

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TAŞ DOLGU DALGAKIRANLAR'DA RİSK ANALİZİ ve
BREAKWAT UYGULAMASI**

İnşaat Müh. A.Sonat İDİ

**FBE İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Hidrolik Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Yalçın YÜKSEL

İSTANBUL, 2005

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
ÖNSÖZ	xiv
ÖZET	xv
ABSTRACT	xvi
1. GİRİŞ	1
2. YAPI TİPLERİ VE HASAR MODLARI	2
2.1 Yapı Tipleri	2
2.2 Temel Hasar Modları ve Hasarın Tanımlanması	5
2.3 Hasarın Gözlemlenmesi ve Zamana Bağlı Hasar	11
2.4 Koruma Tabakalarının Tasarımı	14
2.4.1 Hudson İfadesi	14
2.4.2 Van der Meer İfadesi	18
2.4.3 Betonarme Koruma Tabakası Elemanları	20
2.4.4 Dalga Tırmanması, Aşması ve İletimi	21
3. RİSK ANALİZİ	23
3.1 Sistemlerin Hasar Olasılığı ve Hata Ağacı Analizi	23
3.2 Risk Belirleme	28
3.3 Tasarım Yaklaşımları	32
3.3.1 1.Seviye Yöntemler	34
3.3.1.1 Kısmi Katsayıları Belirleme Yöntemi	34
3.3.1.2 Kısmi Katsayıların Genel Biçimi ve Tasarım İfadeleri	36
3.3.2 2.Seviye Yöntemler	42
3.3.3 3.Seviye Yöntemler	50
4. KARABURUN BALIKÇI BARINAĞI DALGAKIRANI RİSK ANALİZİ	52
4.1 Karaburun Balıkçı Barınağı Dalgakıranı Özellikleri	52
4.1.1 Dalgakıran Kesitleri için Tasarım Dalga Yükseklikleri	57
4.1.2 Karaburun Balıkçı Barınağı Mevcut Taş Ağırlıkları	59
4.2 1.Seviye Risk Analizi	60

4.3	2.Seviye Risk Analizi	71
4.3.1	Weibull Dağılımı'na Bağlı Dalga Yükseklikleri	71
4.3.2	2.Seviye Risk Analizi ile Hasar Olasılıklarının Bulunması	83
4.4	BREAKWAT 3.0 Uygulaması	102
5.	DEĞERLENDİRME	129
5.1	1.Seviye Risk Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	129
5.2	2.Seviye Risk Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması	137
6.	SONUÇLAR.....	161
KAYNAKLAR.....		163
İNTERNET KAYNAKLARI		164
EKLER		165
Ek 1 Tasarım Dalgası'nın Belirlenmesi için Kırılma Hesapları.....		166
Ek 2 Weibull dağılımına bağlı dalga yükseklikleri grafikleri		175
Ek 3 Standart Normal Dağılım Tablosu (z'nin $-\infty$ ile 0.00 aralığındaki kısmı)		179
Ek 4 Standart Normal Dağılım Tablosu (z'nin 0.00 ile $+\infty$ aralığındaki kısmı)		180
ÖZGEÇMİŞ.....		181

SİMGE LİSTESİ

d	Su derinliği
d_b	Dalgakıran yapı derinliği
D_{n50}	Nominal taş çapı
f_i	Taş çapı azaltma faktörü
G	Güvenirlilik fonksiyonu
H_s	Belirgin dalga yüksekliği
H_b	Kırılan dalga yüksekliği
H_d	Tasarım dalga yüksekliği
H_{T_R}	Dönüş aralığına bağlı dalga yüksekliği
h_b	Kırılma derinliği
h_t	Topuk yapısı derinliği
i	Veri noktalarının sıra sayısı
K_D	Stabilite katsayısı
k_α, k_β, k_s	Optimizasyon katsayıları
L	Dalga boyu
N	Dalga sayısı (Fırtına süresi)
N_{H_s}	Dalga verilerinin sayısı
N_{od}	Rölatif hasar
N_s	Stabilite parametresi
N_{sim}	Simüle edilen nokta sayısı
P_f	Hasar olasılığı
P	Geçirimlilik
R	Dayanım fonksiyonu
$\bar{R}$	Standartlaştırılmış dayanım fonksiyonu
R_c	Kret Yüksekliği
S	Yük fonksiyonu
$\bar{S}$	Standartlaştırılmış yük fonksiyonu
S_d	Hasar seviyesi
S_{om}	Dalga dikliği
T	Dalga periyodu
W	İndirgenmiş değişken
W_{50}	Nominal taş ağırlığı
z	Standart normal değer
ξ_m	Surf parametresi
ξ_{mc}	Kritik surf parametresi
γ_s	Taş özgül ağırlığı
γ_w	Deniz suyu özgül ağırlığı
β	Güvenirlilik indeksi
μ	Ortalama değer

σ	Standart sapma
α_0	Dalga geliş açısı
α_i	Etki faktörü
ε	Şekil faktörü
ψ	Ölçek parametresi
γ	Yersel parametre
Δ	Rölatif kütle yoğunluğu
λ	Yıllık dalga yüksekliği veri sayısı

KISALTMA LİSTESİ

ADKT	Ağırlık Dalgaları Karakteristik Değişim Tablosu
CEM	The Coastal Engineering Manual
CUR/CIRIA	Construction Industry Research and Information Association
DLH	Demiryollar, Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü
FDA	First-order Design Point Approach
MESA	Marine Education Society of Australasia Inc.
MVA	Mean Value Approach
PIANC	Permanent International Association of Navigation Congresses

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	Temel dalgakıran kesitleri (CUR/CIRIA, 1991)	2
Şekil 2.2	Temel koruma duvarı tipleri (CUR/CIRIA, 1991)	3
Şekil 2.3	Çakıl sahil*	4
Şekil 2.4	Oyulma veya taban koruması uygulamaları (CUR/CIRIA, 1991)	4
Şekil 2.5	Taş koruma sisteminin bileşenleri (CUR/CIRIA, 1991)	6
Şekil 2.6	Dalgakıranların temel hasar modları (CUR/CIRIA, 1991).....	7
Şekil 2.7	Taş koruma yapılar için tipik hasar eğrisi (CUR/CIRIA, 1991).....	12
Şekil 2.8	Dalga sayısına bağlı olarak hasar değişimi (CUR/CIRIA, 1991).....	13
Şekil 2.9	Dalga kırılma tipleri (MESA**, 1999).....	17
Şekil 3.1	Basitleştirilmiş bir hata ağacı örneği (CEM, 2001).....	23
Şekil 3.2	Seri ve paralel sistemler (CEM, 2001)	24
Şekil 3.3	Bir hata ağacının seri ve paralel sistemlere ayrılması (CEM, 2001).....	25
Şekil 3.4	Bir dalgakıran için basitleştirilmiş hata ağacı (CEM, 2001)	27
Şekil 3.5	Şematik bir koruma sistemi (Reeve vd., 2004)	29
Şekil 3.6	Yapı ömrü süresince yük ve dayanımın zamana bağlı değişimi (Reeve vd., 2004).....	31
Şekil 3.7	İki bağımsız değişkene bağlı hasar olasılığı, R ve S (Reeve vd., 2004).....	33
Şekil 3.8	Koşullu olasılık (PIANC, 1997)	37
Şekil 3.9	Güvenirlilik indeksinin gösterimi, β (Reeve vd., 2004)	43
Şekil 3.10	Güvenirlilik indeksinin geometrik gösterimi (Reeve vd., 2004)	44
Şekil 3.11	Hasofer ve Lind güvenirlilik indeksi geometrik gösterimi (Reeve vd., 2004)	50
Şekil 4.1	Karaburun mevki (Yüksel vd., 2003)	52
Şekil 4.2	Karaburun balıkçı barınağı planı (Yüksel vd., 2003)	53
Şekil 4.3	Karaburun balıkçı barınağı'nın genel görünümü (Yüksel vd., 2003).....	53
Şekil 4.4	Karaburun yöresine yakın meteoroloji istasyonları (Yüksel vd., 2003).....	54
Şekil 4.5	Karaburun balıkçı barınağı yönden bağımsız en büyük değer dalga istatistiği (Kumköy meteoroloji istasyonu rüzgar verilerine göre) (Yüksel vd., 2003)	56
Şekil 4.6	Karaburun balıkçı barınağı en büyük değer dalga istatistiği (Kumköy Meteoroloji İstasyonu rüzgar verileri ve yönlerine göre) (Yüksel vd., 2003)	57
Şekil 4.7	Dalgakıran kesitlerinin gösterimi (Yüksel vd., 2003)	58
Şekil 4.8	A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri için hasar olasılıklarına bağlı taş çapları ($\cot \alpha = 1.5$).....	64
Şekil 4.9	A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri için hasar olasılıklarına bağlı taş çapları ($\cot \alpha = 2.5$)	64
Şekil 4.10	A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri için hasar olasılıklarına bağlı taş çapları ($\cot \alpha = 3.0$)	65
Şekil 4.11	A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri için hasar olasılıklarına bağlı taş çapları ($\cot \alpha = 1.5$).....	65
Şekil 4.12	A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri için hasar olasılıklarına bağlı taş çapları ($\cot \alpha = 2.5$)	66
Şekil 4.13	A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri için hasar olasılıklarına bağlı taş çapları ($\cot \alpha = 3.0$)	66
Şekil 4.14	C-C, L-L kesitleri için hasar olasılıklarına bağlı taş çapları ($\cot \alpha = 1.5$)	68
Şekil 4.15	C-C, L-L kesitleri için hasar olasılıklarına bağlı taş çapları ($\cot \alpha = 2.5$).....	68

Şekil 4.16	C-C, L-L kesitleri için hasar olasılıklarına bağlı taş çapları ($\cot \alpha = 3.0$)	69
Şekil 4.17	C-C, L-L kesitleri için hasar olasılıklarına bağlı taş çapları ($\cot \alpha = 1.5$)	69
Şekil 4.18	C-C, L-L kesitleri için hasar olasılıklarına bağlı taş çapları ($\cot \alpha = 2.5$)	70
Şekil 4.19	C-C, L-L kesitleri için hasar olasılıklarına bağlı taş çapları ($\cot \alpha = 3.0$)	70
Şekil 4.20	Weibull (Goda'nın tanımladığı c_1 ve c_2 ifadeleri için) dağılımına bağlı dalga yüksekliği	79
Şekil 4.21	Weibull ($c_1 = 0$ ve $c_2 = 1$ için) dağılımına bağlı dalga yüksekliği	79
Şekil 4.22	Weibull (Goda'nın tanımladığı c_1 ve c_2 ifadeleri için) dağılımına bağlı dalga yüksekliği	80
Şekil 4.23	Weibull ($c_1 = 0$ ve $c_2 = 1$ için) dağılımına bağlı dalga yüksekliği	80
Şekil 4.24	Weibull dağılımına bağlı Karaburun balıkçı barınağı yönden bağımsız en büyük değer dalga istatistiği	82
Şekil 4.25	2.Seviye risk analizi tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 10 için)	94
Şekil 4.26	2.Seviye risk analizi tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 40 için)	95
Şekil 4.27	2.Seviye risk analizi tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 40 için)	96
Şekil 4.28	2.Seviye risk analizi tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 60 için)	97
Şekil 4.29	2.Seviye risk analizi tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 10 için)	98
Şekil 4.30	2.Seviye risk analizi tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 20 için)	99
Şekil 4.31	2.Seviye risk analizi tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 40 için)	100
Şekil 4.32	2.Seviye risk analizi tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 60 için)	101
Şekil 4.33	BREAKWAT 3.0 başlangıç ekranı*	103
Şekil 4.34	$S_d = 2$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 10)	106
Şekil 4.35	$S_d = 6$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 10)	106
Şekil 4.36	$S_d = 8$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 10)	107
Şekil 4.37	$S_d = 2$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 20)	109
Şekil 4.38	$S_d = 6$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 20)	109
Şekil 4.39	$S_d = 8$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 20)	110
Şekil 4.40	$S_d = 2$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 40)	112
Şekil 4.41	$S_d = 6$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 40)	112
Şekil 4.42	$S_d = 8$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 40)	113

Şekil 4.43	$S_d = 2$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 60)	115
Şekil 4.44	$S_d = 6$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 60)	115
Şekil 4.45	$S_d = 8$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 60)	116
Şekil 4.46	$S_d = 2$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 10)	118
Şekil 4.47	$S_d = 6$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 10)	118
Şekil 4.48	$S_d = 8$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 10)	119
Şekil 4.49	$S_d = 2$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 20)	121
Şekil 4.50	$S_d = 6$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 20)	121
Şekil 4.51	$S_d = 8$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 20)	122
Şekil 4.52	$S_d = 2$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 40)	124
Şekil 4.53	$S_d = 6$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 40)	124
Şekil 4.54	$S_d = 8$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 40)	125
Şekil 4.55	$S_d = 2$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 60)	127
Şekil 4.56	$S_d = 6$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 60)	127
Şekil 4.57	$S_d = 8$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 60)	128
Şekil 5.1	A-A, B-B, R-R ve S-S kesitlerinde farklı eğimlerde $S_d = 2$ için taş ağırlığı-hasar olasılığı ilişkisi	134
Şekil 5.2	A-A, B-B, R-R ve S-S kesitlerinde farklı eğimlerde $S_d = 6$ için taş ağırlığı-hasar olasılığı ilişkisi	134
Şekil 5.3	A-A, B-B, R-R ve S-S kesitlerinde farklı eğimlerde $S_d = 8$ için taş ağırlığı-hasar olasılığı ilişkisi	135
Şekil 5.4	C-C ve L-L kesitlerinde farklı eğimlerde $S_d = 2$ için taş ağırlığı-hasar olasılığı ilişkisi	135
Şekil 5.5	C-C ve L-L kesitlerinde farklı eğimlerde $S_d = 6$ için taş ağırlığı-hasar olasılığı ilişkisi	136
Şekil 5.6	C-C ve L-L kesitlerinde farklı eğimlerde $S_d = 8$ için taş ağırlığı-hasar olasılığı ilişkisi	136
Şekil 5.7	$S_d = 2$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için) (%10)	138

Şekil 5.8	$S_d = 6$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için) (%10)	138
Şekil 5.9	$S_d = 8$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için) (%10)	139
Şekil 5.10	$S_d = 2$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için) (%20)	141
Şekil 5.11	$S_d = 6$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için) (%20).....	141
Şekil 5.12	$S_d = 8$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için) (%20)	142
Şekil 5.13	$S_d = 2$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için) (%40)	144
Şekil 5.14	$S_d = 6$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için) (%40)	144
Şekil 5.15	$S_d = 8$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için) (%40)	145
Şekil 5.16	$S_d = 2$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için) (% 60).....	147
Şekil 5.17	$S_d = 6$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için) (% 60).....	147
Şekil 5.18	$S_d = 8$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için) (% 60).....	148
Şekil 5.19	$S_d = 2$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (C-C ve L-L kesitleri için) (% 10).....	150
Şekil 5.20	$S_d = 6$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (C-C ve L-L kesitleri için) (% 10).....	150
Şekil 5.21	$S_d = 8$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (C-C ve L-L kesitleri için) (% 10).....	151
Şekil 5.22	$S_d = 2$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (C-C ve L-L kesitleri için) (% 20).....	153
Şekil 5.23	$S_d = 6$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (C-C ve L-L kesitleri için) (% 20).....	153
Şekil 5.24	$S_d = 8$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (C-C ve L-L kesitleri için) (% 20).....	154
Şekil 5.25	$S_d = 2$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (C-C ve L-L kesitleri için) (% 40).....	156
Şekil 5.26	$S_d = 6$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (C-C ve L-L kesitleri için) (% 40).....	156
Şekil 5.27	$S_d = 8$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (C-C ve L-L kesitleri için) (% 40).....	157
Şekil 5.28	$S_d = 2$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (C-C ve L-L kesitleri için) (% 60).....	159
Şekil 5.29	$S_d = 6$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (C-C ve L-L kesitleri için) (% 60).....	159

Şekil 5.30 $S_d = 8$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (C-C ve L-L kesitleri için) (% 60)	160
Şekil Ek 1.1 Kırılan dalga yüksekliğinin (H_b) değişimi (Yüksel, 1998).....	167
Şekil Ek 1.2 Boyutsuz kırılma yüksekliğinin değişimi (Yüksel, 1998)	168
Şekil Ek 2.1 Weibull (Goda) dağılımına bağlı dalga yüksekliği	175
Şekil Ek 2.2 Weibull (Goda) dağılımına bağlı dalga yüksekliği	175
Şekil Ek 2.3 Weibull (Goda) dağılımına bağlı dalga yüksekliği	176
Şekil Ek 2.4 Weibull (Goda) dağılımına bağlı dalga yüksekliği	176

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	Hudson ifadesindeki K_D stabilite katsayıları (Yüksel, 1998)	16
Çizelge 2.2	Aşılma seviyelerine bağlı katsayılar (Yüksel, 2003)	22
Çizelge 3.1	Hasar modlarının 1 yıl dönüş aralığı için hasar olasılıkları (CEM, 2001).....	25
Çizelge 3.2	Tasarım ömürlerine karşılık hasar olasılıkları (CEM, 2001)	26
Çizelge 3.3	Tasarım ömürlerine karşılık hasar olasılıkları (CEM, 2001)	28
Çizelge 3.4	Deniz durumu parametreleri için tipik değişim katsayıları (PIANC, 1997).....	38
Çizelge 3.5	Ana koruma tabakasının hidrolik stabilitesi (PIANC, 1997).....	40
Çizelge 3.6	Düşük kretli taş dolgu dalgakıranların hidrolik stabilitesi (PIANC, 1997)	41
Çizelge 3.7	Topuğun hidrolik stabilitesi (PIANC, 1997)	41
Çizelge 3.8	Taş dolgu şevlerde tırmanma (PIANC, 1997)	41
Çizelge 3.9	Ortalama değer yaklaşımı (MVA) uygulaması.....	48
Çizelge 4.1	1976-2001 yılları arası anlık rüzgar verilerine bağlı dalga yükseklikleri ve periyotları (Yüksel vd., 2003).....	55
Çizelge 4.2	Karaburun balıkçı barınağı, çeşitli yinelenme dönemleri için derin deniz en büyük belirgin dalga yükseklikleri ve periyotları (Yüksel vd., 2003)	56
Çizelge 4.3	Dalgakıran boyutlandırmasında dikkate alınan tasarım dalga yükseklikleri (Yüksel vd., 2003).....	58
Çizelge 4.4	Planlanan ve mevcut durumdaki taş ağırlıkları (Yüksel vd., 2003).....	59
Çizelge 4.5	A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için taş çapı ve ağırlıkları	63
Çizelge 4.6	C-C ve L-L kesitleri için taş çapı ve ağırlıkları	67
Çizelge 4.7	Weibull dağılımı için önerilen c_1 ve c_2 ifadeleri (Çevik, 2005)	74
Çizelge 4.8	1976-2001 yılları arası büyükten küçüğe sıralanmış en büyük derin deniz belirgin dalga yükseklikleri (Yüksel vd., 2003).....	75
Çizelge 4.9	En büyük değerlerin sıralanmış setinden Weibull analizi ($\varepsilon = 0.8$ ve $\varepsilon = 1.3$ için)	77
Çizelge 4.10	En büyük değerlerin sıralanmış setinden Weibull analizi ($c_1 = 0$ ve $c_2 = 1$ için)	78
Çizelge 4.11	Dönüş aralıklarına bağlı dalga yükseklikleri	82
Çizelge 4.12	2.Seviye risk analizinde dikkate alınacak tasarım dalga yükseklikleri.....	83
Çizelge 4.13	Ortalama değer yaklaşımı (MVA) değerleri ($S_d = 2$ ve $\cot \alpha = 1.5$ için)	86
Çizelge 4.14	Ortalama değer yaklaşımı (MVA) değerleri ($S_d = 2$ ve $\cot \alpha = 2.5$ için)	89
Çizelge 4.15	Ortalama değer yaklaşımı (MVA) değerleri ($S_d = 2$ ve $\cot \alpha = 3.0$ için)	92
Çizelge 4.16	A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için 2.Seviye risk analizi sonucunda farklı tasarım ömürlerine karşılık hasar olasılıkları (1.Seviye analiz - % 10 için).....	94
Çizelge 4.17	A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için 2.Seviye risk analizi sonucunda farklı tasarım ömürlerine karşılık hasar olasılıkları 1.Seviye analiz - % 20 için)	95
Çizelge 4.18	A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için 2.Seviye risk analizi sonucunda farklı tasarım ömürlerine karşılık hasar olasılıkları 1.Seviye analiz - % 40 için)	96
Çizelge 4.19	A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için 2.Seviye risk analizi sonucunda farklı tasarım ömürlerine karşılık hasar olasılıkları 1.Seviye analiz - % 60 için)	97

Çizelge 4.20	C-C ve L-L kesitleri için 2.Seviye risk analizi sonucunda farklı tasarım ömürlerine karşılık hasar olasılıkları 1.Seviye analiz - % 10 için).....	98
Çizelge 4.21	C-C ve L-L kesitleri için 2.Seviye risk analizi sonucunda farklı tasarım ömürlerine karşılık hasar olasılıkları 1.Seviye analiz - % 20 için).....	99
Çizelge 4.22	C-C ve L-L kesitleri için 2.Seviye risk analizi sonucunda farklı tasarım ömürlerine karşılık hasar olasılıkları 1.Seviye analiz - % 40 için).....	100
Çizelge 4.23	C-C ve L-L kesitleri için 2.Seviye risk analizi sonucunda farklı tasarım ömürlerine karşılık hasar olasılıkları 1.Seviye analiz - % 60 için).....	101
Çizelge 4.24	BREAKWAT 3.0 programı için girdi örneği (1.Seviye risk analizi-% 10 hasar olasılığına karşılık gelen taş ağırlığı için).	104
Çizelge 4.25	A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için % 10 hasar olasılığına karşılık gelen taş ağırlıklarına bağlı BREAKWAT uygulaması.....	105
Çizelge 4.26	A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için % 20 hasar olasılığına karşılık gelen taş ağırlıklarına bağlı BREAKWAT uygulaması.....	108
Çizelge 4.27	A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için % 40 hasar olasılığına karşılık gelen taş ağırlıklarına bağlı BREAKWAT uygulaması.....	111
Çizelge 4.28	A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için % 60 hasar olasılığına karşılık gelen taş ağırlıklarına bağlı BREAKWAT uygulaması.....	114
Çizelge 4.29	C-C ve L-L kesitleri için % 10 hasar olasılığına karşılık gelen taş ağırlıklarına bağlı BREAKWAT uygulaması.....	117
Çizelge 4.30	C-C ve L-L kesitleri için % 20 hasar olasılığına karşılık gelen taş ağırlıklarına bağlı BREAKWAT uygulaması.....	120
Çizelge 4.31	C-C ve L-L kesitleri için % 40 hasar olasılığına karşılık gelen taş ağırlıklarına bağlı BREAKWAT uygulaması.....	123
Çizelge 4.32	C-C ve L-L kesitleri için % 60 hasar olasılığına karşılık gelen taş ağırlıklarına bağlı BREAKWAT uygulaması.....	126
Çizelge 5.5	A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri (% 10) için BREAKWAT ile ve Bölüm 4.3'te hesaplanan hasar olasılıklarının karşılaştırması.....	137
Çizelge 5.6	A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri (% 20) için BREAKWAT ile ve Bölüm 4.3'te hesaplanan hasar olasılıklarının karşılaştırması.....	140
Çizelge 5.7	A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri (% 40) için BREAKWAT ile ve Bölüm 4.3'te hesaplanan hasar olasılıklarının karşılaştırması.....	143
Çizelge 5.8	A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri (% 60) için BREAKWAT ile ve Bölüm 4.3'te hesaplanan hasar olasılıklarının karşılaştırması.....	146
Çizelge 5.9	C-C ve L-L kesitleri (% 10) için BREAKWAT ile ve Bölüm 4.3'te hesaplanan hasar olasılıklarının karşılaştırması.....	149
Çizelge 5.10	C-C ve L-L kesitleri (% 20) için BREAKWAT ile ve Bölüm 4.3'te hesaplanan hasar olasılıklarının karşılaştırması.....	152
Çizelge 5.11	C-C ve L-L kesitleri (% 40) için BREAKWAT ile ve Bölüm 4.3'te hesaplanan hasar olasılıklarının karşılaştırması.....	155
Çizelge 5.12	C-C ve L-L kesitleri (% 60) için BREAKWAT ile ve Bölüm 4.3'te hesaplanan hasar olasılıklarının karşılaştırması.....	158
Çizelge Ek 1.1	Ağırlık dalgaları karakteristiklerinin değişimi (Yüksel vd., 1998).....	169

ÖNSÖZ

Taş dolgu dalgakıranlarda farklı koşullar altında hasar olasılığının bulunması gibi çok önemli ve uygulama olarak fazla örneği bulunmayan risk analizi ile ilgili inceleme, teknik bilgi ve uygulamalar içeren bu tezin gelecekte faydalı olmasını ümit ederim.

Lisans, yüksek lisans ve özellikle tez çalışmalarım boyunca değerli zamanını benimle paylaşan, tezin her aşamasında bana yardımcı olan ve değerli bilgilerini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Yalçın YÜKSEL'e en derin saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, tez kapsamında sık sık bilgilerine başvurduğum Sayın Doç. Dr. Esin ÇEVİK'e ve Araş. Gör. Anıl ARI'ya teşekkür ederim.

Son olarak, bu çalışma sırasında bana manevi desteklerini esirgemeyen sevgili kuzenim Eren URAN'a, yakın arkadaşlarım Yılmaz ÖNAL, Onur KAYA, Bahar Özöğüt ve tüm diğer dostlarıma, maddi-manevi her konuda arkamda olan ve beni bu günlere getiren annem Gülnazik İDİ, babam Ali İDİ ve ablam İdil İDİ'ye sonsuz sevgilerimi sunarım.

A.Sonat İDİ

Ağustos, 2005

ÖZET

Risk Analizi bir ürün, sistem veya alanın ve özelliklerinin doğal riskleriyle birlikte uygun çevre şartlarında toplu analizi için izlenen sistematik bir yöntemdir. Bu çalışmada, risk analizinin kıyı yapıları ile ilgili genel kavramları ve analiz için kullanılan farklı hesaplama yöntemleri teorik ve uygulamalı olarak açıklanmıştır. En önemli kıyı yapılarından olan dalgakıranların hasar modları ve yapısal özellikleri açıklanarak risk analizine temel oluşturan 1. ve 2.Seviye olasılık yöntemleri açıklanarak farklı tip - özellikle tüm dünyada sıklıkla kullanılan taş dolgu dalgakıranlar - yapılar için tasarım ifadeleri verilmiştir.

Uygulama olarak İstanbul Boğazı'nın Karadeniz'e açılan kesiminde bulunan Karaburun balıkçı barınağı incelenerek, farklı koşul ve tasarım ömürleri için yapının hasar olasılıkları 1. ve 2.Seviye olasılık yöntemleri ve BREAKWAT 3.0 programı kullanılarak bulunmuştur. Sonuçlar her yöntem için farklı tasarım koşulları altında hasar olasılığını gösterecek şekilde ayrı ayrı grafikler halinde verilmiş ve daha sonra aynı grafikler üzerinde birbirleriyle karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Taş Dolgu Dalgakıranlar, Risk analizi, Hasar olasılığı, Hasar modu

ABSTRACT

Risk assessment has been defined as “a systematic method of the integrated analysis of risks inherent in a product, system or plant and their significance in an appropriate context”. The theoretical and practical methods used for the calculations and the general concept for the risk analysis were presented in this research work. The failure modes and structural behaviors of the most important coastal structures were described. Furthermore, the basic theory of risk analysis involved in Level 1 and Level 2 methods were described and the formulae of the armour responses were given especially for the rubble mound breakwaters which are most commonly built around the world.

The Karaburun fishery harbour breakwater on the Blacksea coast located in the northwest of İstanbul was examined and a risk analysis implementation was carried out for different states and required service life times by using Level 1, Level 2 methods and the BREAKWAT 3.0 software. The results related to each method were presented graphically - showing the failure probabilities against different design approaches - in terms of comparing with each other and then interpreting.

Keywords: Rubble Mound Breakwaters, Risk analysis, Risk assessment, Failure probability, Failure mode

1. GİRİŞ

Kıyı alanları insanlık tarihi boyunca her zaman için popüler ticaret, rekreasyon ve ikamet alanları olmuşlardır. Pek çok ülkede, denize kıyısı olan kara alanlarının değeri iç bölgelere oranla çok daha fazladır. Bununla birlikte alçak kıyısal alanlar taşkına, kıyı kenarları ise erozyona ve dalga etkilerine karşı korunmasızdır. Bir kıyı koruma yapısı olan taş dolgu dalgakıranların tasarım kavramları fonksiyonel gereksinimlere, mühendislik tecrübelerine, yeteneklerine, yaratıcılığa ve hidrolik modellere dayanmaktaydı. Ancak güvenilirlik sınırlarının fazla olmaması ve geleneksel tasarım yöntemlerinin yetersiz kalmasından dolayı yakın geçmişte olduğu gibi bazı dalgakıranların hasar görmesine engel olunamamıştır. Bu hasarlar üzerinde yapılan çalışmalar sonucu, hasarın farklı bileşenlerin (dalga iklimi, koruma tabakasının yapısal dayanımı, geoteknik stabilite ve elverişli inşa koşulları gibi) kombinasyonu olduğu anlaşılmıştır. Bir dalgakıran, yapı ömrü süresince yük ve dayanım değişkenlerine bağlı olarak her zaman için belirli bir hasar riskine sahiptir. Olasılık teorileri, yük ve dayanımı etkileyen belirli stokastik değişkenleri hesaba katarak belirli koşullar altındaki hasar olasılıklarının hesaplanmasına olanak sağlamaktadır. “Taş Dolgu Dalgakıranlar’da Risk Analizi ve BREAKWAT Uygulaması” adlı bu tez çalışmasında, taş dolgu dalgakıranlarda oluşabilecek hasar olasılıkları farklı yöntem ve tasarım koşulları altında incelenmiştir.

Tezin ikinci bölümünde, temel kıyı koruma yapıları, hasar modları, hasarın tanımlanması ve hasara sebebiyet verebilecek etkenlere değinilmiş ve temel bazı dalgakıran yapı tipleri için koruma tabakaları ile ilgili günümüzde sıklıkla kullanılan tasarım ifadeleri verilmiştir.

Üçüncü bölümde, genel olarak kıyı koruma yapılarının hasara uğrama sürecinin hata ağacı analiziyle açıklanması ve risk analizi kavramı açıklanmıştır. Dalgakıranların risk analizinin hesabında hasar olasılıklarının belirlenmesi için kullanılan 1., 2. ve 3.Seviye yöntemler açıklanmış ve ilgili tasarım ifadeleri verilmiştir.

