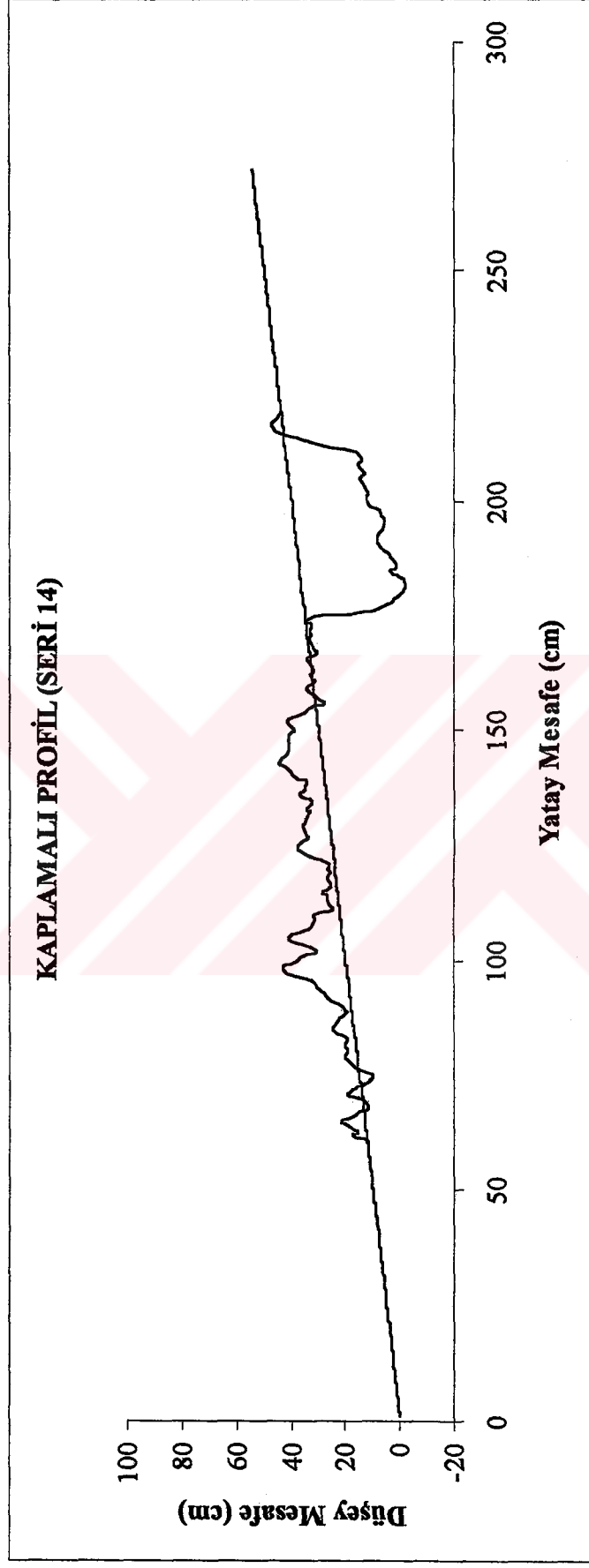
Şekil B.11 11 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



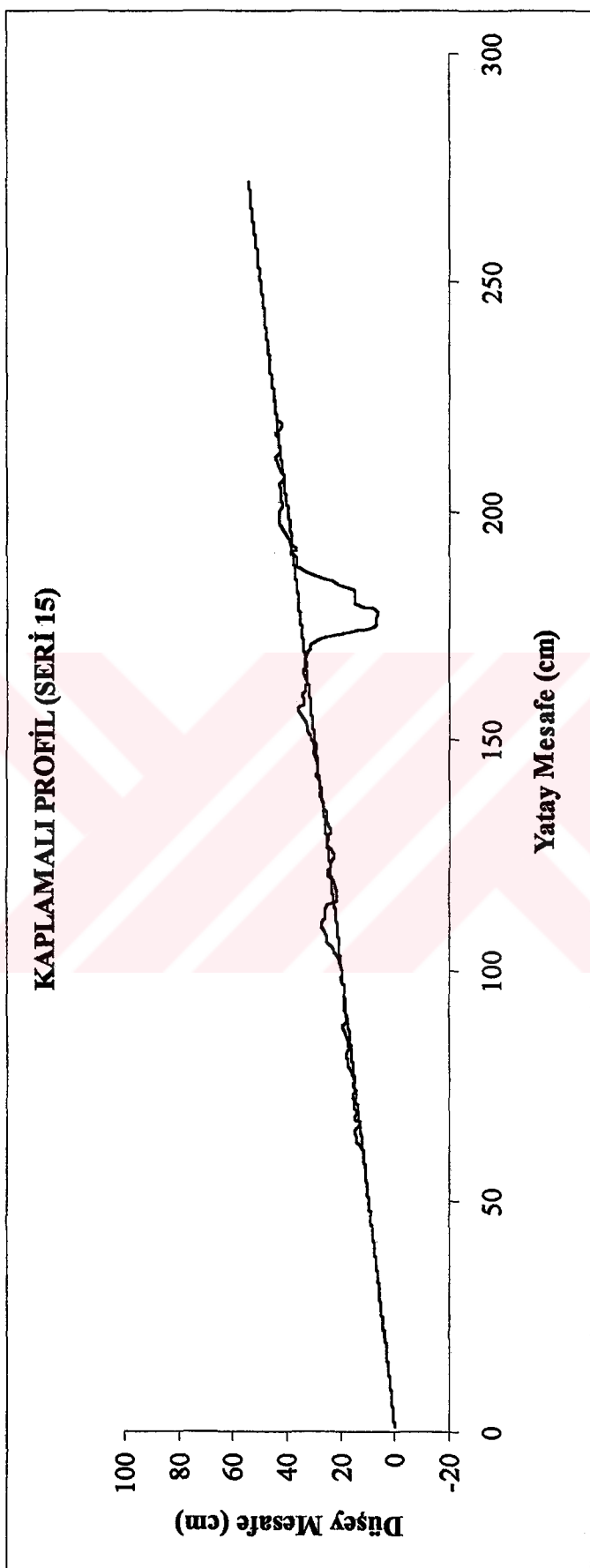
Şekil B.12 12 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



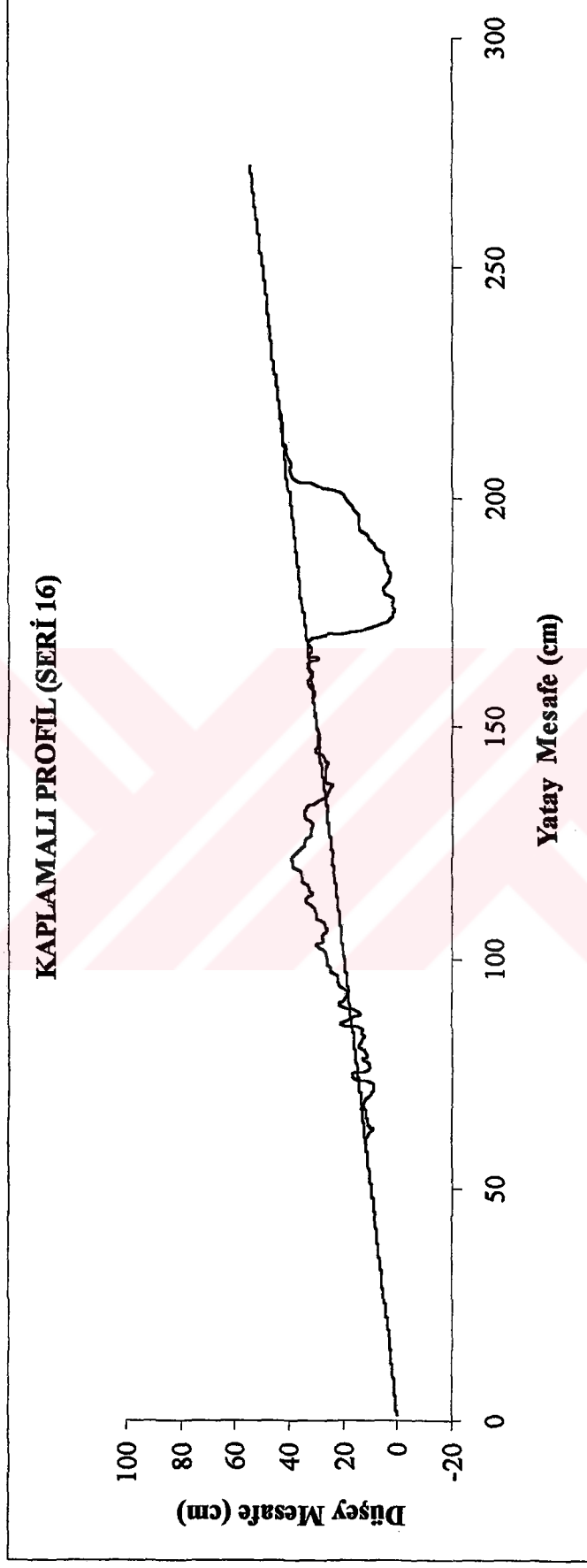
Şekil B.13 13 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinatat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



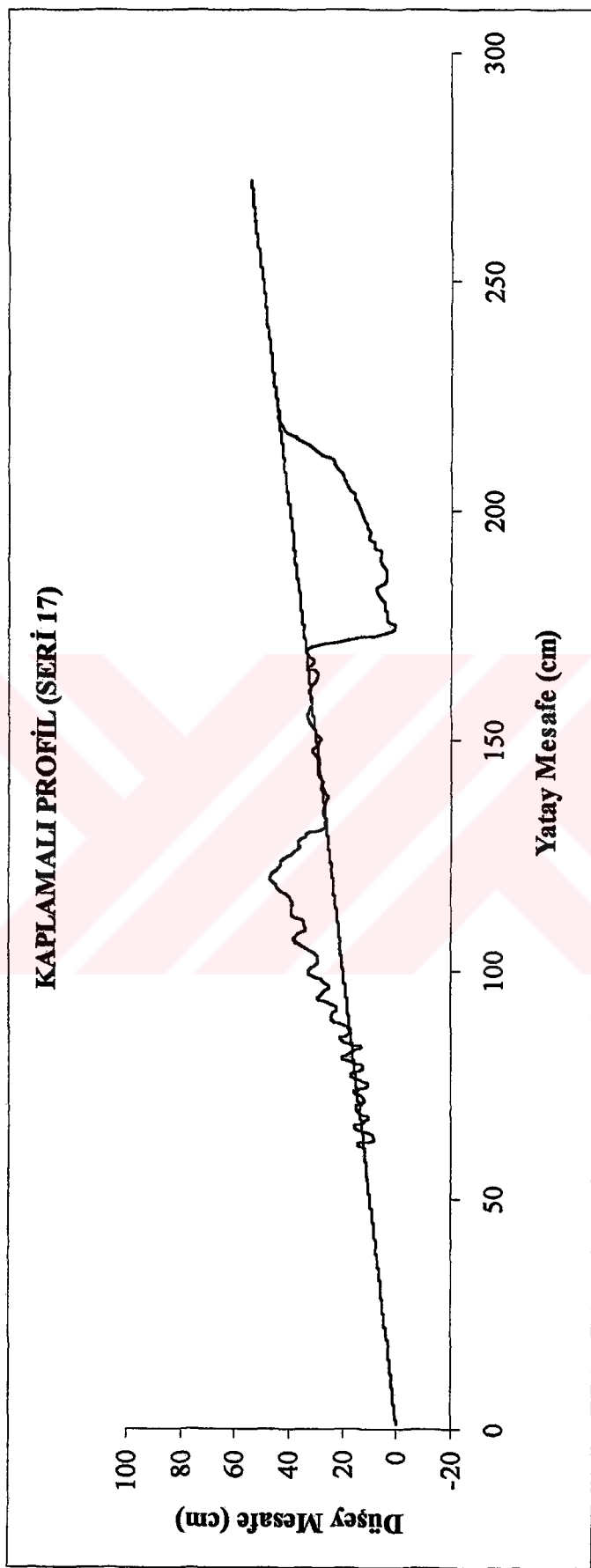
Şekil B.14 14 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



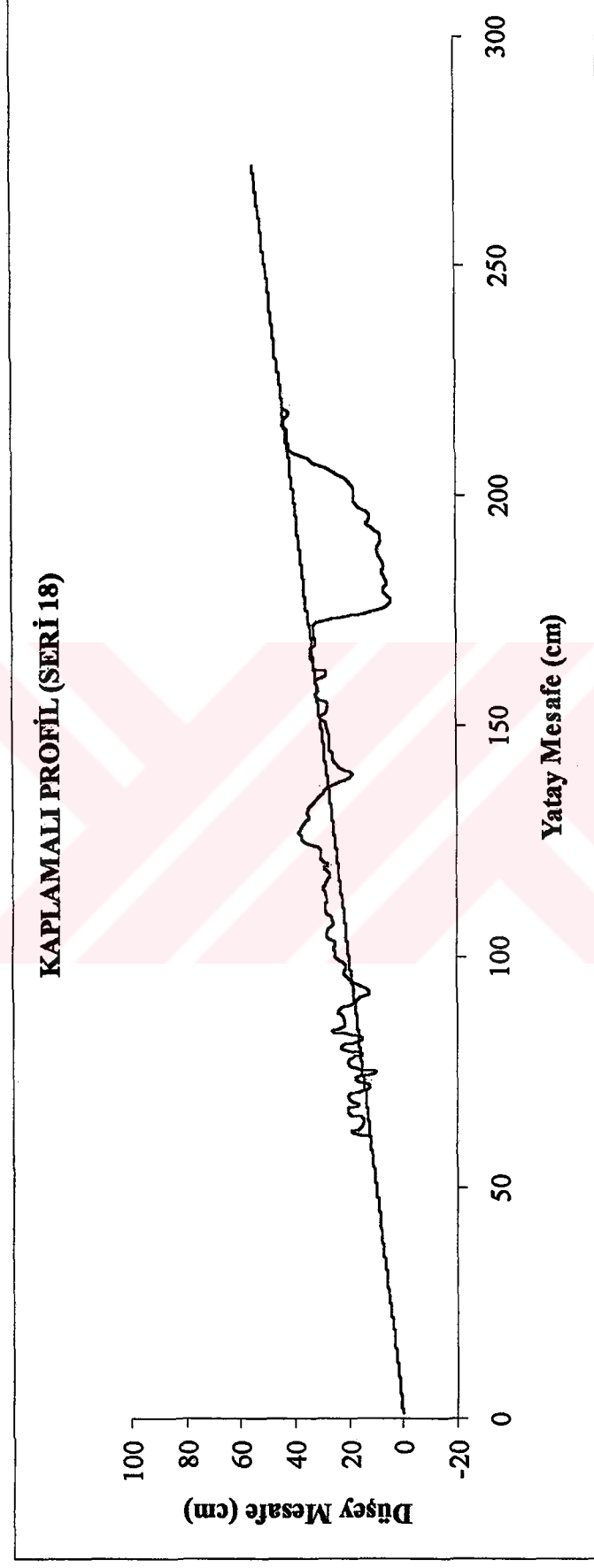
Şekil B.15 15 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



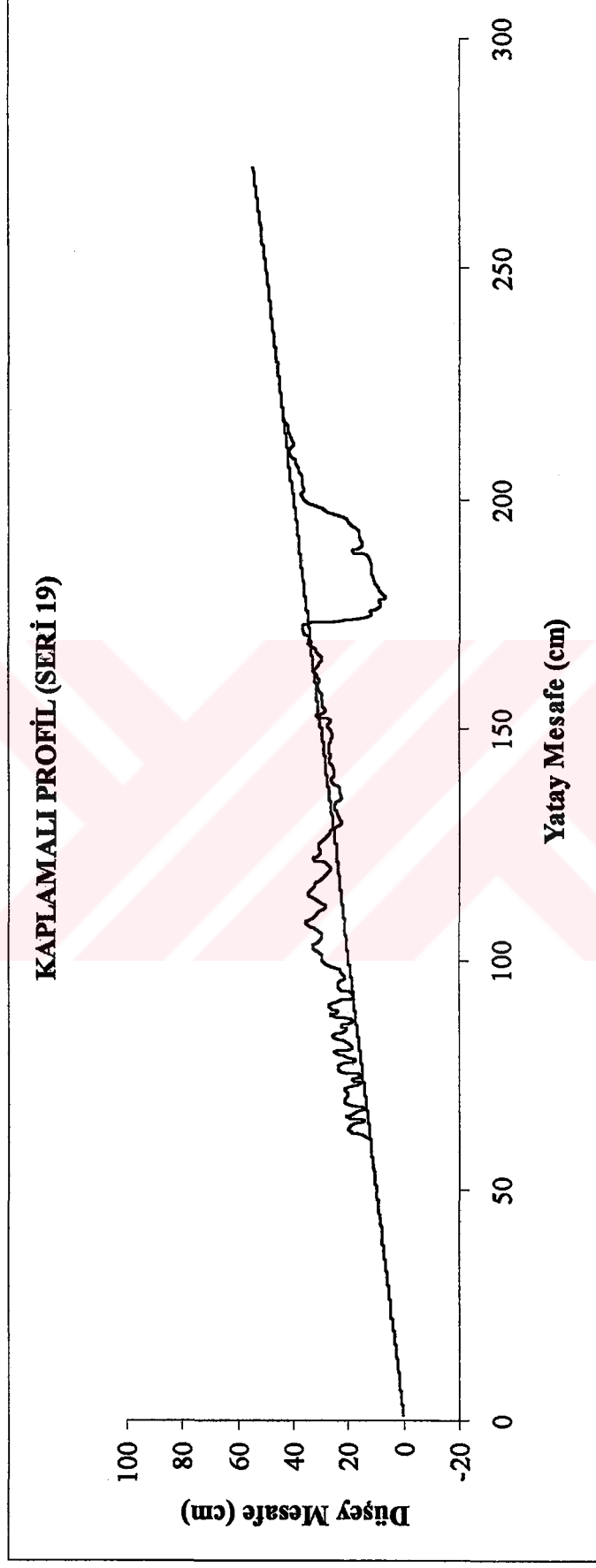
Şekil B.16 16 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



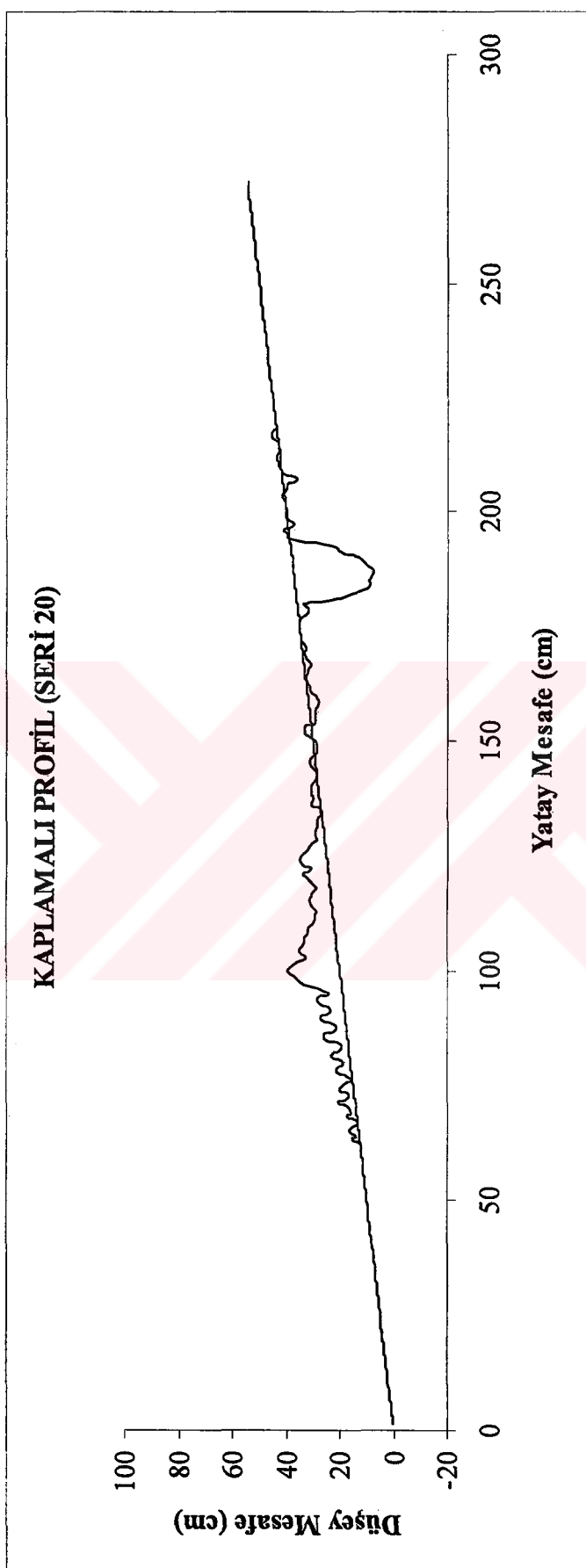
Şekil B.17 17 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