Dördüncü bölümde, Karaburun balıkçı barınağı dalgakıranı incelenmiş ve rüzgar verilerine bağlı olarak 1.Seviye yöntemi kullanılarak farklı hasar olasılıkları için tüm kesitlerdeki taş ağırlıkları hesaplanmış ve aynı taş ağırlıkları 2.Seviye yöntemler ve 2.Seviye olasılık yöntemlerini kullanan BREAKWAT 3.0 programı ile yapının hasar olasılıkları bulunmuştur.

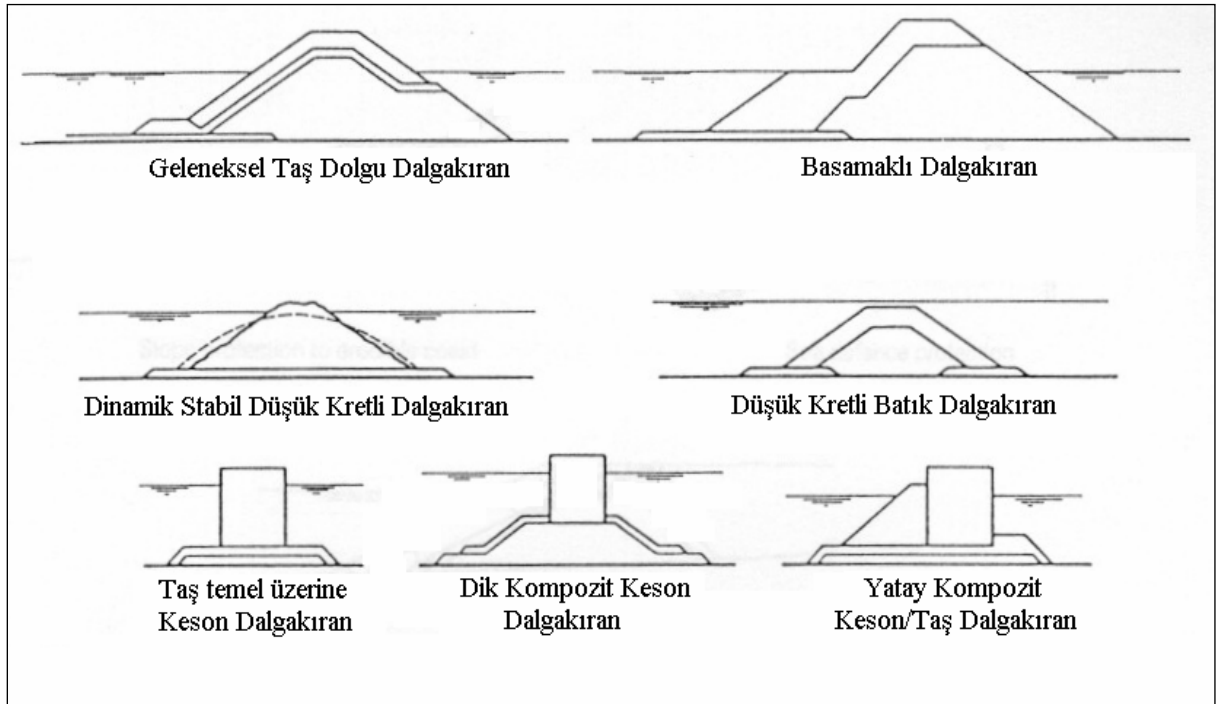
Sonuç bölümünde ise, farklı yöntemlerden elde edilen sonuçlar yorumlanarak birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

2. YAPI TİPLERİ VE HASAR MODLARI

2.1 Yapı Tipleri

Dalgakıranlar;

Dalgakıranlar dalgaları kırarak ve yansıtarak dalgakıran arkasındaki su haznesini koruyan, taşların yığılmasıyla inşa edilen koruma yapılarıdır. Sıklıkla rastlanan dalgakıran yapıları farklı tiplerde inşa edilebilen taş dolgu dalgakıranlardır (Şekil 2.1). Hemen hemen bütün taş dolgu dalgakıranlar tabakalı olarak inşa edilirler. Dalgakıranın her tabakası, bitişik tabakalardaki ince malzemenin yıkanma etkisiyle boşluklardan kaçmamasını sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Ayrıca dış tabakalar, yapım sırasında ve yapım bittikten sonra beklenen dalga etkilerine karşı dayanıklı tasarlanmalıdır (Yüksel ve Çevik, 2003). Pek çok durumda dalgakıranlar ağır hidrolik yüklerin etkisinde kalmaktadır. Dalgakıranın kesit alanı, koruma tabakasının etkisinde kalacağı hidrolik yükü etkilemektedir. Ayrıca inşa teknikleri ve teçhizatlar istenilen koşulları karşılayabilmelidir. Dalgakıranlar çalışma koşuluna bağlı olarak aşmaya müsaade edilen veya edilmeyen tipte inşa edilebilirler (CUR/CIRIA, 1991).



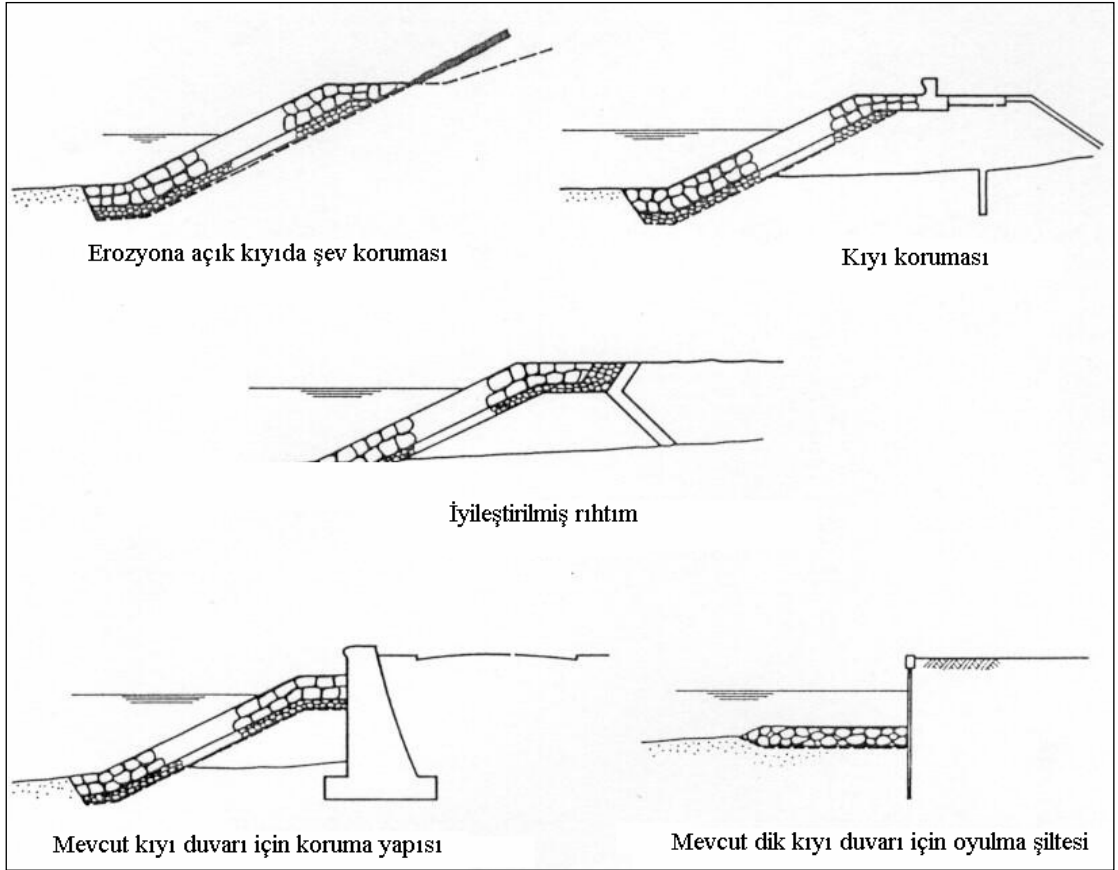
Şekil 2.1 Temel dalgakıran kesitleri (CUR/CIRIA, 1991)

Kıyı/Kıyı çizgisi koruma yapıları (Kıyı duvarları, vs.);

Bu kategoriye kıyı duvarları (seddeler, korumalar), kıyı koruma ve çeşitli tip dalgakıranlar girer. Bu tip yapılar genellikle sığ su koşullarında inşa edilirler. Kıyı duvarları çok çeşitli malzeme ve kesitlerde inşa edilebilirler (Şekil 2.2).

Seddeler;

Su tutan yapılar nispeten geçirgen olmayan ancak dalga sebebiyle aşınabilecek yığma topraktan imal edilir. Bu sebeple sedde ve baraj yüzeyleri taş ve kayalarla kaplanmaları suretiyle korunmasına ihtiyaçları vardır. Tasarım, tutulmak istenen su derinliğine ve rezervuar dolduğunda oluşabilecek dalga koşullarına göre şekillenir.



Şekil 2.2 Temel koruma duvarı tipleri (CUR/CIRIA, 1991)

Kum (veya çakıl) Sahiller;

Kum/çakıl sahiller genelde doğal kıyı koruma yapıları gibi davranırlar (Şekil 2.3). Kum/çakıl sahillerin en temel karakteristiği; taşların bağımsız olarak hareket etmesi ve sonuç olarak kıyı

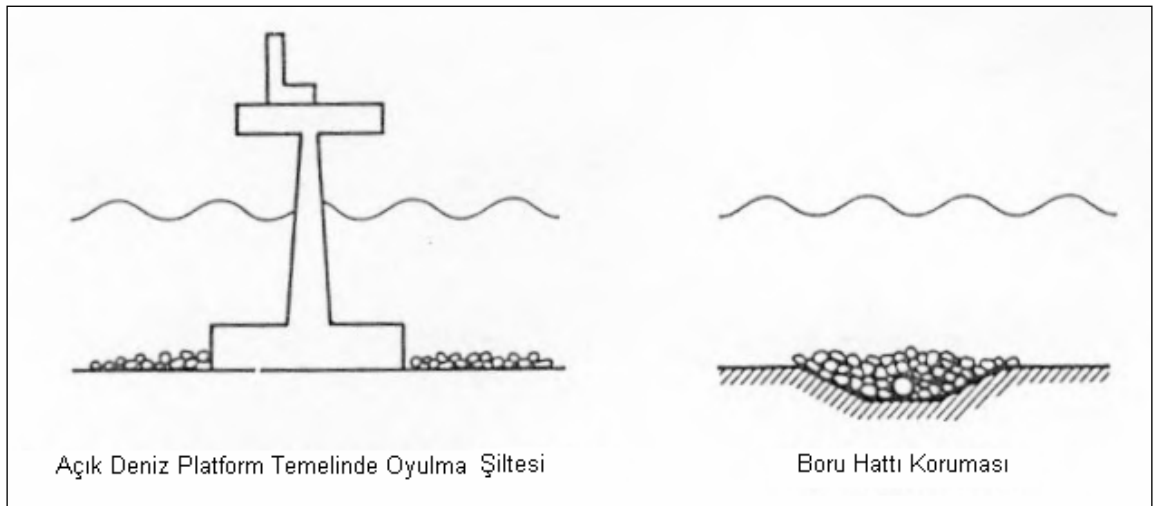
profilinde dinamik bir yapı oluşturmalarıdır.



Şekil 2.3 Çakıl sahil*

Taban koruması:

Yapı önü oyulma korumaları sıklıkla açık deniz petrol platformlarının temellerinde uygulanır. Ayrıca boru hatlarının döşendikleri yerlerde de taban koruması mutlaka gereklidir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Oyulma veya taban koruması uygulamaları (CUR/CIRIA, 1991)

*<http://www.feetfirst.cc/Kaleidascope.htm>

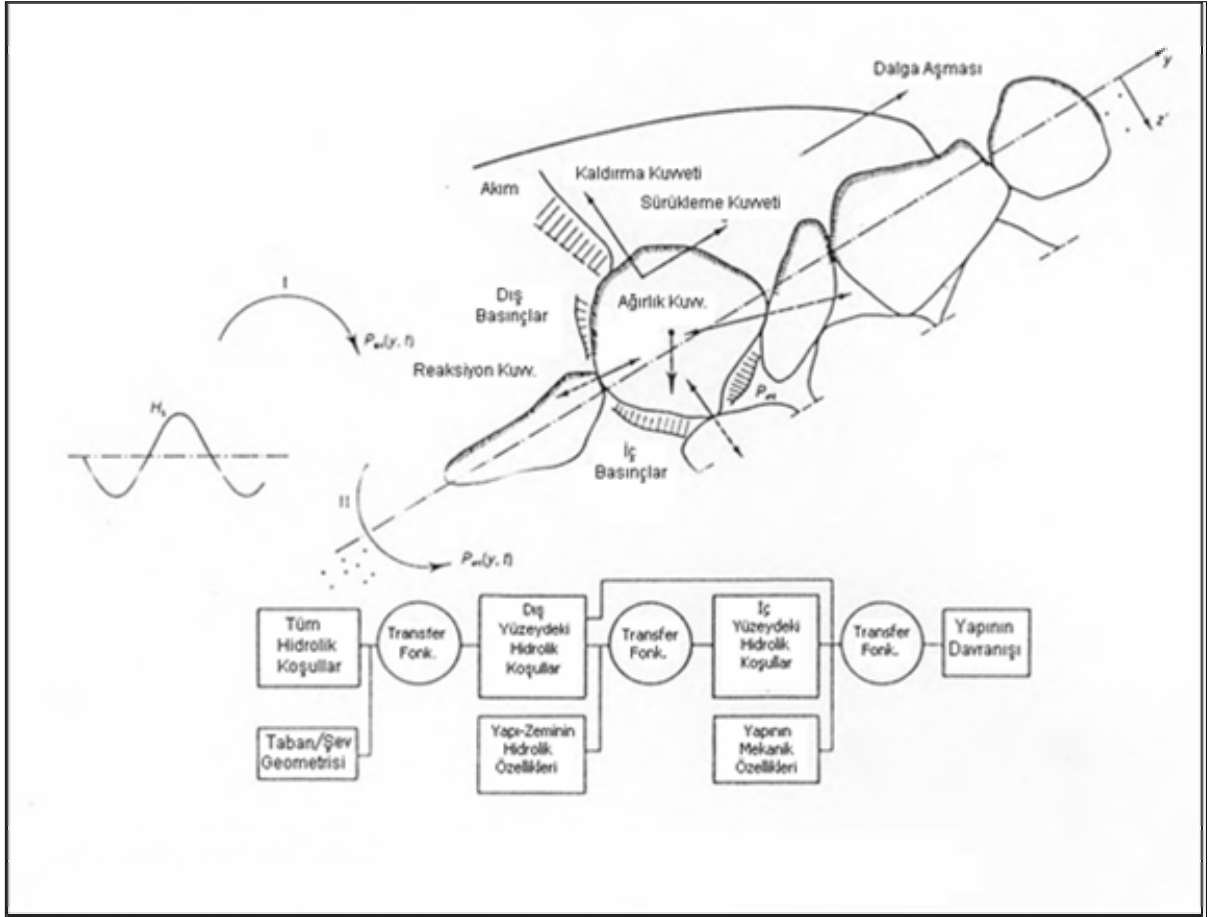
2.2 Temel Hasar Modları ve Hasarın Tanımlanması

Hasar, basitçe önceden belirlenen limit bir halin yani yüklerin dayanımı aşması durumu olarak tanımlanabilir ve inşa ya da operasyon sırasında oluşabilir. Yapılar için temel yük ve dayanım parametreleri; dalga yüksekliği ve deplasmandır. Yük ve dayanım zamana bağlı fonksiyonlardır ve ağırlık, şekil gibi sistem karakteristikleriyle tanımlanır. Ayrıca yük (örneğin; geçirimsizlik sebebiyle) belirli bir ölçüde sistemin kendisi tarafından etkiye uğratabilir. Yapılar üzerinde etkili olan yükler (hidrolik ve geoteknik) sınır koşullarıyla tanımlanırlar (CUR/CIRIA, 1991).

Şekil 2.5'te bir taş kaplama koruma sistemi, hidrolik ve yapısal davranışları ile birlikte şematize edilmiştir. Bu şema veya davranış modelleri yapının elamanlarına (taş veya alt tabaka gibi) veya tümüne uygulanabilir. Hasar, davranış mekanizmasının ulaştığı belirli bir değer-noktada oluşur. Genel olarak hasar mekanizmaları bir sonuç deplasmandan veya hareketten sonra tanımlanırlar. Yani hasar, yapının durumundaki belirgin değişimler sonucunda oluşur denilebilir (CUR/CIRIA, 1991).

Yapıdaki değişim aşağıdaki karakteristiklere bağlıdır;

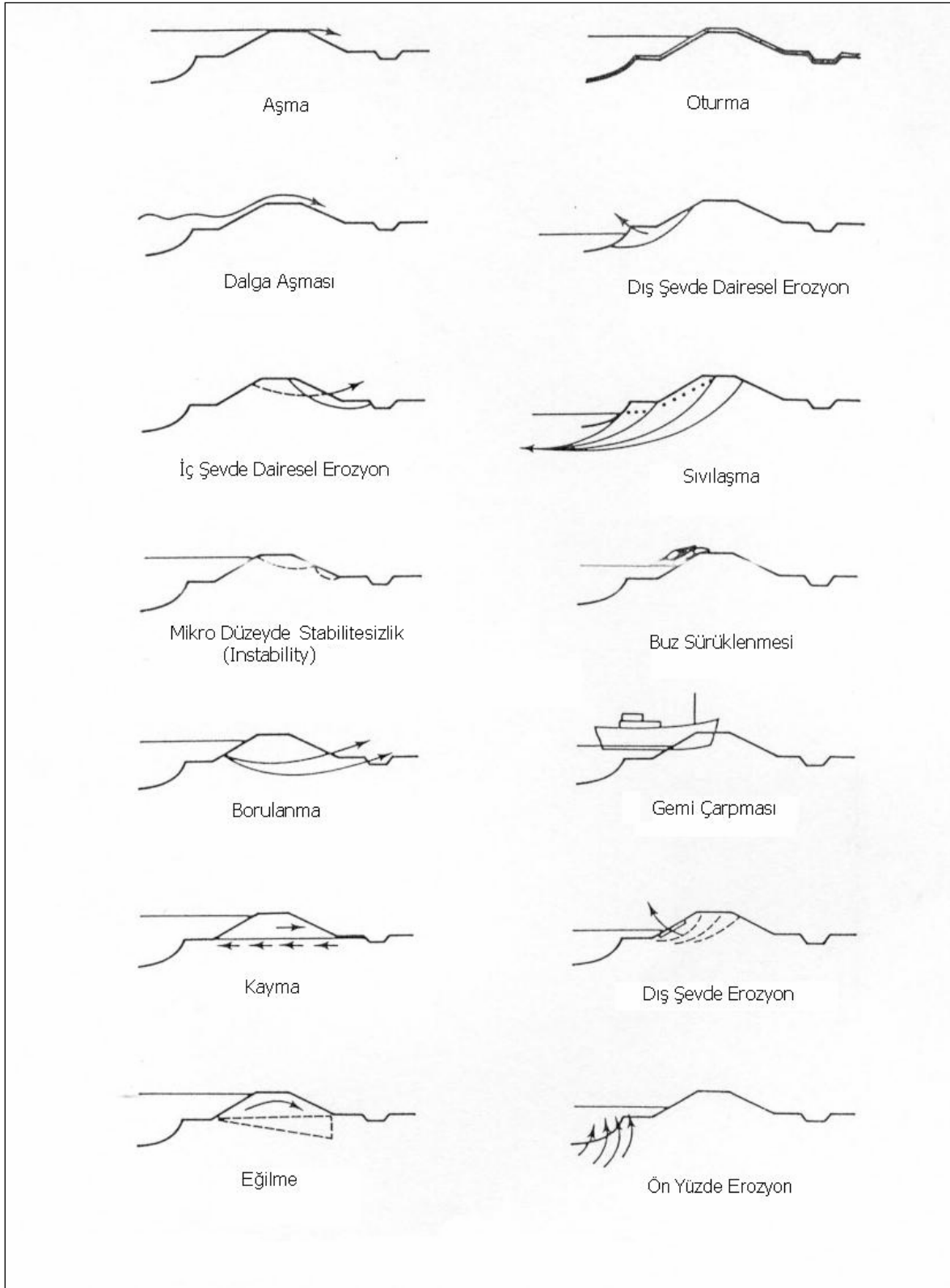
1. Yapının dış sınırlarındaki değişim
2. Kesit alanı ve şekillerinin değişimi
3. Yapı Bileşenlerinin (taşlar, kronman duvarı, vs...) bütünlüğünü yitirmesi



Şekil 2.5 Taş koruma sisteminin bileşenleri (CUR/CIRIA, 1991)

Hasar modları veya mekanizmaları böylece rölatif olarak daha kapsamlı davranışlardan ziyade küçük ölçekteki davranışlara göre karakterize edilebilirler. Genel olarak bazı temel hasar modlarına ait örnekler Şekil 2.6'da verilmektedir.

Maalesef sadece birkaç hasar modu tam olarak açıklanabilmektedir. Günümüzde açıklanabilen hasar modlarının her biri için karakteristik yükler, birincil ve ikincil yük parametreleri, sistemi yöneten karakteristikler ve sonuç olarak gözlemlenmiş davranışlar açıklanmaya çalışılmıştır.



Şekil 2.6 Dalgakıranların temel hasar modları (CUR/CIRIA, 1991)

Oturma:

Yük (ler): ağırlık

Yük parametreleri (birincil): malzemelerin yoğunluğu

Yük parametreleri (ikincil): boşluk suyu basıncı, zaman

Sistem karakteristikleri: zemin sıkışabilirliği ve geçirimsizliği, sıkışabilir tabakaların kalınlığı

Sonuç: kret seviyesinde düşme ve yatay deformasyonlar

Yapı ve toprak dolgulardan temel zeminine aktarılan yükler ani veya yavaş bir oturmaya veya sıkışmaya sebep olabilecek fazladan bir yükleme meydana getirir. Karstik bir arazide bu yükler, yer altı boşluklarının çökmesine sebep olabilir. Konsolidasyon, bir zemin tabakasında sabit yük altında boşluk suyunun dışarı çıkması sonucu meydana gelen hacimsel sıkışma olarak tanımlanmaktadır (Özaydın, 2003). Dolayısıyla kret seviyesinde oturmadan dolayı düşme görülecek ve yapının aşmaya karşı koruma kapasitesi azalacaktır. Diferansiyel oturmalar pürüzlü yüzeyler oluşturarak yıkanmaya karşı daha elverişli bir ortama ve kretin alttan aşınmasına yol açacaktır. Bununla birlikte, batık yapılarda oturmaların genelde koruma tabakasının stabilitesini artırıcı etki yaptığı belirtilmelidir.

Koruma tabakası elemanlarının hareketi:

Yük (ler): dalga, akım

Yük parametreleri (birincil): dalga yüksekliği/periyot, hız

Yük parametreleri (ikincil): zaman, geliş açısı

Sistem karakteristikleri: taş çapı/yoğunluk, geçirgenlik

Sonuç: ufak hareketlenmeler, kayma, kaldırma, yuvarlanma

Dalga ve akıntılar, koruma tabakasındaki taş ve kayaları kaldırma ve sürüklenme etkisinde bırakırlar. Atalet kuvvetleri de taş karakteristikleri ile birlikte değerlendirilmelidir. Çünkü taş ağırlığı, sürtünme ve kenetlenme kuvvetleri gibi stabiliteyi artırıcı faktörlere doğrudan etki eder. Bu kuvvetlerin hepsinin dinamik dengesinin bozulması farklı hasar oluşumlarına sebep olur. Bu davranışların bazılarının izin verilebilir ancak filtre tabakası hasarı gibi ciddi hasar oluşumlarının önlenmesi için dikkatli olunmalıdır.

Alt tabakanın veya çekirdeğin göçmesi:

Yük (ler): hidrolik değişimler, iç akım

Yük parametreleri (birincil): su basıncı/hızlar

Yük parametreleri (ikincil): -

Sistem karakteristikleri: tabaka geçirgenlikleri/kalınlık, tane büyüklükleri

Sonuç: yapıdan malzeme taşınması

Su seviyesindeki değişim veya yersel boşluk suyu basıncının artması yapıda iç akımlara sebep olabilir. Belirli hidrolik seviye değişimleri olduğunda ve limit akım hızlarına ulaşıldığında, ince malzemeler kaba malzemelerin arasından iç tabakalardan daha dış tabakalara doğru taşınırlar. Bu ince malzemeler aynı zamanda dış koruma tabakasındaki taşların arasından geçerek, filtre veya çekirdek tabakasında kayba sebep olarak tüm sistemin çökmesine sebep olabilir.

Borulanma:

Yük (ler): hidrolik değişim

Yük parametreleri (birincil): su basıncı/hızlar

Yük parametreleri (ikincil): -

Sistem karakteristikleri: tane büyüklüğü, borulanma uzunluğu

Sonuç: yapının dışına malzeme taşınımı

Bu olay genellikle geçirgen ve daha az geçirgen malzemeler arasında ya da yumuşak ve yoğun tabakalar arasında olduğu gibi yapısal ara yüzlerde oluşur. Su kütleleri arasındaki çekim kuvvetlerinin oluşturduğu kısa borulanmalar, birbirine eklenerek hızlı bir iç erozyonla yapının çökmesine sebep olabilirler.

Kayma:

Yük (ler): yapı ağırlığı, dalgalar

Yük parametreleri (birincil): yapı malzemelerinin yoğunlukları

Yük parametreleri (ikincil): boşluk suyu basıncı (dalga yüksekliğinin etkisi/periyot), şev açısı

Sistem karakteristikleri: içsel sürtünme açısı/kohezyon

Sonuç: yapının (belirgin bir bölümünün) kayması, çökme

Taş kaplama bir koruma sisteminin stabilitesi şev eğimine, belirgin dalga yüksekliğine, boşluk suyu basıncına (dalga hareketine bağlı), içsel sürtünmeye ve kohezyona (kilitlenme) bağlıdır. Ayrıca deprem veya dalga darbesi sırasında oluşabilecek yatay ivmelenmeler de önemlidir. Kayma, öncelikle farklı malzemelerin (koruma ve alt tabaka) yapısal ara yüzlerinde oluşur. Çünkü buralardaki yersel sürtünme düşüktür. Topuk ve şev stabilitesi için taş koruma yapıların arkasındaki ince tabakalardaki boşluk suyu basıncının ve sıvılaşmanın önlenmesi açısından zemin yapısının durumu dikkatli incelenmelidir. Ayrıca kret ve koruma tabakası arasındaki sürtünme, stabilite için kritik duruma ulaştığında kayma görülebilir.

Oyulma:

Yük (ler): dalga ve akıntılar

Yük parametreleri (birincil): yörüngesel akıntı hızları, türbülans şiddeti

Yük parametreleri (ikincil): periyot, dalga geliş açısı

Sistem karakteristikleri: katı madde dane boyutu

Sonuç: yapı önü deniz tabanının deformasyonu

Dalga ve akıntılar deniz tabanında katı madde taşınımı oluşturacak su hareketlerine yol açarlar. Yapıyla olan etkileşimler (dalga yansıması, türbülans oluşumu gibi) deniz yatağının doğal katı madde taşınımını etkileyebilir. Bu durum taşınım süreçlerinde yapı önü taban oyulmalarında fiziksel bir sınır koşul oluşturur.

Sıvılaşma:

Yük (ler): boşluk suyu basıncı, dalgalar, deprem

Yük parametreleri (birincil): boşluk suyu basıncı, dalga yüksekliği/periyot, kayma gerilmeleri (rölatif), ivme, frekans

Yük parametreleri (ikincil): dalgaların geliş sayısı

Sistem karakteristikleri: sıkışabilir tabakaların kalınlığı

Sonuç: yapının ciddi hasara uğraması, çökme

Yüklerden dolayı oluşan deformasyonlar sıkışmaya, aynı zamanda drenaj kapasitesinin düşmesine sebep olurken çevrimli yükler aşırı boşluk suyu basıncına sebep olmaktadır. Sıvılaşma, malzemelerin boşluk suyu basıncından dolayı aralarındaki içsel sürtünmelerin kaybolduğu durumda oluşmaktadır. Böylece bütün kayma gerilmeleri kaybolur ve zemin kalın bir sıvı tabakası gibi davranır. Bu koşullar altında herhangi bir kayma gerilmesi karşılanamaz ve stabilitenin bozulması söz konusu olur (Özaydın, 2003).

2.3 Hasarın Gözlemlenmesi ve Zamana Bağlı Hasar

Hasar, kabul edilemeyecek derecede fonksiyonların yitirildiği durum olarak ifade edilebilir. Bu durum genellikle hasarın gelişimine bağlı olarak belirli bir zaman periyodunun ardından meydana gelir. Bu koşullarda fonksiyonel gereksinimler daha fazla karşılanamaz ve yapının hasara uğradığı söylenebilir. Örneğin; bir dalgakıran kreinin bozulmaya uğraması, dalga aşmasının kritik sınırının karşılanamamasına ve arkasındaki liman bölgesinin dalgalardan olumsuz etkilenmesine yol açabilir. Gemi elleçlemesindeki gecikmeler ekonomik kayıplara sebep olur ve bu da yapının hasara uğraması olarak tanımlanabilir.

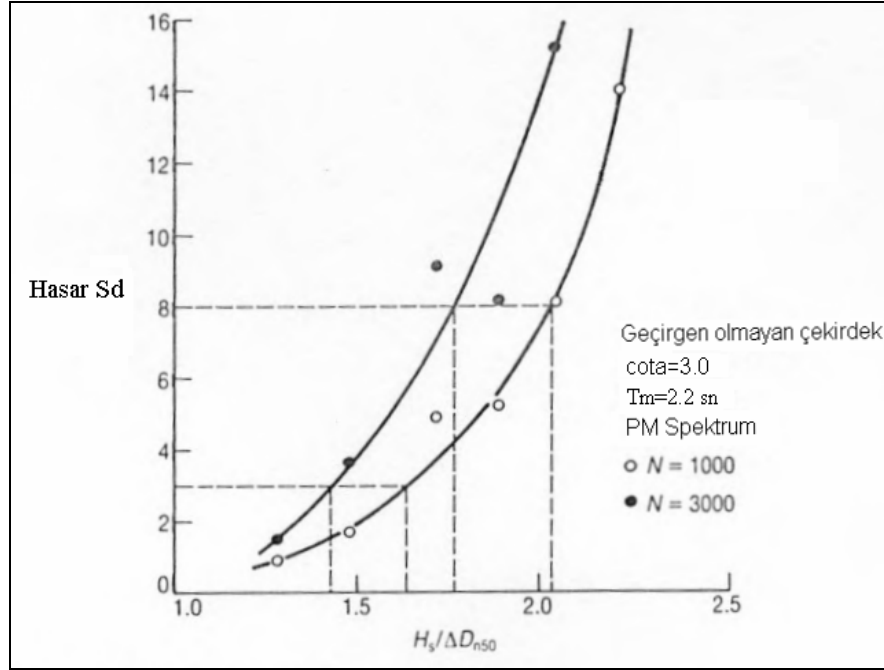
Hasar ve yük arasındaki fiziksel ilişki, dalga yüksekliği veya dalgaların oluşturduğu basınç gibi belirli yük seviyeleriyle ifade edilebilir. Dolayısıyla hasar, belirli gereksinimlere bağlı olarak hasar seviyesi kavramı ile ilişkilendirilebilir. Örneğin hasar, koruma tabakasının

deplasmanı ya da belirli oranda oturması ile ifade edilebilir. S_d hasar seviyesi ve $\frac{H_s}{\Delta D_{n50}}$

stabilite parametreleri olarak tanımlanırsa; yüke bağlı bir hasar eğrisi Şekil 2.7’de verilmiştir.

Burada $S_d = 8$, ortalama hasar seviyesini ifade etmektedir. Yapılmış deneylerde $S_d = 8$ ’in üzerindeki değerler alt tabakanın görünür hale geldiği hasar seviyesini temsil etmektedir (Van

der Meer, 1988a). Hasar yapının bazı bölümlerinde ya da tümünde meydana gelebilir ve kısmi hasarlar toptan hasara göre nispeten daha az tehlikelidir (CUR/CIRIA, 1991).



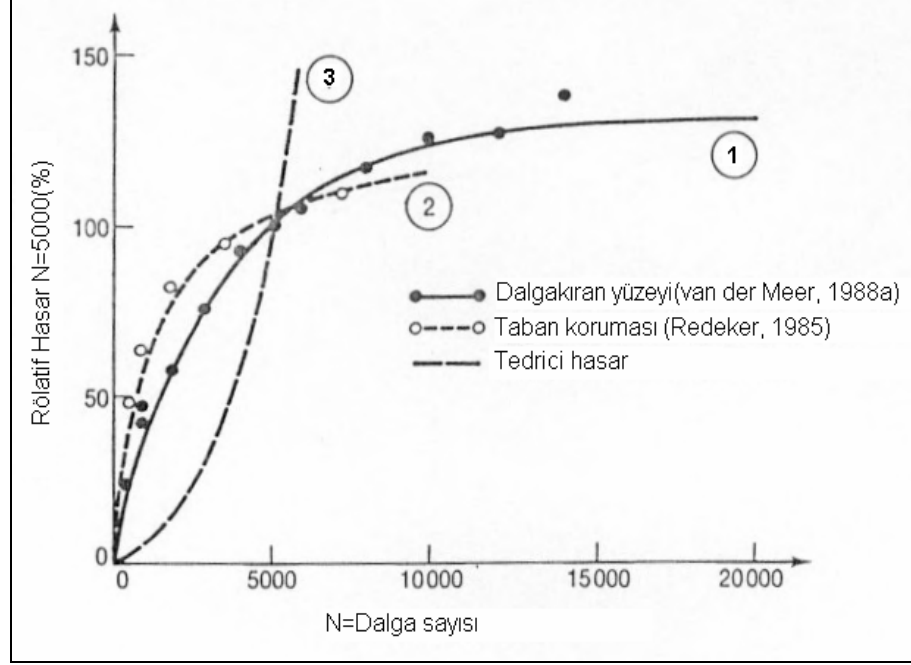
Şekil 2.7 Taş koruma yapıları için tipik hasar eğrisi (CUR/CIRIA, 1991)

Bazı hasar mekanizmalarının belirli bir limite kadar tekrarına izin verilebilir (örneğin dinamik stabil bir yapıdaki taş elemanların deplasmanı). Diğer bazı mekanizmalar için ise tek bir hasar oluşumu dahi kabul edilemez (örneğin; zemin sıvılaşması).

Tek bir mekanizmanın tekrarı hasarın artışına sebep olacaktır ve tekerrür sıklığı hasarın gelişimini belirleyecektir. Sonuç olarak sorulması gereken önemli bir soru; belirli bir yüklemeye bağlı olarak hasar oranının zamana bağlı olarak azalacağı mı, artacağı mıdır?

Şekil 2.8 dalga sayısına bağlı hasar fonksiyonunu göstermektedir. Koruma tabakası ile ilgili testler Thompson ve Shuttler (1975) ve Van der Meer (1988a) tarafından yürütülmüş, hasar oranında dalga sayısının artışıyla meydana gelen üstel bir düşüş tespit etmişlerdir (Şekil 2.8-1.eğri). Benzer bir düşüş düzensiz dalgalar altında taban koruma tabakası için gözlemlenmiştir (Şekil 2.8-2.eğri) (Redeker, 1985). Deneyler sonucunda hasarın 5000 dalga koşulunda olduğu belirlenmiştir. Yapay blok koruma tabakaları hayali bir eğri (Şekil 2.8-3.eğri) ile gösterilmiştir. Buna göre yapay tabakalar dayanımlarını büyük oranda kilitlenme kuvvetlerinden almaktadırlar ve tasarım yüklerinin üzerinde dayanım göstermektedirler. Bu tip tabakalar ağırlık ve kilitlenme (sıkılık derecesine göre kayma gerilmeleri altında

elemanların birbirine göre hareketinin zorlaşması) kuvvetlerinin sağladığı dayanım koşullarının bir kere aşılmasının ardından, yapının hızla çökmesine sebep olabilmektedir.



Şekil 2.8 Dalga sayısına bağlı olarak hasar değişimi (CUR/CIRIA, 1991)

2.4 Koruma Tabakalarının Tasarımı

2.4.1 Hudson İfadesi

Taş dolgu dalgakıranlar üzerindeki model çalışmalarının sonuçları, Hudson tarafından düzenli dalgalar için SPM’de (1984) açıklanmıştır. Deneyler normal dalga etkisinde, kret seviyesinin tırmanma seviyesinin üzerinde olduğu dik veya çok yumuşak eğime sahip deniz tabanı koşullarında yapılmıştır. Sıklıkla kullanılan ve Hudson formülü olarak bilinen taş dolgu dalgakıranlar için verilen birim kütle ifadesi, W_{50} , (2.1) denkleminde olduğu gibi ifade edilmiştir (PIANC, 1997). Bu ifade dalga periyodunu, dalgaların geliş açılarını ve kıyıya yaklaşan dalgaların düzensizliklerini dikkate almamaktadır (Yüksel, 2003).

$$W_{50} = \frac{\gamma_s H_s^3}{K_D \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \right)^3 \cot \alpha} \quad (2.1)$$

Burada;

W_{50} : Her bir taşın nominal ağırlığı (t)

K_D : Stabilite katsayısı (boyutsuz)

H_s : Tasarım dalga yüksekliği (Hasar olmama durumunda) (m)

γ_s : Taş özgül ağırlığı $\left(\frac{t}{m^3} \right)$

γ_w : Deniz suyu özgül ağırlığı $\left(\frac{t}{m^3} \right)$

α : Şev eğimi (derece)

$$\Delta : \text{Rölatif kütle yoğunluğu} = \left[\left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \right)^3 \right] \quad (2.2)$$

Denklemleri nominal taş çapı olarak ifade etmek istersek;

$$N_s = \frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = (K_D \cot \alpha)^{\frac{1}{3}} \quad (2.3)$$

N_s : Stabilite parametresi

$$D_{n50} : \text{Nominal taş çapı} = \left(\frac{W_{50}}{\gamma_s} \right)^{1/3} \quad (2.4)$$

ve nominal taş ağırlığı (2.4) denklemi kullanılarak aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$W_{50} = D_{n50}^3 \times \gamma_s^3 \quad (2.5)$$

Stabilite katsayısı, K_D , koruyucu tabakada kullanılan elemanların şekline, yüzey pürüzlülüğüne, kenarların keskinliğine ve kenetlenme derecelerine bağlıdır. K_D katsayısının doğru seçimi oldukça zordur. Değerler, “hasar yok” durumu dikkate alınarak geliştirilmiştir. Hiç hasar olmama durumu “*koruyucu tabakada hareket eden eleman sayısının toplam eleman sayısına oranı*” şeklinde tanımlanmıştır. SPM (1984) tarafından dalgaların kırılma durumlarına göre belirlenen K_D değerleri Çizelge 2.1’de verilmiştir (Yüksel, 2003).

Çizelge 2.1 Hudson ifadesindeki K_D stabilite katsayıları (Yüksel, 1998)

Koruma Tabakası	Kaplama Sırası (n)	Dalgakıran Gövdesi		Dalgakıran Kafası		Eğim
		Dalgaların kırılma hali	Dalgaların kırılmama hali	Dalgaların kırılma hali	Dalgaların kırılmama hali	
Düzgün ocaktaşı	2	1.2	2.4	1.1	1.9	1.5-3.0
Düzgün ocaktaşı	>3	1.6	3.2	1.4	2.3	1.5-3.0
Kaba, köşeli ocaktaşı	2	2.0	4.0	1.9	3.2	1.5
				1.6	2.8	2.0
				1.3	2.3	3.0
Kaba, köşeli ocaktaşı	>3	2.2	4.5	2.1	4.2	1.5-3.0
Tribar	2	9.0	10.0	8.3	9.0	1.5
				7.8	8.5	2.0
				6.0	6.5	3.0
Dolos	2	15.8	31.8	8.0	16.0	2.0
				7.0	14.0	3.0
Tetrapod	2	7.0	8.0	5.0	6.0	1.5
				4.5	5.5	2.0
				3.5	4.0	3.0

K_D değerleri uzun yıllar dalga kanallarında yapılan deneyler sonucunda ortaya çıkmıştır. Esas çalışma düzenli dalgalar ile yapılmıştır ve düzensiz dalgalar altında yapılan çalışmalarda H_s değerinin hesabı genel olarak doğru kabul edilmekle birlikte SPM (1984), Hudson ifadesinde H_s yerine $H_{1/10}$ değerinin kullanılmasını tavsiye ederek tasarımda güvenilirliğin ön

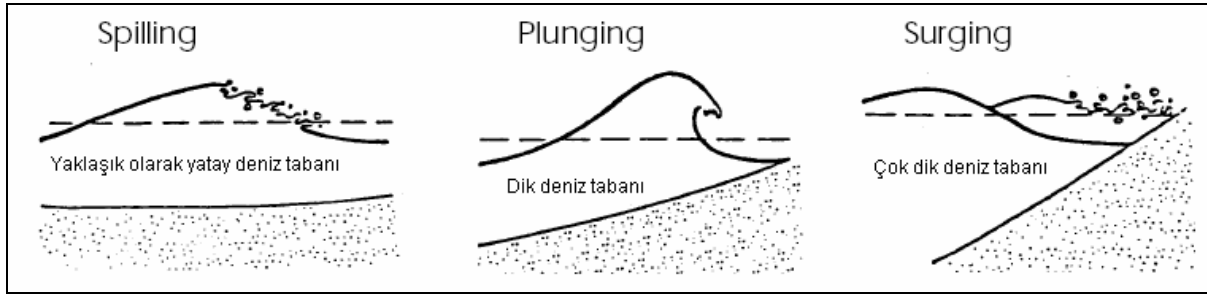
plana çıkarılmasını amaçlamıştır.

Hudson formülü hakkında yapılan eleştiriler, özellikle dalga periyodunun dikkate alınmaması ve Şekil 2.9'daki Surging ve Plunging parametreleri arasında ayrım yapılmaması ile ilgilidir.

Deneylerde dikkate alınmış olan $\frac{d}{L}$ değeri 0.15 ile 0.50 arasında değişmekte ve dalga periyodunun etkisi fazla değildir. Daha yakın zamanda yapılan çalışmalarda sığ suda periyot etkileri gözlemlenmiştir.

d : Su derinliği

L : Dalga boyu



Şekil 2.9 Dalga kırılma tipleri (MESA**, 1999)

- ❖ *Spilling kırılma*: Rölatif olarak dik dalgalar ve/veya rölatif olarak daha yatık bir taban halinde meydana gelen kırılma tipidir. Su derinliğinin alması ile dalga tepesi sivrileşir, su yüzeyi köpürür. Kırılma henüz dalga tepesinin simetrik olduğu, kıyıdan daha açık mesafede meydana gelir ve dalga cephesinde oluşan köpürme ile birlikte vorteks oluşur. Ancak bu durumda cephenin ön tarafında bulunan çukurda bozulma meydana gelmez. Derin su dalga kırılması da, spilling tipi kırılmaya benzer bir davranış gösterir.
- ❖ *Plunging kırılma*: taban eğimi rölatif olarak biraz daha büyüktür ve dalga dikliği spilling tipi dalgalara göre daha küçüktür. Kırılmadan sonra kıvrılarak dalga cephesinin önündeki çukura serbest düşen bir jet biçiminde çarpar (plunging jet) ve dalga çizgisine doğru “bore” olarak adlandırılan dalgalar meydana gelir ancak bunlar periyodik karakterde değildir.

**Marine Education Society of Australasia Inc.

- ❖ *Surging kırılma*: çok büyük eğimli taba üzerinde basık dalga dikliğine sahip dalganın yaklaşması durumunda meydana gelir. Kırılma miktarı küçüktür ve kıyı çizgisine yakın oluşur. Bu tip kırılmalarda yansıma miktarı büyümektedir.

Dalga kırılma işlemi dalgakıranların stabilitesi açısından oldukça önemlidir. Araştırmalar;

- a) Dalgaların yapıya kırılmadan gelmesi
- b) Yapıya gelmeden kırılması
- c) Yapı üzerinde kırılması halleri için farklı stabilite koşullarının oluştuğunu göstermiştir.

Eğer dalgalar dalgakırandan yeterince uzaklıkta kırılıyorsa o halde dalgakıran “*kırılmış dalga etkisine maruzdur*” denilebilir. Eğer dalgalar yapı önünde kırılıyor ve kırılan dalga tepesi dalgakıran eğimi üzerine çarpıyorsa, dalgakıran “*kırılan dalga etkisindedir*” denir. Eğer dalgalar yapıya kırılmadan ulaşıyorsa, yapı “*kırılmayan dalgalara maruzdur*” denir (Yüksel, 2003).

- ✓ Taş ağırlıkları, dalganın geliş açısının etkisini dikkate almak için $\cos^2(\alpha_0)$ ile çarpılabilir.

2.4.2 Van der Meer İfadesi

Geleneksel taş koruma dalgakıranların stabilite ifadeleri Van der Meer (1987) tarafından yeniden tanımlanmıştır. Testlerin sonucunda stabilite formülleri Plunging ve Surging (Şekil 2.9) parametrelerine bağlı olarak yeniden elde edilmiştir. Bu ifadeler surf parametresine (Iribaren sayısı) bağlı olarak yazılabilir;

$$\text{Dalga dikliği; } S_{om} = \frac{2\pi H}{gT_m^2} \text{ iken;} \quad (2.6)$$

$$\text{Surf parametresi; } \xi_m = \frac{\tan \alpha}{S_{om}^{1/2}} \quad (2.7)$$

Burada T_m : ortalama dalga periyodudur.

Stabilite parametreleri Iribaren sayısına bağılı olarak;

$\Rightarrow \xi_m \leq \xi_{mc}$ (Van der Meer, 1987) veya $\xi_m \leq 2$ (Yüksel, 2003) için Plunging tipi dalgalar;

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 6.2 P^{0.18} \xi_m^{-0.5} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \quad (2.8)$$

$\Rightarrow \xi_m \geq \xi_{mc}$ (Van der Meer, 1987) veya $\xi_m \geq 2$ (Yüksel, 2003) için Surging tipi dalgalar;

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 1.0 P^{-0.13} \xi_m^P \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} (\cot \alpha)^{0.5} \quad (2.9)$$

şeklinde ifade edilmiştir. Burada Plunging tipi kırılmadan, Surging tipine geçiş için kritik surf parametresi aşağıdaki gibi verilmiştir;

$$\xi_{mc} = \left[6.2 P^{0.31} (\tan \alpha)^{0.5} \right]^{\frac{1}{P+0.5}} \quad (2.10)$$

Van der Meer'in (1987) ifadelerinin dalgakıran tasarımında kullanılması Hudson ifadelerinde de rastladığımız bazı belirsizlik sorunlarını gündeme getirmiştir. Formüller güvenilir verilere dayalı, ancak sadece maksimum tırmanma seviyesini aşan krete sahip yapılar ve derin suda dik eğimler için geçerlidir. İfadelerin gerçek dalgakıran kesitlerinde, deniz tabanındaki eğim ve kret seviyesi değişikliklerinden dolayı uygulanabilirliği hala tam kesinlik kazanmamıştır. Bu sebeple de gerçek kesitler için duruma uygun hidrolik model deneyleri yapılmaktadır.

Formüllerin doğasındaki belirsizlikler standart dağılım yöntemleriyle analiz edilmiştir. Plunging dalgalar için kullanılan denklemdeki 6.2 katsayısının, % 6.5'luk bir değişim katsayısına sahip olduğu görülmüştür. Surging ifadesindeki 1.0 katsayısı ise % 8'lik bir değişim aralığına sahiptir. Hudson ifadesinden farklı olarak aşağıdaki parametreler dikkate alınmaktadır

S_d : Hasar seviyesi

N : Dalga sayısı (fırtına süresi)

ξ_m : Iribarren sayısı (surf parametresi)

S_{om} : Dalga dikliği

Δ : Rölatif kütle yoğunluğu

γ_w : Deniz suyu özgül ağırlığı

α : Şev açısı (derece)

D_{n50} : Nominal taş çapı

H_s : Belirgin dalga yüksekliği

2.4.3 Betonarme Koruma Tabakası Elemanları

Hudson ifadesi, H yüksekliğine sahip düzenli dalgalar için koruma tabakasındaki betonarme elemanların hareketinin en basit tarifini yapmıştır.

Accropode, tetrapod ve küp koruma elemanları düzensiz dalgaların etkisinde test edilmiştir. Aşmaya müsaade etmeyen yapılar ve tipik eğimler için stabilite ifadeleri aşağıda verilmiştir.

i. Accropode için hasar başlangıcında stabilite ifadesi;

$$N_{od} = 0 \text{ ve } \cot \alpha = 1.33$$

N_{od} : Rölatif hasar

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = 3.7 \quad (2.11)$$

ve tam hasar için, $N_{od} \geq 1$;

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = 4.1 \quad (2.12)$$

Accropode için, 3.7 ve 4.1 değerleri, % 5'lik bir değişim içinde stokastik değerler olarak tanımlanmaktadır.

Hasar başlangıcı olan $N_s = 3.7$ ile $N_s = 4.1$ arasında çok küçük bir fark olduğu için tam hasara karşı güvenilirlik sınırını artırmak için tasarımda 3.7 yerine $N_s = 2.5$ değerinin kullanılmasını tavsiye edilmiştir (Van der Meer, 1988).

ii. Tetrapod için ($\cot \alpha = 1.5$) hasar başlangıcında stabilite ifadesi;

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = \left(3.75 \left[\frac{N_{od}^{0.5}}{N_z^{0.25}} \right] + 0.85 \right) \left(\frac{1}{S_{om}} \right)^{0.2} \quad (2.13)$$

N_{od} : Rölatif hasar

N_z : bir kayıt içindeki sıfırı kesen dalgaların sayısıdır

Hasar başlangıcı $N_{od} = 0$ ve hasar için $N_{od} \geq 1.5$ kullanılmaktadır. $N_{od} = 0$ olması durumunda (2.13) denklemi aşağıdaki şekilde basit formda yazılabilmektedir;

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = 0.85 \left(\frac{1}{S_{om}} \right)^{0.2} \quad (2.14)$$

iii. Küp için ($\cot \alpha = 1.5$) hasar başlangıcında stabilite ifadesi;

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = \left(6.7 \left[\frac{N_{od}^{0.4}}{N_z^{0.3}} \right] + 1.0 \right) \left(\frac{1}{S_{om}} \right)^{0.1} \quad (2.15)$$

$N_{od} = 0$, hasar başlangıcı ve $N_{od} = 2$, hasar için kullanılmaktadır. $N_{od} = 0$ olması durumunda (2.15) denklemi aşağıdaki şekilde sadeleşir;

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = 1.0 \left(\frac{1}{S_{om}} \right)^{0.1} \quad (2.16)$$

2.4.4 Dalga Tırmanması, Aşması ve İletimi

Dalgakıran üzerinde tırmanma, kret veya arka yüzeyde hasara ve/veya korunaklı alanda büyük dalgalara sebep olabilir. Kronman duvarının olmadığı basit, pürüzsüz şevlerde ya da basamaklı şevlerde ya da kronman duvarının olduğu birkaç yapısal tip için dalga tırmanma seviyelerinin hesap yöntemleri bulunmaktadır. Ayrıca dalga iletim katsayısı, düşük kretli yarı batık ve batık dalgakıranlar için de hesaplanabilir.

Sakin su seviyesi üzerindeki tırmanma seviyeleri, R_{ux} , taş kaplama şevler için geliştirilen aşağıdaki iki denklemden biri kullanılarak hesaplanabilir.

$$\xi_m < 1.5 \text{ için } \frac{R_{ux}}{H_s} = a\xi_m \quad (2.17)$$

$$\xi_m > 1.5 \text{ için } \frac{R_{ux}}{H_s} = b\xi_m \quad (2.18)$$

Geçirimli yapılar için ($P > 0.4$), $\frac{R_{ux}}{H_s}$ üst limiti aşağıdaki şekilde verilmiştir;

$$\frac{R_{ux}}{H_s} = d \quad (2.19)$$

burada a , b , c ve d katsayıları Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Aşılma seviyelerine bağlı katsayılar (Yüksel, 2003)

Aşılma seviyesi	a	b	c	d
0.001	1.12	1.34	0.55	2.58
0.01	1.01	1.24	0.48	2.15
0.02	0.96	1.17	0.55	1.97
0.5	0.86	1.05	0.44	1.68
belirgin	0.72	0.88	0.41	1.35

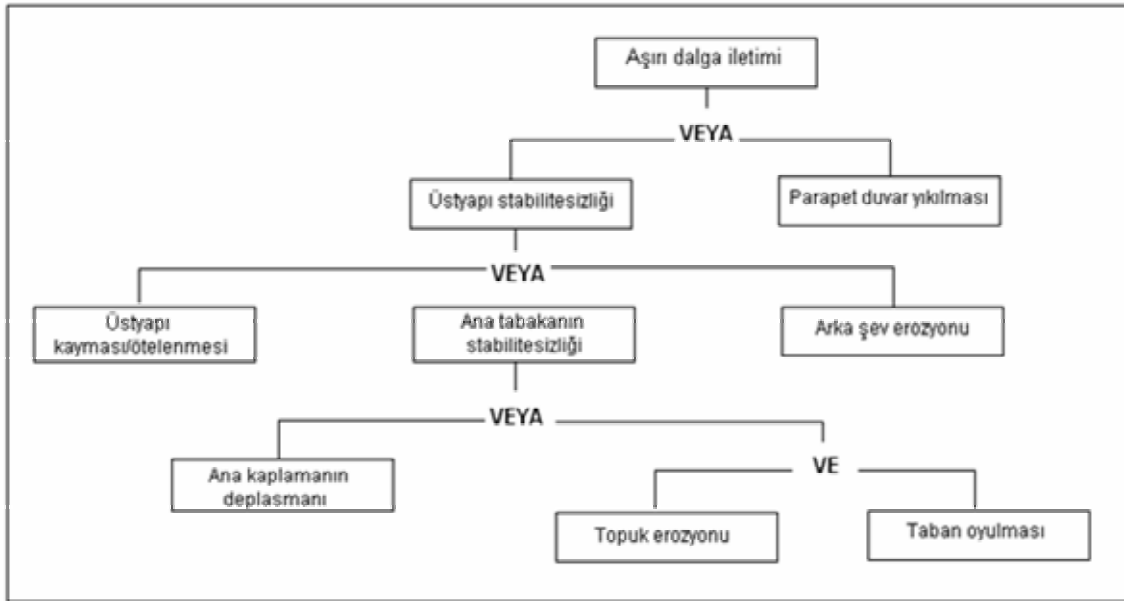
3. RİSK ANALİZİ

3.1 Sistemlerin Hasar Olasılığı ve Hata Ağacı Analizi

a. Bir kıyı yapısı farklı bileşenlerden oluşan, fonksiyonlarını yerine getirebilen veya getiremeyerek hasar gören bir sistem olarak ele alınabilir. Bileşenlerin arasındaki ilişkiye bağlı olarak bir bileşenin hasar görmesi diğer bir bileşenin hasarına, hatta tüm sistemin hasarına yol açabilir. Bu zincirleme ilişkilerin açıklanması için hata ağaçları sıklıkla kullanılan bir yöntemdir (CEM, 2001).

b. Bir hata ağacı sistemin hasarı ile buna sebep olan olaylar arasındaki ilişkiyi açıklar ve şematize ederek basite indirger (örneğin; liman alanını koruyan dalgakıranın maruz kaldığı aşırı dalga iletimi) (Şekil 3.1).

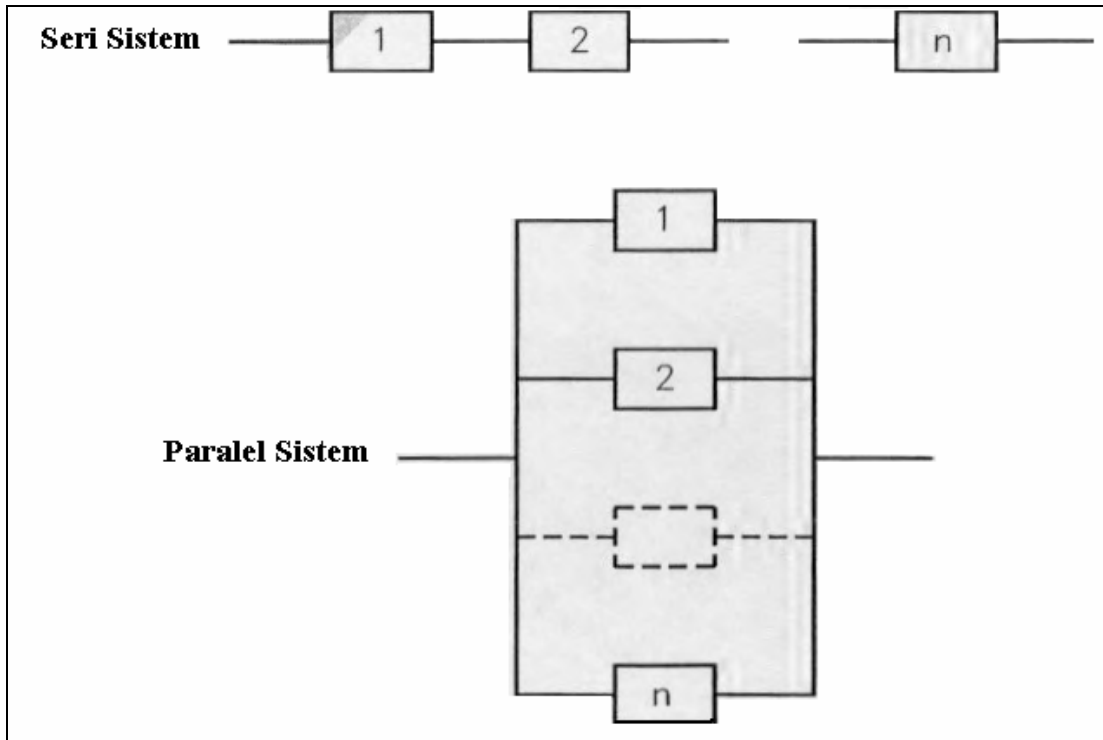
c. Bir sistemin hasar olasılığı tekil hasar modlarının hasar olasılığına, aralarındaki korelasyona ve zincirleme etkileşimlerine bağlıdır. Tekil hasar modları 1., 2. ve 3. Seviye risk analizleriyle hesaplanabilir. Korelasyona etki eden temel iki faktör vardır. Bunlar ana koruma tabakasının topukta meydana gelen erozyon sebebiyle kayması olarak tanımlanabilecek fiziksel etkileşimler ve belirgin dalga yüksekliği gibi ortak parametrelerin oluşturduğu faktörlerdir. Fiziksel etkileşimlerin oluşturduğu korelasyonlar henüz tam olarak açıklanamamıştır. Bununla birlikte, sistemin hasar olasılığının alt ve üst sınırlarını hesaplamak mümkün olabilmektedir.



Şekil 3.1 Basitleştirilmiş bir hata ağacı örneği (CEM, 2001)

d. Bir kırı yapıyı iki temel sisteme ayrılabilir. Bunlar seri ve paralel sistemler olarak ifade edilmektedir (Şekil 3.2).

En açık ifadeyle; hata ağacı bir sistem içinde farklı hasar unsurları arasındaki mantık ilişkisinin kurulmasıdır. Hata ağacı olaylardan ve koşullardan meydana gelir. Koşullar olayları birbirine bağlayan mantık işlemcileridir. Bu elemanlar mantıksal işlemciler olan **VE**, **VEYA** ya da **HAYIR** koşullarıdır. Bir olayın en üst noktası olan **ÜST** ifadesi, genelde bir sistemin tümünün hasarını göstermektedir (Reeve vd., 2004).



Şekil 3.2 Seri ve paralel sistemler (CEM, 2001)

- **Seri Sistemler**; hasar herhangi $i=1, 2, 3, \dots, n$ elemanın fonksiyonunu yitirmesi sonucu oluşur [**VEYA** koşulu].

$$P_F = \sum_{i=1}^n P_{f_i} \quad (3.1)$$

$$\text{Üst sınır: } P_{fs}^U = 1 - (1 - P_{f_1})(1 - P_{f_2}) \dots (1 - P_{f_n}) \quad (3.2)$$

$$\text{Alt sınır: } P_{fs}^L = \max [P_{f_i}] \quad (3.3)$$

Üst sınır, hasar modları arasında korelasyon olmadığını ve alt sınır ise modların birbirleriyle tam korelasyon içinde olduklarını ifade etmektedir. (3.2) denklemi bazen küçük P_{f_i} değerleri

için yaklaşık olarak $P_{fs}^U = \sum_{i=1}^n P_{fi}$ şeklinde ifade edilebilir çünkü P_{fs}^U 1'den büyük olamaz.