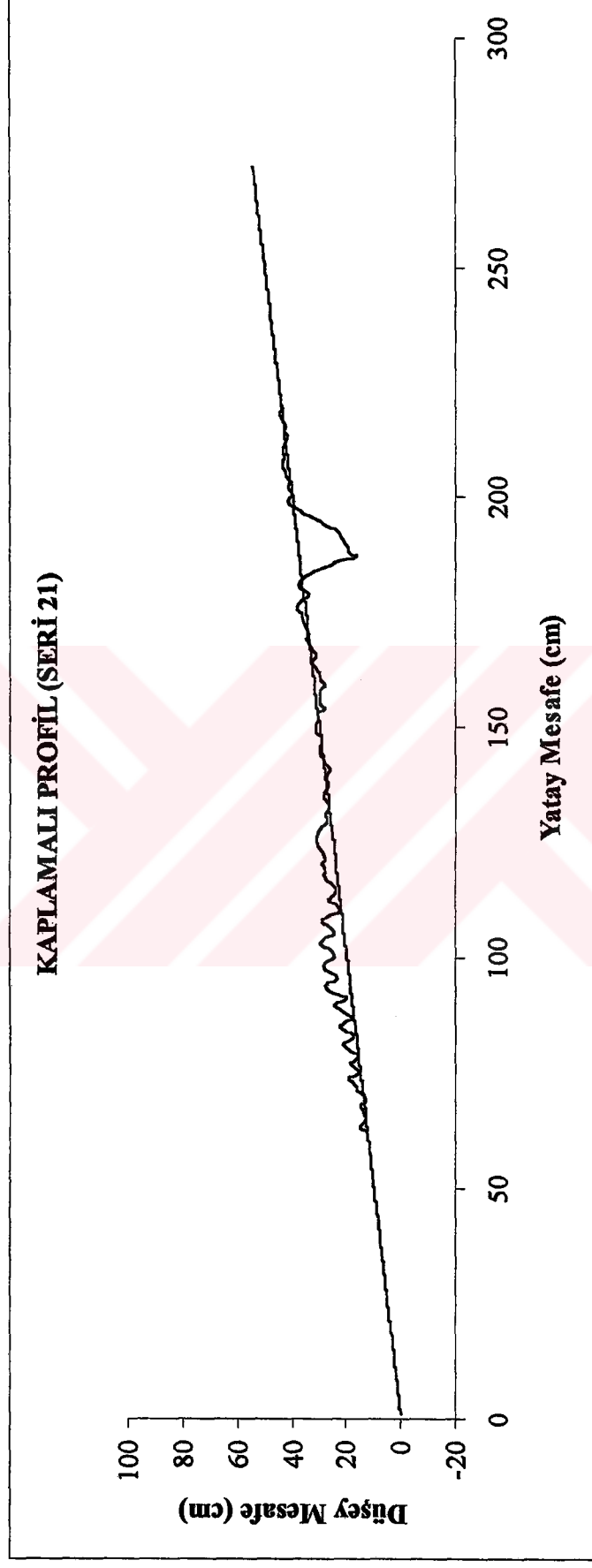
Şekil B.18 18 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



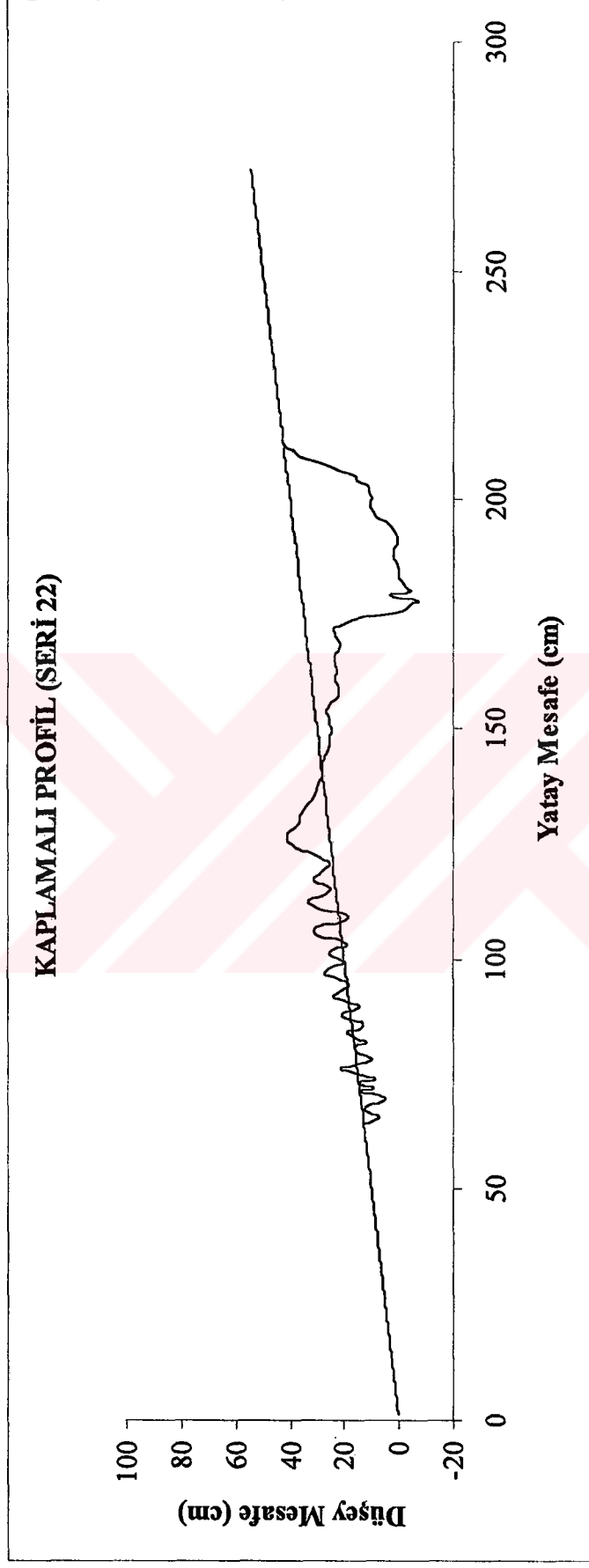
Şekil B.19 19 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinatat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



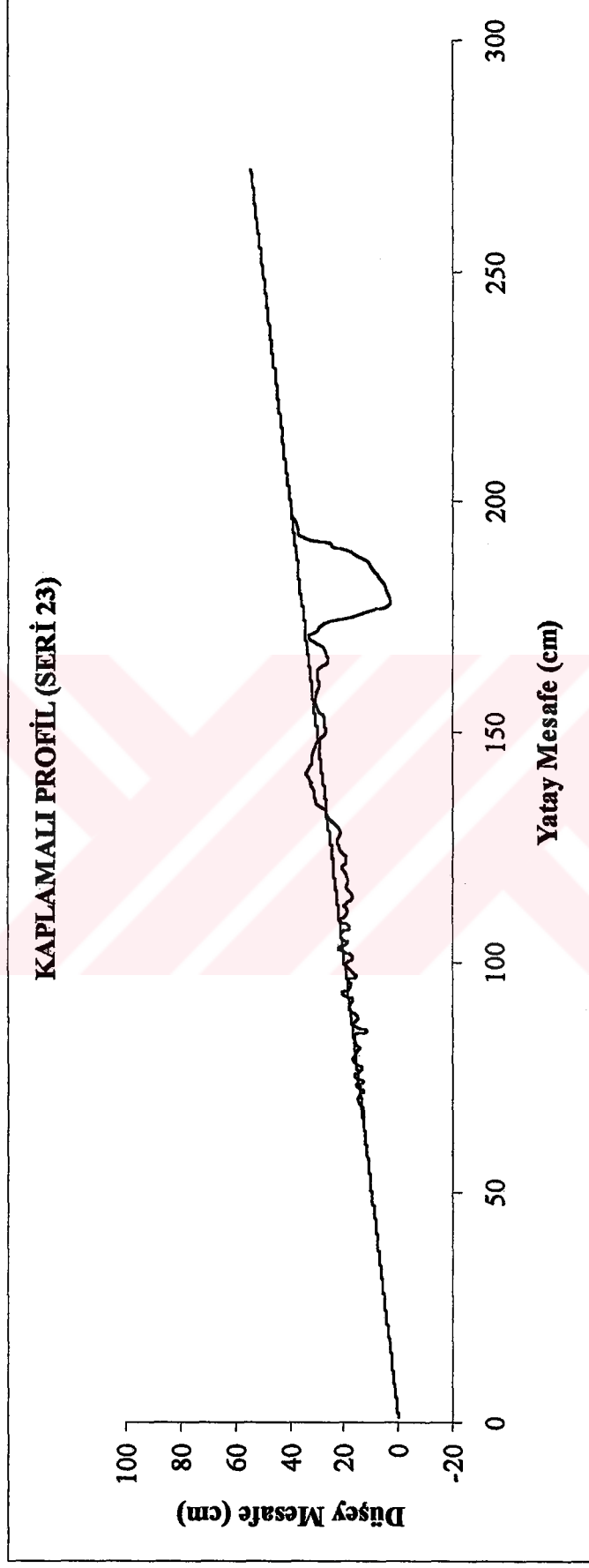
Şekil B.20 20 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



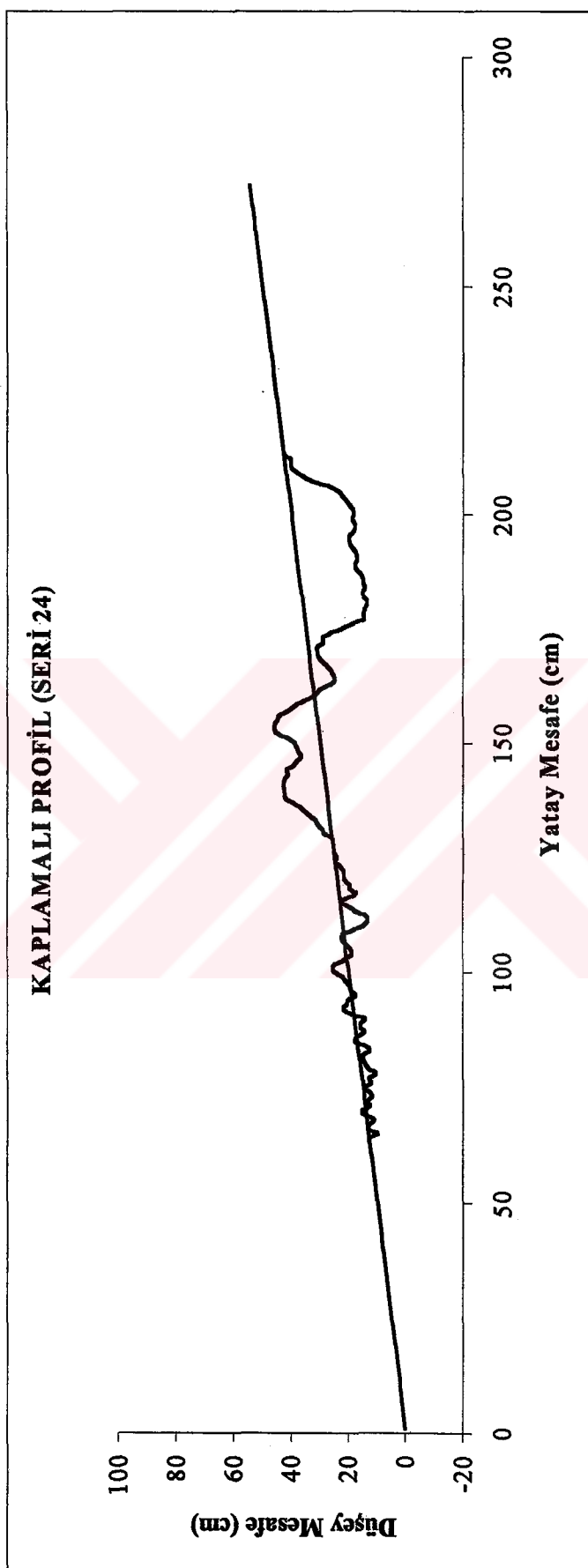
Şekil B.21 21 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



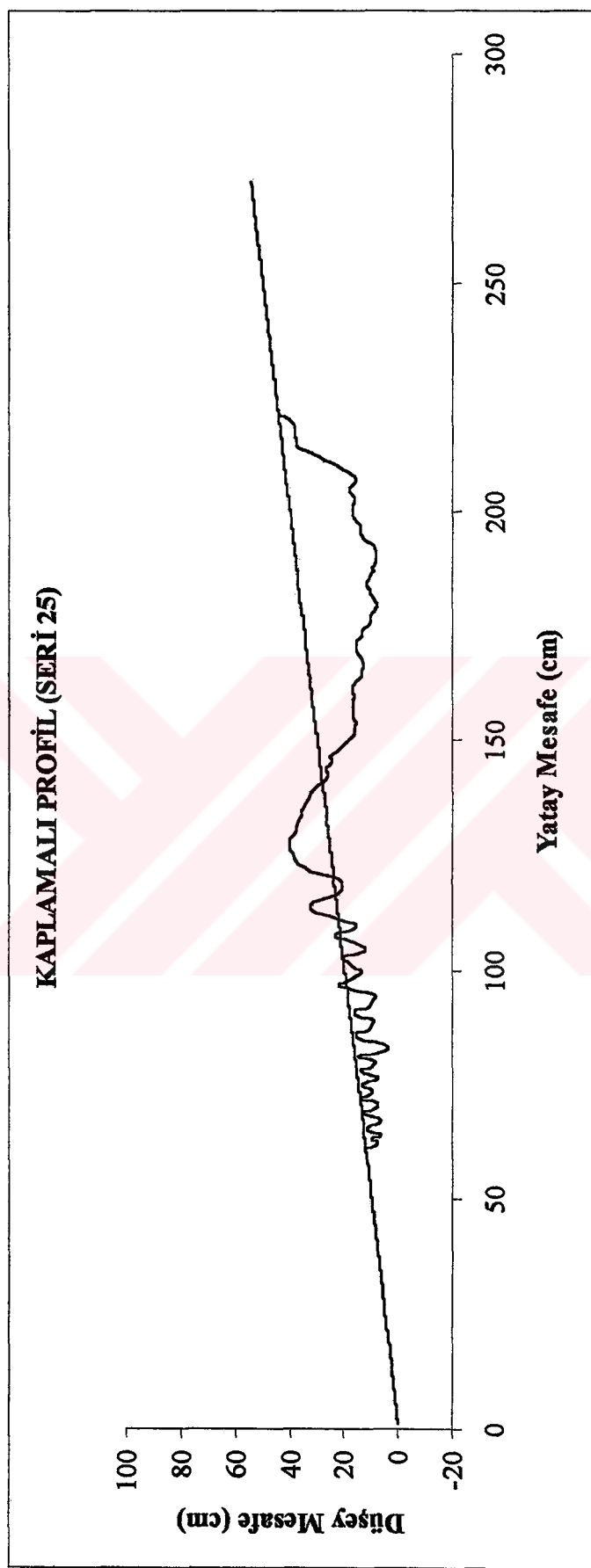
Şekil B.22 22 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinatat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



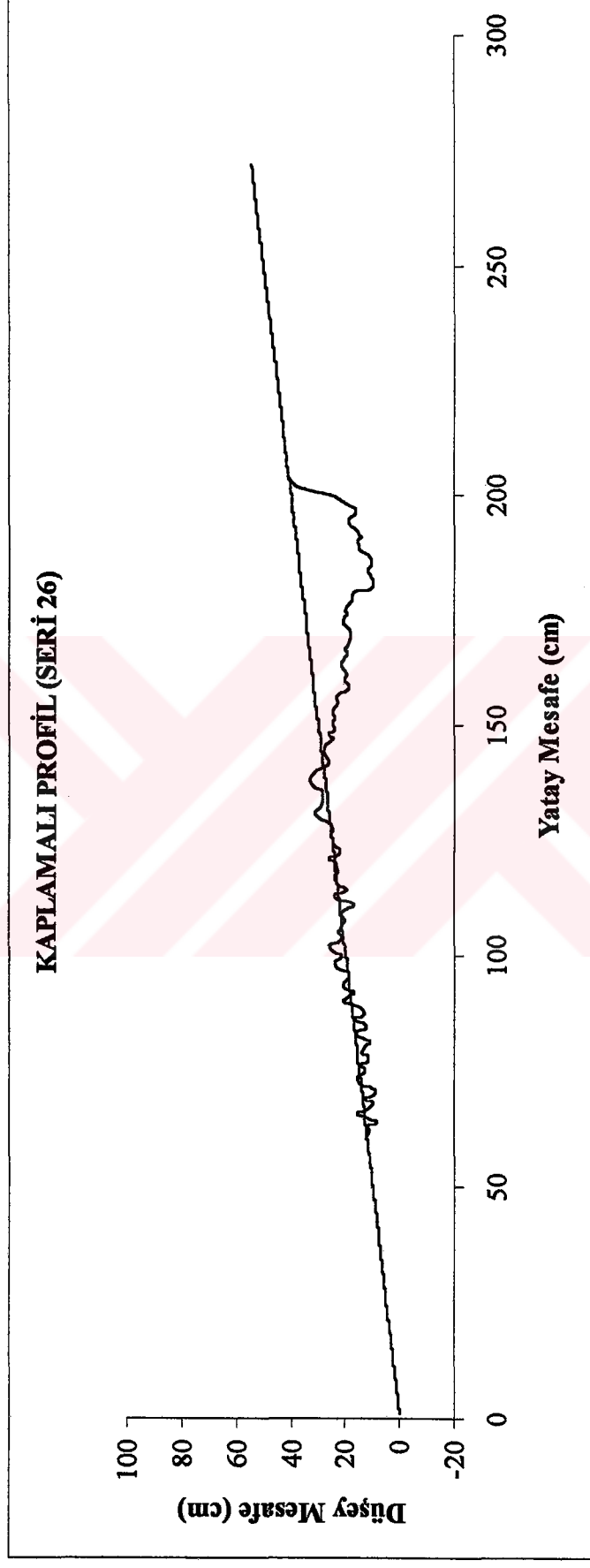
Şekil B.23 23 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 ile Çarpılarak Büyütülmüştür.)



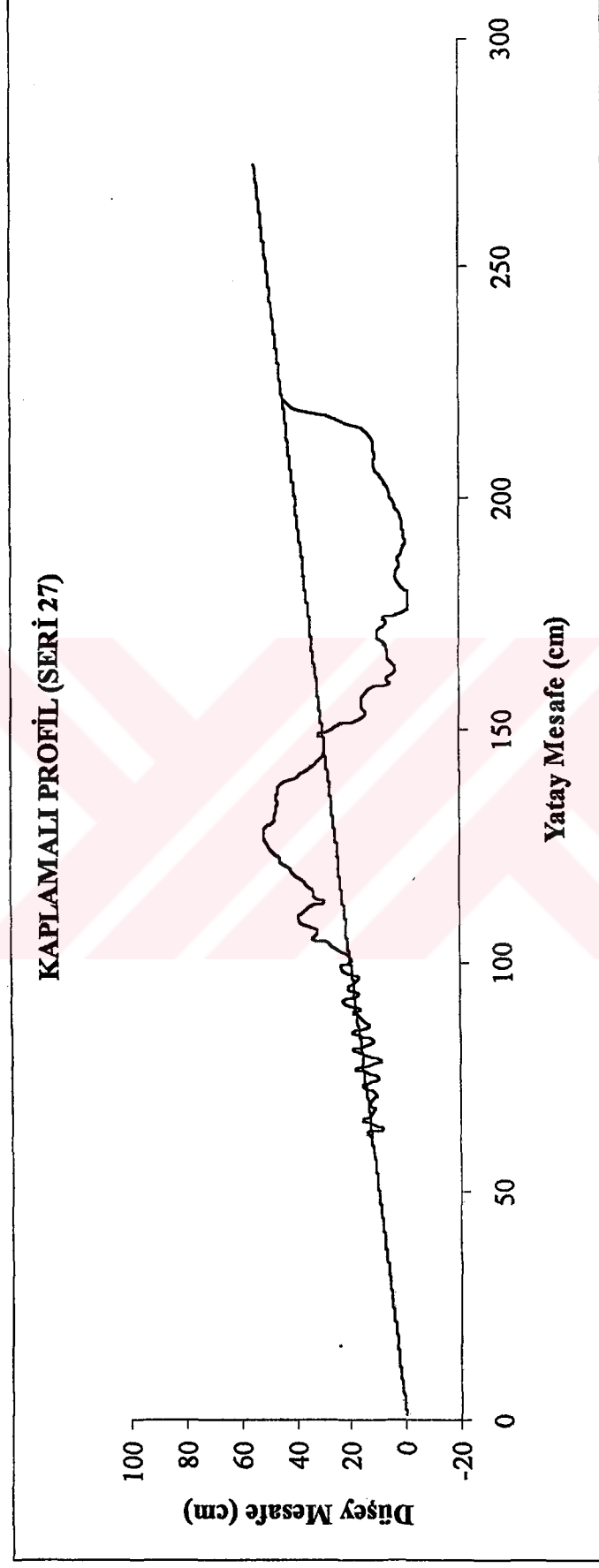
Şekil B.24 24 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