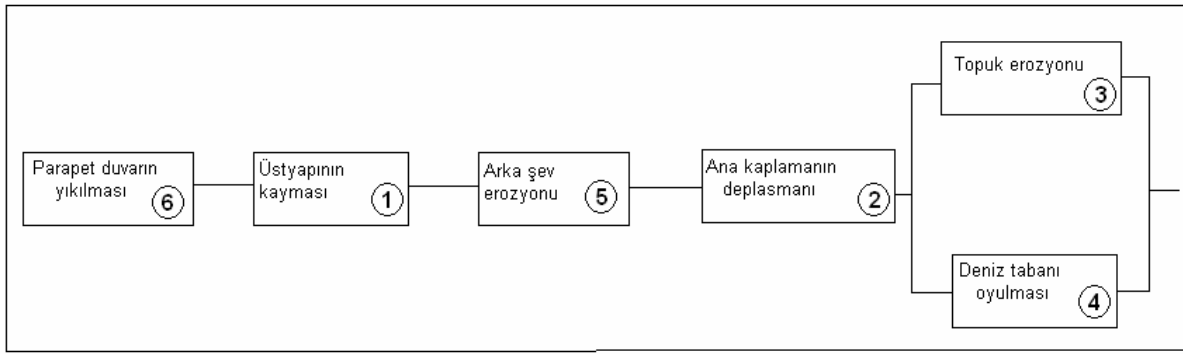
- **Paralel Sistemler**; bütün elemanların hasar görmesi durumu ifade eder [VE koşulu].

$$P_F = \prod_{i=1}^n P_{fi} \quad (3.4)$$

$$\text{Üst sınır: } P_{fs}^U = \min [P_{fi}] \quad (3.5)$$

$$\text{Alt sınır: } P_{fs}^L = P_{f_1} \times P_{f_2} \times \dots \times P_{f_n} \quad (3.6)$$

Üst sınır, hasar modları arasında tam korelasyonu ve alt sınır ise korelasyon olmadığını ifade etmektedir.



Şekil 3.3 Bir hata ağacının seri ve paralel sistemlere ayrılması (CEM, 2001)

➤ Hata Ağacı Analizi için Örnek Problem:1

- Karakteristikleri belirlenmiş bir dalgakıran için tekil hasar modlarının hata ağacı analizi şematize edilmiştir (Şekil 3.3). Her kademedeki hasar modlarının 1 yıl dönüş aralıklı hasar olasılıkları Çizelge 3.1'de verilmiştir.
- Çözüm için yılların birbirinden bağımsız olduğu kabulü yapılmıştır.

Çizelge 3.1 Hasar modlarının 1 yıl dönüş aralığı için hasar olasılıkları (CEM, 2001)

i (Hasar modu)	1	2	3	4	5	6
$\% P_f$	3	6	4	3	0.5	1

$\% P_f$ değerleri bütün yapılar için geçerli değildir. Yine de, pek çok geleneksel dalgakıran için değerlerin tipik olarak benzerlik gösterdiği söylenebilir (CEM,2001).

Sistemin hasar olasılığının alt ve üst sınırları seri ve paralel sistemler için (3.2), (3.3), (3.5) ve (3.6) denklemlerinde verilmiştir.

Üst sınır (korelasyon yok):

$$P_{fs}^U = 1 - (1 - P_{f6})(1 - P_{f1})(1 - P_{f5})(1 - P_{f2})(1 - \min[P_{f3}, P_{f4}]) = \% 12.9$$

veya küçük değerler için;

$$P_{fs}^U = P_{f6} + P_{f1} + P_{f5} + P_{f2} + \min[P_{f3}, P_{f4}] = \% 13.5$$

Alt sınır (tam korelasyon):

$$P_{fs}^L = \max[P_{f6}, P_{f1}, P_{f5}, P_{f2}, (P_{f3} \times P_{f4})] = \% 6$$

✓ L_T yıl tasarım ömrü için;

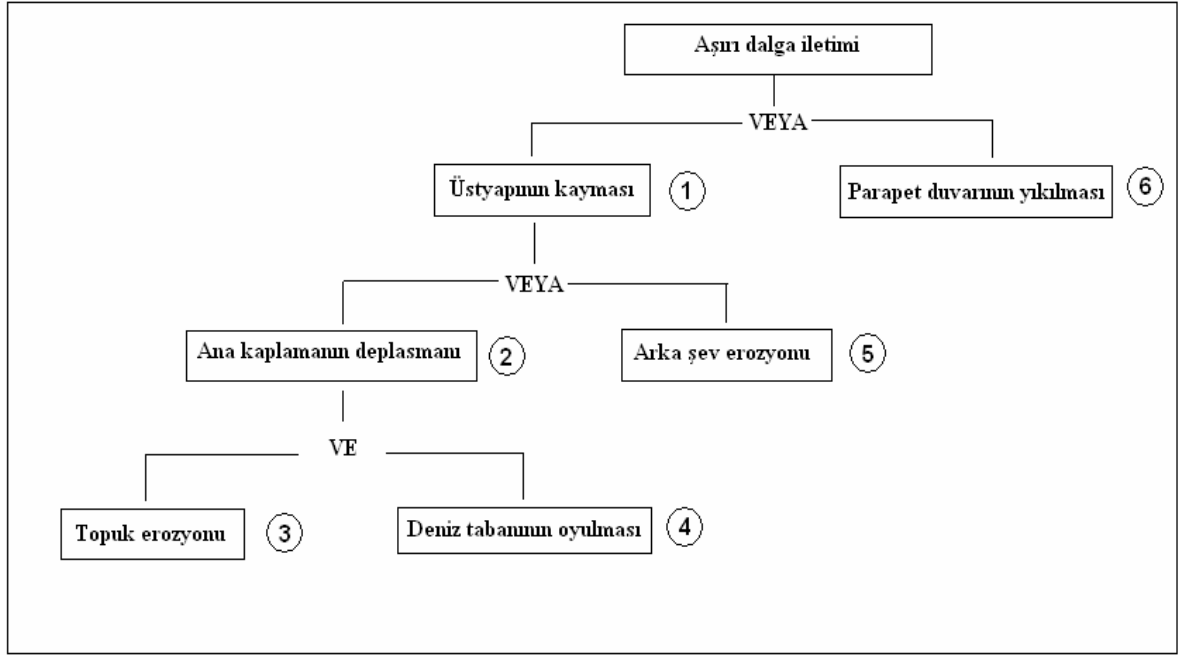
$$P_f(T \text{ yıl}) = 1 - [1 - P_f(1 \text{ yıl})]^{L_T} \text{ ifadesi kullanılmıştır.}$$

Sonuçlar farklı tasarım ömürleri için Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Tasarım ömürlerine karşılık hasar olasılıkları (CEM, 2001)

Hasar Olasılığı (%) Tasarım ömrü, L_T	20 yıl	50 yıl	100 yıl
P_{fs}^U	94	100	100
P_{fs}^L	71	95	100

➤ **Hata Ağacı Analizi için Örnek Problem:2**



Şekil 3.4 Bir dalgakıran için basitleştirilmiş hata ağacı (CEM, 2001)

Şekil 3.4'deki hata ağacı, ilk problemdeki hata ağacından farklılık göstermektedir. Şekil 3.3'te sadece 6. hasar modu sistemin hasarına sebep olurken, ikinci hata ağacında 6., 5., 1., 2. ve (3+4). hasar modları tek başlarına sistemin hasarına yol açabilir. Hata ağaçlarının daha farklı kombinasyonları oluşturulabilir.

Aynı hasar olasılıkları için (Çizelge 3.1);

Üst sınır:

$$P_{fs}^U = 1 - (1 - P_{f6}) (1 - \min[P_{f1}, P_{f5}]) (P_{f1}, P_{f2}, P_{f3}, P_{f4}) = \% 4.5$$

veya küçük değerler için P_{fi} ;

$$P_{fs}^U = P_{f6} + \min[P_{f1}, P_{f5}] + \min[P_{f1}, P_{f2}, P_{f3}, P_{f4}] = \% 4.5$$

$$\text{Alt sınır} : P_{fs}^L = \max[P_{f6}, (P_{f1} \times P_{f5}), (P_{f1} \times P_{f2} \times P_{f3} \times P_{f4})] = \% 1$$

Aynı işlemler tekrar edilerek sistemin hasar olasılıkları bulunabilir (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3 Tasarım ömürlerine karşılık hasar olasılıkları (CEM, 2001)

Hasar Olasılığı (%) Tasarım ömrü, L_T	20 yıl	50 yıl	100 yıl
P_{fs}^U	60	90	99
P_{fs}^L	18	39	63

- ✓ Çizelge 3.3'teki değerlerin, ilk bulunan olasılıklardan (Çizelge 3.2) farklı olduğu görülmektedir. Bu durum doğru hata ağacı şablonu oluşturulmasının önemini vurgulamaktadır.

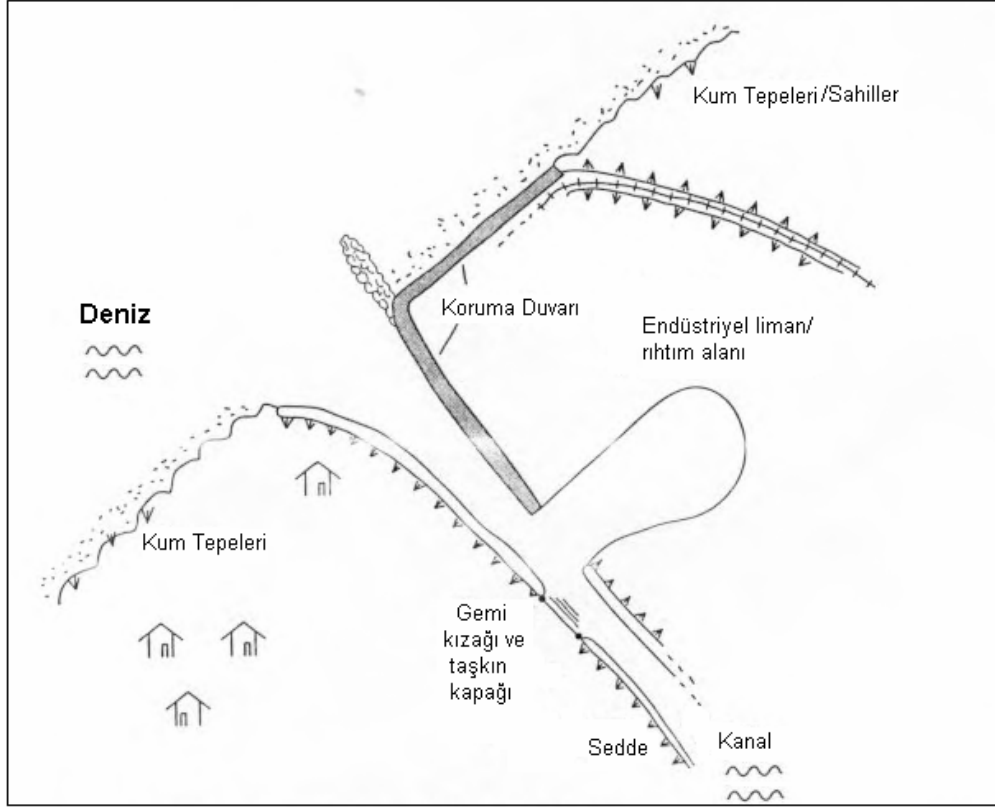
3.2 Risk Belirleme

Risk belirlemesinde önemli bir konu, pratikte uygulanan fiziksel ve matematiksel modellerin birbirleriyle doğru ilişkilendirilmesidir. Hiçbir zaman hasara uğramayacak ve dolayısıyla tamamen güvenli bir yapı tasarlananın mümkün olmadığı bilinmelidir. Profesyonel tasarım yöntemleri ve kontrollü inşa yoluyla hasar olasılığı kabul edilebilir seviyelere düşürülebilir. Örneğin; bir taşkın koruma sisteminde kusursuz bir koruma beklemek mümkün olmayabilir, çünkü koruma yapısının yüksekliği belirli bir dönüş aralığına göre tasarlanacaktır. Eğer bir fırtına söz konusu olursa belirlenmiş dönüş aralığını aşacak koşullar oluşacağından, doğal olarak yapının taşkına karşı koyması mümkün olmayacaktır (Reeve vd., 2004).

Yakın geçmişte yaşanan iki gelişme mühendislerin tasarım aşamasındaki yaklaşımlarında köklü değişikliklere neden olmuştur. Bunlardan birincisi; mühendislikte mutlak çözümün elde edilebilir olup olmama kavramının sorgulanmasıdır. Mühendislik modelleri ile elde edilen sonuçlar, matematiğin karmaşık olmasıyla birlikte kusursuz değildir ve dolayısıyla sayısal veya ampirik bir modelden sağlanan tahminler kesin olamaz. Örneğin; bir geoteknik mühendisi bir koruma seddesinin 0.3 m oturma göstereceğini tahmin ediyorsa, bu hesaplamayla ilgili mutlaka bazı belirsizlikler vardır. Tahminin daha iyi değerlendirilmesi için bir bant aralığında sunulması (örneğin; 0.2-0.4 m gibi) belirsizliği daha iyi vurgulayabilir.

İkincisi ise; belirsizlikle ilgilenen mühendislik yöntemlerinin gelişimidir. Bilim adamları su seviyesi, yağış miktarı, dalga yüksekliği gibi pek çok doğa olayını istatistik yöntemlerle açıklayabilmektedir.

Pek çok ülkede olasılık hesaplamalarının uygulamaları veya “olasılık tasarımı” kavramı, kıyı koruma tasarımlarının önemli bir parçası haline gelmiştir. Bu durum özellikle yaşam alanlarının büyük bir bölümünün deniz seviyesinin altında kalan Hollanda’da önemlidir (Reeve vd., 2004).



Şekil 3.5 Şematik bir koruma sistemi (Reeve vd., 2004)

Olasılık tasarımı ve risk tahmini için gerekli bazı anahtar kavramların açıklanması için, Şekil 3.5’teki şematik koruma sistemi ele alınabilir. Şekilde görüldüğü gibi bir yaşam alanı kum tepeleriyle deniz etkisinden korunmuştur ve bu alanı endüstriyel liman bölgesinden ayıran, gelgitin etkilediği alan boyunca bir taşkın seddesi yapılmıştır. Deniz tarafında kıyı koruma duvarı ve demiryolunun geçtiği bir seddeyle taşkına karşı koruma sağlanmıştır. Ayrıca nehre gemi veya tekne indirmek için kapalı tutulması gereken ve su seviyesini kontrol eden mekanik aksamı bir kapak sistemi kurulmuştur. Sisteme bakıldığında, kum tepeleri, seddeler veya geçit kapaklarının herhangi birisinin hasara uğramasının tüm sistemi hasara uğratacağı açıkça görülmektedir. Hasar durumunda felaket boyutunda taşkın ve yaşama alanının tamamen sular altında kalması söz konusu olabilir. Hasarın sonuçları su baskınının yayılma alanına, etki süresine ve diğer ortaya çıkabilecek zorlukların neler olduğuna bağlıdır. Su taşkınının riski; hasar olasılığı ve sonuçlarının birlikte değerlendirilmesiyle elde edilir. Yani risk aşağıdaki

şekilde formüle edilebilir;

➤ **Risk= (Hasar Olasılığı) x (Sonuçlar)**

Hasar olasılığı bazen “tehlike” olarak adlandırılır. Sonuçlar pek çok birimde değerlendirilebilir ancak çoğunlukla parasal değere çevrilerek masrafların belirlenmesine çalışılır (örneğin; \$/yıl, \$/ay, €/çeyrek yıl). Hasar herhangi bir elemanın fonksiyonunu yitirmesi sonucu oluşur. Deniz koruma yapıları için, bu eleman taşkın koruma sisteminin erozyonu olabilir. Ancak taşkın korumasının, sistemin hasara uğramaması halinde bile başarısızlığa uğrayabileceği unutulmamalıdır. Örneğin; su seviyesi kreti aşacak şekilde yükselir, ancak koruma yapısında oyulmaya veya erozyona sebebiyet vermeyebilir.

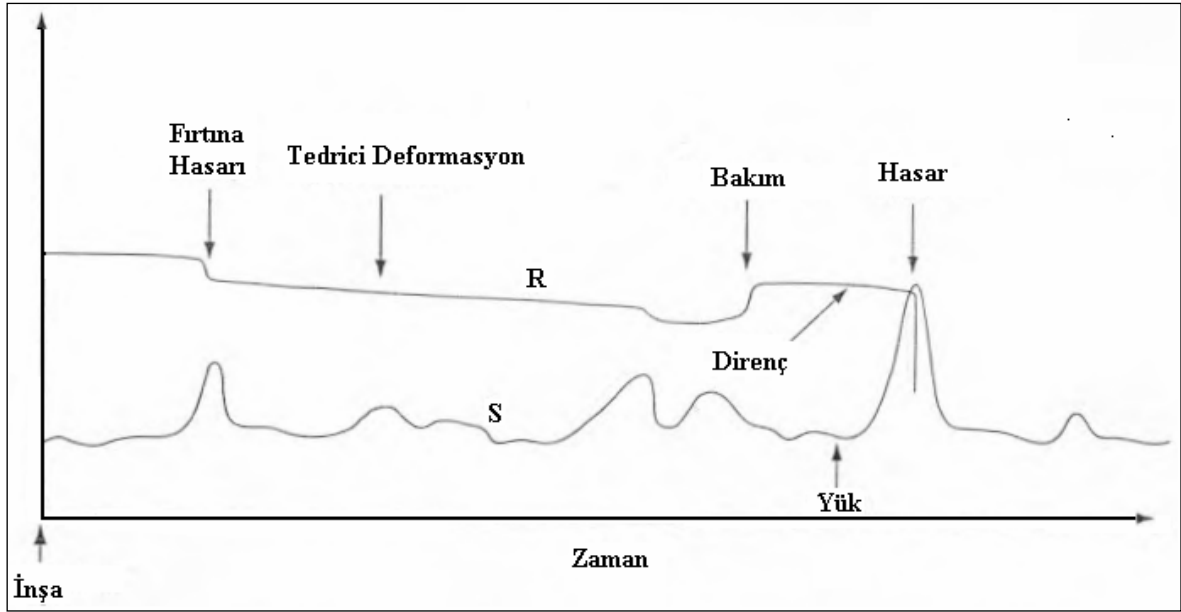
Risk ile ilişkili diğer bir kavram ise “güvenirliliktir”. Güvenirlilik karakteristik bir özellik olup, belirli bir zaman aralığında verilen koşullar altında gerekli fonksiyonları sağlayabilecek elemanın olasılığı olarak ifade edilir. Şöyle ki; güvenirlilik belirli zaman aralığında hasar oluşmaması durumunun olasılığıdır. Tekil bir elemanın τ hasarsız çalışma süresi, $F(t) = P_f(\tau \leq t)$ dağılım fonksiyonu ile karakterize edilir. Zamana bağlı güvenirlilik fonksiyonu, $G(t)$, aşağıdaki gibi verilir;

$$G(t) = P_f [(0, t) \text{ içinde hasar yok}] = 1 - F(t) \quad (3.7)$$

Ortalama hasar zamanı ise, MTTF (Mean Time To Failure), aşağıdaki denklemden hesaplanabilir;

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (3.8)$$

Yapıların dayanımı doğal olarak zaman içinde tedrici olarak azalmaktadır, ancak belirgin fırtına koşullarıyla ani bir düşüş yaşayabilir ve bakım sonucunda tekrar artabilir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Yapı ömrü süresince yük ve dayanımın zamana bağlı değişimi (Reeve vd., 2004)

Risk tahmini, bir sistemin farklı elemanlarının analizi ve hasar sonuçlarının bir araya getirilmesi ile şekillenen bir süreçtir. Risk problemleri tipik olarak birden fazla bilimi ilgilendirir. Bilim adamları, mühendisler, politikacılar arasında işbirliği sağlanmalıdır. Olayın oluşma olasılığı ve sonuçları arasında önem açısından uygun bir değerlendirme gereklidir. Ayrıca hasarın farklı sebep ve sonuçları hesaba katılmalıdır. Risk tahmini “*bir ürün, sistem veya alanın ve özelliklerinin doğal riskleriyle birlikte, uygun çevre şartlarında toplu analizi*” (Reeve vd., 2004) olarak tanımlanmıştır. Tehlikeler doğal sebeplerden oluştuğunda (yüksek rüzgarlar veya büyük dalgalar gibi), bunları sınırlamak mümkün olmayabilir. Ancak örneğin, taşkın için bir erken uyarı sistemi kurmak olumsuz etkileri en aza indirebilir. Bunlar risk idaresi ve risk kabulü kavramlarını doğurur. Risk idaresi uygulanabilir olduğu sürece riskin azaltılması için bazı prosedürlere uymak gereklidir. Şekil 3.5’teki örneği kullanırsak; mevcut alana uygulanabilecek taşkın riskine karşı çeşitli stratejiler geliştirilebilir. Bunlar;

1. konut yapımı ile ilgili herhangi bir genişlemeyi engellemek
2. taşkın uyarı sistemi kurmak
3. riskli alanı bölümlere ayırmak suretiyle ilave seddeler inşa etmek
4. gerektiğinde konut sahiplerini tahliye etmek olabilir.

Risk kabulü daha çok insan psikolojisi ile ilgilidir. Örneğin; şahıslar tarafından bilinçli olarak alınan riskler (araba sürme sırasında oluşabilecek zarar veya sigara içmek) - kendilerinin kontrolü dışında gelişen olaylara (taşkın gibi) kıyasla daha kolay alınır.

3.3 Tasarım Yaklaşımları

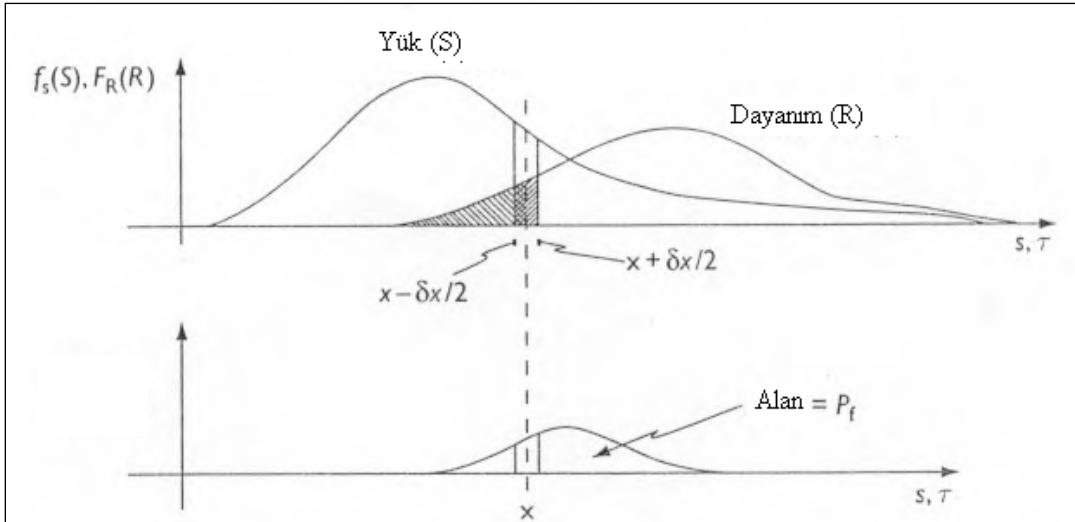
Dayanım (R) ve yük (S), tasarım koşulları altında performansın değerlendirilmesi için tanımlanmıştır. Dayanım ve yük genellikle pek çok değişkenin fonksiyonlarıdır. Yük değişkenleri genel olarak dalga yüksekliği, dönüş aralığı, yönü ve su seviyesi olarak özetlenebilir. Yapının geometrisi, malzemesi ve kıyı karakteristikleri tipik olarak stabilite değişkenleridir. Hasara veya aşmaya izin verilmediğinde $R = S$ koşulu uygulanır. Bu durum aynı zamanda limit koşul olarak tanımlanabilmektedir. Hasar olasılığı yükün dayanımı aşma durumudur, yani $S > R$.

Geleneksel yaklaşım veya tasarımda, limit koşul yapının karşı koyabileceği yük durumuna göre uygun olarak belirlenir. Limit koşulun aşılması (yani hasar) ufak bir olasılıkla kabul edilir, P_f . Bilinen tekil bir S yükü olması durumunda, hasar olasılığı basitçe $P(R - S \leq 0)$ olarak ifade edilebilir veya $F_R(S)$. Dayanım ve yük için olasılık dağılımları sırasıyla $F_R(R)$ ve $f_S(S)$ ise, hasar olasılığı aşağıdaki şekilde verilir;

$$R \text{ ve } S \text{ 'nin bağımsız olmaları koşuluyla } P_f = \int_{-\infty}^{\infty} F_R(x) f_S(x) dx \quad (3.9)$$

Bu denklem en iyi Şekil 3.7'de gösterildiği gibi R ve S 'nin yoğunluk fonksiyonlarının çizilmesiyle anlaşılabilir. Denklem 3.9 hasar olasılığını, tüm olası olayların hesaba katıldığı iki bağımsız olayın hasar olasılıkları olarak verir. $F_R(x)$, R 'nin x 'den küçük olma olasılığını ve $f_S(x)dx$ ise dx aralığı içinde S 'nin x 'e yakınsaklık olasılığını verir.

Geleneksel yaklaşımda R ve S karakteristik değerleri, tasarım gereklerinin sağlanması açısından R 'nin, S 'den yeter büyüklükte olmasını gerektirir. Olasılık tasarımı yaklaşımında hasar olasılığının tahmini, doğrudan dağılımların çakıştığı alanların değerlendirilmesi ile yapılabilir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 İki bağımsız değişkene bağlı hasar olasılığı, R ve S (Reeve vd., 2004)

Pratikte, problem pek çok değişkeni içerir ve hasar olasılığının değerlendirilmesi çok boyutlu bir hacim üzerinde integre edilmesi ile mümkündür. Eğer R ve S değişkenleri arasında bir korelasyon söz konusu ise daha karmaşık bir durum oluşabilir. Örneğin; bir yapıda kıyı seviyelerinin dalga koşulları üzerinde etkisi olabilmektedir. Genelde, bir G güvenilirlik (veya hasar) fonksiyonu;

$$G = R - S \quad (3.10)$$

$$= R(x_1, x_2, x_m) - S(x_{m+1}, \dots, x_n) \text{ şeklinde tanımlanır.}$$

ve hasar olasılığı (yani $G < 0$ durumu) ise aşağıdaki ifadeden çıkarılabilir;

$$\int_{G>0} f_G(g) dg \quad (3.11)$$

burada bir hacim üzerindeki integral n boyutludur.

Pek çok güvenilirlik analizinde uygulanan bir kabul, $x_1, x_2, \dots, x_m$ değerlerinin bağımsız olmasıdır. Böylece yukarıdaki ifade çoklu bir integrale dönüşecektir.

$$\iiint \int_{G>0} f_{x_1}(x_1) f_{x_2}(x_2), \dots, f_{x_n}(x_n) dx_1 dx_2, \dots, dx_n \quad (3.12)$$

burada $f_{x_1}(x_1), f_{x_2}(x_2), \dots, f_{x_n}(x_n)$, R ve S değişkenlerinin sınır olasılık yoğunluk fonksiyonlarıdır. Bağımsız olduğu kabulü yapılsa bile integrali çözmek oldukça zor olabilir. Bu durum aşağıda sıralanan bazı yaklaşım yöntemlerinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur:

- 0.Seviye yöntemler : R ve S 'ye ait karakteristik değerleri kullanan geleneksel çözüm yöntemleridir.
- 1.Seviye yöntemler : değerlerin kendi içinde belirsizliğini hesaplamak için güvenilirlik katsayılarını tanımlayan yarı olasılık yöntemleridir.
- 2.Seviye yöntemler : $\int_{G>0} f_G(g)dg$ denklemini kullanarak R ve S 'nin dağılım fonksiyonlarına yaklaşım getiren olasılık yöntemleridir.
- 3.Seviye yöntemler : $\int_{G>0} f_G(g)dg$ denklemini hem doğrudan hem de sayısal simülasyon teknikleri ile çözüme ulaştıran en karmaşık olasılık yöntemleridir.

3.3.1 1.Seviye Yöntemler

Olasılık tasarım yöntemleri, G 'nin hasar fonksiyonu, R 'nin dayanım ve S 'nin tasarım yükü olduğu sınır koşul denklemine ($G = R - S$) dayanır. Belirli S yüküne karşı koyacak bir yapı için gerekli olan koşul $R \geq S$ veya $R = \gamma S$ 'dir. Burada γ , 1'den daha büyük veya 1'e eşit bir değerdir. γ değeri belirsizliği hesaba katmak için kullanılan bir güvenilirlik katsayısıdır. G fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$G = \frac{R}{\gamma_r} - \gamma_s S = 0 \quad (3.13)$$

burada γ_r dayanımla ilgili güvenlik katsayısını ve γ_s ise yükle ilişkili güvenlik katsayısını ifade etmektedir.

3.3.1.1 Kısmi Katsayıları Belirleme Yöntemi

İnşaat mühendisliği mevcut uygulama standartlarının - örneğin çelik ve betonarme yapılar için - karakteristikleri şunlardır;

- Kısmi katsayılar, katsayı kullanımının sayısını azaltmak amacıyla temel değişkenlerin her biri yerine kombinasyonlarıyla ilgilenir
- Kısmi katsayılar, çok sayıda güvenirliliği ispatlanmış tasarımların güvenilirlik seviyelerini yansıtır (Genellikle sürekli ve geçici yapılar için iki katsayı grubu tanımlanır.

Aşağıdaki sebeplerden dolayı yukarıdaki ikinci kavram güvenilirlik açısından tavsiye edilmemektedir.

- Dalgakıranlar ve kıyı yapılarının güvenilirlik seviyelerini değerlendirmek, bilgi eksikliğinden dolayı (özellikle su seviyesindeki değişimler ve dalga iklimi gibi çevresel koşullar için) çok zordur. Fakat şu bir gerçektir ki; yapıların güvenilirlik seviyeleri oldukça çeşitlilik gösterir ve çoğunlukla da düşük seviyededir. Sonuç olarak mevcut tasarımlara yönelik uygulanabilir kısmi katsayılar oluşturmak mümkün değildir.
- Kıyı mühendisliğinin doğası gereği tasarım optimizasyonu sırasında yapıların sahip olduğu farklı güvenilirlik seviyelerinden dolayı, farklı hasar olasılıkları için bir dizi kısmi katsayıların belirlenmesi tavsiye edilmektedir. Bunları kullanarak tasarımcı ve müşteri, fayda-maliyet analizlerini değerlendirerek, yapının nihai güvenilirlik derecesine karar verebilir. Örneğin, kaçınılmaz hasar derecesi olarak tanımlanan % 20'lik hasar olasılığı ($P_f = 0.20$) $L_T = 80$ yıllık tasarım ömrü içinde oluşabilir. Dolayısıyla tasarım ifadeleri, bu hasar olasılığı ve periyoduna karşılık gelecek şekilde belirli bir kısmi katsayılar dizisine sahip olmalıdır.
- Uzun dönem dalga iklimiyle ilgili verilerin kalitesi (belirgin yük) çok güvenilir (uzun yıllara dayalı yüksek kalitede dalga kayıtları ve geçmişe yönelik veriler) veya güvenilirmez (birkaç belirsiz veri dizisine dayanan dalga iklimi) olabilir. Bu sebeple kısmi katsayıların, sınırlı dalga verilerine bağlı istatistiki belirsizliği ve verilerdeki hataları da dikkate alabilecek kaliteli bir dalga iklimi fonksiyonuna sahip olunması çok önemlidir.