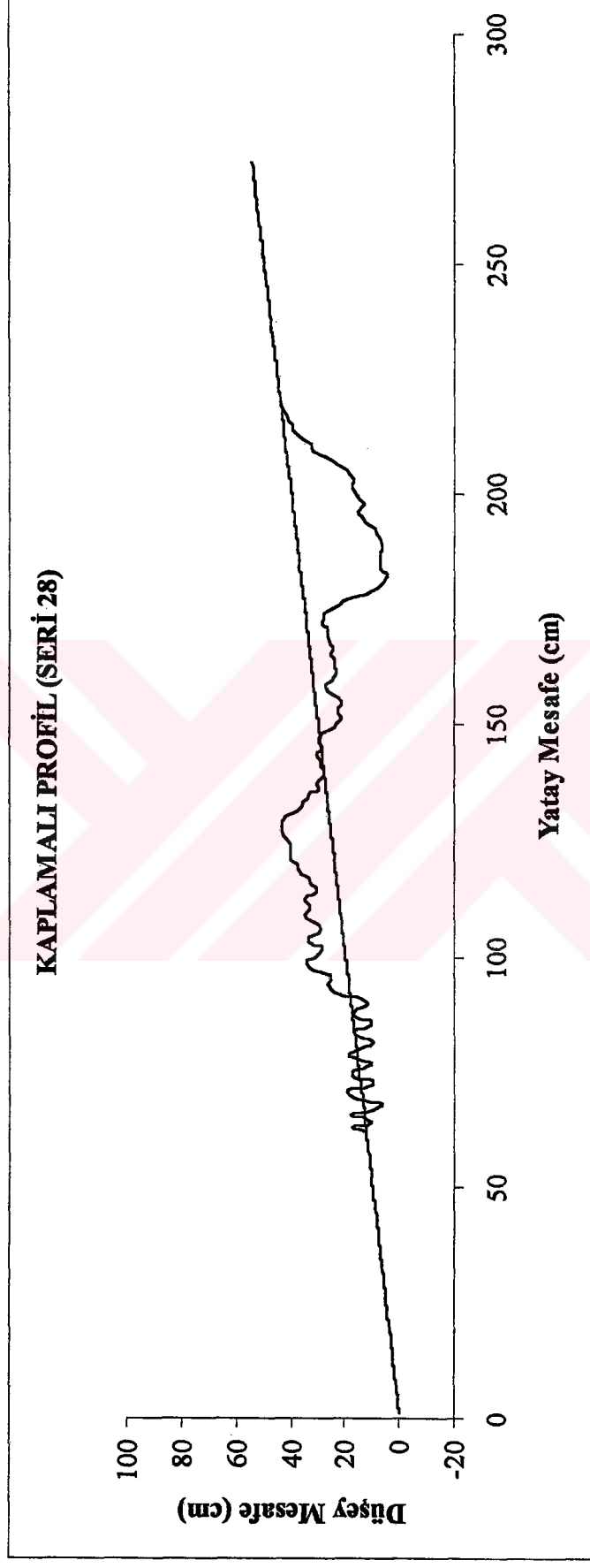
Şekil B.25 25 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



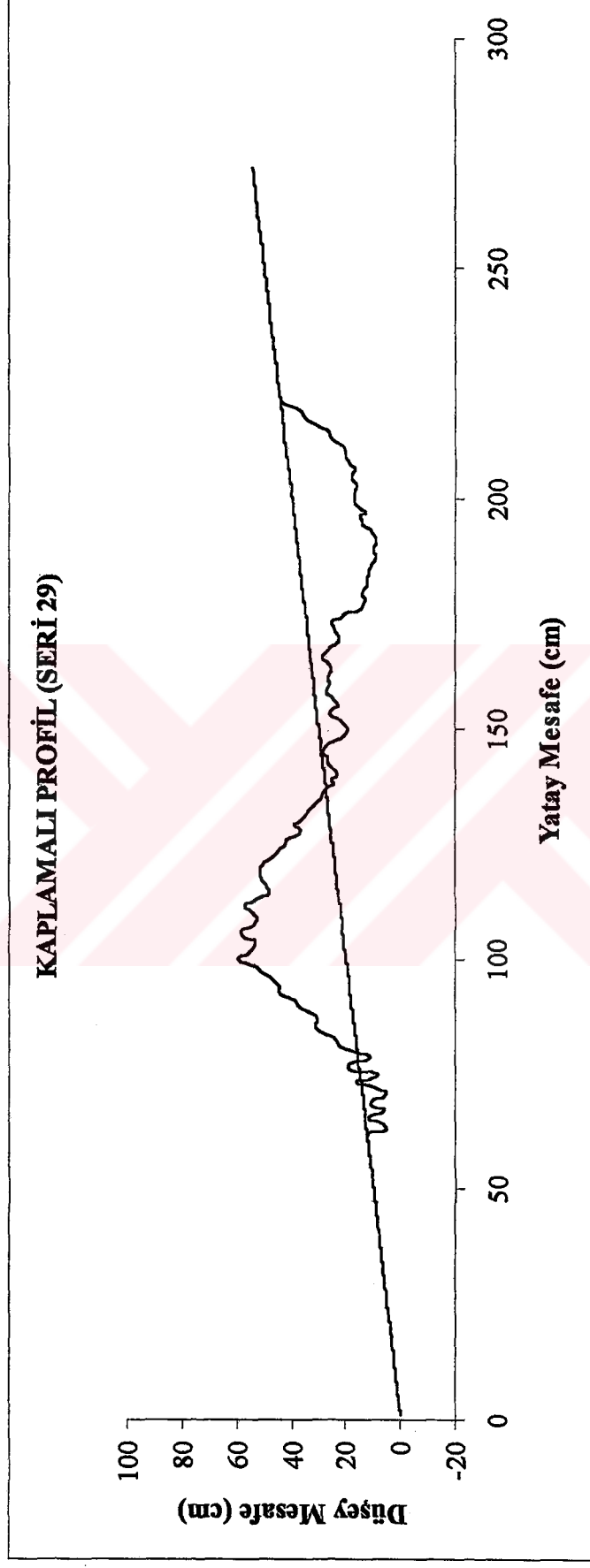
Şekil B.26 26 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinatat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



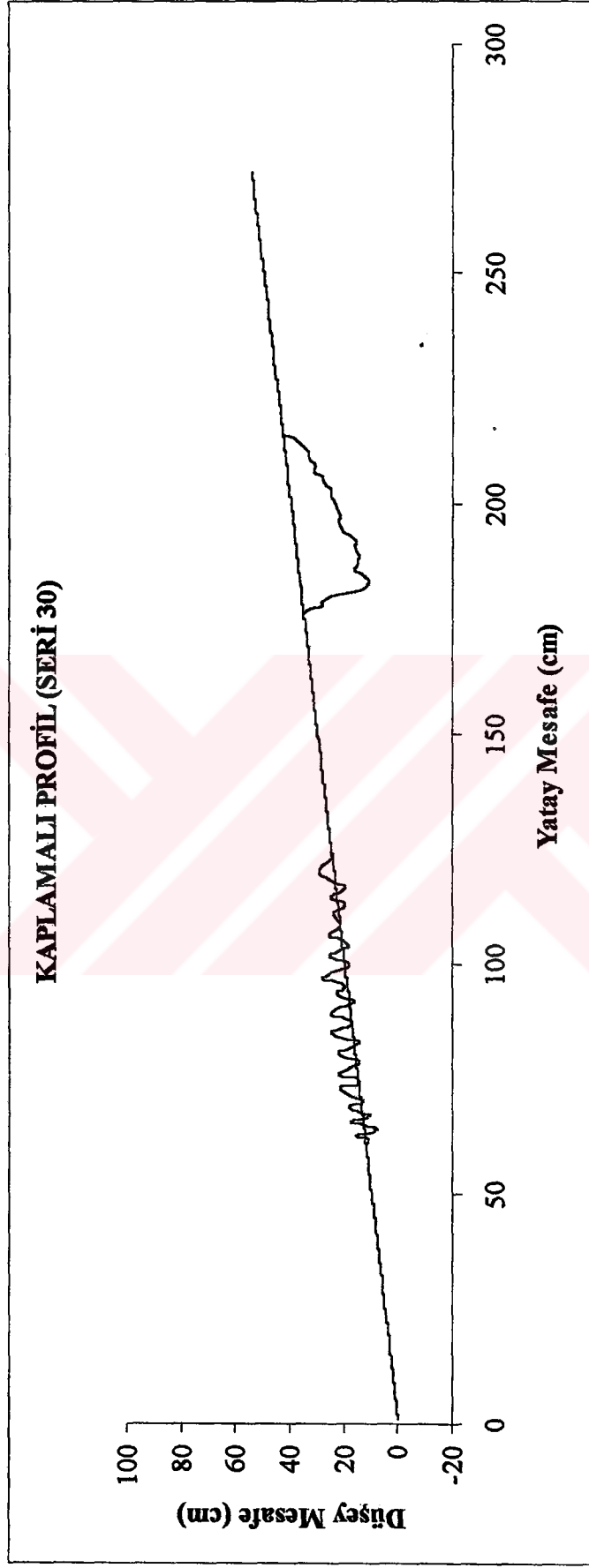
Şekil B.27 27 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinatat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



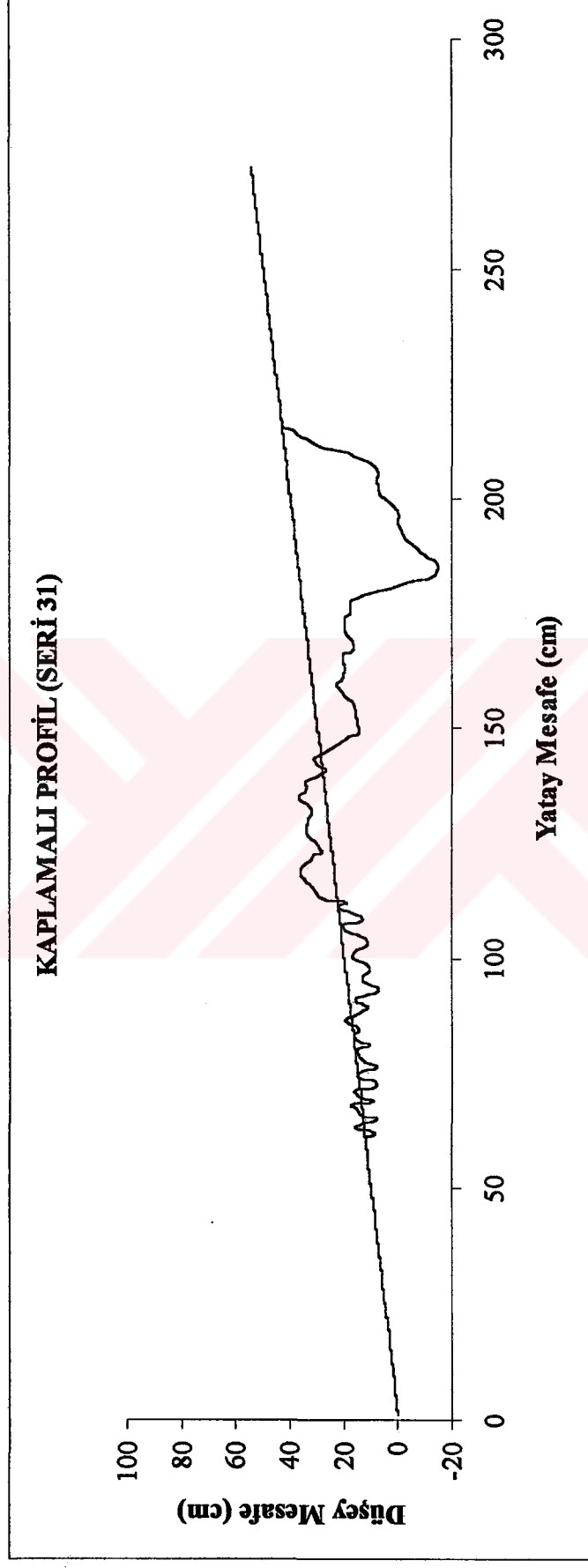
Şekil B.28 28 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



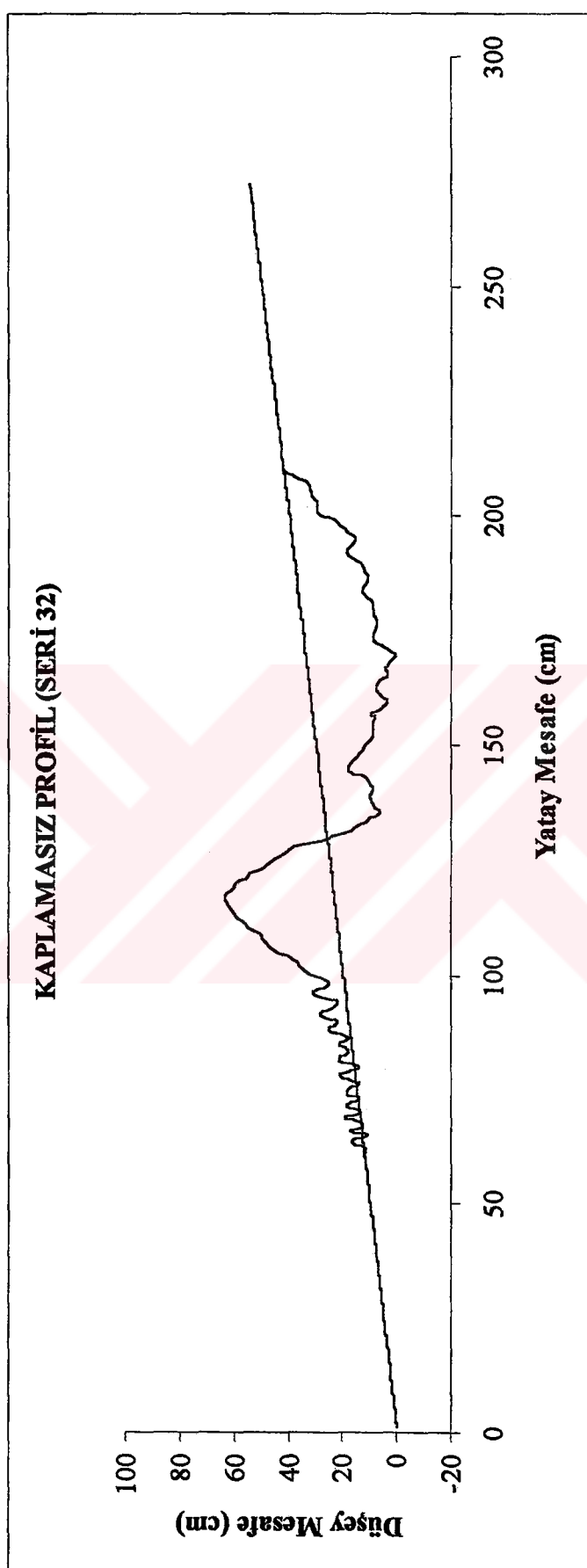
Şekil B.29 29 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



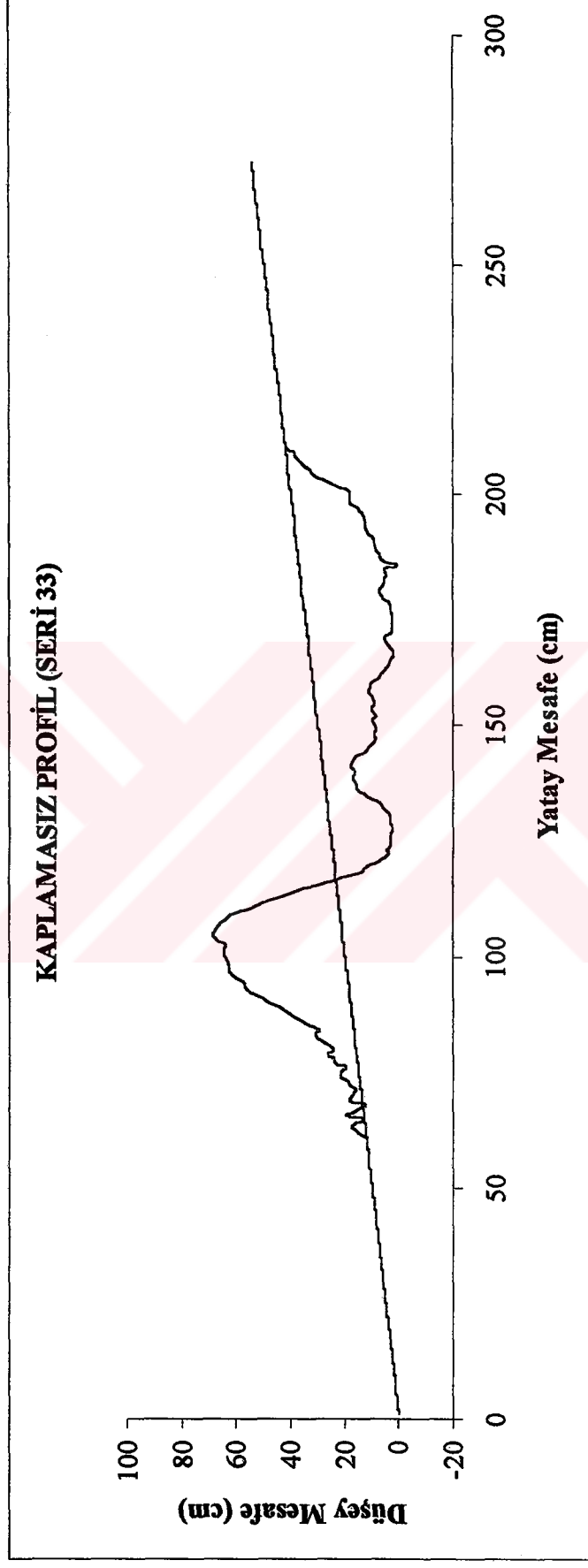
Şekil B.30 30 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



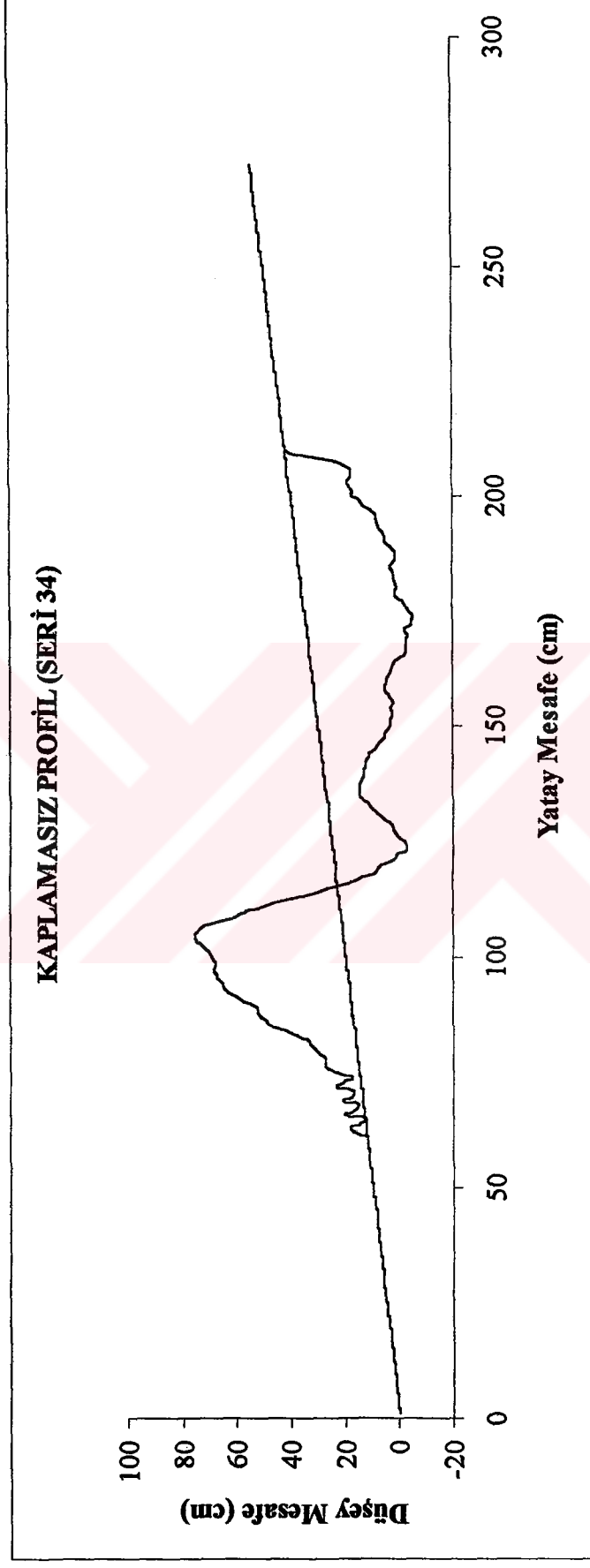
Şekil B.31 31 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



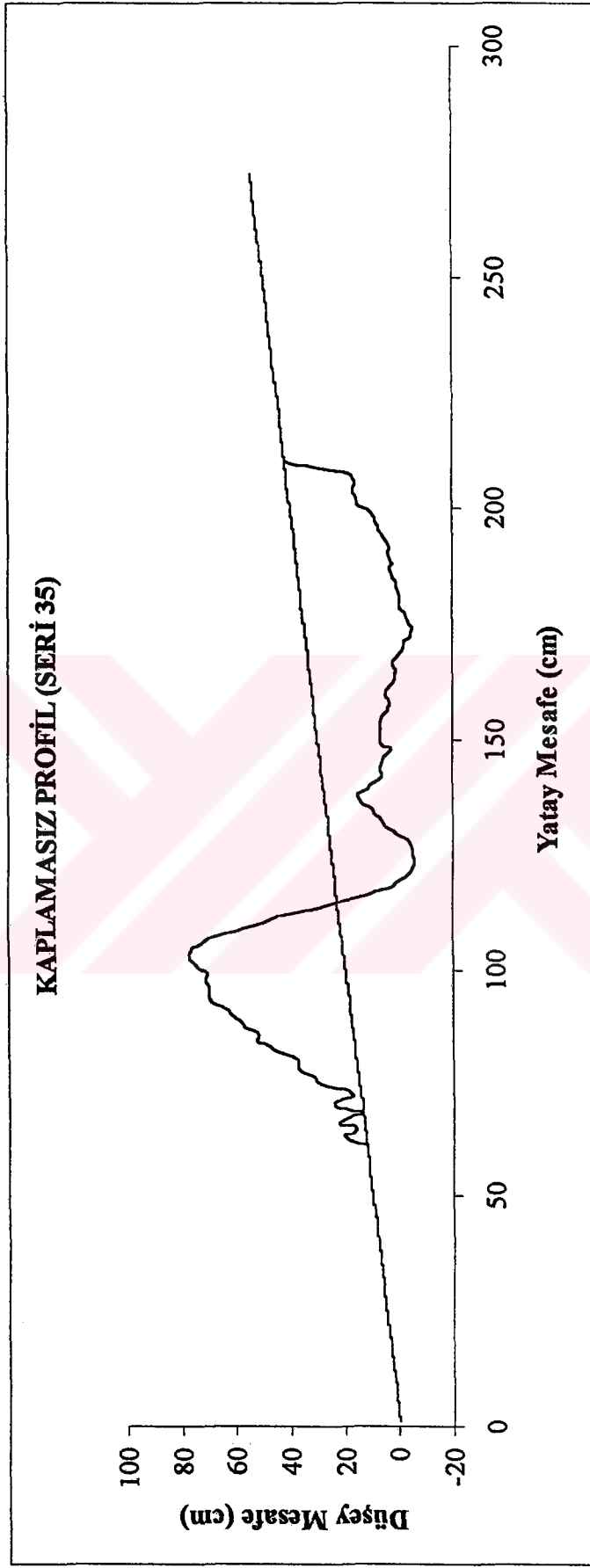
Şekil B.32 32 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



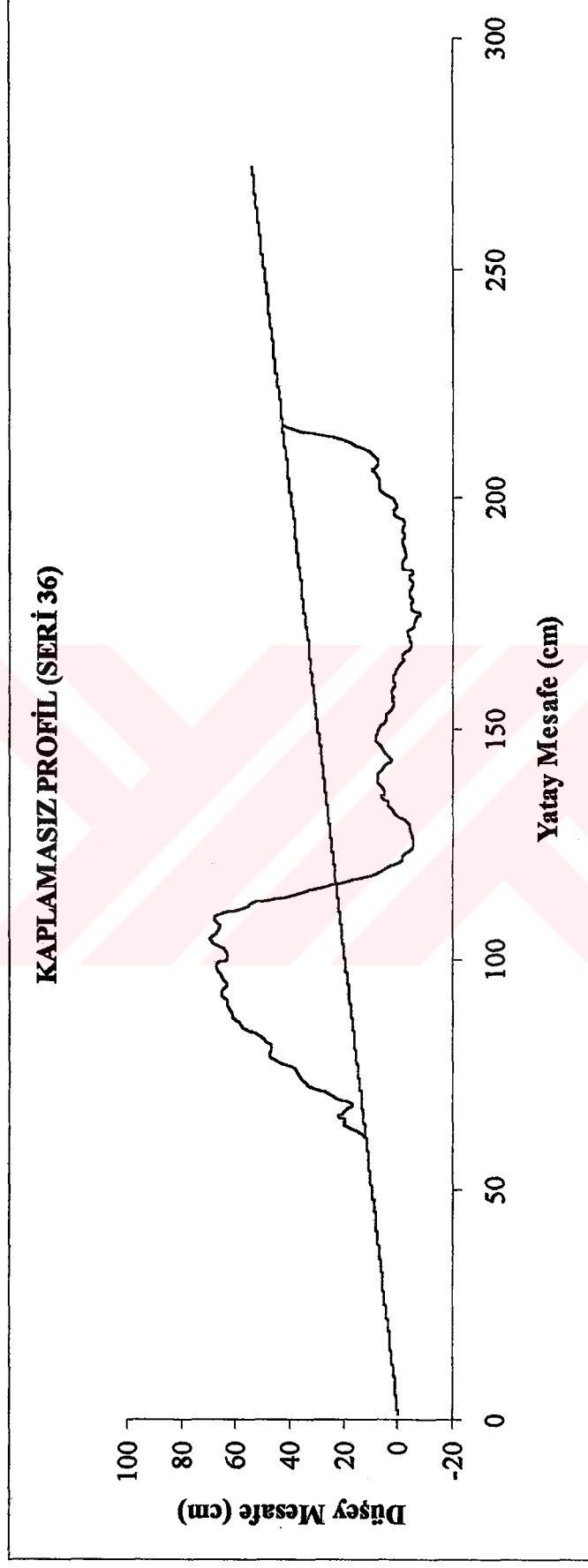
Şekil B.33 33 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



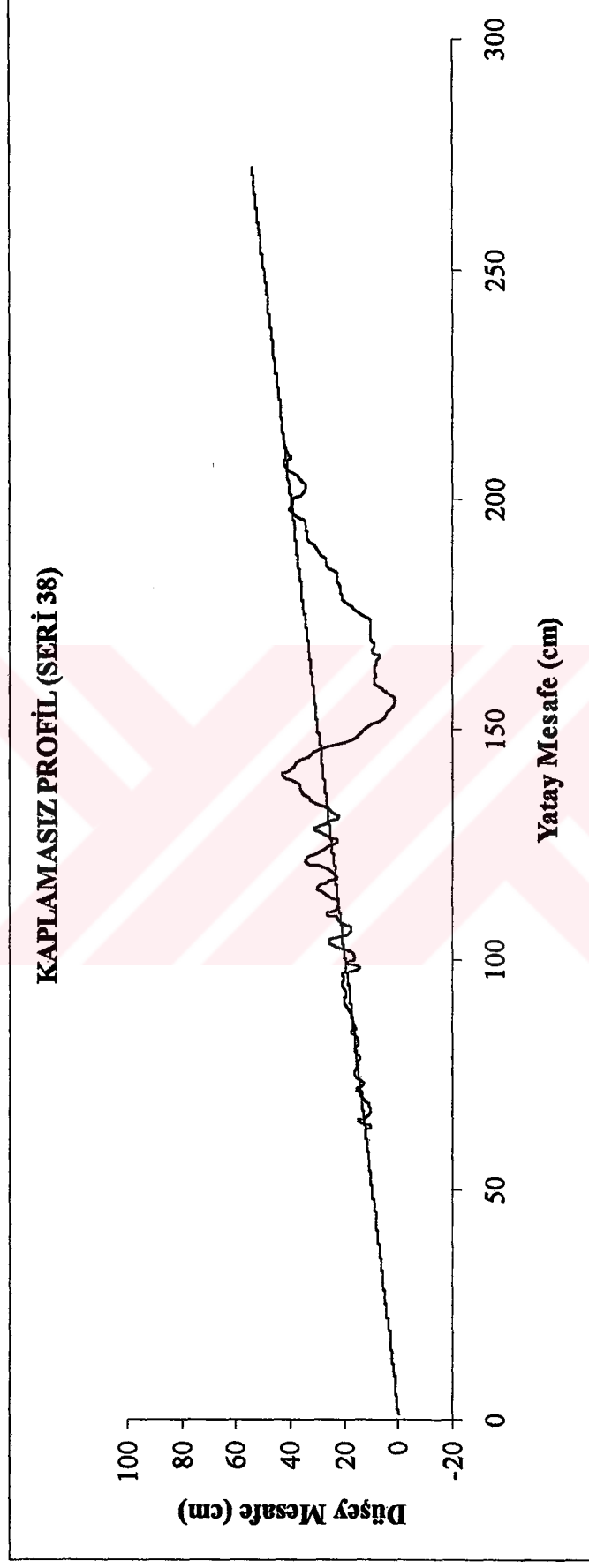
Şekil B.34 34 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



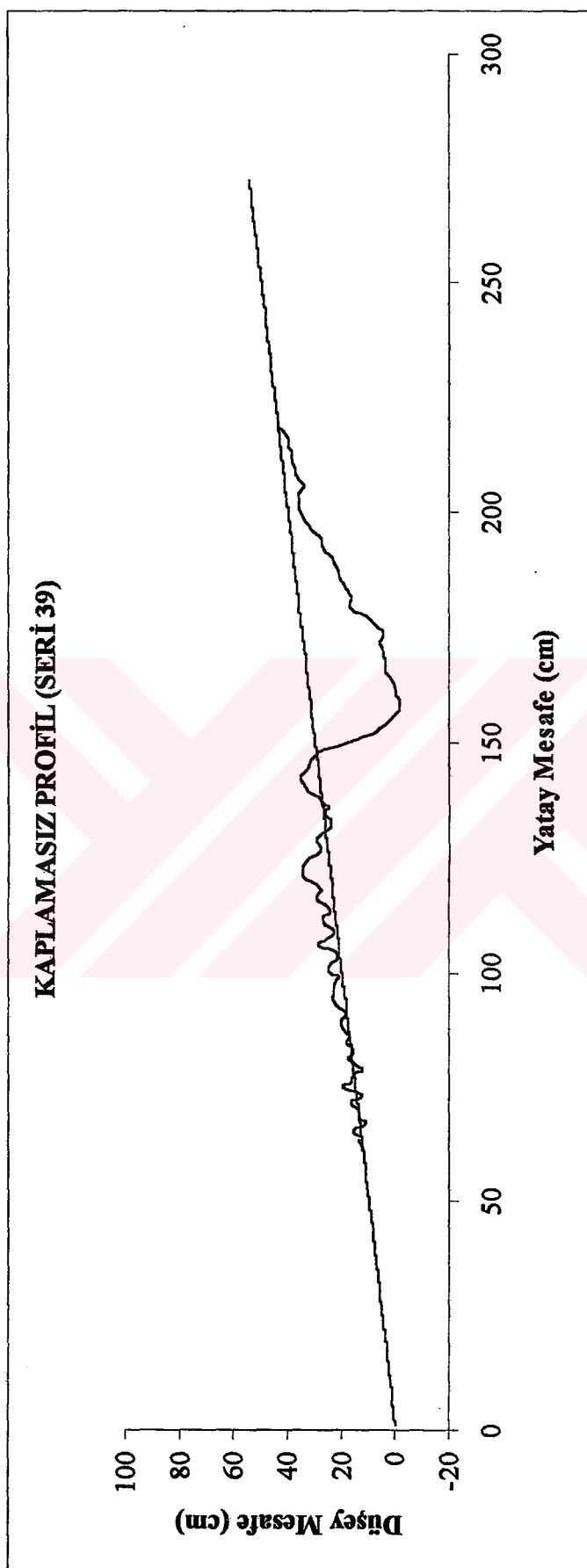
Şekil B.35 35 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



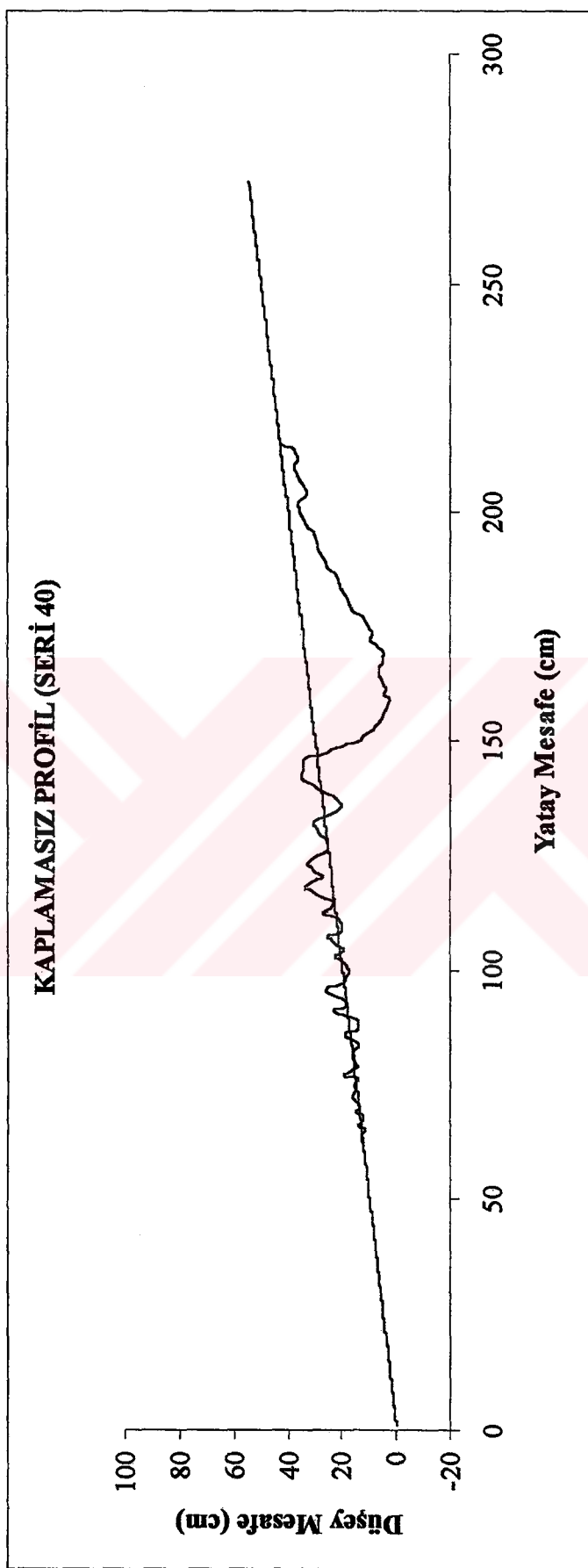
Şekil B.36 36 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



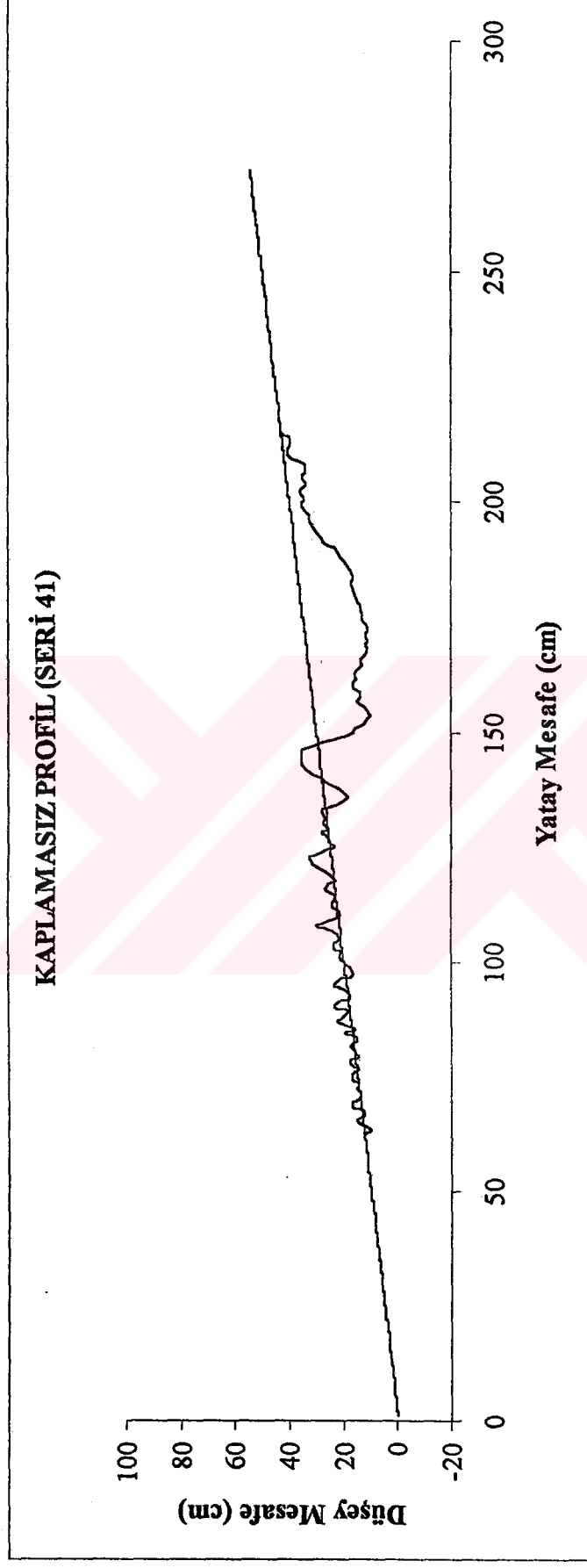
Şekil B.37 38 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



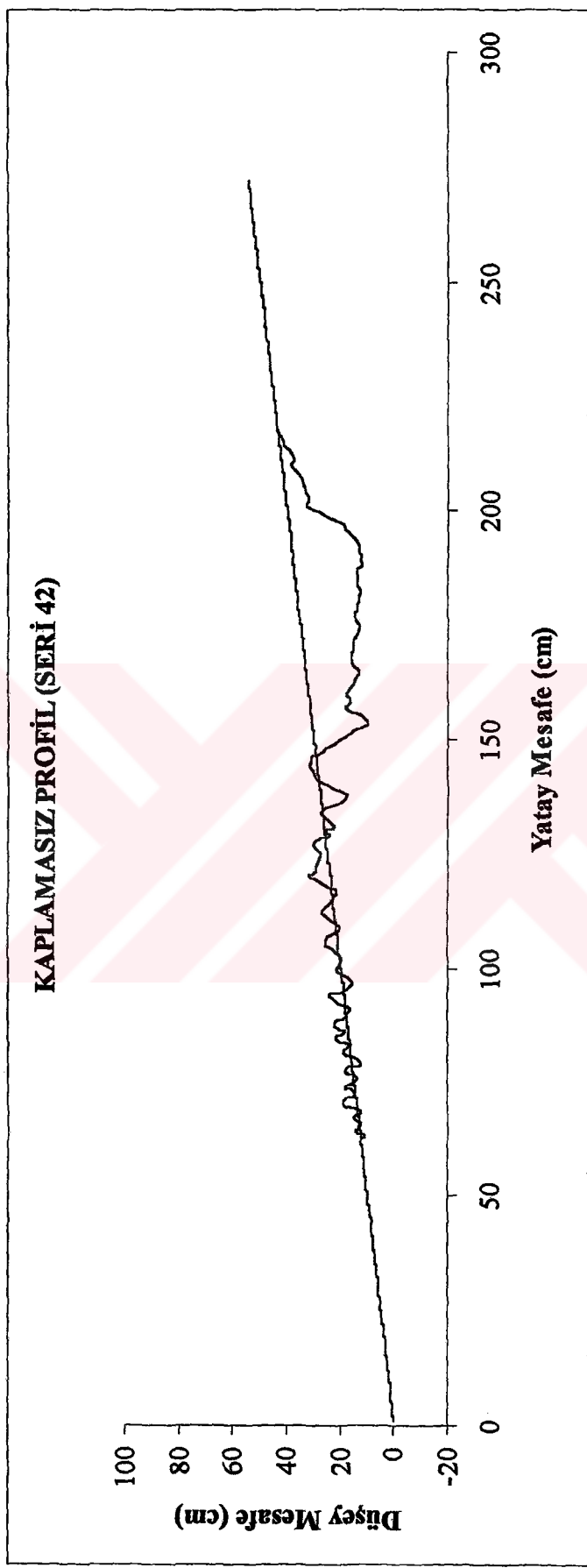
Şekil B.38 39 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



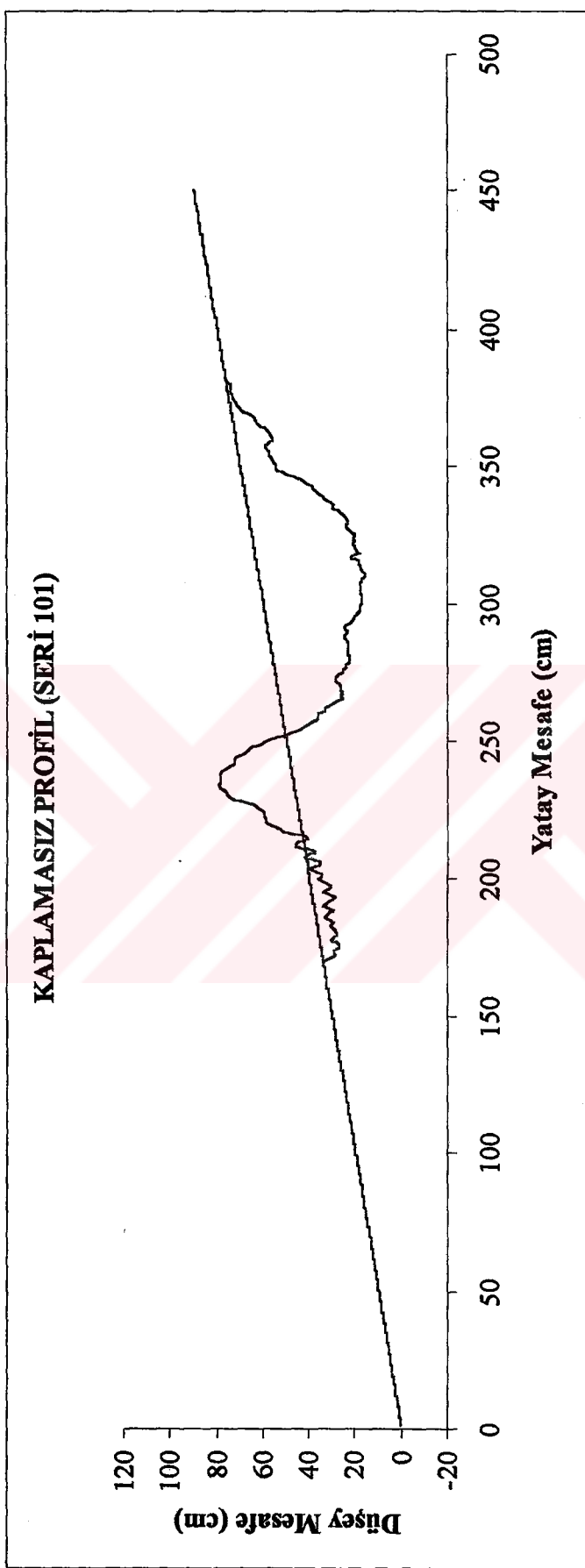
Şekil B.39 40 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