Sonuç olarak; normal yapı şartnameleri kullanılarak öngörülen hasar olasılıklarına göre kıyı yapılarının tasarımı mümkün değildir (PIANC, 1997). Bir kısmi katsayı sisteminin gelişimi için izlenmesi gereken yol aşağıdaki gibidir;

- ❖ Hasar modlarının ve hasar gören elemanların tanımlanması (tekil eleman analizi ve/veya sistem analizi)
- ❖ Tasarım denklemlerinin seçilmesi
- ❖ Parametre aralıklarının, istatistik özelliklerinin ve kombinasyonlarının tanımlanması
- ❖ Hasar olasılıklarının hedefinin belirlenmesi
- ❖ Kısmi katsayıların hesaplanması
- ❖ Sistem optimizasyonu ve kalibrasyonu
- ❖ Mevcut yapıların gözlemlenmiş davranışlarıyla karşılaştırmalar yaparak kısmi katsayı sisteminin doğrulanması

3.3.1.2 Kısmi Katsayıların Genel Biçimi ve Tasarım İfadeleri

Tüm parametreleri etkileyen kısmi katsayılar, belirli aralıklar içinde parametre değerlerinin kombinasyonları için hesaplanmaktadır. Hesaplamalar çoğu parametre için kısmi katsayıların 1.0 civarında olduğunu göstermiştir. Bu sebeple sadece iki kısmi katsayının belirlenmesi uygun görülmüştür (PIANC, 1997).

γ_z , dayanım parametrelerine bağlıdır ve formülün belirsizliğini,

γ_{H_s} , temel yük parametresi olan en büyük belirgin dalga yüksekliği tahminlerinin belirsizliklerini yansıtmaktadır.

Kısmi katsayıları belirlemek için bir takım formüller geliştirilmiştir. Bu formüller üç farklı kavrama göre, en yüksek hasar olasılığını belirleyecek olasılıklar değerlendirilerek aşağıdaki gibi verilmiştir.

$$\gamma_z = 1 - (k_a \times \ln P_f) \quad (3.14)$$

$$\gamma_{H_s} = \frac{\hat{H}_s^{T_{Pf}}}{\hat{H}_s^{T_R}} + \sigma'_{FH_s} \left[1 + \left(\frac{\hat{H}_s^{T_R}}{\hat{H}_s^{T_R}} - 1 \right) k_{\beta} \times P_f \right] + \frac{k_s}{\sqrt{P_f \times N_{H_s}}} \quad (3.15)$$

Burada;

T_R : dönüş aralığı, yıl

P_f : istenen L_T tasarım ömrü içindeki hedef hasar olasılığı

FH_s : H_s 'nin kısa dönem değişkenlik ve ölçüm hatalarına bağlı bir belirsizlik modelidir

σ'_{FH_s} : FH_s 'nin normalleştirilmiş standart sapmasıdır. Tipik değerler için Çizelge 3.4'e

bakınız.

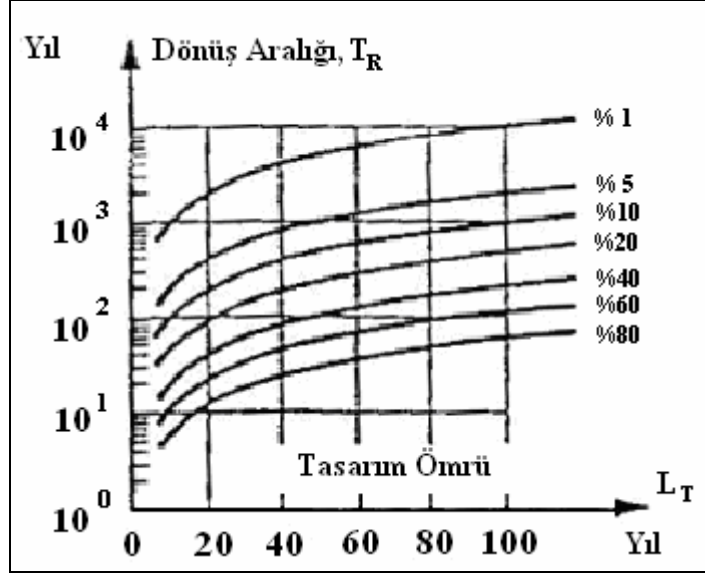
$\hat{H}_s^{T_R}$: her T_R yılda bir kere aşan belirgin dalga yüksekliği tahminidir, H_s

$\hat{H}_s^{3T_R}$: ortalama $3T_R$ yılda bir kere aşılan H_s tahminidir, 3 kat daha fazla tasarım ömrü

$\hat{H}_s^{T_{Pf}}$: T_{Pf} 'ye karşılık gelen H_s tahminidir

T_{Pf} : L_T tasarım ömrü boyunca aşılacak olan $\hat{H}_s^{T_R}$ 'nin P_f olasılığına karşılık gelen dönüş aralığıdır. T_{Pf} , koşullu olasılık formülünden hesaplanabilir;

$$\triangleright T_{Pf} = \left[1 - (1 - P_f)^{1/L_T} \right]^{-1} \quad (\text{Şekil 3.8}) \quad (3.16)$$



Şekil 3.8 Koşullu olasılık (PIANC, 1997)

$\hat{H}_s^{T_R}$, $\hat{H}_s^{T_{Pf}}$, $\hat{H}_s^{3T_R}$ değerlerinin hepsi en büyük değer belirgin dalga yüksekliği, H_s , dağılımlarından elde edilir

N_{H_s} : en büyük değer dağılımlarını uygulamak için kullanılan H_s veri sayısıdır

k_α , k_β , k_s ; her hasar durumu için optimize edilerek belirlenmiş katsayılardır

Dikkate alınan hasar modlarının her biri için optimizasyon yapılarak elde edilen k_α ve k_β değerleri, Çizelge 3.6, 3.7, 3.8 ve 3.9'da verilmektedir. k_s , tüm hasar modları için yaklaşık 0.05 değerini almaktadır (PIANC, 1997).

Çizelge 3.4 Deniz durumu parametreleri için tipik değişim katsayıları (PIANC, 1997)

Parametreler	Belirleme yöntemleri	Tipik değerler	
Dalga yüksekliği		σ'_{FH_s}	Sapma
Açık deniz belirgin dalga yüksekliği	İvme ölçer şamandıra, basınç ölçer birim, dikey radar	0.05-0.1	~ 0
	Yatay radar	0.15	~ 0
	Meteorolojik veriler, sayısal modeller	0.1-0.2	0-0.1
	Meteorolojik veriler, SMB yöntemi	0.15-0.2	?
	Gemilerden yapılan gözlemler	0.2	0.05
Açık deniz belirgin dalga yüksekliğinin sığ su etkilerinden (kırılma, difraksiyon, sığlaşma) sonra elde edilen yakın kıyı belirgin dalga yüksekliği	Sayısal modeller	0.1-0.2	0.1
	Elle hesaplamalar	0.15-0.35	
Diğer dalga parametreleri			
Sabit belirgin dalga yüksekliği durumunda ortalama dalga periyotları	İvme ölçer şamandıra	0.02-0.05	~ 0
	Genişlik spektrum tahminleri	0.15	~ 0
	Meteorolojik veriler, sayısal modeller	0.1-0.2	~ 0
Belirli bir seviyeyi aşan belirgin dalga yüksekliğinin sürekliliği	Direkt ölçümler	0.02	~ 0
	Meteorolojik veriler, sayısal modeller	0.05-0.1	~ 0
Açık deniz spektral pik frekansı	Ölçümler	0.05-0.15	~ 0
	Meteorolojik veriler, sayısal modeller	0.1-0.2	~ 0
Açık deniz pik seviyesi	Meteorolojik veri, sayısal model	0.4	~ 0
Açık deniz dalga yayılmasının ortalama yönü		Derece (°)	
	Yatay hız bileşenlerinin, su seviyesi	10°	
	Meteorolojik veriler, sayısal modeller	15-30°	
Su seviyesi		σ'	
Gelgitler	Mevcut tahminler	0.001-0.07	
Fırtına dalgası	Sayısal modeller	0.1-0.25	±0.1

(3.15) ifadesindeki ilk terim, belirgin dalga yüksekliğine, H_s , bağlı istatistiksel belirsizliklerin ve ölçüm hatalarının olmaması durumunda gerçek γ_{H_s} değerini verir.

Aynı ifadedeki orta terim, dalga verileriyle ilişkili ölçüm hatalarını ve kısa dönem değişkenliği belirtir.

Son terim ise, belirgin dalga yüksekliğinin, H_s , hesaplanan en büyük değer dağılımının istatistiksel belirsizliğini ifade etmektedir. Bu şekilde ele alınan istatistiksel belirsizlik, gözlem periyodunun uzunluğuna değil dalga verilerinin sayısına, N_{H_s} , bağlıdır. 15 yılın üzerinde bir dönüş aralığına sahip belirgin dalga yüksekliğinin, H_s , en büyük 10 değeri, 2 yıllık periyottaki en büyük 10 değerden çok daha güvenilir bir tahmin sağlamaktadır. Bununla birlikte istatistiksel analizde, veri örneklerinin gerçek dağılımı tam olarak yansıttıkları varsayılır. Diğer bir deyişle; veri örneklerinin, korale edilmemiş olmasının yanı sıra, periyodik değişkenliklerin (mevsimsel) örnekleri olumsuz etkilemeyeceği bir zaman uzunluğunda ve sıklıkta ele alındığı varsayılır. Tasarımcı bu şartların farkında olmalı ve uygun toleranslar tanımalıdır.

Eğer en büyük değer dalga istatistikleri N_{H_s} dalga verilerine dayanmıyorsa, fakat mesela sığ sudaki su seviyesi değişimlerinden elde edilen belirgin dalga yüksekliği, H_s , değerlerine dayanıyorsa, (3.15) ifadesindeki son terim kaybolur ve σ'_{FH_s} için seçilen değer belirsizlik hesabı için kullanılır.

Şekil 3.8, L_T yıl tasarım ömrü sırasında T_R -yıl dönüş aralığına sahip olayın P_f aşılma olasılığını göstermektedir.

Çizelge 3.5 Ana koruma tabakasının hidrolik stabilitesi (PIANC, 1997)

Formül	Tasarım Denklemi	k_α	k_β
Hudson, taş için	$\frac{1}{\gamma_z} \Delta D_{n50} (K_D \cot \alpha)^{1/3} \geq \gamma_{H_s} H_s$	0.036	151
Van Der Meer, Taş için Plunging tipi kırılma	$\frac{1}{\gamma_z} 6.2 S_d^{0.2} P^{0.18} \Delta D_{n50} (\cot \alpha)^{0.5} S_{om}^{0.25} N^{-0.1} \geq \gamma_{H_s} H_s$	0.027	38
Van Der Meer, Taş için Surging tipi kırılma	$\frac{1}{\gamma_z} S_d^{0.2} P^{-0.13} \Delta D_{n50} (\cot \alpha)^{0.5-p} S_{om}^{-0.5p} N^{-0.1} \geq \gamma_{H_s} H_s$	0.031	38
Van Der Meer Tetrapod için $\cot \alpha = 1.5$	$\frac{1}{\gamma_z} \left(3.75 \frac{N_{od}^{0.5}}{N_z^{0.25}} + 0.85 \right) S_{om}^{-0.2} \Delta D_n \geq \gamma_{H_s} H_s$	0.026	38
Van Der Meer Küp için $\cot \alpha = 1.5$	$\frac{1}{\gamma_z} \left(6.7 \frac{N_{od}^{0.4}}{N_z^{0.3}} + 1.0 \right) S_{om}^{-0.1} \Delta D_n \geq \gamma_{H_s} H_s$	0.026	38
Van Der Meer Accropode için	$\frac{1}{\gamma_z} N_s \Delta D_n \geq \gamma_{H_s} H_s$	0.015	33

Çizelge 3.6 Düşük kretli taş dolgu dalgakıranların hidrolik stabilitesi (PIANC, 1997)

Formül	Tasarım denklemi	k_α	k_β
Van Der Meer	Ana koruma tabakası için D_{n50}'ye aşağıdaki faktör uygulanır $f_i = \left[1.25 - 4.8 \frac{R_c}{H_s} \left(\frac{S_{om}}{2\pi} \right)^{0.5} \right]^{-1}$	0.035	42

Not: düşük kretli dalgakıranlar $0 < \frac{R_c}{H_s} < 1$ ile tanımlanır.

Çizelge 3.7 Topuğun hidrolik stabilitesi (PIANC, 1997)

Formül	Tasarım denklemi	k_α	k_β
Van Der Meer, Taş için	$\frac{1}{\gamma_z} 8.7 \left(\frac{h_t}{h_s} \right)^{1.43} \Delta D_{n50} \geq \gamma_{H_s} H_s$	0.087	100

Çizelge 3.8 Taş dolgu şevlerde tırmanma (PIANC, 1997)

Formül	Tasarım denklemi	k_α	k_β
Van der Meer, Taş için	$(\cot \alpha)^{-1} S_{om}^{-0.5} < 1.5$ için;	0.036	44
	$\frac{1}{\gamma_z} R_u a^{-1} \cot \alpha S_{om}^{0.5} \geq \gamma_{H_s} H_s$		
	$(\cot \alpha)^{-1} S_{om}^{-0.5} \geq 1.5$ için;	0.018	36
	$\frac{1}{\gamma_z} R_u a^{-1} (\cot \alpha S_{om}^{0.5})^c \geq \gamma_{H_s} H_s$		

3.3.2 2.Seviye Yöntemler

2.Seviye yöntemler hesaplamalarda olasılık dağılımı kavramını kullanmaktadır. 2.Seviye analizin temel özellikleri;

- temel değişkenlerin bir Gauss dağılımı ile yeterince açıklanabileceği kabulü yapılması
- hasar fonksiyonu temel değişkenlerin lineer bir fonksiyonu olması

2.Seviye yöntemler hasar olasılığının hesaplanmasını sağlarken her değişken için bir etki faktörü tanımlar. Lineer bir hasar fonksiyonu olan G ve Gaussian temel değişkenler için, Cornell (1969) güvenilirlik indeksini β olarak tanımlamıştır.

$$\beta = \frac{\mu_G}{\sigma_G} \quad (3.17)$$

burada μ_G ve σ_G , G 'nin ortalama ve standart sapma değerleridir.

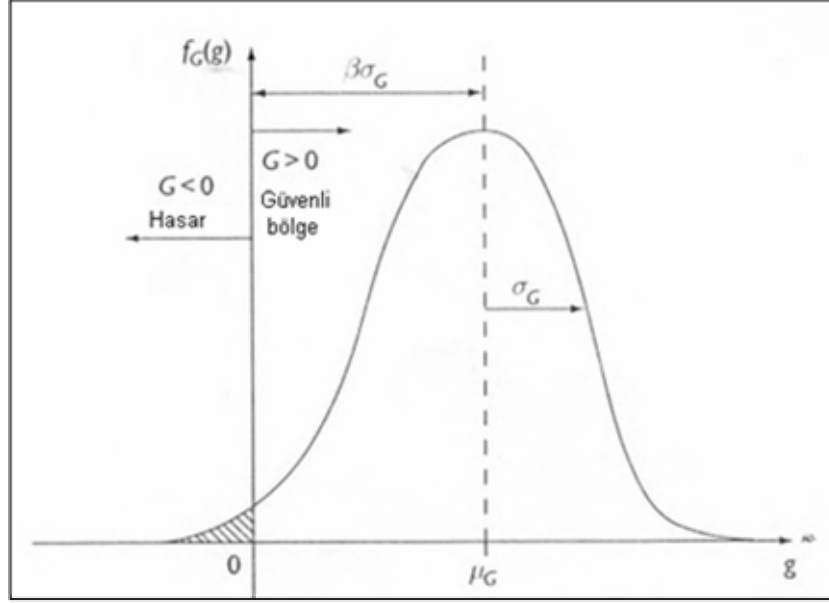
Eğer burada R ve S tekil bir fonksiyonun değişkenleri ise ve aralarında korelasyon yok iken G , $G = R - S$ şeklinde ifade edilebiliyorsa; R ve S için Gauss dağılımları, P_r ve P_s , tek bir Gaussian dağılımla aşağıdaki şekilde birleştirilebilir (Ang ve Tang, 1984).

$$\mu_G = \mu_R - \mu_S \quad (3.18)$$

$$\sigma_G^2 = \sigma_r^2 + \sigma_s^2 \quad (3.19)$$

Hasar anında $G = 0$ ve olasılık fonksiyonu P_f , Şekil 3.9'da taralı bölgenin alanına eşittir. Böylece hasar olasılığı aşağıdaki gibi verilebilir;

$$P_f = \Phi \left\{ \frac{0 - \mu_G}{\sigma_G} \right\} = \Phi \left(\frac{\mu_G}{\sigma_G} \right) = 1 - \Phi \left(\frac{\mu_G}{\sigma_G} \right) = \Phi(-\beta) \quad (3.20)$$



Şekil 3.9 Güvenirlilik indeksinin gösterimi, β (Reeve vd., 2004)

Güvenirlilik indksi β için basit bir geometrik yorum getirilebilir. Standartlaştırılmış değişkenler ele alınırsa;

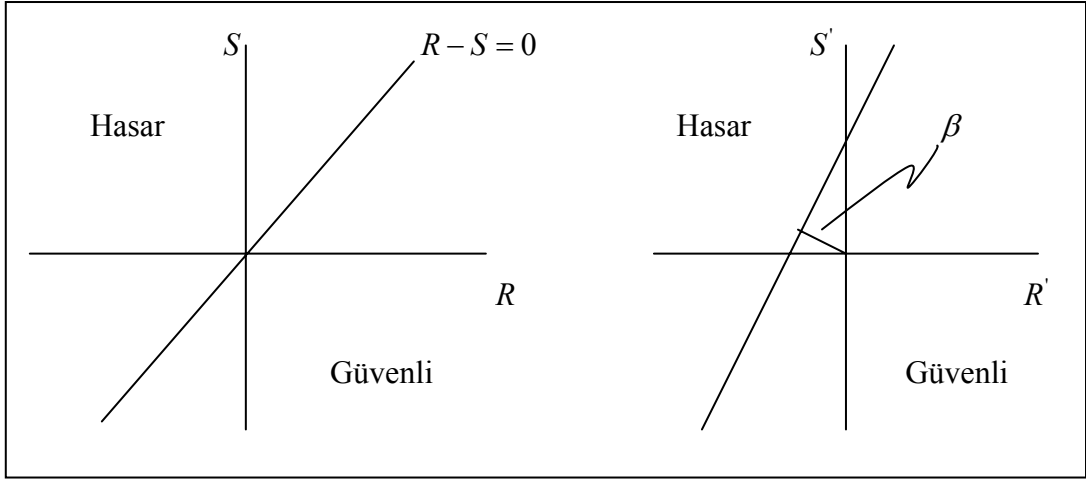
$$R' = \frac{R - \mu_R}{\sigma_R} \quad \text{ve} \quad (3.21)$$

$$S' = \frac{S - \mu_S}{\sigma_S} \quad (3.22)$$

R' ve S' şeklinde ifade edilen hasar fonksiyonu aşağıdaki hale dönüştürülebilir;

$$G = R - S = \sigma_R R' - \sigma_S S' + (\mu_R - \mu_S) \quad (3.23)$$

İfade $G = 0$ için düzlemde bir doğruyu tanımlar (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Güvenirlik indeksinin geometrik gösterimi (Reeve vd., 2004)

Not: Orijinden hasar yüzeyine olan en kısa mesafe güvenirlik indeksine (3.17) eşittir.

Örnek

Bir seddenin kret seviyesi, ortalaması 5 ve standart sapması 0.5 olan bir Gauss dağılımıyla tanımlanmıştır. Bu genellikle $N(5, 0.5)$ şeklinde yazılabilir. Suyun ulaşabileceği alanda aylık maksimum su seviyeleri $N(3, 1)$ şeklinde verilmiştir. Taşkın olasılığı nedir?

Çözüm;

Taşkın, suyun kret seviyesini aşması durumunda gerçekleşir. Dolayısıyla fonksiyon şu şekilde yazılabilir:

$$G = KS - SS \text{ (Kret seviyesi - Su seviyesi)}$$

Değişkenler Gauss dağılımına uymaktadır ve bağımsızdır. Dolayısıyla;

$$\mu_G = 5 - 3 = 2, \sigma_G^2 = 0.5^2 + 1^2 = 1.25 \Rightarrow \beta = \frac{2}{\sqrt{1.25}}$$

Böylece hasar olasılığı Ek 4'ten yararlanarak;

$$P_F = \Phi\left(\frac{0-2}{\sqrt{1.25}}\right) = \Phi(-1.79) = 0.037 \approx \% 4 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Eğer hasar olasılığı lineer değil ise, yaklaşık μ_G ve σ_G değerleri hasar fonksiyonunun lineerleştirilmesiyle elde edilebilir.

$$\begin{aligned} G &= R(x_1, x_2, x_3, \dots, x_m) - S(x_{m+1}, x_{m+2}, \dots, x_n) \\ &= g(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{aligned} \quad (3.24)$$

bu fonksiyon $(x_1, x_2, \dots, x_n) = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ noktalarında Taylor serisine açıldığında ve sadece lineer terimler hesaba katıldığında fonksiyon şu hale dönüşür;

$$G = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \approx f(X_1, X_2, \dots, X_n) + \sum_{i=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} (x_i - X_i) \quad (3.25)$$

burada $\frac{\partial f}{\partial x_i}$, $(X_1, X_2, \dots, X_n)$ aralığında değerlendirilir. Yaklaşık μ_G ve σ_G değerleri ise

$$\mu_G \approx f(X_1, X_2, \dots, X_n) \text{ 'den elde edilir.}$$

ve

$$\sigma_G^2 \approx \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} \text{cov}(x_i, x_j) \quad (3.26)$$

Eğer değişkenler arasında korelasyon yok ise;

$$\checkmark \quad \sigma_G^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \sigma_{x_i}^2 = \sum_{i=1}^n \alpha_i \quad (3.27)$$

$\left(\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right) \sigma_{x_i} \right)^2$ değerleri “etki faktörleri” olarak tanımlanır ve α_i ile ifade edilir.

Plunging ve Surging parametrelerine bağı, G , güvenilirlik fonksiyonları (2.8) ve (2.9) denklemlerinin düzenlenmesi ile aşağıdaki şekilde verilebilir (Van der Meer, 1987);

$$\text{Plunging için: } G_p = 6.2 S^{0.2} P^{0.18} \Delta D_{n50} (\cot \alpha)^{0.5} - (H_s + FH_s) \left(\frac{H_s}{L_z} \right)^{-0.25} N^{0.1} \quad (3.28)$$

$$\text{Surging için: } G_s = S^{0.2} P^{-0.13} \Delta D_{n50} (\cot \alpha)^{0.5-P} - (H_s + FH_s) \left(\frac{H_s}{L_z} \right)^{0.5P} N^{0.1} \quad (3.29)$$

Burada;

- FH_s , 1.Seviye analizinde olduğu gibi dalga yüksekliğindeki belirsizlikleri hesaba katmak için kullanılan bir parametredir.
- FH_s , ortalama değeri 0 ve standart sapması 0.25 gibi bir değer ile tanımlanabilir (BREAKWAT**, 2004).

Ortalama Değer Yaklaşımı (MVA - Mean Value Approach)

Bu durumda $(X_1, X_2, \dots, X_n) = (\mu_{x_1}, \mu_{x_2}, \dots, \mu_{x_n})$ olarak alınır. Böylece temel değişkenlerin ortalama değerleri civarında hasar fonksiyonu açılımı yapılabilir. Hasar fonksiyonunun ortalama ve standart sapması doğrudan yukarıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanabilir.

Örnek (CUR/CIRIA, 1991);

Taş dolgu bir kaplamanın hasar olasılığını bulunuz. Bu ifadeyi ortalama değer yaklaşımı (MVA) yöntemiyle aşağıda verilmiş belirli koşullar altında hasar olasılığının hesaplanması için kullanınız.

Çözüm;

Derin su plunging dalgaları altında kaplama tabakasının stabilitesi için Van der Meer (1988a)'in ifadesi kullanılmıştır. Hasar fonksiyonu aşağıdaki şekilde yazılırsa;

$$G = R - S = 6.2 P^{0.18} S_d^{0.2} \Delta D_{n50} \sqrt{\cot \alpha} \left(\frac{g}{2\pi} \right)^{-\frac{1}{4}} - H^{0.75} T^{0.5} N^{0.1}$$

Burada H_s belirgin dalga yüksekliği; T periyot; Δ rölatif özgül ağırlık; α şev açısı; P geçirimsizlik ve N dalga sayısıdır. S_d , H_s , T ve D_{n50} rastgele değişkenler olarak alınır. İlk adım kısmi türevlerin alınmasıdır. Bu işlemlerin sonucu;

$$\frac{\partial G}{\partial S_d} = \frac{0.2R}{S_d}$$

$$\frac{\partial G}{\partial H_s} = \frac{-0.75S}{H_s}$$

$$\frac{\partial G}{\partial T} = \frac{-0.5S}{T}$$

$$\frac{\partial G}{\partial D_{n50}} = \frac{R}{D_{n50}}$$

$\Delta = 1.6$, $H_s = N(3.0, 0.5)$, $D_{n50} = N(1.0, 0.2)$, $S_d = N(10, 2)$, $\cot \alpha = 4.0$ ve $N = 2000$ değerleriyle hasar olasılığı hesaplanabilir. Çizelge 3.9, ortalama değer yaklaşımı hesaplamalarının sonuçlarını özetlemektedir.

Çizelge 3.9 Ortalama değer yaklaşımı (MVA) uygulaması

Değişken	Ortalama Değer	Standart Sapma	Kısmi Türev	α_i^2
S_d	10	2	0.5	1.0
H_s	3.0	0.5	2.78	1.94
T	6.0	1.0	0.93	0.86
D_{n50}	1.0	0.2	24.83	24.66

$$\frac{0.2R}{S_d} = \frac{0.2 \times \left[6.2 \times 0.5^{0.18} \times 10.0^{0.2} \times 1.6 \times 1.0 \times \sqrt{4.0} \times \left(\frac{9.81}{2\pi} \right)^{-\frac{1}{4}} \right]}{10.0} = 0.5$$

$$\frac{-0.75S}{H_s} = -\frac{-0.75 \times [3.0^{0.75} \times 6.0^{0.5} \times 1000^{0.1}]}{3.0} = 2.78$$

$$\frac{-0.5S}{T} = -\frac{-0.5 \times [3^{0.75} \times 6^{0.5} \times 1000^{0.1}]}{6} = 0.93$$

$$\frac{R}{D_{n50}} = \frac{6.2 \times 0.5^{0.18} \times 10^{0.2} \times 1.6 \times 1.0 \times \sqrt{4} \times \left(\frac{9.81}{2\pi} \right)^{-\frac{1}{4}}}{1.0} = 24.83$$

$$\mu_G = \mu_R - \mu_S = 6.2 \times 0.5^{0.18} \times 10^{0.2} \times 1.6 \times 1.0 \times \sqrt{4.0} \left(\frac{9.81}{2\pi} \right)^{-\frac{1}{4}} - 3.0^{0.75} \times 6.0^{0.5} \times 1000^{0.1} = 13.7$$

$$\sigma_G^2 = \sum_{i=1}^6 \alpha_i^2 = 1.0 + 1.94 + 0.86 + 24.66 = 28.5$$

$$\sigma_G = 5.3$$

Dolayısıyla, güvenilirlik indeksi;

$$\beta = \frac{\mu_G}{\sigma_G} = \frac{13.7}{5.3} = 2.57$$

ve hasar olasılığı Ek 4'ten yararlanarak;

$$\Phi(-\beta) = 0.0051$$

Ortalama değer yaklaşımı (MVA) yönteminin uygulanması göreceli olarak daha kolay olabilir ancak hasar fonksiyonunun lineer olmaması durumunda doğruluğu düşük olabilir. Yöntem aynı zamanda ortalama değer hesaplamasına ve değişkenlerin değişimine bağlıdır. Yukarıdaki örnekte bunların kesin olarak bilindiği kabulü yapılmıştır, ancak bu değerler belirsiz olarak değerlendirilmelidir. Tecrübelerden elde edilen değerler diğer yöntemlerle karşılaştırılmalıdır.

Tasarım Noktası Yaklaşımı (FDA – First-order Design Point Approach)

Ortalama değer yaklaşım (MVA) yönteminin önemli bir eksiği, hasar fonksiyonunun lineerleştirildiği noktanın hasar yüzeyinde olmadığıdır. Hasofer ve Lind (1974) hasar yüzeyi içinde bir nokta etrafında genişlemeye dayalı, daha kesin bir güvenilirlik indeksi tanımlamışlardır. Bağımsız rastgele değişkenlerden $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ oluşan Gaussian bir fonksiyon ele alınarak hasar fonksiyonu belirlenebilir. İlk adım bunları aşağıdaki şekilde standart forma dönüştürmektir;

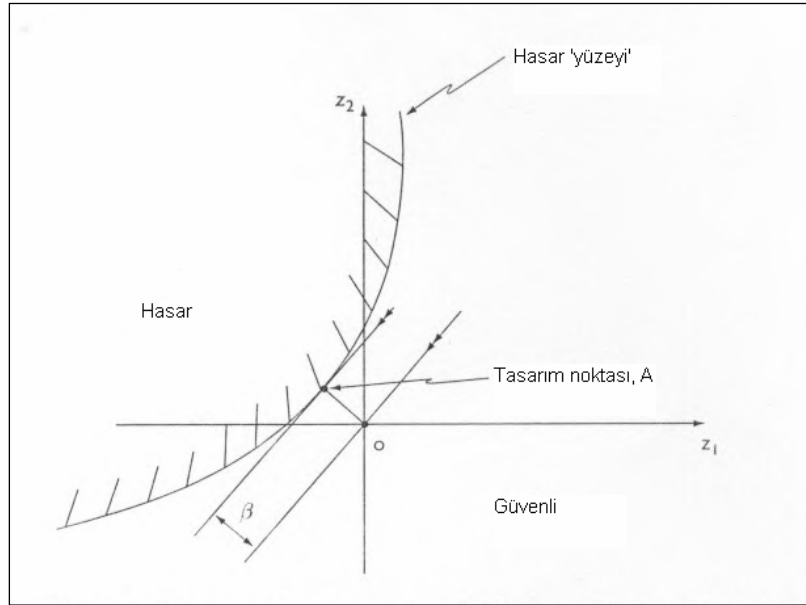
$$z_i = \frac{x_i - \mu_{x_i}}{\sigma_{x_i}}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.30)$$

böylece $\mu_{z_i} = 0$ ve $\sigma_{z_i} = 1$ olur.