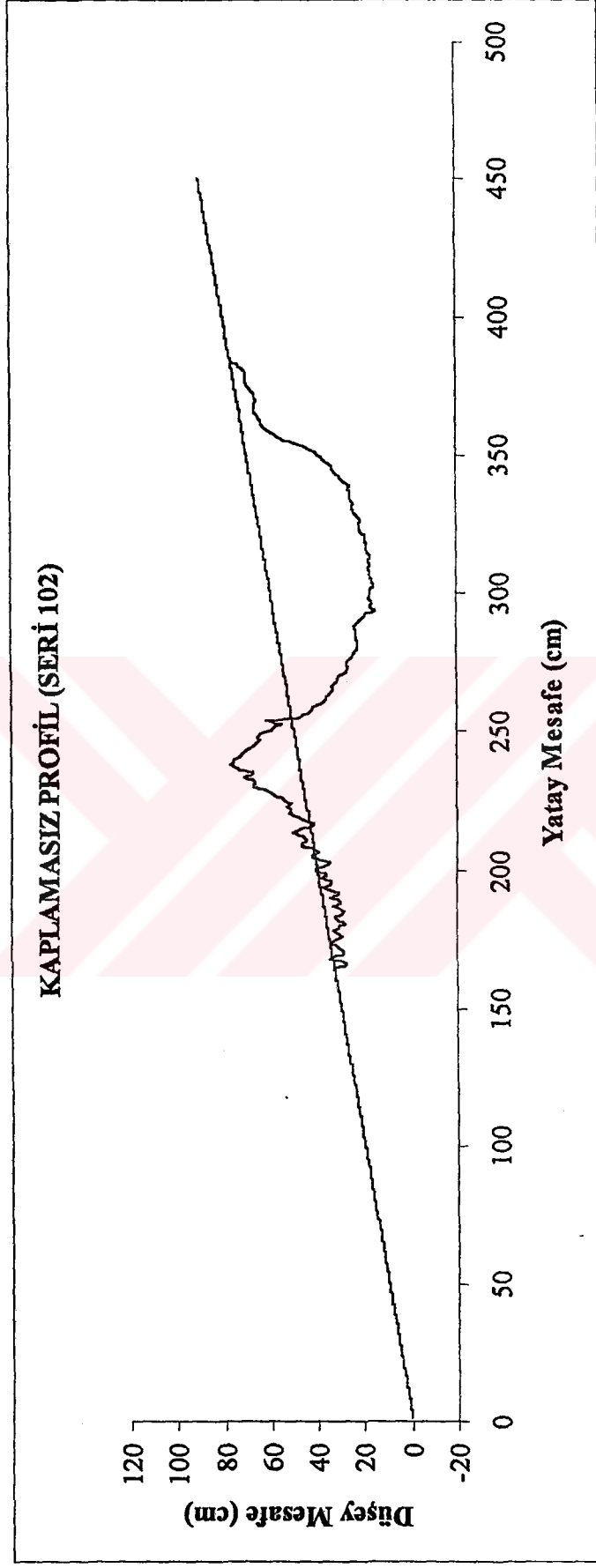
Şekil B.40 41 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



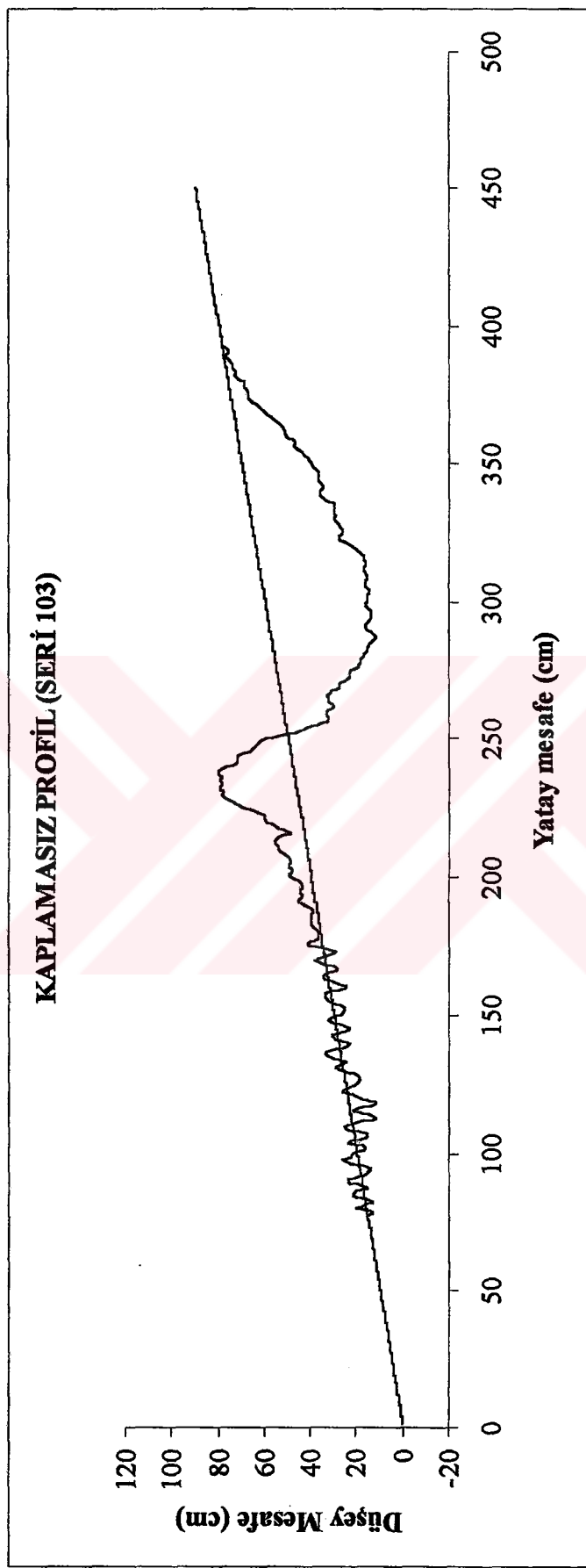
Şekil B.41 42 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



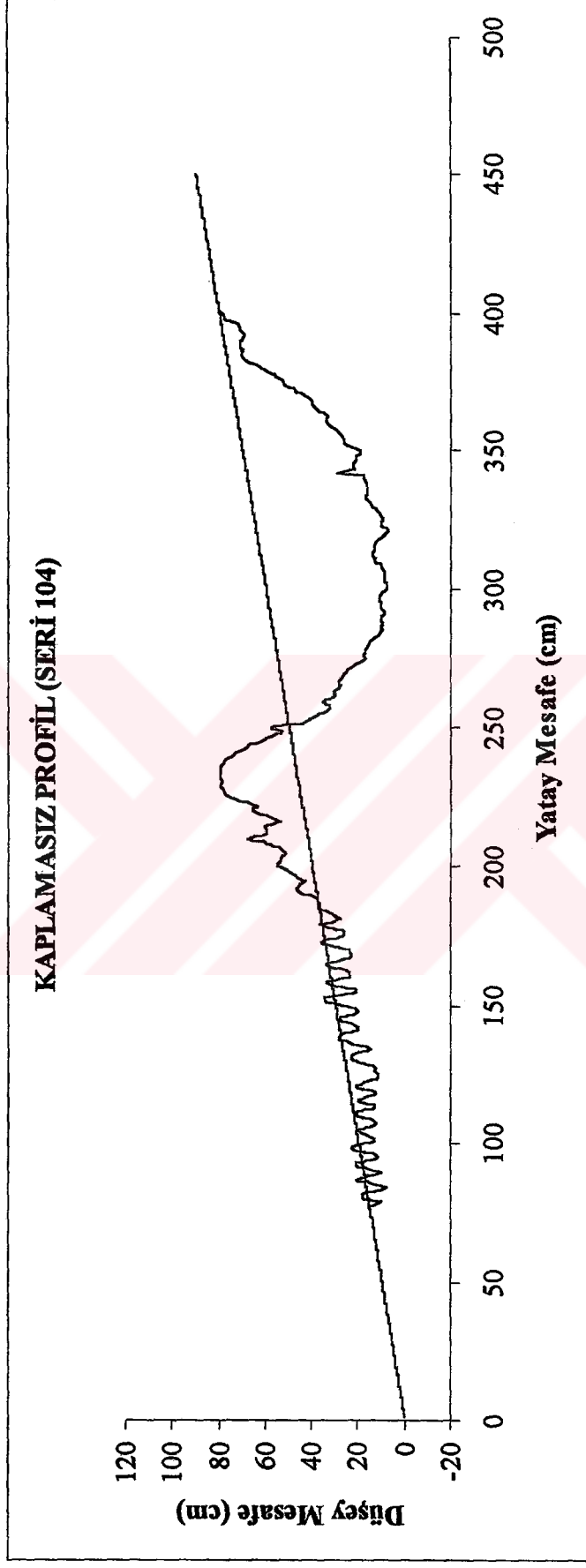
Şekil B.42 101 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



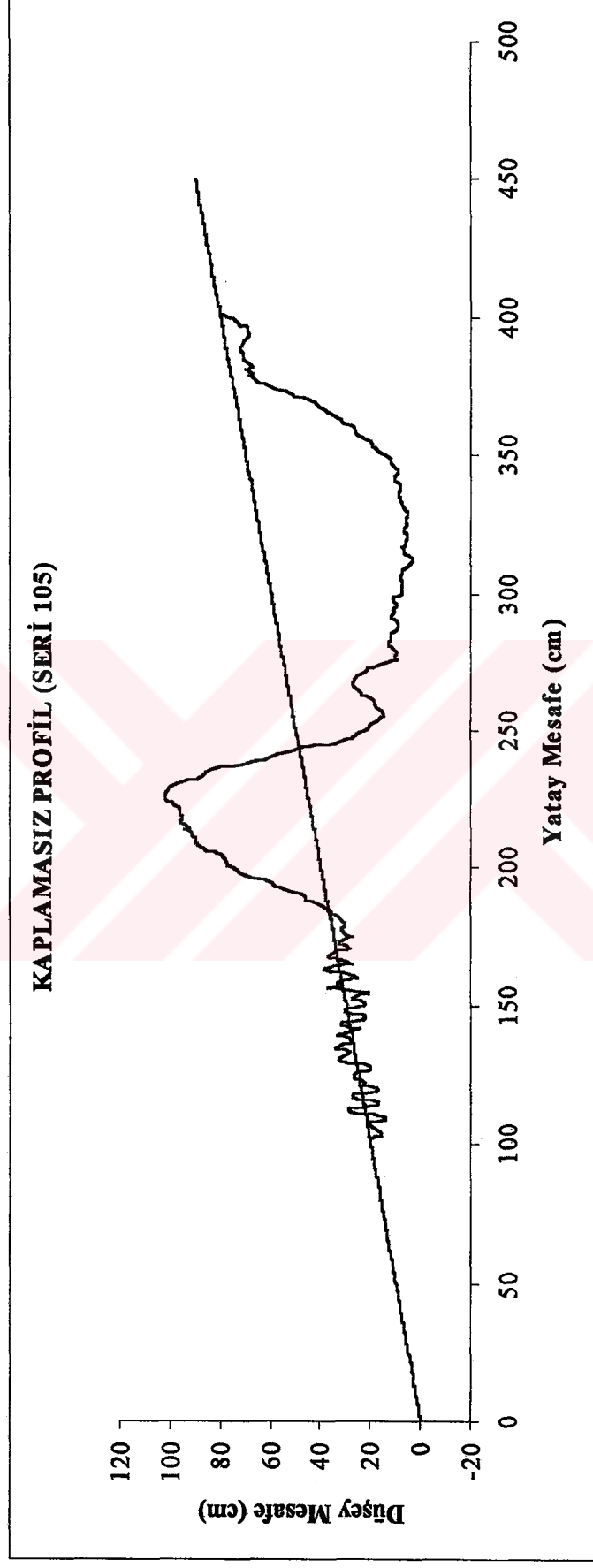
Şekil B.43 102 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinatat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



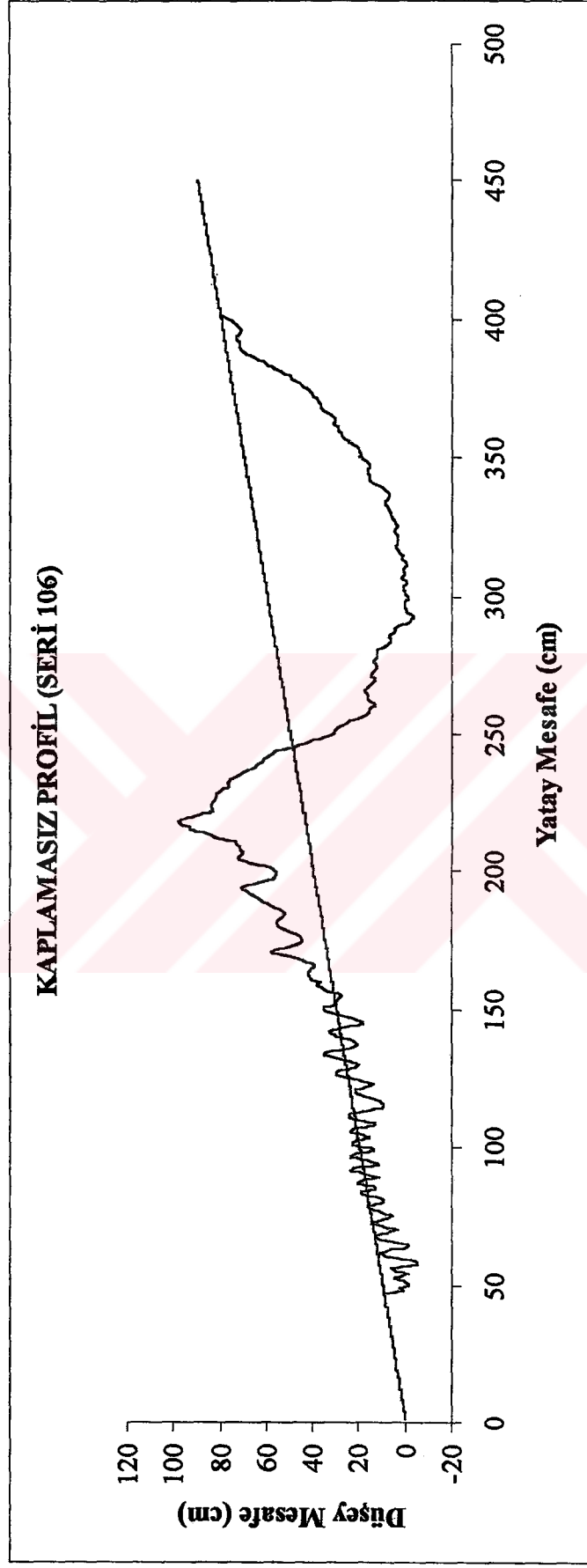
Şekil B.44 103 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



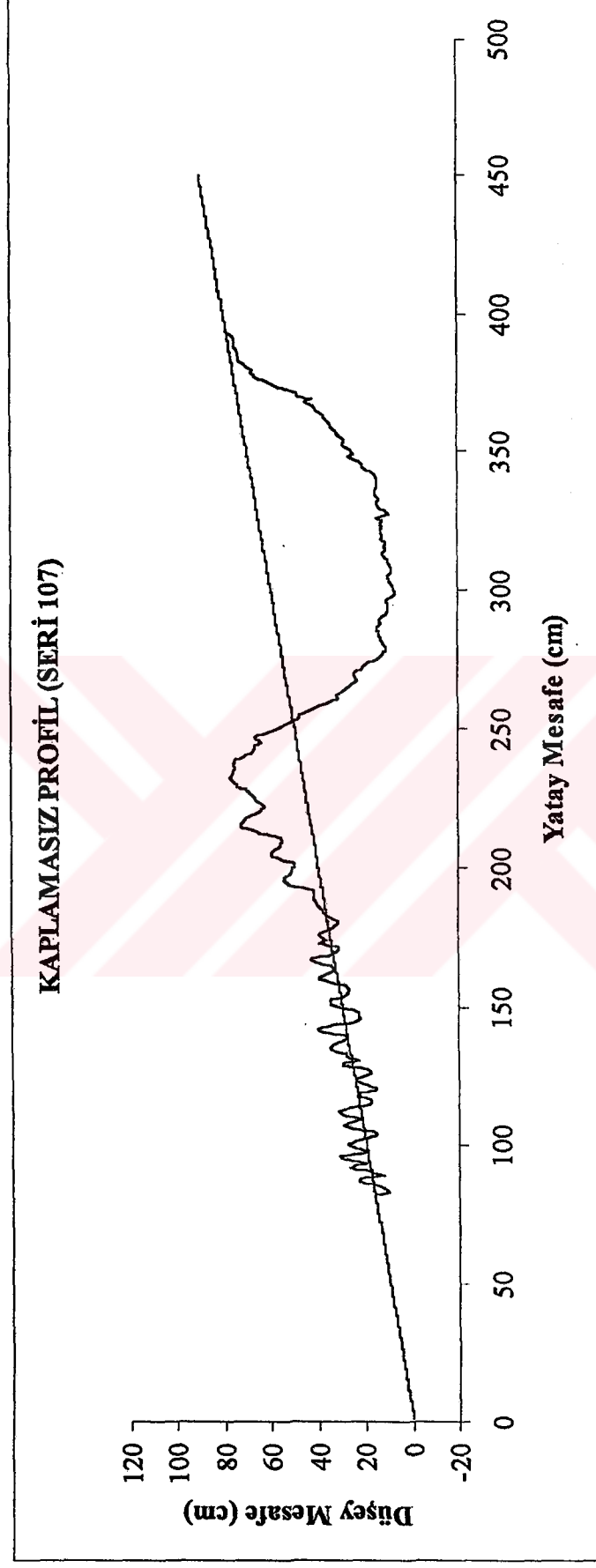
Şekil B.45 104 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



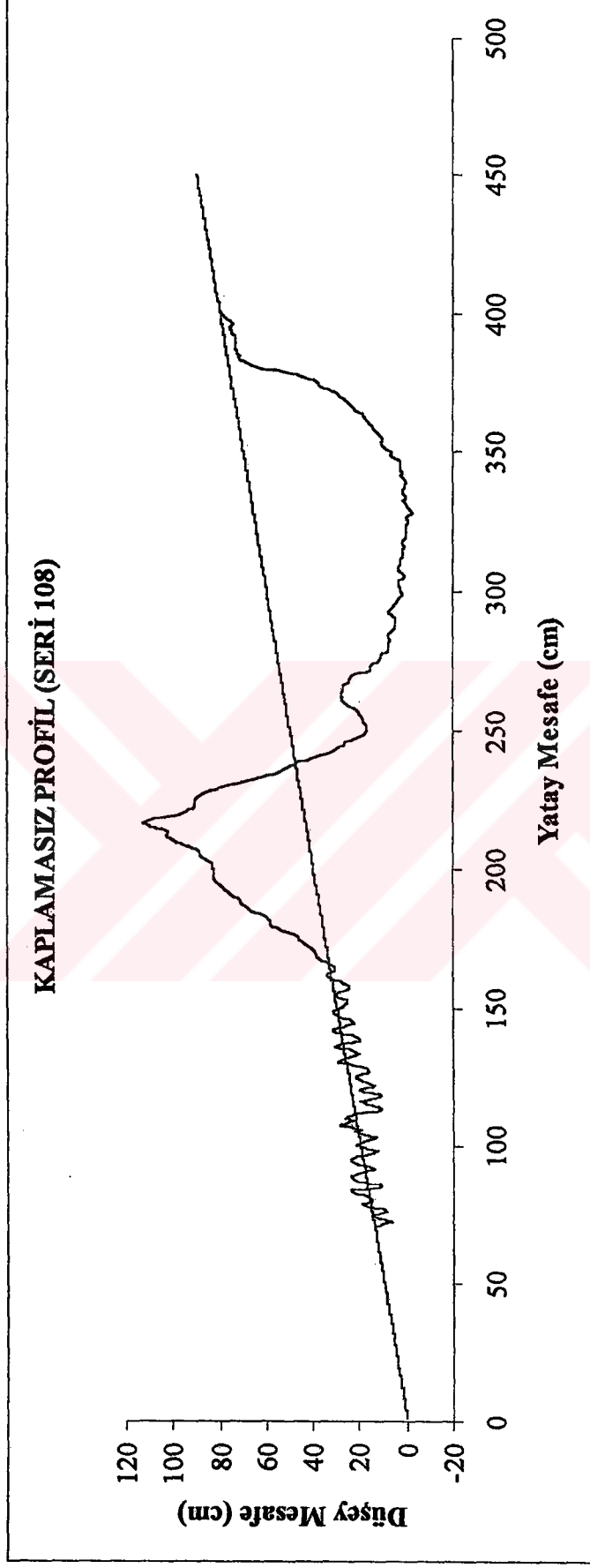
Şekil B.46 105 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