Güvenirlik indeksi, standartlaştırılmış z-koordinat sisteminde orijinden hasar yüzeyine olan en yakın mesafe olarak tanımlanmıştır. Bu durum Şekil 3.11'de iki boyutlu olarak gösterilmiştir. A noktası tasarım noktası olarak bilinir. Güvenirlik indeksi hasar yüzeyinde, z_i için aşağıdaki ifade kullanılarak çıkarılabilir;

$$\beta = \min \left(\sum_{i=1}^n z_i^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.31)$$

β indeksi farklı yöntemler kullanılarak hesaplanabilir ancak genelde sayısal çözümler için uygun olan, iterasyon yapılarak hesaplanmasıdır.



Şekil 3.11 Hasofer ve Lind güvenirlilik indeksi geometrik gösterimi (Reeve vd., 2004)

3.3.3 3.Seviye Yöntemler

3.Seviye yöntemler en çok kullanılan güvenirlilik yöntemleridir. 3.Seviye yöntemlerde yaklaşım $\int_{G>0} f_G(g)dg$ ifadesinin integralinin sayısal olarak hesaplanması ile elde edilir.

İntegralin karmaşık olması analitik yöntemlerden ziyade sayısal çözümleri getirir. Sıkça kullanılan iki yöntem vardır (Reeve vd., 2004);

- 1) Monte Carlo integrasyonu
- 2) Monte Carlo simülasyonu

Birinci yöntem, güvenirlilik fonksiyonunun olasılık dağılımı için kapalı formda analitik çözümü ve temel değişkenlere bağlı iyi tanımlanmış bir hasar alanı mevcut olduğunda kullanışlıdır. Monte Carlo integrasyonu, fonksiyonu rastgele örnek noktalarda değerlendirir ve bu noktalara göre hesaplar (Hammersly ve Hanscomb 1964). Bu yöntem integrasyon değişkenlerinin sayısı arttıkça ve hasar alanının karmaşıklığı büyüdükçe daha az anlaşılır bir

hal alır.

İkinci yöntem için temel değişkenlere ait değerler uygun olasılık dağılımı ile genelleştirilir ve güvenirlilik fonksiyonuna karar verilir. Bu süreç defalarca tekrarlanarak ve sonuçlar kaydedilerek, güvenirlilik fonksiyonunun negatif olduğu durum için sonuçların oranı olarak hesaplanır. Eğer X_n , n . simülasyon ise integralin Monte Carlo ifadesi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$M.C = \frac{\text{Hasar alanındaki } s \text{ noktalarının sayısı, } X_n (n=1, \dots, N)}{\text{Simule edilen toplam } s \text{ noktası } (= N_{sim})} \quad (3.32)$$

Yani, N_{sim} 'in artması hesabın doğruluğunu artırır ve pratikte N_{sim} sayısı dönüş aralığı süresinin 10 katı fazlasına karşılık gelmektedir. Hesap sürecinde ekstrem olaylar için geniş örnek aralıklarına ihtiyaç olduğu anlaşılmaktadır. N_{sim} 'i artırmadan hesaplara kesinlik katan yöntemler de vardır. Bunlar simülasyon sırasında gereğinden fazla ekstrem durumu dikkate alır, ancak bu yapılanlar gerçeği tam olarak yansıtmayabilir.

Her iki yöntem değişkenler arasındaki herhangi bir korelasyonu, olasılık dağılım fonksiyonlarının belirlenmesi için hesaba katmalıdır. Sonuç olarak temel değişkenlerin bağımsız olduğu kabulünün yapılması bazen olayları daha açıklayıcıdır. Aksi halde değişkenler arasında uygun çapraz korelasyon özellikleriyle birlikte, Gaussian olmayan bir ortak dağılım fonksiyonunun tanımlanması gerekir ve bu işlem sırasında doğru dağılım ile uygun örnekler geliştirilmelidir.

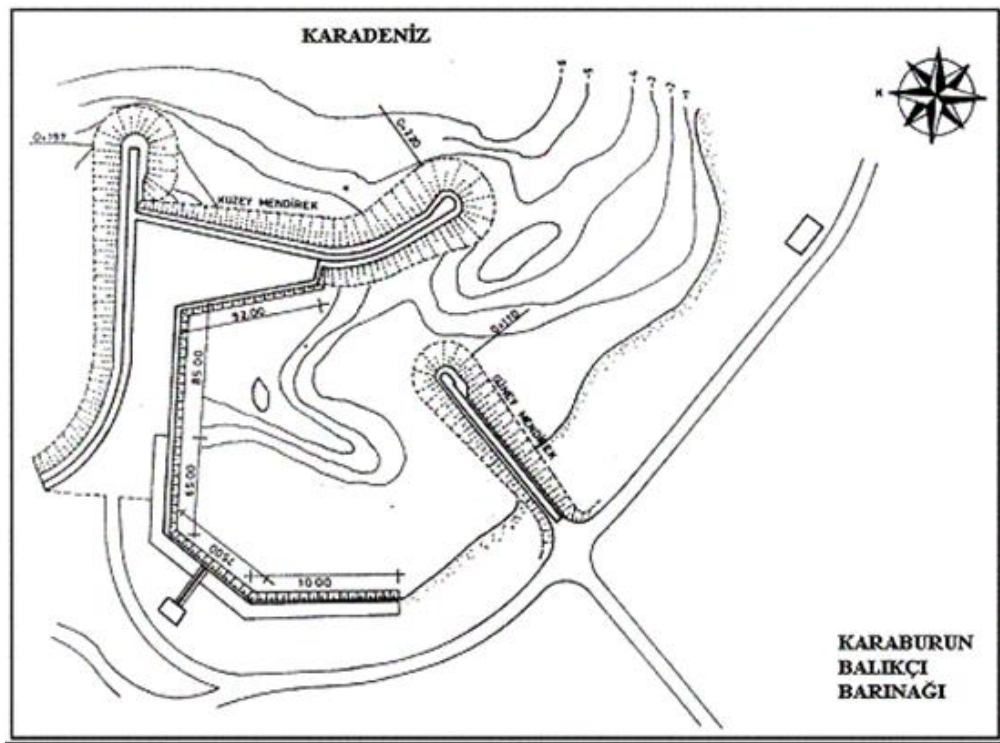
4. KARABURUN BALIKÇI BARINAĞI DALGAKIRANI RİSK ANALİZİ

4.1 Karaburun Balıkçı Barınağı Dalgakıranı Özellikleri

Şekil 4.1’de konumu görülen Karaburun balıkçı barınağı, İstanbul Boğazı’nın Karadeniz’e açıldığı kesimin batısında -yaklaşık 40 km mesafede- yer almaktadır. İnşaatına 1966 yılında başlanarak 1979 yılında tamamlanan Karaburun balıkçı barınağında 412 m uzunluğunda ana dalgakıran ve 110 m uzunluğunda ikincil dalgakıran bulunmaktadır. Taş dolgu tipinde yapılan dalgakıranlar mevcut durumda küp ve ocak taşı ile imal edilmişlerdir. Liman içinde çeşitli derinliklerde rıhtımlar mevcuttur (Şekil 4.2). Barınaktan yaklaşık 50 yerli tekne yararlanmaktadır, ancak bu av dönemlerinde yabancı teknelerle 100’e kadar ulaşmaktadır. Korunan su alanı 32,400 m²’dir. Balıkçılardan alınmış bilgilere göre barınağı ziyaret eden en uzun tekne boyu 60 m’dir. Karadeniz kıyısında bulunan barınak, yapılan kıyı ve açık deniz balıkçılığı ile İstanbul gibi bir hinterlanda hizmet etmesi açısından bölge halkı için oldukça önemli bir ekonomik yatırımdır. Ancak barınaktaki projelendirme hatası dışında hatalı kıyı uygulamaları sonucu kumlanma problemi oluşmuş (Şekil 4.3) ve barınak 1998 yılından itibaren hizmet veremez duruma gelmiştir (Yüksel vd., 2003).



Şekil 4.1 Karaburun mevkii (Yüksel vd., 2003)

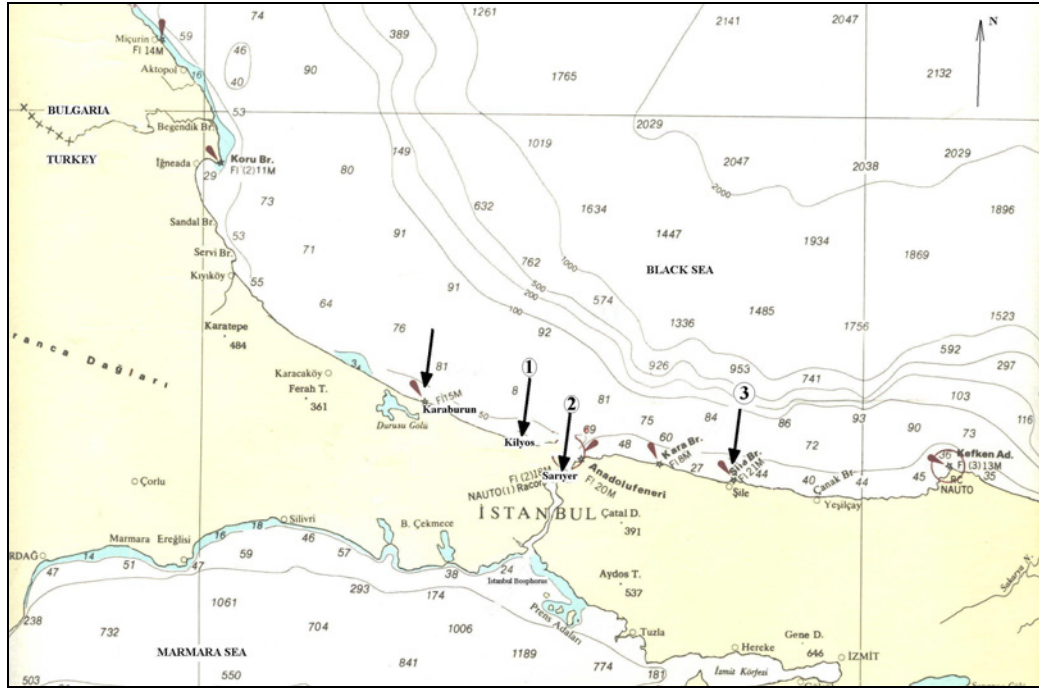


Şekil 4.2 Karaburun balıkçı barınağı planı (Yüksel vd., 2003)



Şekil 4.3 Karaburun balıkçı barınağı'nın genel görünümü (Yüksel vd., 2003)

Karaburun yöresi dalga istatistiğini elde etmek için üç farklı meteoroloji istasyonu rüzgar verilerinden ve dalga atlasından faydalanılmıştır. Bu istasyonlar Kumköy, Sarıyer ve Şile Meteoroloji İstasyonlarıdır (Şekil 4.4). Fakat Sarıyer ve Şile Meteoroloji İstasyonları'nın Karaburun bölgesini yeterince temsil etmediği belirlenmiştir (Yüksel vd., 2003).



Şekil 4.4 Karaburun yöresine yakın meteoroloji istasyonları (Yüksel vd., 2003)

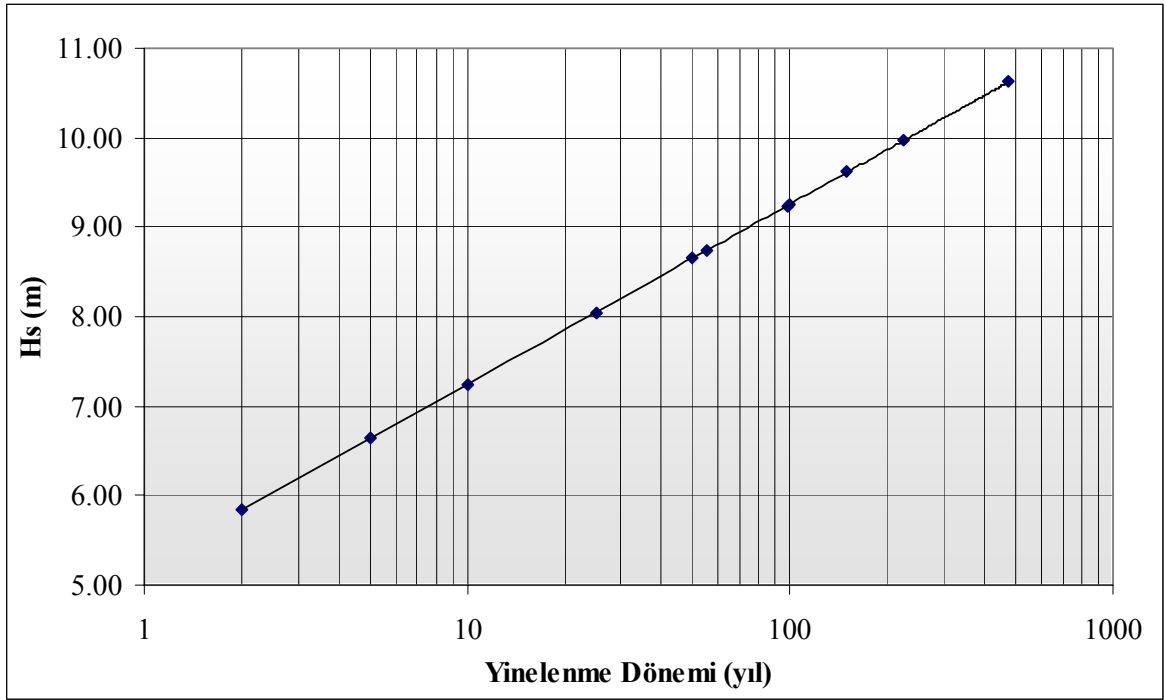
Türkiye kıyıları için Rüzgar ve Derin Deniz Dalga Atlası'na (1999) göre Karaburun'un bulunduğu 41.50° N, 28.40° E enlem ve boylamında yapılmış olan yıllık en büyük belirgin dalga yükseklikleri değerlerinin istatistiğinde etkin yönün N (Kuzey) olduğu görülmektedir ve 50 yıllık yinelenme dönemi için belirgin dalga yüksekliği $H_s = 8.75$ m olarak bulunmuştur.

Dalga Atlası ve Kumköy Meteoroloji İstasyonundan alınan değerler birbiriyle uyumlu olduğu için Kumköy Meteoroloji İstasyonu verilerinden elde edilen en büyük değer dalga istatistiği burada kullanılmıştır.

Kumköy Meteoroloji İstasyonu anlık rüzgar verilerinden (1976-2001 yılları arası) faydalanılarak önce yönden bağımsız en büyük değer dalga tahminleri yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.1 ve 4.2 ile Şekil 4.5'te gösterilmiştir (Yüksel vd., 2003).

Çizelge 4.1 1976-2001 yılları arası anlık rüzgar verilerine bağlı dalga yükseklikleri ve periyotları (Yüksel vd., 2003)

m	Yıl	Yön	H _s (m)	T _s (m)
1	1976	NW	5.88	10.16
2	1977	NNW	5.68	10.02
3	1978	NNW	6.12	10.33
4	1979	NNW	5.33	9.77
5	1980	NNW	6.21	10.39
6	1981	NW	5.38	9.81
7	1982	NNW	5.62	9.98
8	1984	WNW	5.04	9.55
9	1985	WNW	7.51	11.21
10	1986	NNE	5.21	9.68
11	1988	NNW	5.15	9.64
12	1988	NNE	4.59	9.20
13	1989	NNW	4.70	9.29
14	1990	NW	3.63	8.38
15	1991	NW	6.27	10.43
16	1992	N	5.04	9.55
17	1993	NW	7.01	10.90
18	1994	NNW	5.56	9.94
19	1995	NW	7.57	11.25
20	1996	NW	5.97	10.22
21	1997	NNW	5.38	9.81
22	1998	NW	5.56	9.94
23	1999	NW	6.09	10.31
24	2000	NNW	4.56	9.18
25	2001	NNW	7.35	11.11

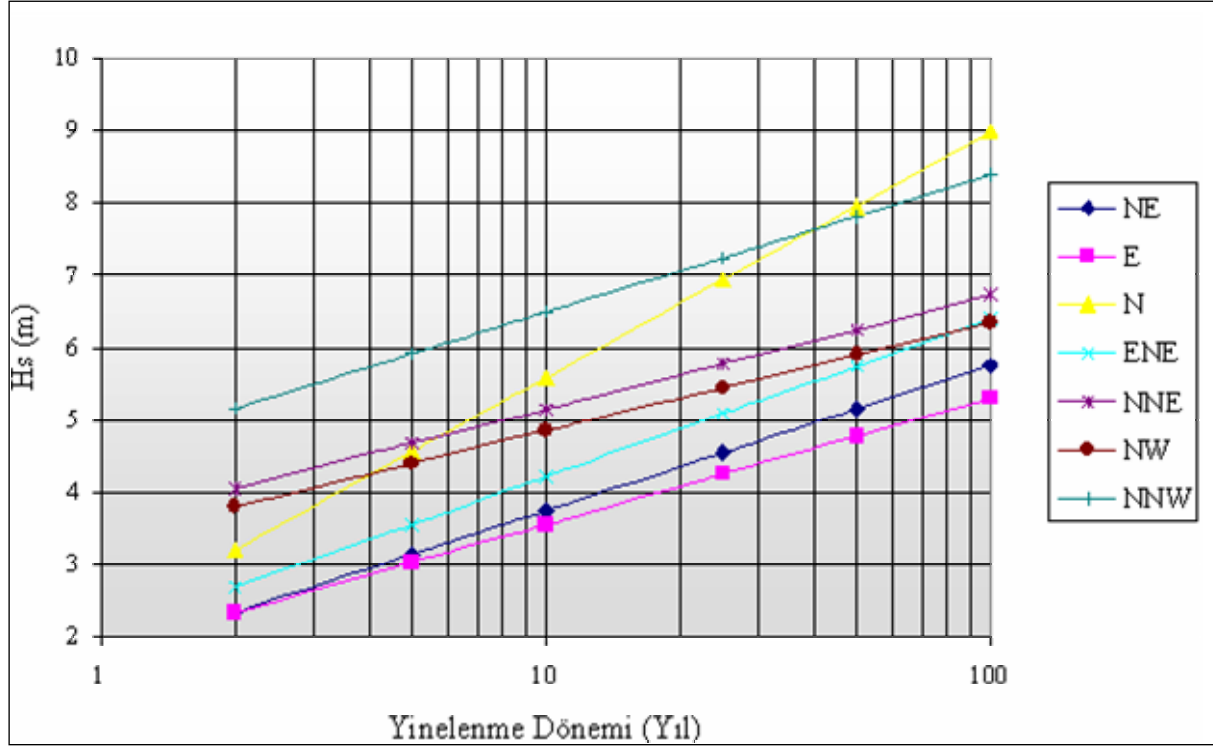


Şekil 4.5 Karaburun balıkçı barınağı yönden bağımsız en büyük değer dalga istatistiği (Kumköy meteoroloji istasyonu rüzgar verilerine göre) (Yüksel vd., 2003)

Çizelge 4.2 Karaburun balıkçı barınağı, çeşitli yinelenme dönemleri için derin deniz en büyük belirgin dalga yükseklikleri ve periyotları (Yüksel vd., 2003)

Dönüş aralığı (Yıl)	H_s	T
2	5.84	10.10
5	6.64	10.67
10	7.25	11.09
25	8.05	11.66
50	8.65	12.09
55	8.74	12.14
98	9.24	12.50
100	9.26	12.51
150	9.61	12.76
225	9.97	13.01
475	10.62	13.47

Kumköy Meteoroloji İstasyonundan alınan anlık rüzgar verilerine göre (1976-2001) en büyük değer dalga istatistiği yönlerine göre ayrı ayrı yapıldığı zaman etkin dalga yönünün 50 yıllık dönüş aralığına kadar NNW, 50. yıldan sonra ise N olduğu görülmektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Karaburun balıkçı barınağı en büyük değer dalga istatistiği (Kumköy Meteoroloji İstasyonu rüzgar verileri ve yönlerine göre) (Yüksel vd., 2003)

4.1.1 Dalgakıran Kesitleri için Tasarım Dalga Yükseklikleri

Proje bölgesinin en büyük değer dalga istatistiğine göre etkisinde kaldığı belirgin dalga yönü N'dir. Ancak yapı, yönden bağımsız (en gayri müsait) belirgin dalgaya göre boyutlandırılmıştır (Şekil 4.6).

50 yıllık dönüş aralığı, tasarım için dikkate alındığında;

$$H_{so}=8.65 \text{ m ve } T=12.09 \text{ sn olmaktadır (Çizelge 4.2).}$$

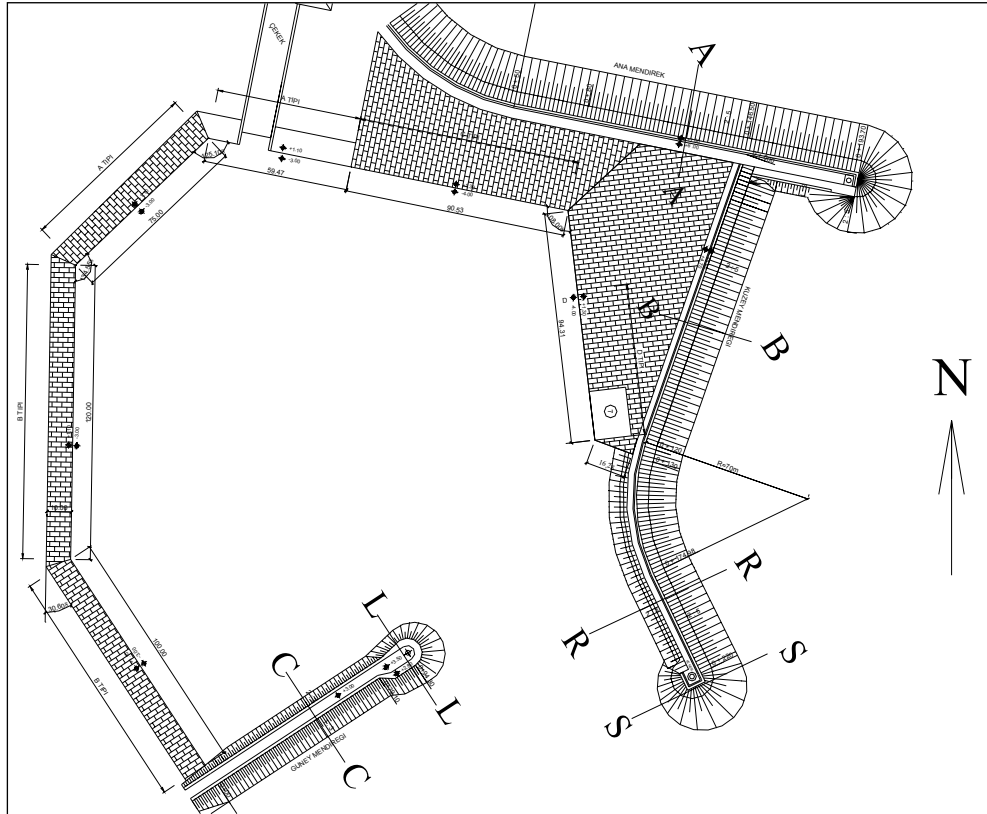
Bu yükseklikte ve periyottaki dalga için kırılma hesabı yapıldığında;

Kırılma derinliği $h_b=7 \text{ m}$, kırılan dalga yüksekliği $H_b=8.7 \text{ m}$ elde edilmektedir. Dalga dalgakırana gelmeden kırılmaktadır. Dalga dalgakırana gelmeden kırılmaktadır. -4 ve -5 m'de

kırılan tasarım dalga yükseklikleri % 5-10 (% 8) hasara izin verilerek hesaplanmıştır. Çizelge 4.3'te yapı üzerinde kırılacak dalga yükseklikleri dikkate alınarak tasarım dalga yükseklikleri ve Şekil 4.7'de dalgakıran kesitleri verilmiştir. S-S kesiti N yönünden gelen dalgadan etkilenirken L-L kesiti ENE yönünden gelen dalgadan etkilenmektedir (Yüksel vd., 2003).

Çizelge 4.3 Dalgakıran boyutlandırılmasında dikkate alınan tasarım dalga yükseklikleri (Yüksel vd., 2003)

Kesit	Su derinliği d , (m)	Tasarım dalga yüksekliği H_d , (m) (Hasara izin verildiğinde)	Tasarım dalga yüksekliği H_d , (m) (Hasara izin verilmediğinde)
A-A	5	$5.17/1.08=4.8$	5.17
B-B	5	$5.17/1.08=4.8$	5.17
C-C	4	$4.06/1.08=3.76$	4.06
L-L	4	$4.06/1.08=3.76$	4.06
R-R	5	$5.17/1.08=4.8$	5.17
S-S	5	$5.17/1.08=4.8$	5.17



Şekil 4.7 Dalgakıran kesitlerinin gösterimi (Yüksel vd., 2003)

4.1.2 Karaburun Balıkçı Barınağı Mevcut Taş Ağırlıkları

Karaburun balıkçı barınağı'nın taş ağırlıkları hesabında kullanılmış olan tasarım dalga yükseklikleri Çizelge 4.3'te verilmiştir. Tüm dalgakıran kesitlerinde kaba köşeli ocak taşı için aşağıdaki parametreler dikkate alınmıştır (Yüksel vd., 2003).

$$T_m = 12.73 \text{ sn (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri için)}$$

$$T_m = 10.42 \text{ sn (C-C, L-L kesitleri için)}$$

$$P = 0.4 \text{ (Kısmen geçirimli)}$$

$$S_d = 2 \text{ (Tüm şev eğimleri için kullanılan hasar faktörü)}$$

$$S_d = 6 \text{ (Tüm şev eğimleri için kullanılan hasar faktörü)}$$

$$S_d = 8 \text{ (Tüm şev eğimleri için kullanılan hasar faktörü)}$$

$$N = 2000 \text{ (dalga sayısı)}$$

Küp için ise aşağıdaki parametreler kullanılmıştır;

$$N_{od} = 0 \text{ (Hasar başlangıcı için rölatif hasar)}$$

$$N = 2000 \text{ (Dalga sayısı)}$$

Van der Meer yöntemi kullanılarak hesaplanmış olan taş ağırlıklarının sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir (Yüksel vd., 2003).

Çizelge 4.4 Planlanan ve mevcut durumdaki taş ağırlıkları (Yüksel vd., 2003)

Kesit	Mevcut Durum	Planlanmış	
		Küp	Kaba Köşeli Ocaktaşı
A-A	% 50, 23 ton ve 17 ton beton blok	26.86 ton	33.45 ton
B-B	% 70 beton blok	21.46 ton	7.41 ton
C-C	(0.4-2) ton ocak taşı	-	2.9 ton
L-L	(0.4-2) ton ocak taşı	-	2.9 ton
R-R	% 70 beton blok	27.12 ton	9.37 ton
S-S	% 70 beton blok	27.12 ton	9.37 ton

4.2 1.Seviye Risk Analizi

Dalgakıran kesitlerine 1.Seviye risk analizi yöntemleri uygulanarak farklı hasar olasılıklarına göre farklı hasar seviyeleri ve eğimler için taş çapı ve ağırlıkları bulunmuştur. Hesaplama yöntemi ile ilgili örnek A-A kesiti için aşağıda verilmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.5 ile 4.6'da ve Şekil 4.8 - 4.19'da verilmiştir.

1.Seviye Risk Analizi için uygulama örneği;

$T_R=50$ yıl dönüş aralıklı ve $P_f=0.1$ (% 10) hasar olasılığı koşulları için

$$T_{P_f} = \left[1 - (1 - 0.1)^{1/50} \right]^{-1} = 475 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Yönden bağımsız en büyük değer dalga istatistiğinden yararlanarak (Şekil 4.5), 1.Seviye risk analizi için gerekli olan ilgili derin su belirgin dalga yükseklikleri aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

$$\hat{H}_s^{T_R} = \hat{H}_s^{50} = 8.65 \text{ m}$$

$$\hat{H}_s^{3T_R} = \hat{H}_s^{150} = 9.61 \text{ m}$$

$$\hat{H}_s^{T_{P_f}} = \hat{H}_s^{475} = 10.62 \text{ m}$$

Dolayısıyla;

$$\gamma_z = 1 - (k_\alpha \times \ln P_f) = 1 - 0.031 \times \ln 0.1 = 1.07 \text{ ve}$$

$$\gamma_{H_s} = \frac{\hat{H}_s^{T_{P_f}}}{\hat{H}_s^{T_R}} + \sigma'_{FH_s} \left[1 + \left(\frac{\hat{H}_s^{3T_R}}{\hat{H}_s^{T_R}} - 1 \right) k_\beta \times P_f \right] + \frac{k_s}{\sqrt{P_f \times N_{H_s}}} = \frac{10.62}{8.65} + 0.2 \left[1 + \left(\frac{9.61}{8.65} - 1 \right) \times 38 \times 0.1 \right] + \frac{0.05}{\sqrt{0.1 \times 25}} = 1.36$$

3 farklı hasar seviyesi ve her hasar seviyesinde 3 farklı eğim için taş çapları ve ağırlıkları aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$\diamond S_d = 2 \text{ ve } \cot \alpha = 1.5 \text{ için;}$$

$$H_s = 5.17 \text{ m ve } T = 12.73 \text{ sn (Yüksel, 2003)}$$

$$\xi_m = \frac{\frac{1}{1.5}}{\sqrt{\frac{2\pi \times 5.17}{9.81 \times 12.73^2}}} = 4.66 > 2 \quad (\text{Surging tipi kırılma})$$

Dolayısıyla;

$$\frac{1}{\gamma_z} S_d^{0.2} P^{-0.13} \Delta D_{n50} (\cot \alpha)^{0.5-P} S_{om}^{-0.5 \times P} N^{-0.1} \geq \gamma_{H_s} H_s \text{ eşitliğinden yararlanacak olursak;}$$

$$2^{0.2} \times 0.4^{-0.13} \times 1.60 \times D_{n50} \times 1.5^{(0.5-0.4)} \times \left(\frac{2\pi}{9.81 \times 12.73^2} \right)^{(-0.5 \times 0.4)} \times 2000^{-0.1} - 1.07 \times 1.36 \times 5.17 \geq 0$$

$$\Rightarrow D_{n50} \geq 2.47 \text{ m}$$

$$D_{n50} = \left(\frac{W_{50}}{\gamma_s} \right)^{1/3}$$

$$\Rightarrow W_{50} = D_{n50}^3 \times \gamma_s = 2.47^3 \times 2.65 = 39.99 \text{ t (Kaba köşeli ocak taşı için)}$$

$$\diamond S_d = 2 \text{ ve } \cot \alpha = 2.5 \text{ için;}$$

$$H_s = 5.17 \text{ m ve } T = 12.73 \text{ sn}$$

$$\xi_m = \frac{\frac{1}{2.5}}{\sqrt{\frac{2\pi \times 5.17}{9.81 \times 12.73^2}}} = 2.80 > 2 \quad (\text{Surging tipi kırılma})$$

Dolayısıyla;

$$\frac{1}{\gamma_z} S_d^{0.2} P^{-0.13} \Delta D_{n50} (\cot \alpha)^{0.5-P} S_{om}^{-0.5 \times P} N^{-0.1} \geq \gamma_{H_s} H_s \text{ eşitliğinden yararlanacak olursak;}$$

$$2^{0.2} \times 0.4^{-0.13} \times 1.60 \times D_{n50} \times 2.5^{(0.5-0.4)} \times \left(\frac{2\pi}{9.81 \times 12.73^2} \right)^{(-0.5 \times 0.4)} \times 2000^{-0.1} - 1.07 \times 1.36 \times 5.17 \geq 0$$

$$\Rightarrow D_{n50} \geq 2.35 \text{ m}$$

$$D_{n50} = \left(\frac{W_{50}}{\gamma_s} \right)^{1/3}$$

$$\Rightarrow W_{50} = D_{n50}^3 \times \gamma_s = 2.35^3 \times 2.65 = 34.31 \text{ t (Kaba köşeli ocak taşı için)}$$

$$\diamond S_d = 2 \text{ ve } \cot \alpha = 3.0 \text{ için;}$$

$$H_s = 5.17 \text{ m ve } T = 12.73 \text{ sn}$$

$$\xi_m = \frac{\frac{1}{3.0}}{\sqrt{\frac{2\pi \times 5.17}{9.81 \times 12.73^2}}} = 2.33 > 2 \quad (\text{Surging tipi kırılma})$$

Dolayısıyla;

$$\frac{1}{\gamma_z} S_d^{0.2} P^{-0.13} \Delta D_{n50} (\cot \alpha)^{0.5-P} S_{om}^{-0.5 \times P} N^{-0.1} \geq \gamma_{H_s} H_s \text{ eşitliğinden yararlanacak olursak;}$$

$$2^{0.2} \times 0.4^{-0.13} \times 1.60 \times D_{n50} \times 3.0^{(0.5-0.4)} \times \left(\frac{2\pi}{9.81 \times 12.73^2} \right)^{(-0.5 \times 0.4)} \times 2000^{-0.1} - 1.07 \times 1.36 \times 5.17 \geq 0$$

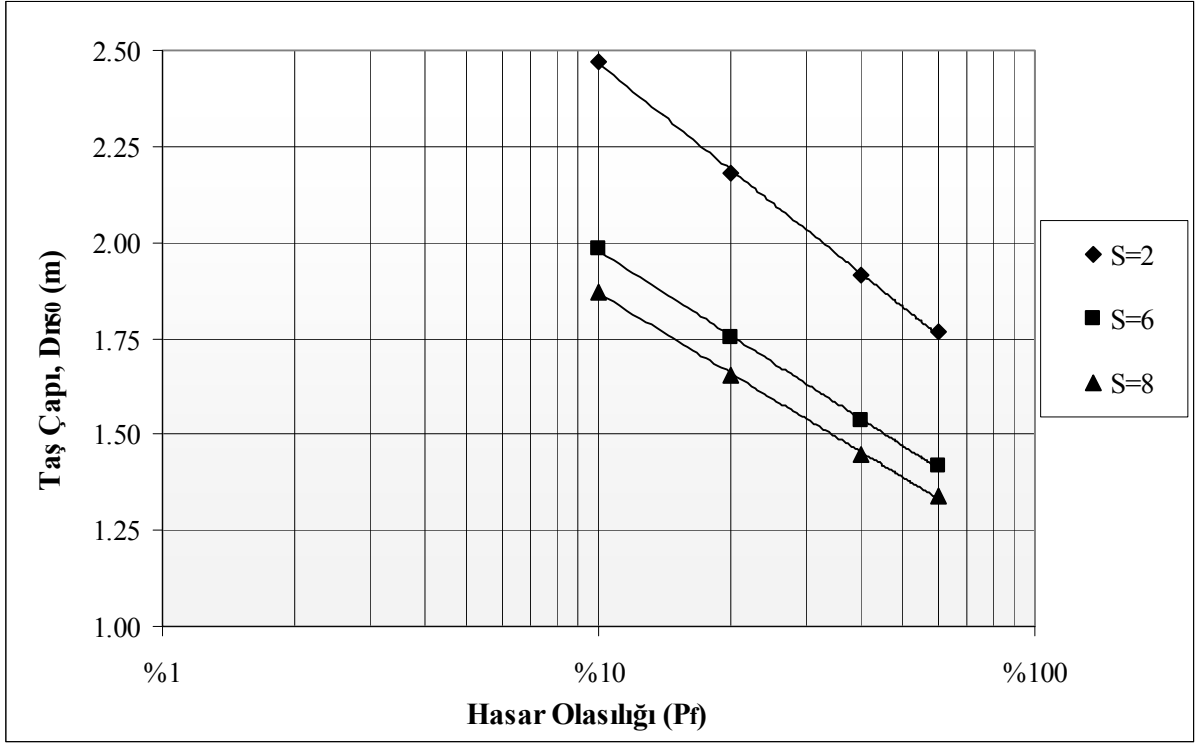
$$\Rightarrow D_{n50} \geq 2.31 \text{ m}$$

$$D_{n50} = \left(\frac{W_{50}}{\gamma_s} \right)^{1/3}$$

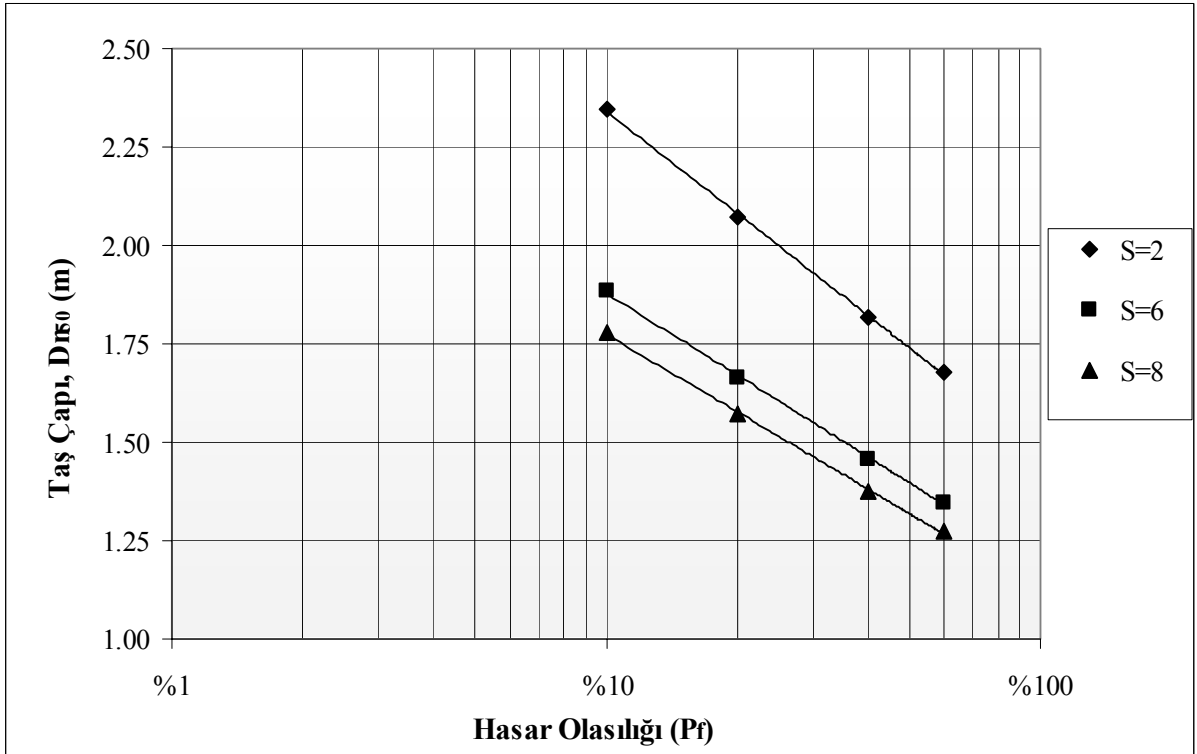
$$\Rightarrow W_{50} = D_{n50}^3 \times \gamma_s = 2.31^3 \times 2.65 = 32.48 \text{ t (Kaba köşeli ocak taşı için)}$$

Çizelge 4.6 A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri için taş çapı ve ağırlıkları

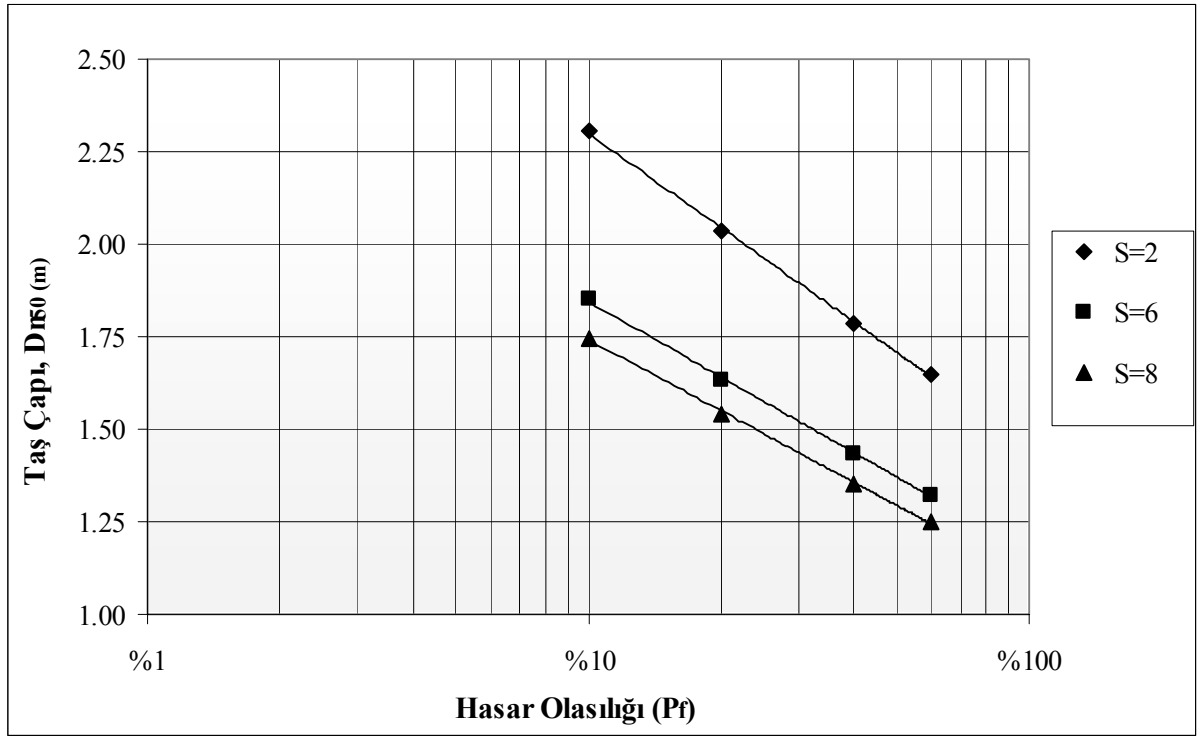
Durum	1	2	3	4
Tasarım ömrü, L_T , (yıl)	50			
Hasar olasılığı, P_f	0.1 (% 10)	0.2 (% 20)	0.4 (% 40)	0.6 (% 60)
$T_{P_f} = \left[1 - (1 - P_f)^{1/L_T} \right]^{-1}$	475	225	98	55
$H_s^{T_R}$	8.65			
$H_s^{3T_R}$	9.61			
$H_s^{T_{P_f}}$	10.62	9.97	9.24	8.74
Kısmi katsayılar				
γ_z	1.07	1.05	1.03	1.02
γ_{H_s}	1.35	1.23	1.10	1.04
Taş çapı D_{n50} , m				
$S_d = 2$ için;				
$\cot \alpha = 1.5$	2.47	2.18	1.91	1.77
$\cot \alpha = 2.5$	2.35	2.07	1.82	1.68
$\cot \alpha = 3.0$	2.31	2.04	1.78	1.65
$S_d = 6$ için;				
$\cot \alpha = 1.5$	1.98	1.75	1.54	1.42
$\cot \alpha = 2.5$	1.88	1.66	1.46	1.35
$\cot \alpha = 3.0$	1.85	1.63	1.43	1.32
$S_d = 8$ için;				
$\cot \alpha = 1.5$	1.87	1.65	1.45	1.34
$\cot \alpha = 2.5$	1.78	1.57	1.38	1.27
$\cot \alpha = 3.0$	1.75	1.54	1.35	1.25
Taş Ağırlığı W_{50} , t				
$S_d = 2$ için;				
$\cot \alpha = 1.5$	39.99	27.52	18.54	14.62
$\cot \alpha = 2.5$	34.31	23.61	15.91	12.54
$\cot \alpha = 3.0$	32.48	22.35	15.06	11.87
$S_d = 6$ için;				
$\cot \alpha = 1.5$	20.69	14.24	9.59	7.56
$\cot \alpha = 2.5$	17.75	12.21	8.23	6.49
$\cot \alpha = 3.0$	16.80	11.56	7.79	6.14
$S_d = 8$ için;				
$\cot \alpha = 1.5$	17.41	11.98	8.07	6.36
$\cot \alpha = 2.5$	14.93	10.28	6.92	5.46
$\cot \alpha = 3.0$	14.14	9.73	6.56	5.17



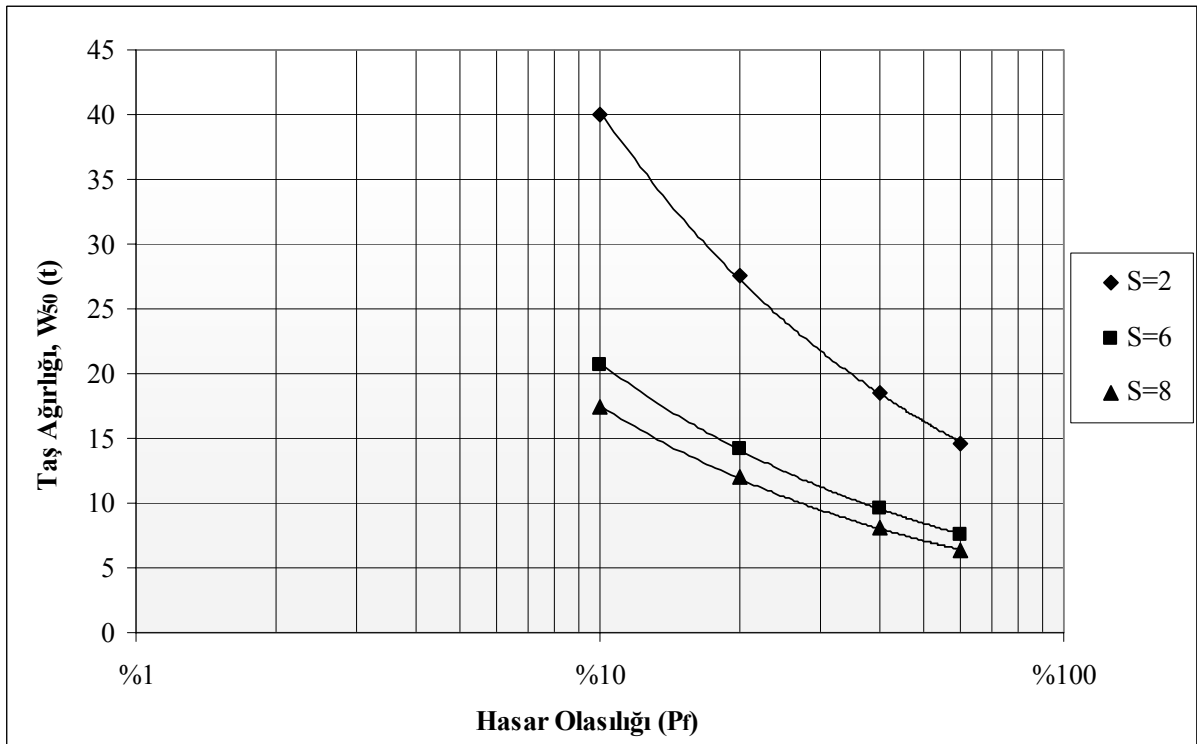
Şekil 4.8 A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri için hasar olasılıklarına bağlı taş çapları ($\cot \alpha = 1.5$)



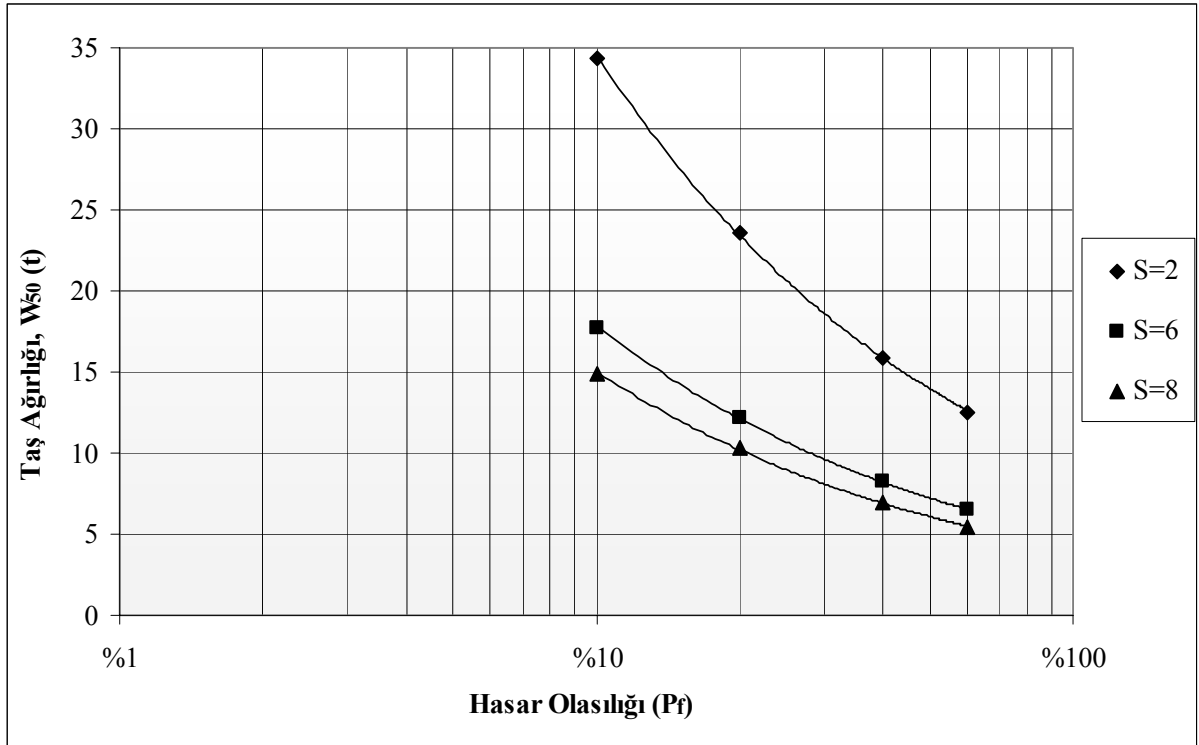
Şekil 4.9 A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri için hasar olasılıklarına bağlı taş çapları ($\cot \alpha = 2.5$)



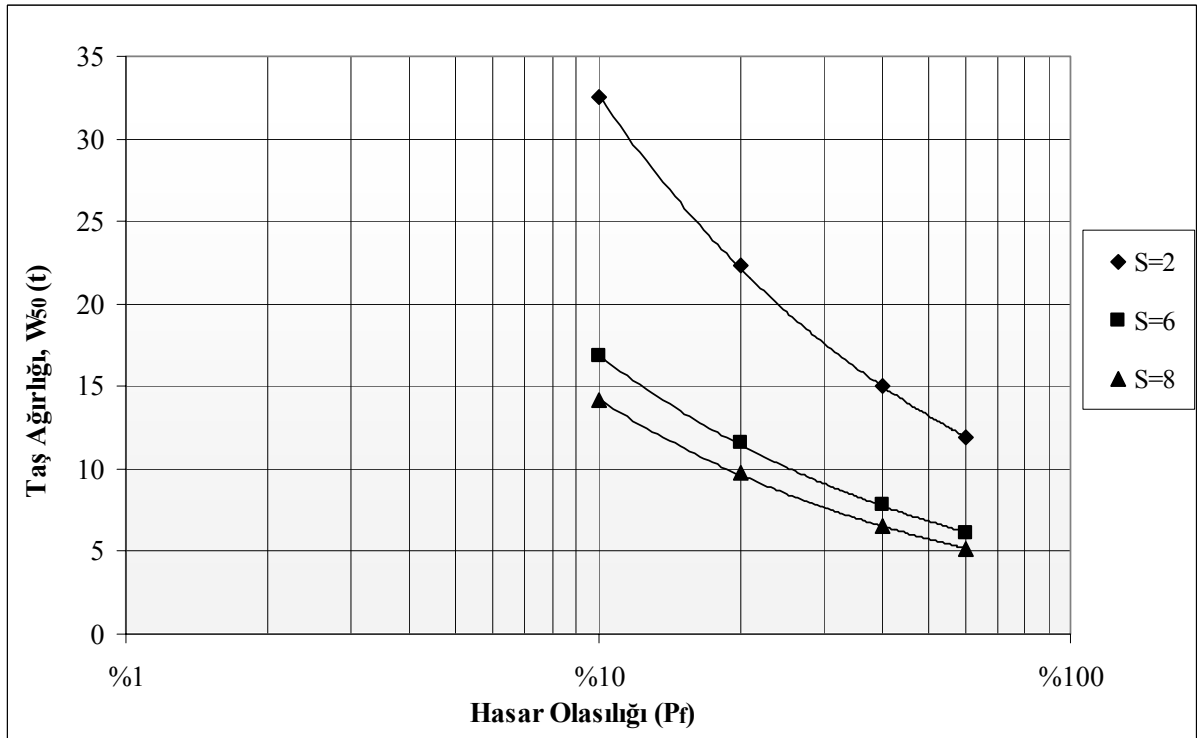
Şekil 4.10 A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri için hasar olasılıklarına bağlı taş çapları ($\cot \alpha = 3.0$)



Şekil 4.11 A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri için hasar olasılıklarına bağlı taş ağırlıkları ($\cot \alpha = 1.5$)



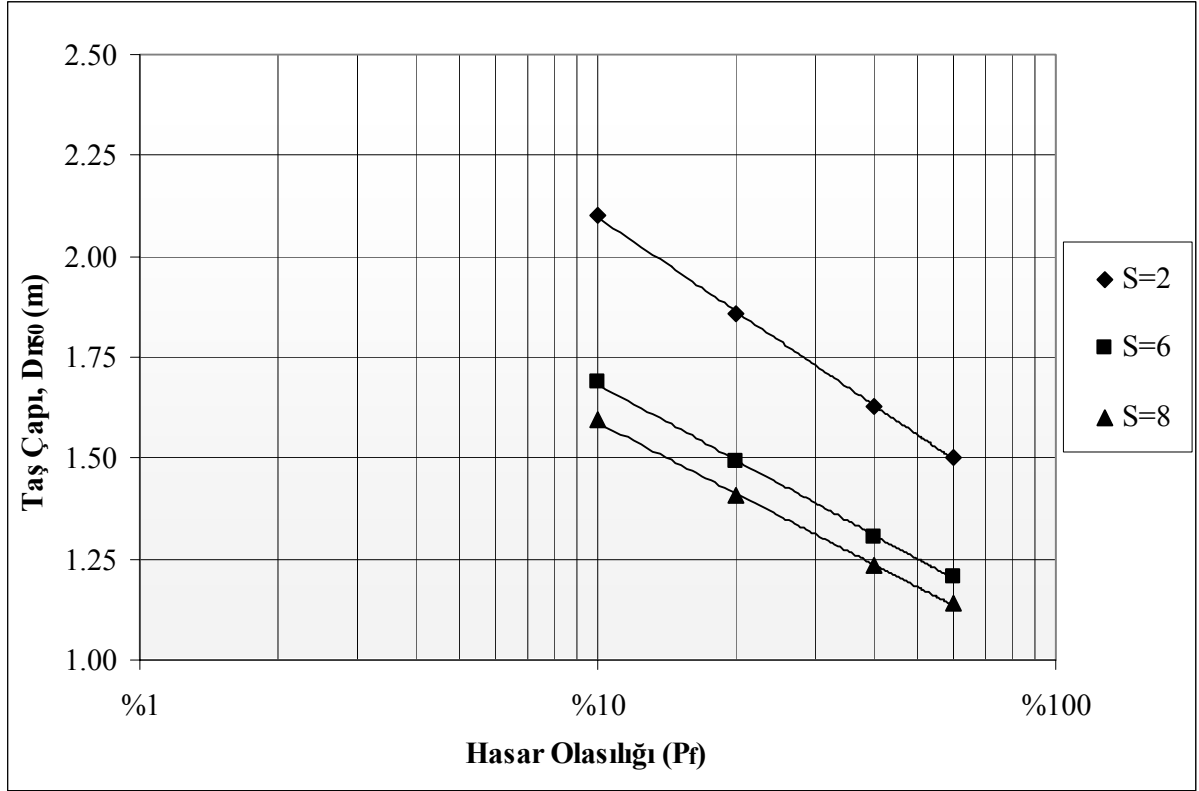
Şekil 4.12 A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri için hasar olasılıklarına bağlı taş ağırlıkları
($\cot \alpha = 2.5$)



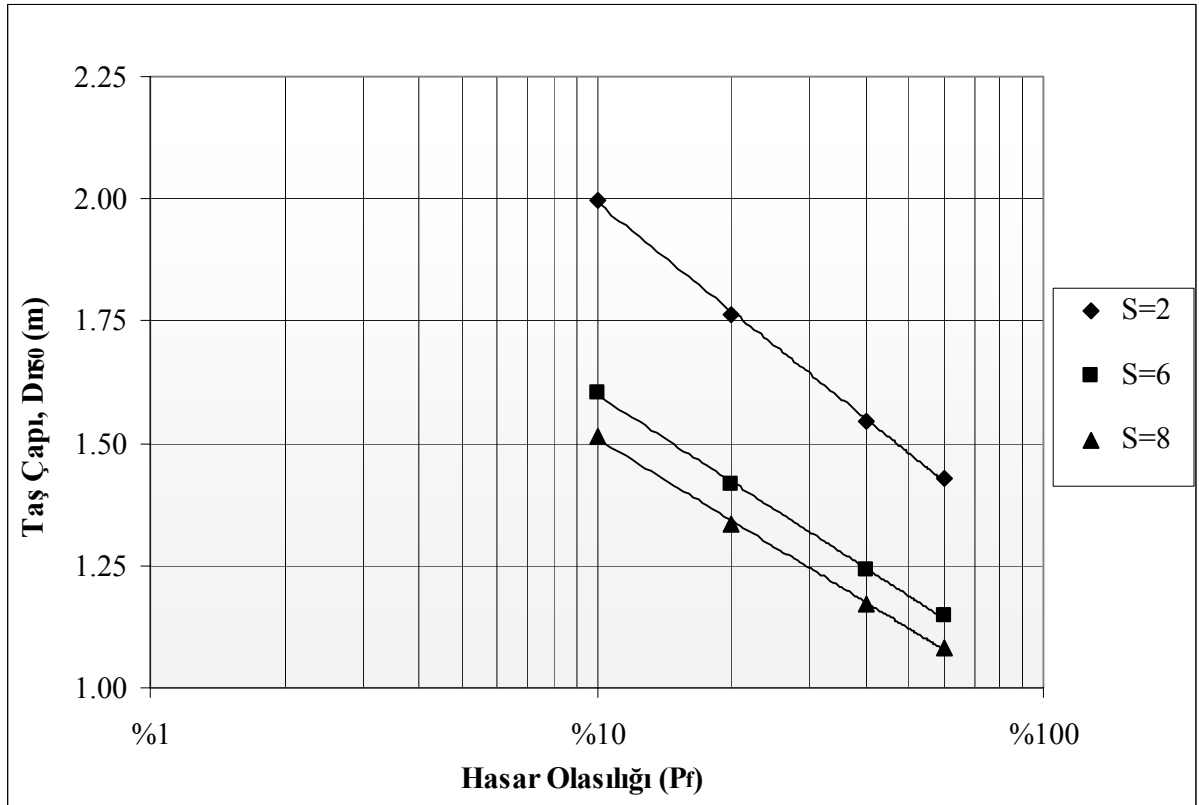
Şekil 4.13 A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri için hasar olasılıklarına bağlı taş ağırlıkları
($\cot \alpha = 3.0$)