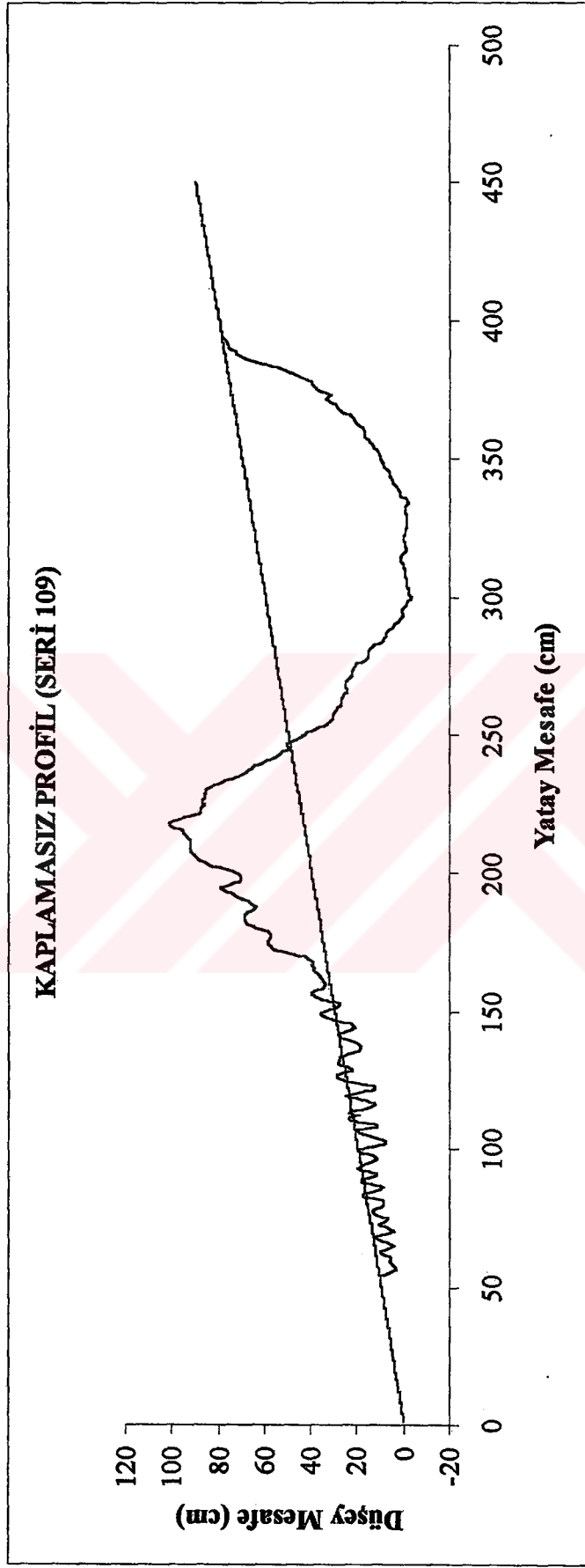
Şekil B.47 106 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



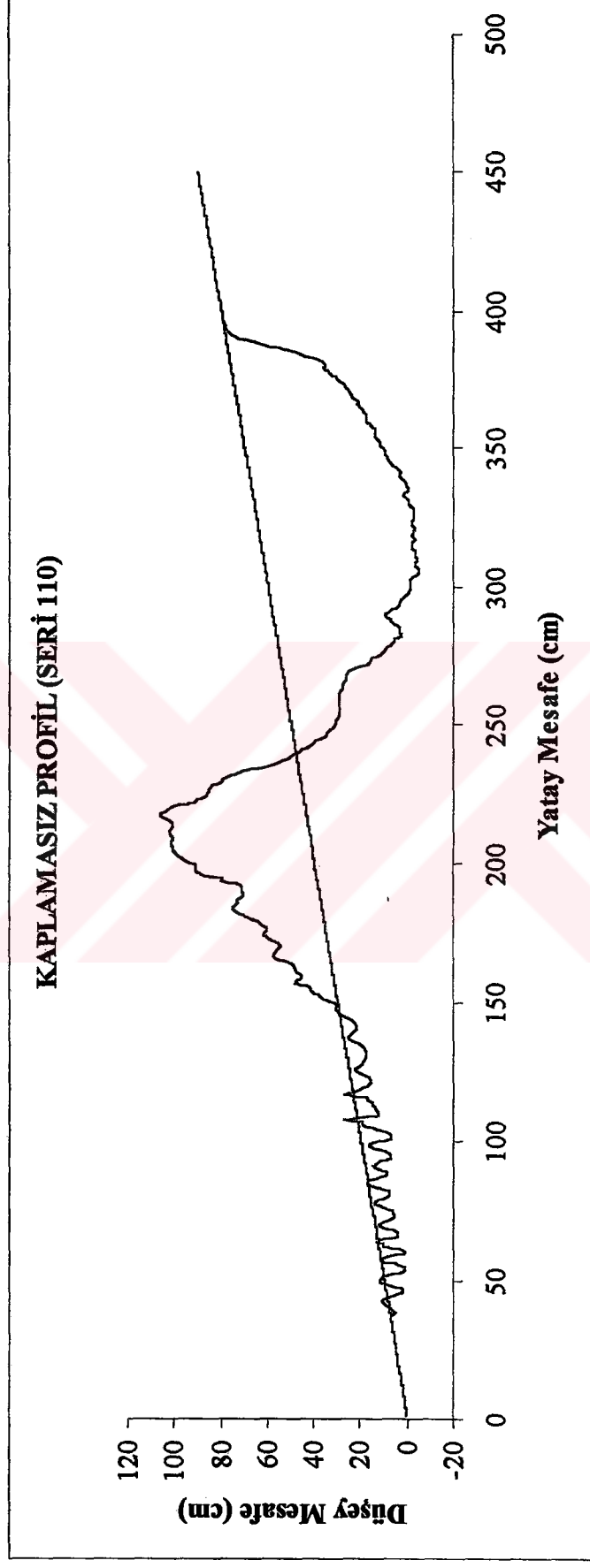
Şekil B.48 107 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



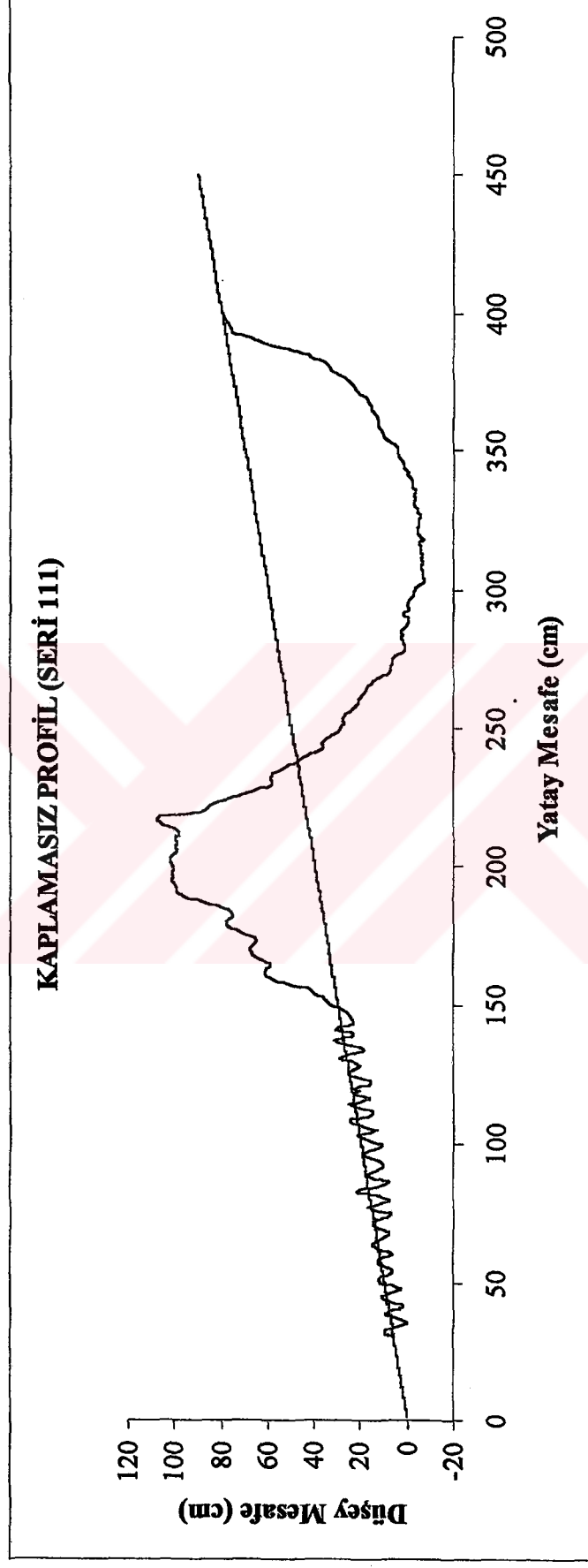
Şekil B.49 108 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinatat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



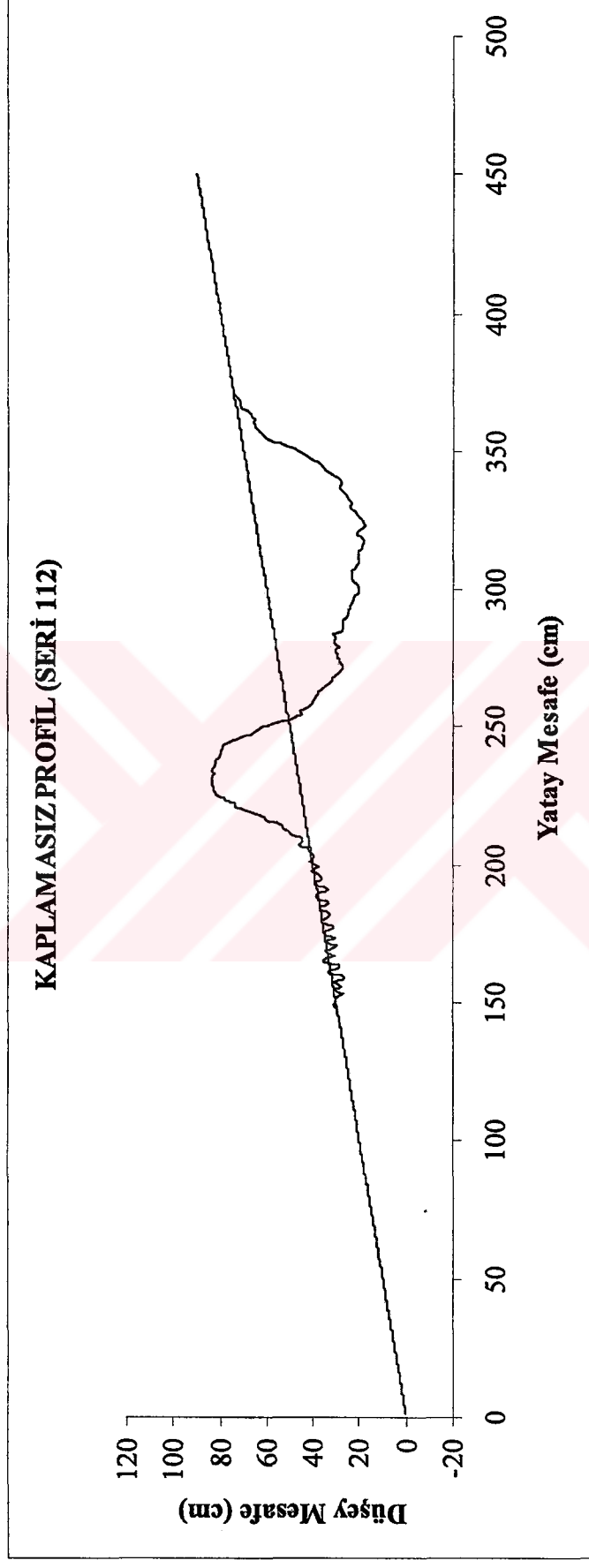
Şekil B.50 109 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



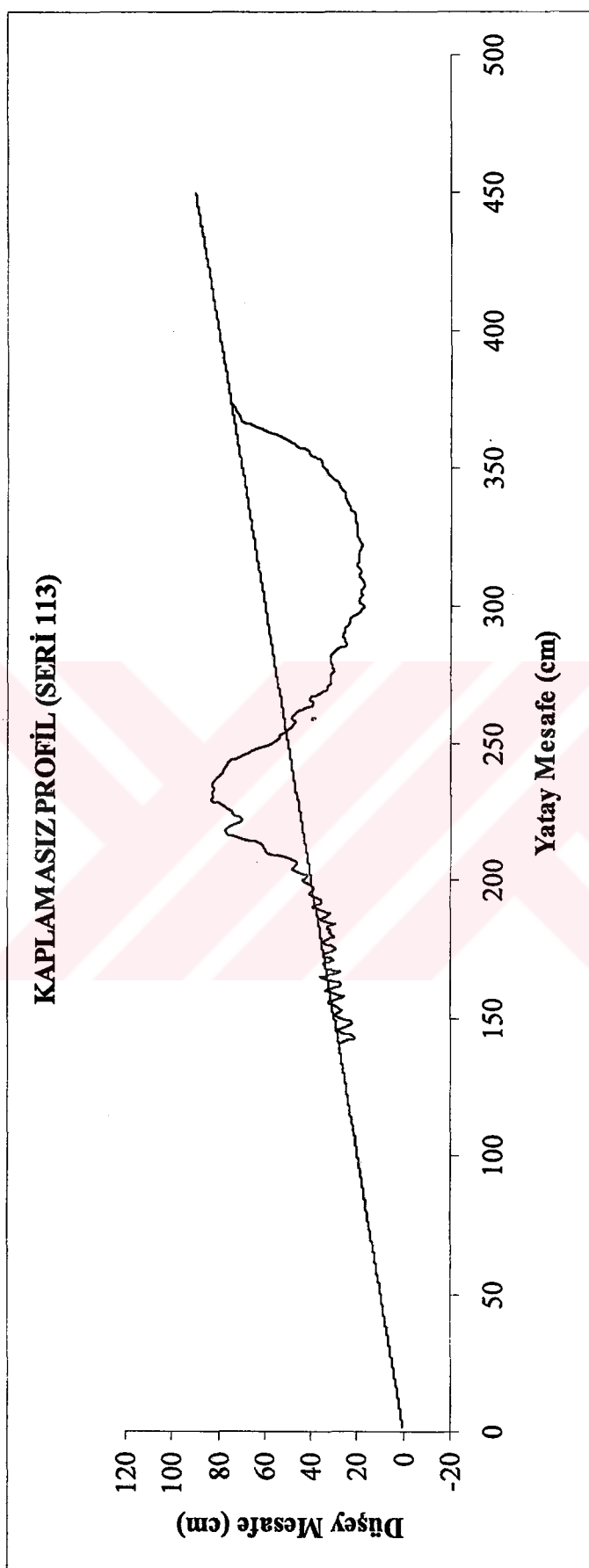
Şekil B.51 110 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



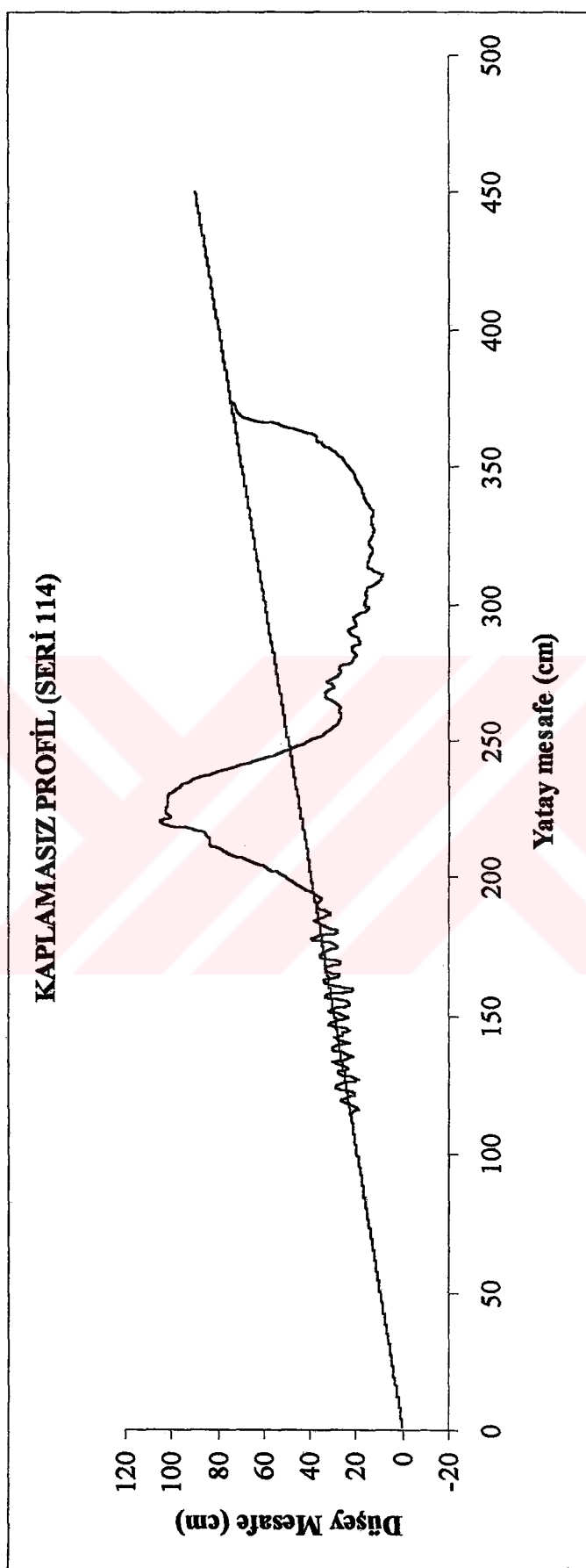
Şekil B.52 111 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



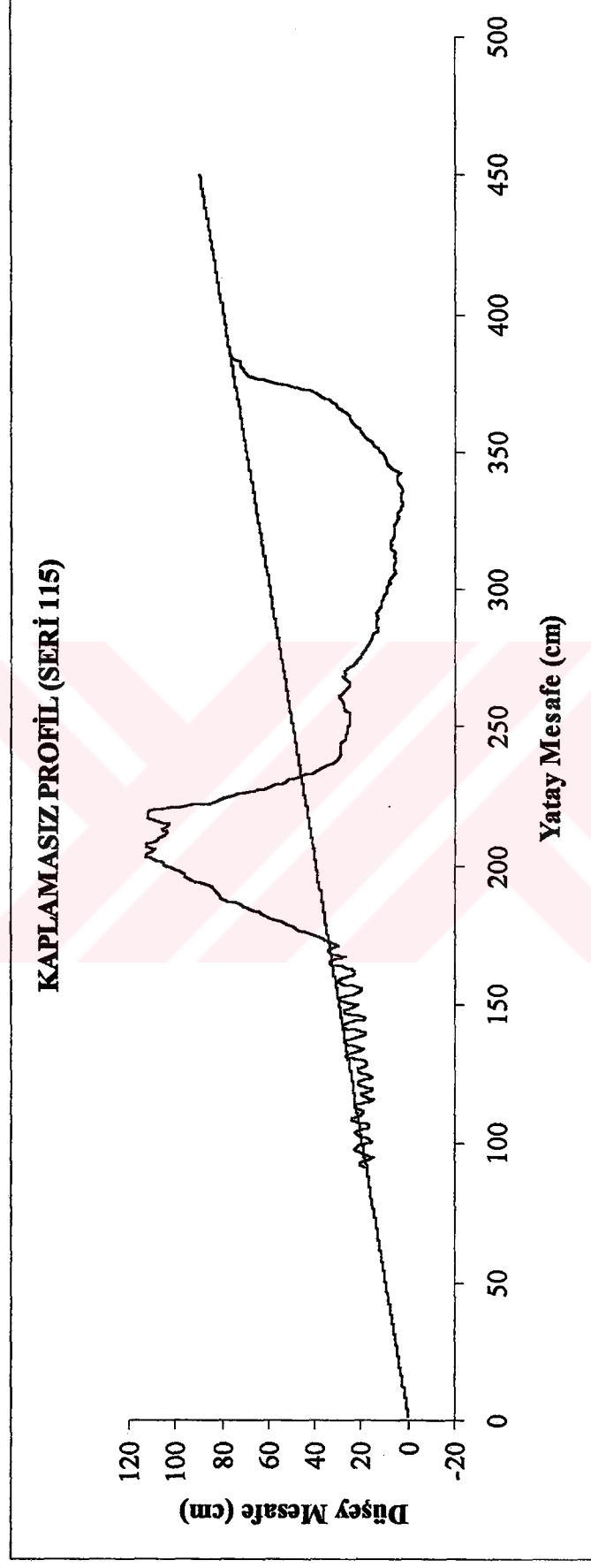
Şekil B.53 112 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



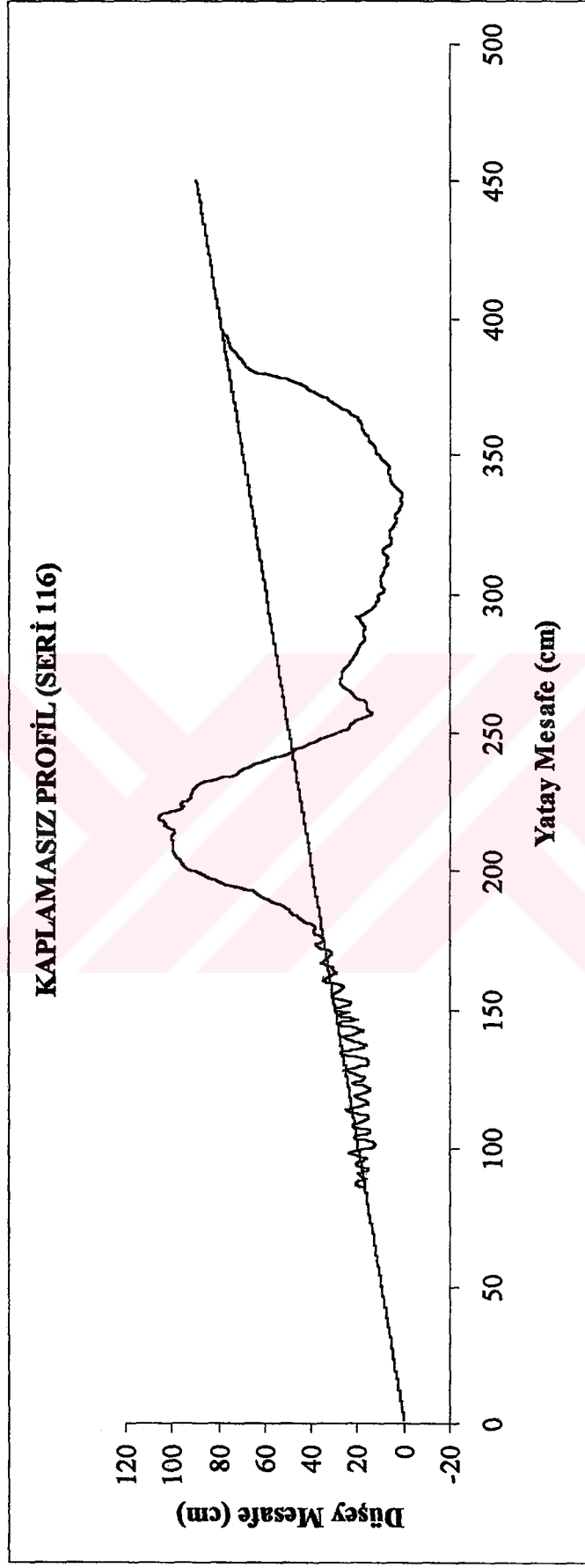
Şekil B.54 113 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinatat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



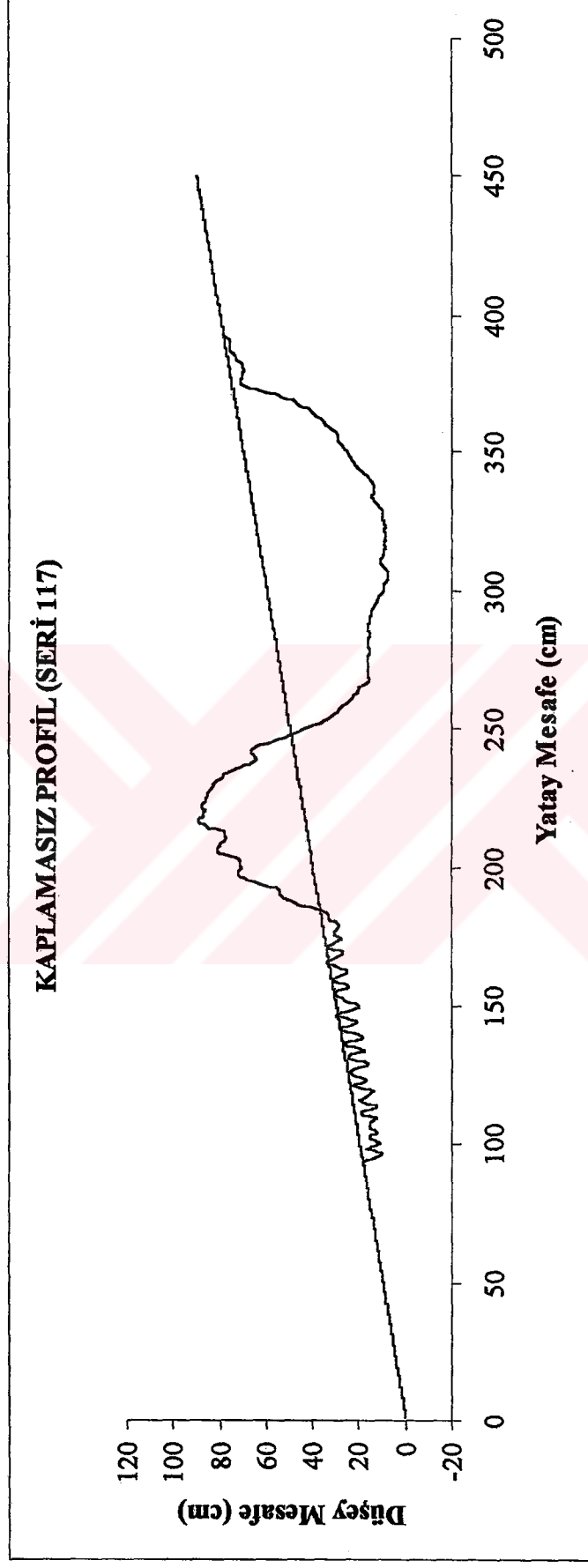
Şekil B.55 114 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



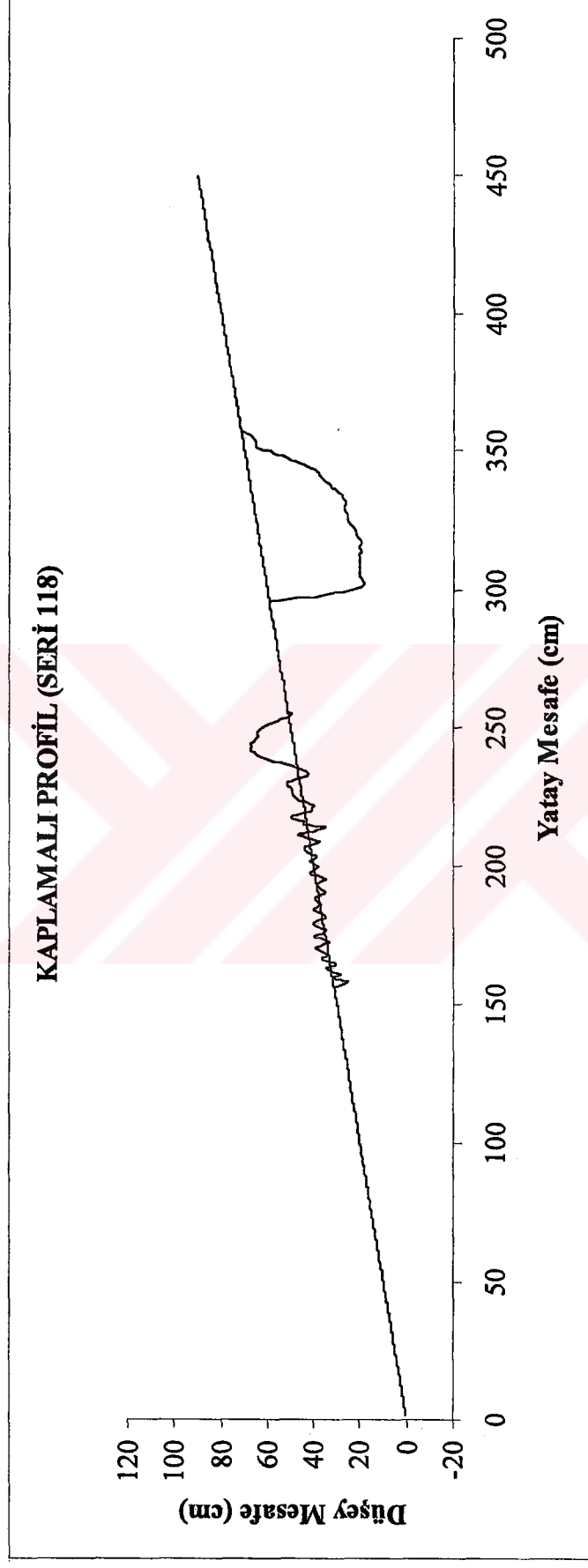
Şekil B.56 115 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



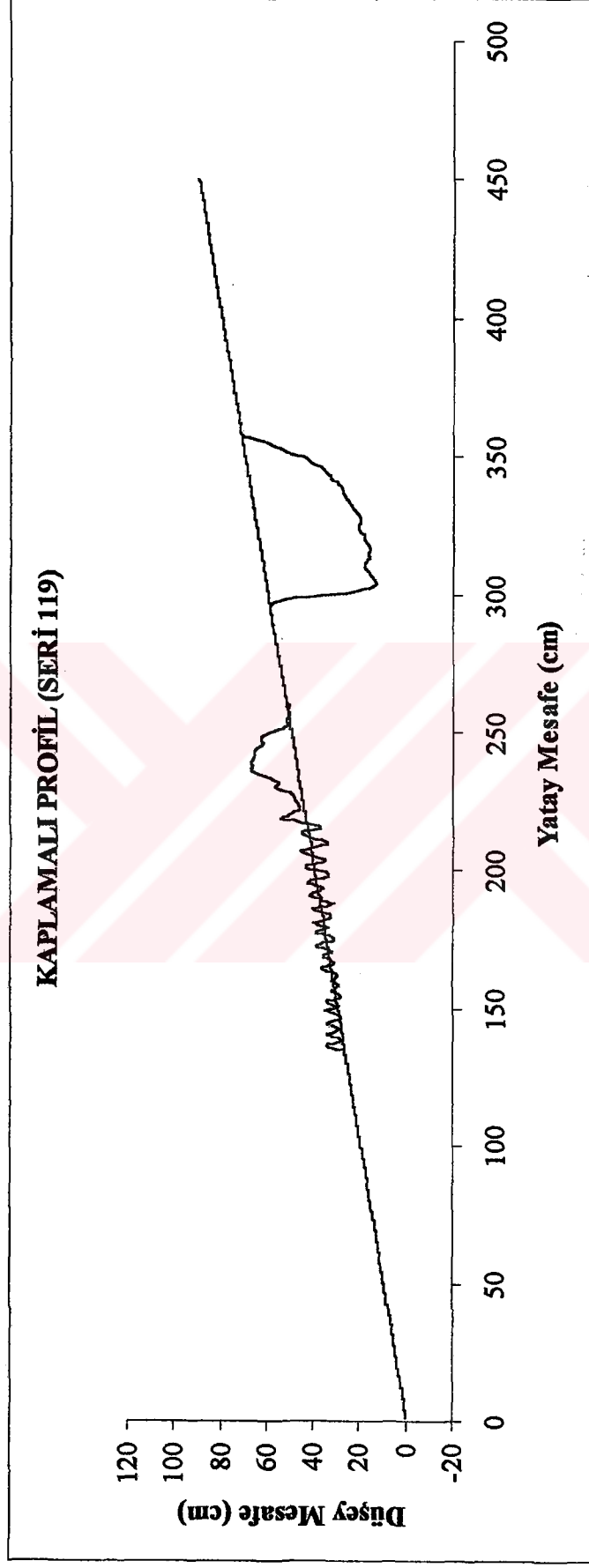
Şekil B.57 116 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



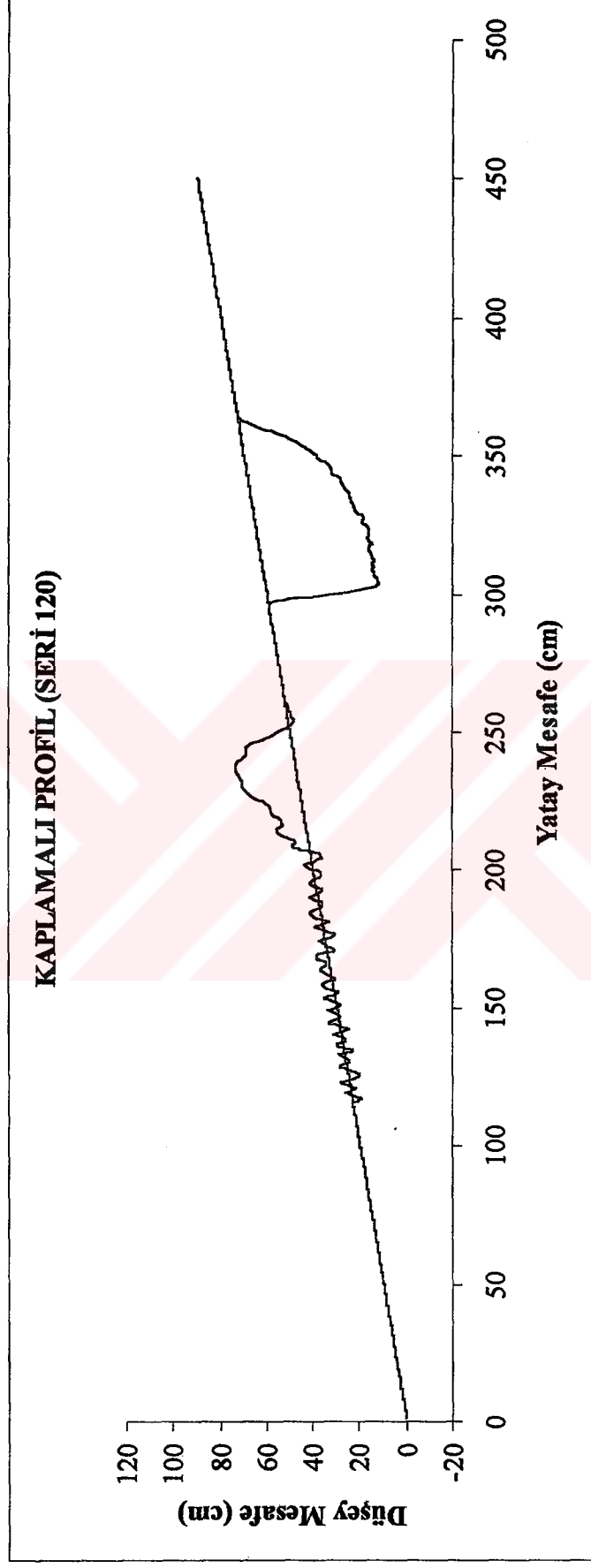
Şekil B.58 117 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



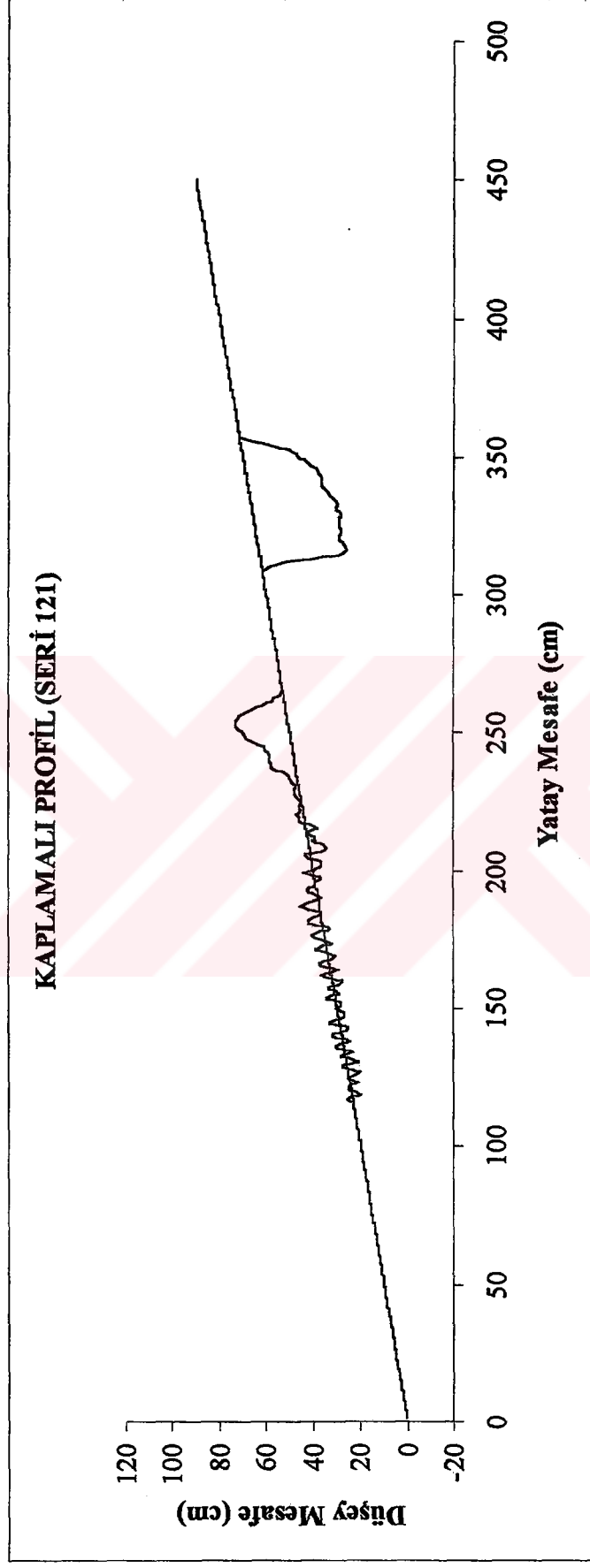
Şekil B.59 118 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 ile Çarpılarak Büyütülmüştür.)



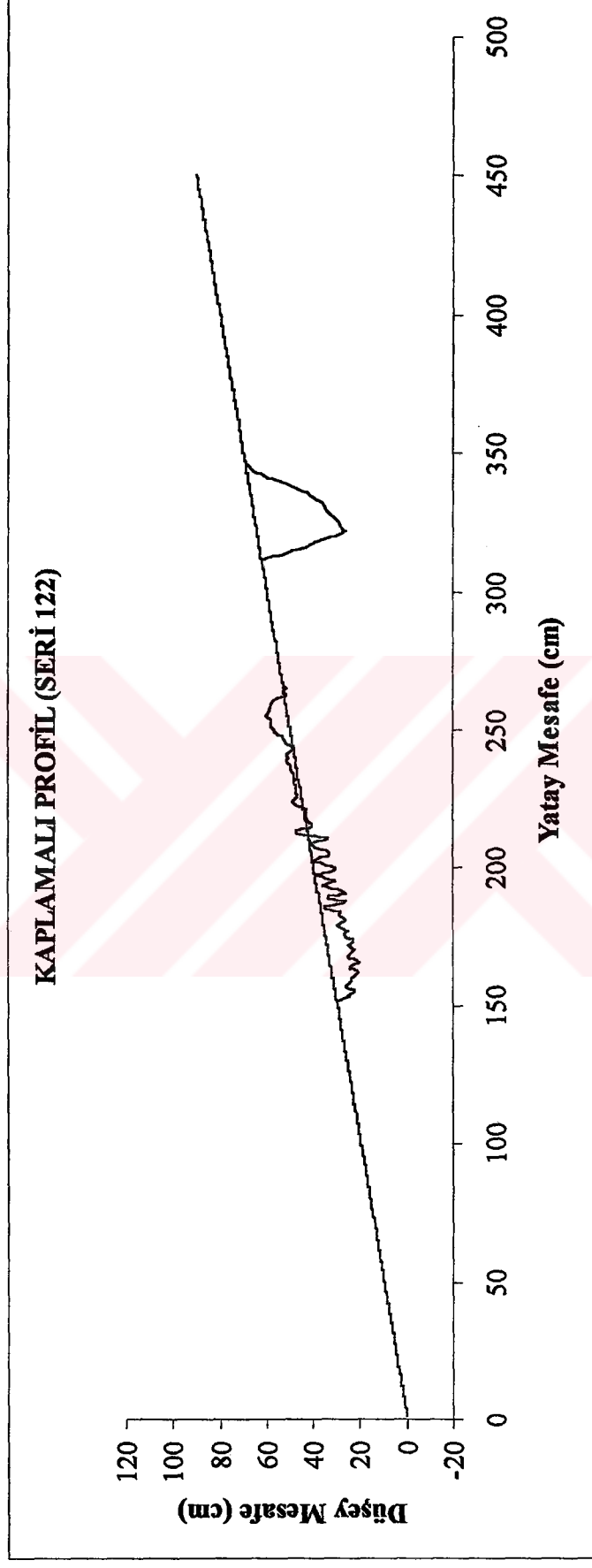
Şekil B.60 119 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



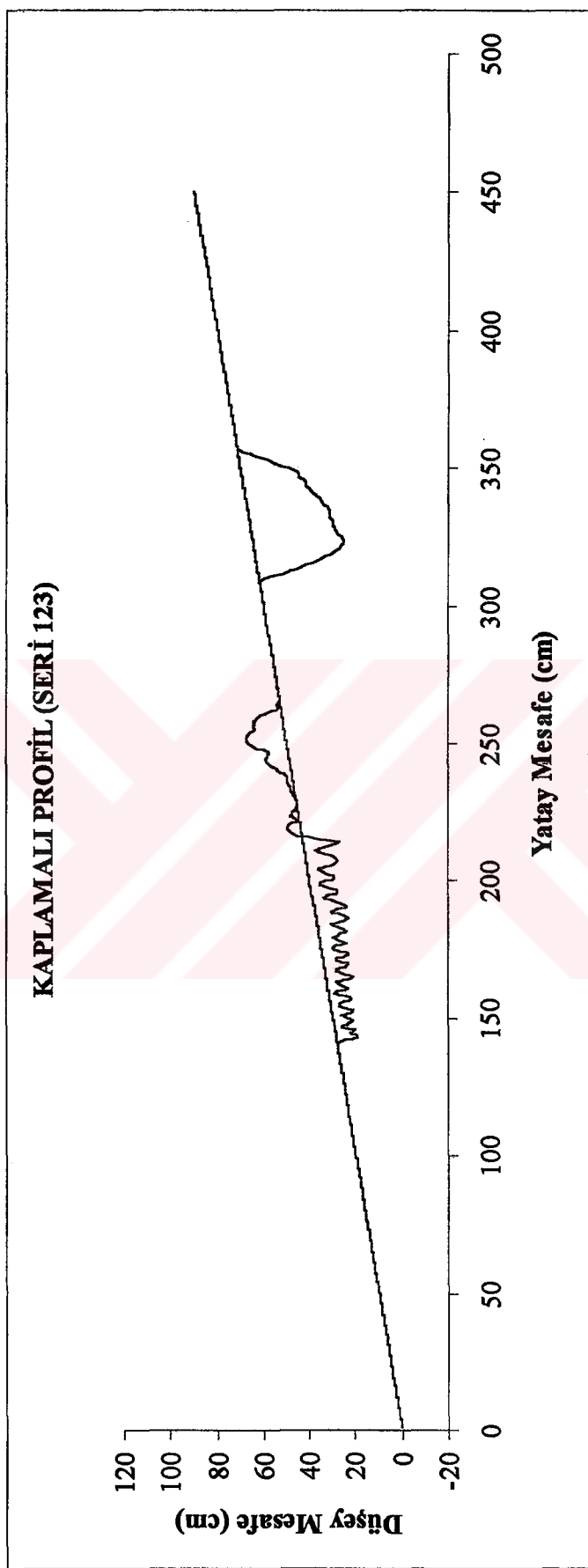
Şekil B.61 120 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



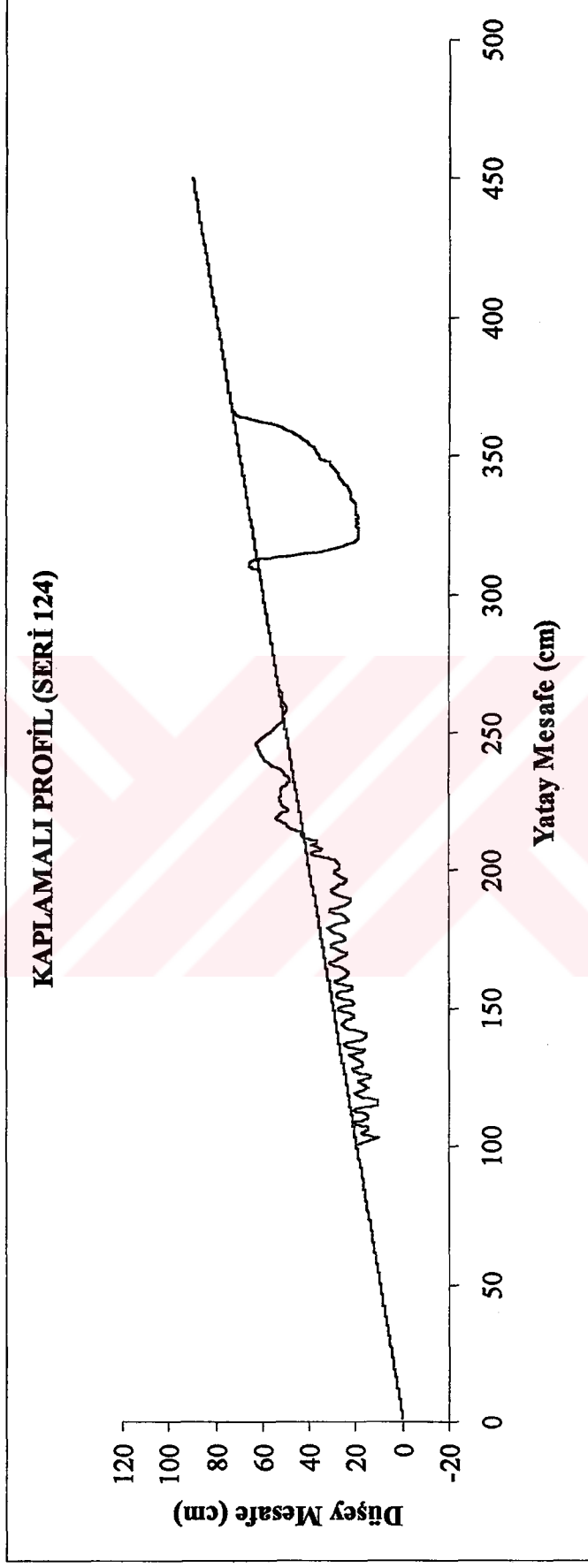
Şekil B.62 121 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



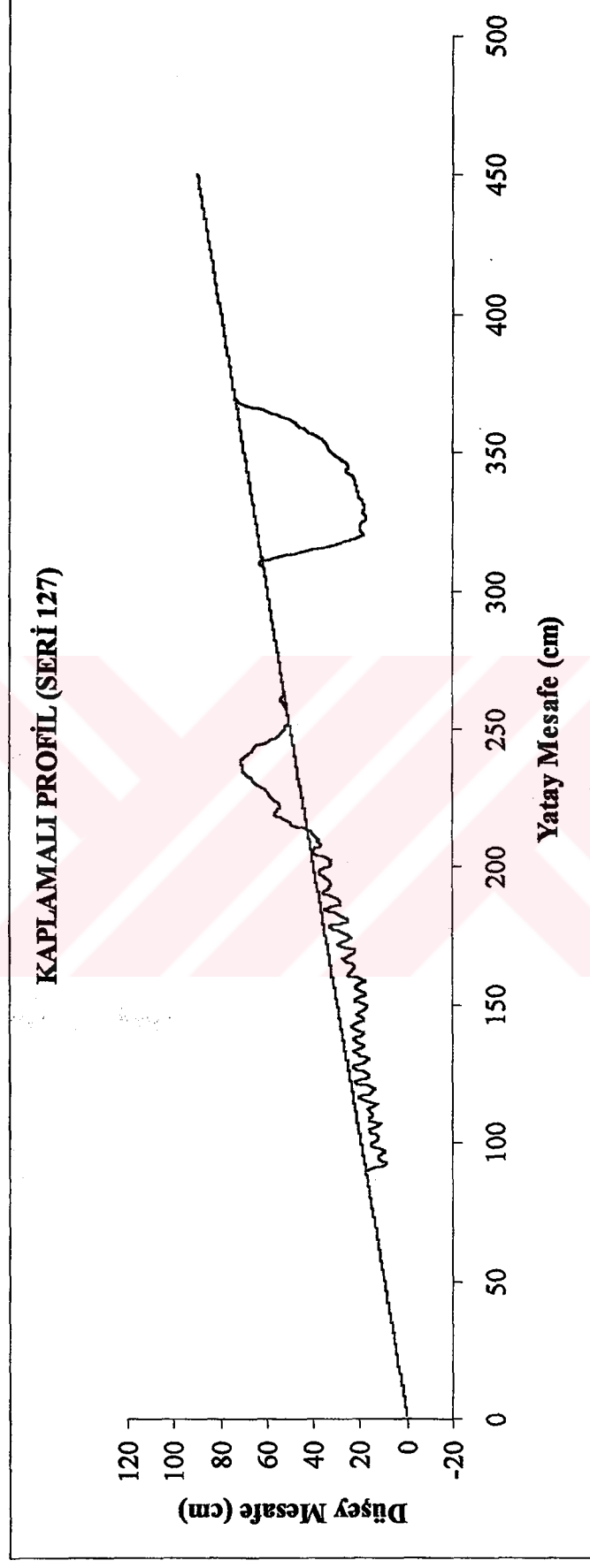
Şekil B.63 122 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinatt Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



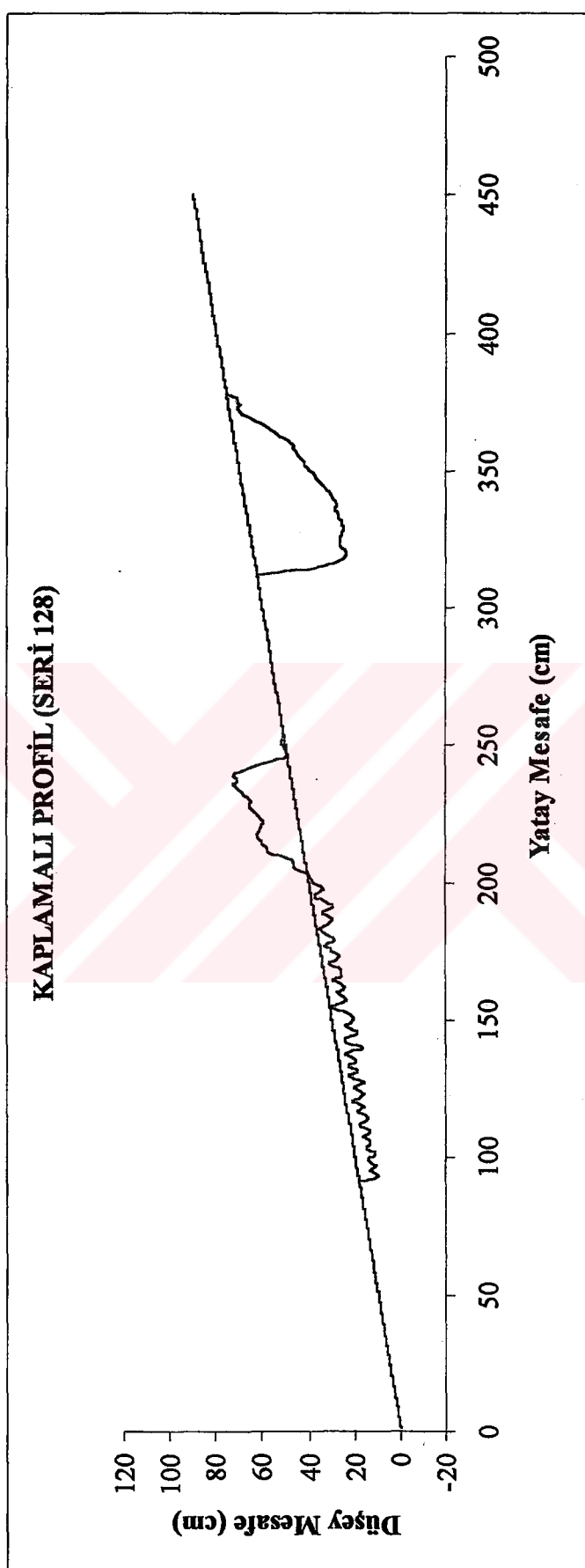
Şekil B.64 123 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



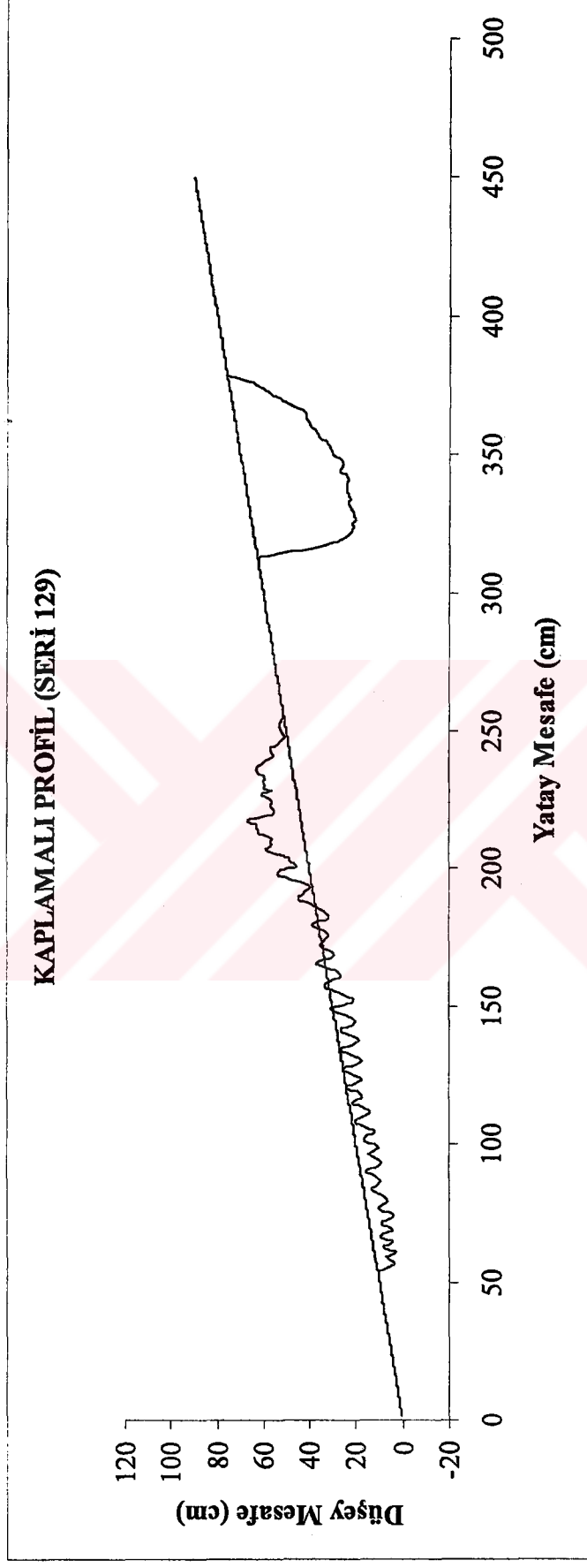
Şekil B.65 124 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



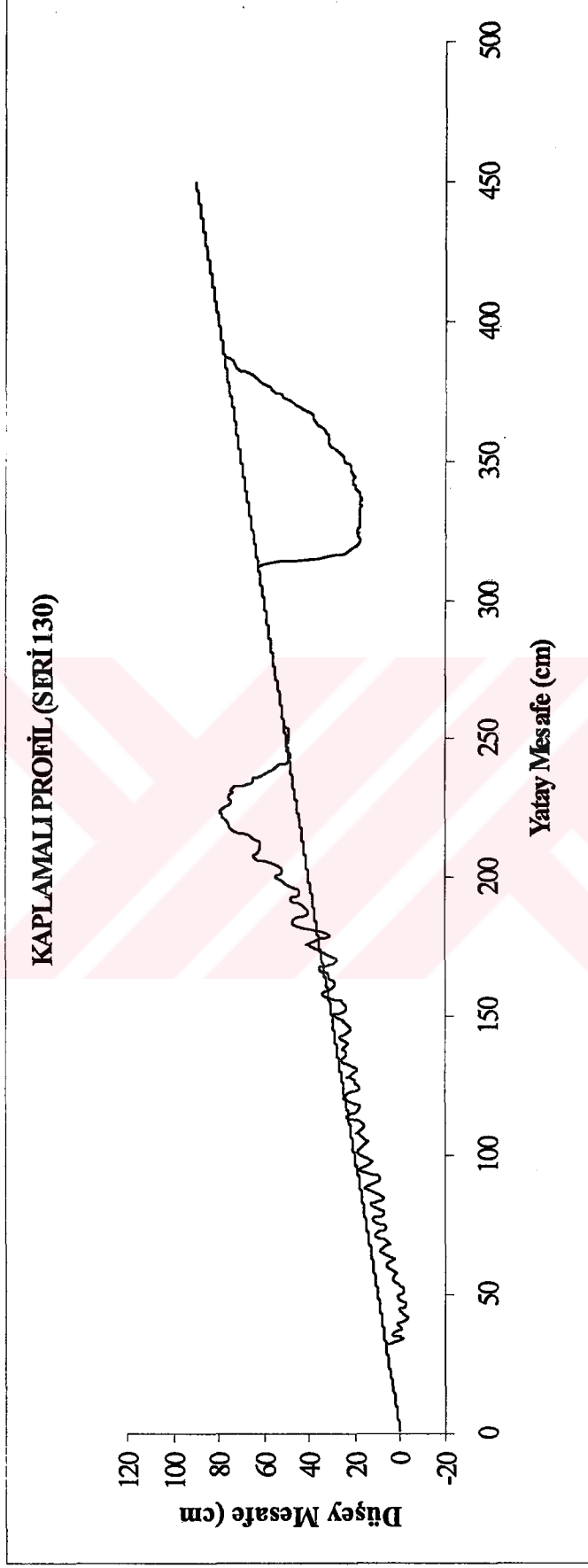
Şekil B.66 127 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinatt Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



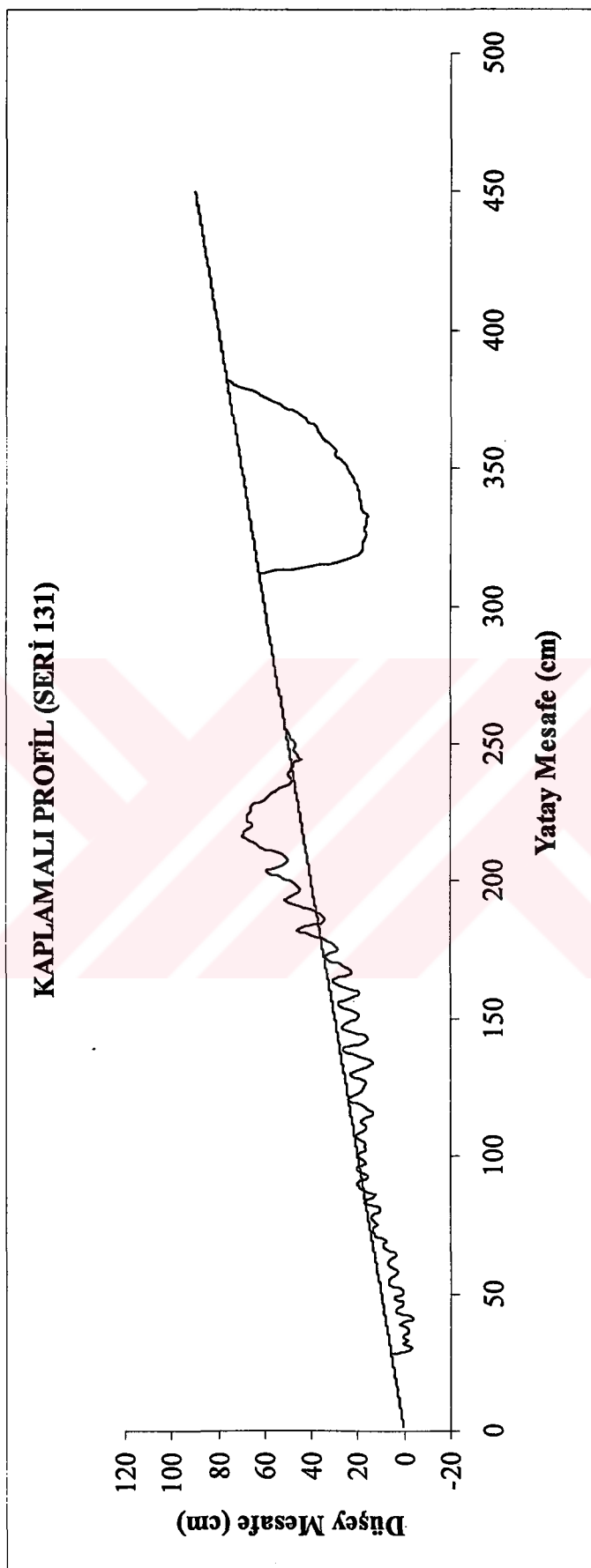
Şekil B.67 128 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



Şekil B.68 129 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinatat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



Şekil B.69 130 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)



Şekil B.70 131 Nolu Seri İçin Dinamik Profil Değişimi (Sonuç Profilin Ordinat Değerleri 10 İle Çarpılarak Büyütülmüştür.)

ÖZGEÇMİŞ

Kemal GÜNEYDİN, 1973 yılında Çankırı'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Amasya'da tamamladı. 1994 yılında Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Aynı yıl Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hidrolik Programında yüksek lisans eğitimine başladı. 1994 yılından itibaren Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalıştı. 1997 yılında yüksek lisans eğitimini tamamladı. 1998 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Mühendisliği programında doktora çalışmasına başladı. 1999 yılında başladığı tez çalışmasını Ocak 2001'de tamamlayarak teslim etmiş bulunmaktadır.