Çizelge 4.8 C-C Kesiti için taş çapı ve ağırlıkları

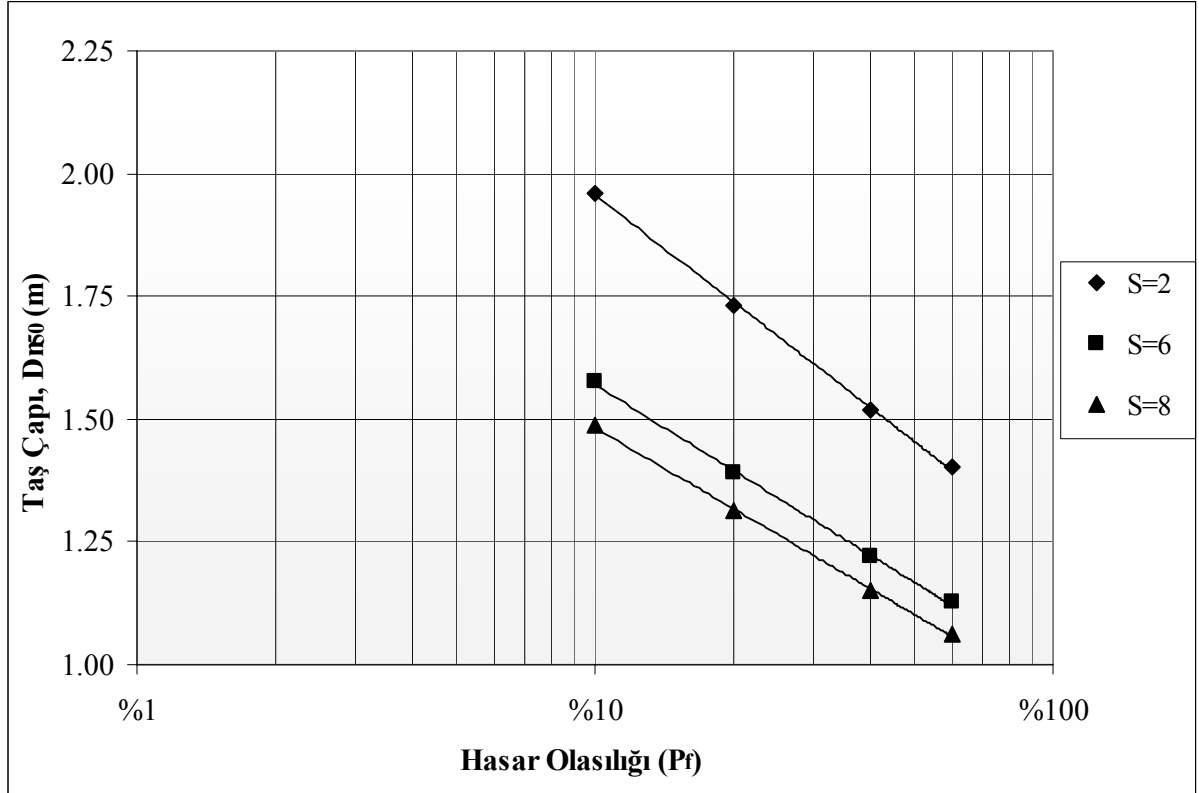
Durum	1	2	3	4
Tasarım ömrü, L_T , (yıl)	50			
Hasar olasılığı, P_f	0.1 (% 10)	0.2 (% 20)	0.4 (% 40)	0.6 (% 60)
$T_{P_f} = \left[1 - (1 - P_f)^{1/L_T} \right]^{-1}$	475	225	98	55
$H_s^{T_R}$	8.65			
$H_s^{3T_R}$	9.61			
$H_s^{T_{P_f}}$	10.62	9.97	9.24	8.74
Kısmi katsayılar				
γ_z	1.07	1.05	1.03	1.02
γ_{H_s}	1.35	1.23	1.10	1.04
	Taş çapı D_{n50} , m			
$S_d = 2$ için;				
$\cot \alpha = 1.5$	2.10	1.86	1.63	1.50
$\cot \alpha = 2.5$	2.00	1.76	1.55	1.43
$\cot \alpha = 3.0$	1.96	1.73	1.52	1.40
$S_d = 6$ için;				
$\cot \alpha = 1.5$	1.69	1.49	1.31	1.21
$\cot \alpha = 2.5$	1.60	1.42	1.24	1.15
$\cot \alpha = 3.0$	1.57	1.39	1.22	1.13
$S_d = 8$ için;				
$\cot \alpha = 1.5$	1.59	1.41	1.23	1.14
$\cot \alpha = 2.5$	1.51	1.34	1.17	1.08
$\cot \alpha = 3.0$	1.49	1.31	1.15	1.06
	Taş Ağırlığı W_{50} , t			
$S_d = 2$ için;				
$\cot \alpha = 1.5$	20.55	14.14	9.53	7.51
$\cot \alpha = 2.5$	17.63	12.14	8.18	6.44
$\cot \alpha = 3.0$	16.69	11.49	7.74	6.10
$S_d = 6$ için;				
$\cot \alpha = 1.5$	10.63	7.32	4.93	3.89
$\cot \alpha = 2.5$	9.12	6.28	4.23	3.33
$\cot \alpha = 3.0$	8.64	5.94	4.00	3.16
$S_d = 8$ için;				
$\cot \alpha = 1.5$	8.95	6.16	4.15	3.27
$\cot \alpha = 2.5$	7.68	5.28	3.56	2.81
$\cot \alpha = 3.0$	7.27	5.00	3.37	2.66



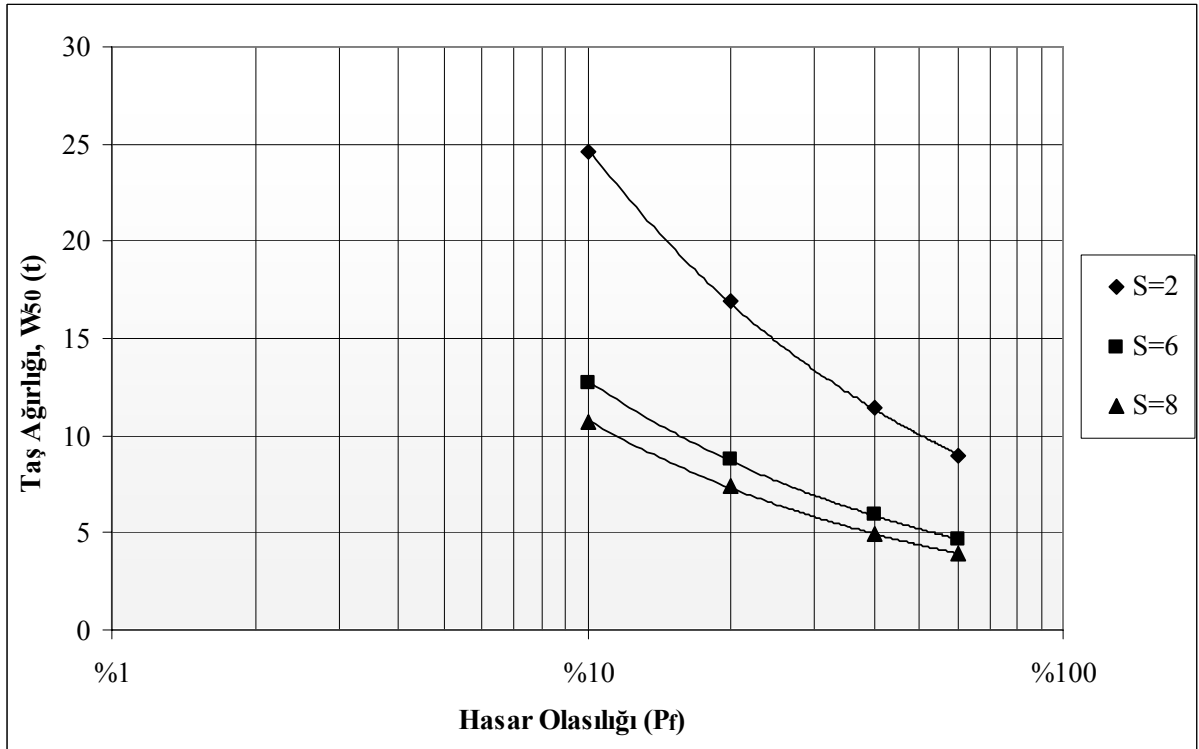
Şekil 4.14 C-C, L-L kesitleri için hasar olasılıklarına bağlı taş çapları ($\cot \alpha = 1.5$)



Şekil 4.15 C-C, L-L Kesiti hasar olasılıklarına bağlı taş çapları ($\cot \alpha = 2.5$)



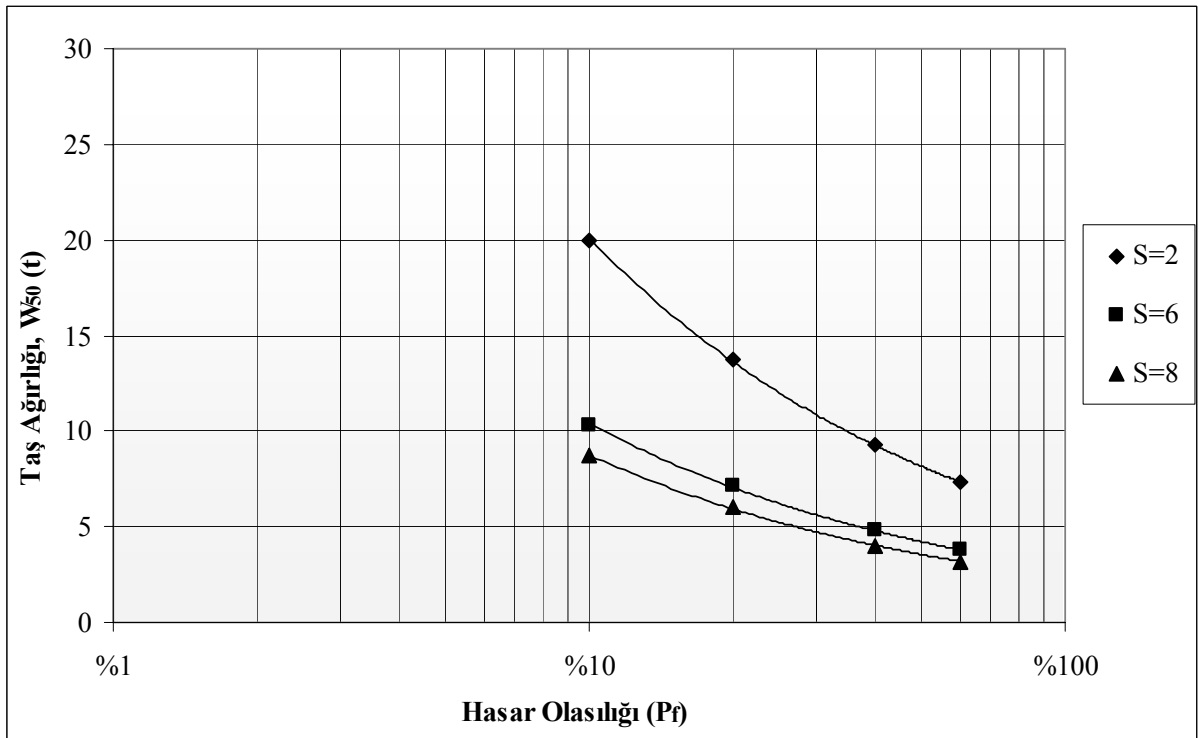
Şekil 4.16 C-C, L-L Kesiti hasar olasılıklarına bağlı taş çapları ($\cot \alpha = 3.0$)



Şekil 4.17 C-C, L-L kesitleri için hasar olasılıklarına bağlı taş ağırlıkları ($\cot \alpha = 1.5$)



Şekil 4.18 C-C, L-L kesitleri için hasar olasılıklarına bağlı taş ağırlıkları ($\cot \alpha = 2.5$)



Şekil 4.19 C-C, L-L kesitleri için hasar olasılıklarına bağlı taş ağırlıkları ($\cot \alpha = 3.0$)

4.3 2.Seviye Risk Analizi

4.3.1 Weibull Dağılımı'na Bağlı Dalga Yükseklikleri

Deniz durumunun tespiti için en yaygın olarak kullanılan yöntem uzun yıllarca biriktirilmiş belirgin dalga yüksekliğinin değerlendirilmesidir. Uzun dönemli verilerin analizi, dalga parametrelerinin oluşma olasılıklarının teorik bir dağılımını verir. Bu analiz çoğunlukla uzun dönemli dalga yüksekliği verileri kullanılarak yapılır (Çevik, 2005). Veriler yıllarca veya aylarca tahmin edilen veya gözlenen dalga yükseklikleridir. Uzun dönemli dalga yüksekliği analizinin başlıca iki amacı vardır. Bunlar;

- Dalga yüksekliği verilerini organize etmek
- Küçük dalga yüksekliklerinin oluşma olasılıklarını ekstrapole ederek büyük dalga yüksekliklerini belirlemektedir.

Bunu yapmanın birkaç yolu vardır. Burada en büyük dalga yüksekliği verilerini belirlemek için iki temel yöntem irdelenecektir. Bunlar eksiksiz uzun dönem veri setinden elde edilmiş gruplandırılmış veriler ve limitli sayıdaki en büyük değerleri kullanarak çıkartılan sıralanmış verilerdir. En büyük dalga yüksekliği değerlerinin belirlenmesinde iki temel yöntem kullanılır. Bunlar;

- Tam bir uzun dönem veri setinden *gruplandırılmış veriler* elde edilir; bu yöntemle belirgin dalga yüksekliklerinin dağılımı elde edilmektedir.
- Limitli sayıda en büyük dalga kullanıldığında *sıralanmış veri* yöntemi kullanılır; bu yöntemle ise en büyük değer dalga istatistiği yapılmaktadır.

Kıyı ve deniz yapılarının tasarım ömürleri boyunca ne kadar sert dalga koşulları ile karşılaşacaklarının bilinmesi çok önemlidir. Bu nedenle verilen bir yerde ve istenen zaman aralığında ne kadar sert koşulların oluşacağı en büyük değer dalga istatistiği ile belirlenmektedir. En büyük değer belli bir sayıdaki gözlemde olması beklenen rastgele değişkenin en büyük değeri olarak tanımlanmaktadır. Uzun dönem olasılık teorileri kısa dönem olasılık teorilerindeki gibi birkaç saatin tersine, 20-100 yıl mertebelerindeki periyotlardaki olaylarla ya da en büyük değerler istatistiği ile ilgilenir. En büyük değer dalga kavramı, bir açık deniz yapısı için proje dalgasının belirlenmesinde kullanılır. Dalga yüksekliğini belirleme yöntemi; *belli bir konumda mevcut dalga yüksekliği verilerine uyan olasılık dağılımını seçerek elde edilen doğrunun istenilen dönüş aralığına uzatılmasıdır*. Bir

yapı için proje esası tekil en yüksek dalga olduğunda, verilen aralıkta en büyük tekil dalga aranır.

25 yıllık en büyük değer dalga verilerine sahip olunan Karaburun balıkçı barınağı dalgakıranı'nın risk analizi hesaplarında, yapı önü belirgin dalga yüksekliğinin belirlenmesi için sıralanmış değerlerin Weibull dağılımı kullanılmıştır.

Weibull dağılımı ε , ψ ve γ olmak üzere 3 parametreye sahiptir. ψ parametresi ölçek parametresi (standart sapma) olarak adlandırılmaktadır. γ yersel parametre (ortalama değer) olarak adlandırılmaktadır. γ yersel parametresi H ekseninin yerini sabitler yani; H 'nin en alt limitidir ($H = \gamma$ olduğunda $Q = 1$ ve $P = 0$ 'dır). Böylece γ bir pikteki sınır değere eşittir. Son olarak ε parametresi ise, şekil parametresidir. Lineer regresyon sadece iki sabit verir (A ve B) ve eğer lineer regresyon kullanılmaya devam edilirse, üçüncü katsayı ε 'nın belirlenmesi için bazı deneme yanılma yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir. ε 'nın farklı değerlerinin varsayımı noktaların eğriliğini değiştirir. α parametresi boyutsuzdur ancak ψ ve γ parametreleri Log-normal dağılım hariç H ile aynı birimdedir. Bu parametreler için notasyonlar evrensel değildir. Bu nedenle farklı literatürlerde kullanılan simgeler mutlaka kontrol edilmelidir (Çevik, 2005).

$$P = 1 - \exp \left[- \left\{ \frac{H - \gamma}{\psi} \right\}^{\varepsilon} \right] \quad (4.1)$$

Weibull dağılımının sıklıkla kullanılan alternatif bir şekli ise ($\gamma = 0$ için) aşağıdaki şekilde verilebilir;

$$P = 1 - \exp \left[- \left(\frac{H}{\psi} \right)^{\varepsilon} \right] \quad \varepsilon, \psi > 0 \quad (4.2)$$

Ayrıca şu şekilde de ifade edilebilir;

$$P(H_s) \equiv P[H \geq H_s] = Q = \exp \left[- \left\{ \frac{H - \gamma}{\psi} \right\}^{\varepsilon} \right] \quad (4.3)$$

Her iki tarafın logaritmasını alarak lineer dönüşüm yapılırsa;

$$-\ln Q = \left\{ \frac{H - \gamma}{\psi} \right\}^{\varepsilon} \Rightarrow \left(\ln \frac{1}{Q} \right)^{1/\varepsilon} = \frac{H - \gamma}{\psi} \quad (4.4)$$

$$Y = AX + B \quad (4.5)$$

Burada Y dönüştürülmüş olasılık eksenidir ve genellikle “indirgenmiş değişken” olarak adlandırılır ve X ise dönüştürülmüş dalga yüksekliği eksenidir. A ve B katsayıları eğim ve doğrunun kesim noktasıdır ve regresyon analizi ile belirlenmektedir.

İndirgenmiş değişken, W olarak adlandırılırsa dönüşüm aşağıdaki gibi gösterilebilir;

$$Y = \left(\ln \frac{1}{Q} \right)^{1/\varepsilon} = W ; \quad (4.6)$$

Dolayısıyla;

$$\Rightarrow X = H \quad (4.7)$$

$$\Rightarrow A = \frac{1}{\psi} \text{ ve} \quad (4.8)$$

$$\Rightarrow B = -\frac{\gamma}{\psi} \quad (4.9)$$

olarak ifade edilebilir.

T_R yıllık dönüş aralığı için dalga yüksekliği H_{T_R} belirlenebilir. Verilerden, analizin dayandığı yıldaki olay sayısı, λ , hesaplanabilir. T_R yılda bir olayın aşılma olasılığı;

$$P_f = 1 - \frac{1}{\lambda T_R} \quad (4.10)$$

Belirli periyottaki dalga yüksekliği, Weibull dağılımı için aşağıdaki şekilde ifade edilebilir;

$$H_{T_R} = \gamma + \psi \left(\ln \frac{1}{Q} \right)^{1/\varepsilon} = \gamma + \psi \left[\ln \{ \lambda T_R \} \right]^{1/\varepsilon} \quad (4.11)$$

Weibull, Gumbel ve Log-normal dağılımlarının hepsi sıralanmış verilerin en büyük (ekstrem) değer analizleri için uygundur. Burada aşağıdaki ifade kullanılmaktadır:

$$Q = \frac{i - c_1}{N_{H_s} + c_2} \quad (4.12)$$

✓ Burada i veri noktalarının sıra sayılarıdır ve N_{H_s} ise toplam veri sayısıdır.

En basit tahmin yönteminde $c_1 = 0$ ve $c_2 = 1$ olarak kabul edilmektedir. Ayrıca Çizelge 4.7’de iki ayrı araştırmacının c_1 ve c_2 değerleri için önerdikleri ifadeler verilmiştir.

Çizelge 4.7 Weibull dağılımı için önerilen c_1 ve c_2 ifadeleri (Çevik, 2005)

Dağılım	c_1	c_2
Weibull (Petrauskas)	$0.30 + 0.18/\varepsilon$	$0.21 + 0.32/\varepsilon$
Weibull (Goda)	$0.20 + 0.27/\varepsilon$	$0.20 + 0.23/\varepsilon$

Kumköy Meteoroloji İstasyonu 1976-2001 yılları arası anlık rüzgar verilerine dayanan en büyük derin deniz belirgin dalga yükseklikleri aşağıdaki Çizelge 4.8’de büyükten küçüğe olmak üzere sıralanmış olarak verilmiştir.

Çizelge 4.8 1976-2001 yılları arası büyükten küçüğe sıralanmış en büyük derin deniz belirgin dalga yükseklikleri (Yüksel vd., 2003)

i	Yıl	Yön	H_s (m)	T (sn)
1	1995	NW	7.57	11.25
2	1985	WNW	7.51	11.21
3	2001	NNW	7.35	11.11
4	1993	NW	7.01	10.90
5	1991	NW	6.27	10.43
6	1980	NNW	6.21	10.39
7	1978	NNW	6.12	10.33
8	1999	NW	6.09	10.31
9	1996	NW	5.97	10.22
10	1976	NW	5.88	10.16
11	1977	NNW	5.68	10.02
12	1982	NNW	5.62	9.98
13	1998	NNW	5.56	9.94
14	1994	NNW	5.56	9.98
15	1997	NNW	5.38	9.81
16	1981	NW	5.38	9.81
17	1979	NNW	5.33	9.77
18	1986	NNE	5.21	9.68
19	1988	NNW	5.15	9.64
20	1984	WNW	5.04	9.55
21	1992	N	5.04	9.55
22	1989	NNW	4.70	9.29
23	1988	NNE	4.59	9.20
24	2000	NNW	4.56	9.18
25	1990	NW	3.63	8.38

Goda'nın tanımladığı c_1 ve c_2 ifadeleri (Çizelge 4.7) $\varepsilon = 0.8$ için kullanılırsa;

$$i = 1 \text{ için; } Q = \frac{i - \left(0.20 + 0.27/\varepsilon\right)}{N_{H_s} + \left(0.20 + 0.23/\varepsilon\right)} = \frac{1 - \left(0.20 + 0.27/0.8\right)}{25 + \left(0.20 + 0.23/0.8\right)} = 0.0181$$

$$i = 2 \text{ için; } Q = \frac{i - \left(0.20 + 0.27/\varepsilon\right)}{N_{H_s} + \left(0.20 + 0.23/\varepsilon\right)} = \frac{2 - \left(0.20 + 0.27/0.8\right)}{25 + \left(0.20 + 0.23/0.8\right)} = 0.0574$$

....

$$i = 1 \text{ için; } W = \left(\ln \frac{1}{Q}\right)^{1/\varepsilon} = \left(\ln \frac{1}{0.0181}\right)^{1/0.8} = 5.6733$$

$$i = 2 \text{ için; } W = \left(\ln \frac{1}{Q}\right)^{1/\varepsilon} = \left(\ln \frac{1}{0.0574}\right)^{1/0.8} = 3.7161$$

....

Goda'nın tanımladığı c_1 ve c_2 ifadeleri (Çizelge 4.7) $\varepsilon = 1.3$ için kullanılırsa;

$$i = 1 \text{ için; } Q = \frac{i - \left(0.20 + 0.27/\varepsilon\right)}{N_{H_s} + \left(0.20 + 0.23/\varepsilon\right)} = \frac{1 - \left(0.20 + 0.27/1.3\right)}{25 + \left(0.20 + 0.23/1.3\right)} = 0.0233$$

$$i = 2 \text{ için; } Q = \frac{i - \left(0.20 + 0.27/\varepsilon\right)}{N_{H_s} + \left(0.20 + 0.23/\varepsilon\right)} = \frac{2 - \left(0.20 + 0.27/1.3\right)}{25 + \left(0.20 + 0.23/1.3\right)} = 0.0627$$

ve

$$i = 1 \text{ için; } W = \left(\ln \frac{1}{Q}\right)^{1/\varepsilon} = \left(\ln \frac{1}{0.0233}\right)^{1/1.3} = 2.7684$$

$$i = 2 \text{ için; } W = \left(\ln \frac{1}{Q}\right)^{1/\varepsilon} = \left(\ln \frac{1}{0.0627}\right)^{1/1.3} = 2.1888$$

- ✓ Yukarıda ilk iki satır için verilen işlem örnekleri her satır için tekrar edilerek Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10'da verilen değerler elde edilebilir.

Çizelge 4.9 En büyük değerlerin sıralanmış setinden Weibull analizi ($\varepsilon = 0.8$ ve $\varepsilon = 1.3$ için)

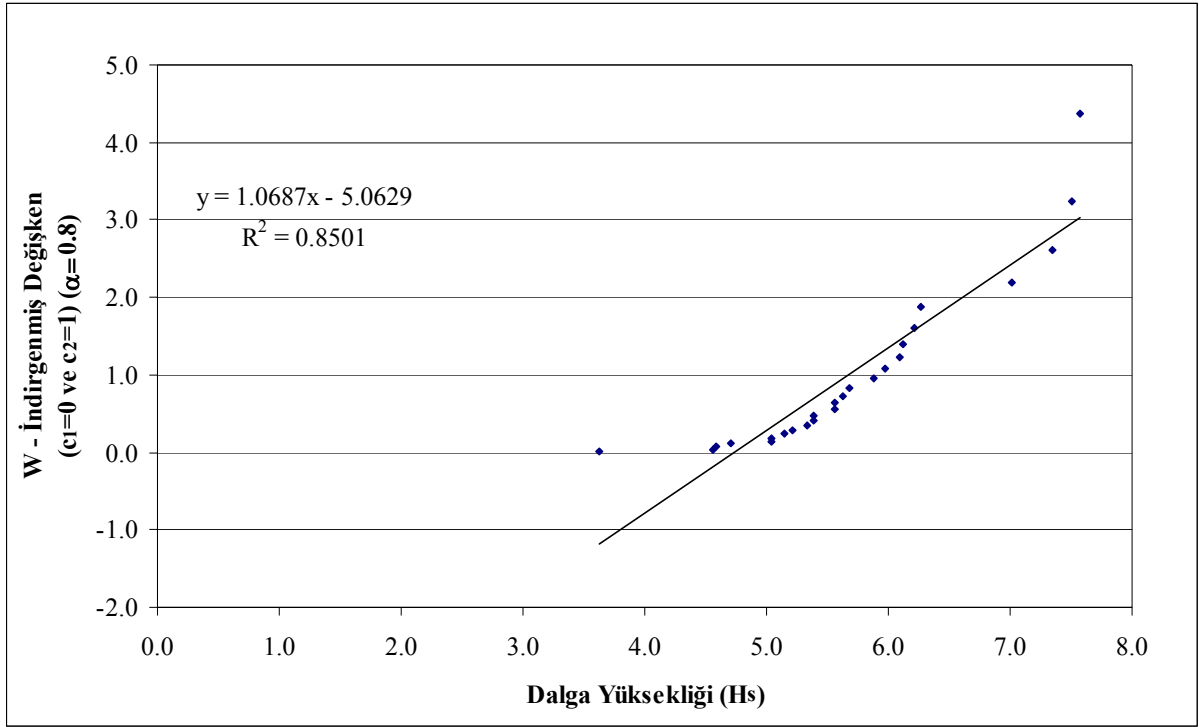
i	Yıl	Yön	H_s (m)	T (sn)	Q (0.8)	W (0.8)	Q (1.3)	W (1.3)
1	1995	NW	7.57	11.25	0.0181	5.6733	0.0233	2.7684
2	1985	WNW	7.51	11.21	0.0574	3.7161	0.0627	2.1888
3	2001	NNW	7.35	11.11	0.0966	2.8895	0.1022	1.8859
4	1993	NW	7.01	10.90	0.1359	2.3728	0.1416	1.6748
5	1991	NW	6.27	10.43	0.1751	2.0020	0.1810	1.5105
6	1980	NNW	6.21	10.39	0.2143	1.7159	0.2204	1.3747
7	1978	NNW	6.12	10.33	0.2536	1.4851	0.2598	1.2582
8	1999	NW	6.09	10.31	0.2928	1.2931	0.2992	1.1555
9	1996	NW	5.97	10.22	0.3320	1.1298	0.3386	1.0632
10	1976	NW	5.88	10.16	0.3713	0.9886	0.3780	0.9791
11	1977	NNW	5.68	10.02	0.4105	0.8649	0.4174	0.9014
12	1982	NNW	5.62	9.98	0.4497	0.7555	0.4568	0.8289
13	1998	NNW	5.56	9.94	0.4890	0.6580	0.4962	0.7607
14	1994	NNW	5.56	9.98	0.5282	0.5705	0.5356	0.6960
15	1997	NNW	5.38	9.81	0.5674	0.4916	0.5750	0.6343
16	1981	NW	5.38	9.81	0.6067	0.4202	0.6144	0.5750
17	1979	NNW	5.33	9.77	0.6459	0.3554	0.6538	0.5177
18	1986	NNE	5.21	9.68	0.6851	0.2965	0.6932	0.4619
19	1988	NNW	5.15	9.64	0.7244	0.2430	0.7326	0.4073
20	1984	WNW	5.04	9.55	0.7636	0.1944	0.7721	0.3534
21	1992	N	5.04	9.55	0.8028	0.1503	0.8115	0.2999
22	1989	NNW	4.70	9.29	0.8421	0.1107	0.8509	0.2460
23	1988	NNE	4.59	9.20	0.8813	0.0753	0.8903	0.1910
24	2000	NNW	4.56	9.18	0.9205	0.0444	0.9297	0.1334
25	1990	NW	3.63	8.38	0.9598	0.0185	0.9691	0.0698

Elde edilen değerler Şekil 4.20 ve 4.21’de grafik olarak gösterilmiştir.

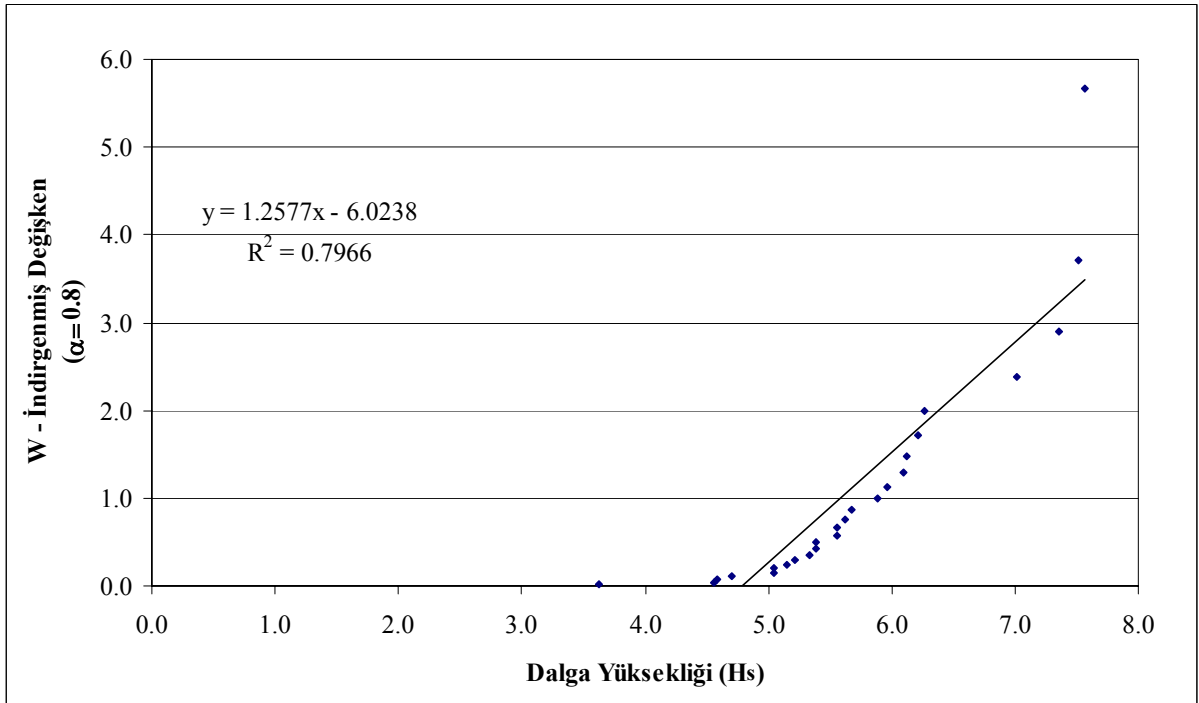
Çizelge 4.10 En büyük değerlerin sıralanmış setinden Weibull analizi ($c_1 = 0$ ve $c_2 = 1$ için)

i	Yıl	Yön	H_s (m)	T (sn)	Q (0.8)	W (0.8)	Q (1.3)	W (1.3)
1	1995	NW	7.57	11.25	0.0385	4.3773	0.0385	2.4808
2	1985	WNW	7.51	11.21	0.0769	3.2460	0.0769	2.0638
3	2001	NNW	7.35	11.11	0.1154	2.6178	0.1154	1.8080
4	1993	NW	7.01	10.90	0.1538	2.1894	0.1538	1.6197
5	1991	NW	6.27	10.43	0.1923	1.8682	0.1923	1.4690
6	1980	NNW	6.21	10.39	0.2308	1.6136	0.2308	1.3424
7	1978	NNW	6.12	10.33	0.2692	1.4044	0.2692	1.2324
8	1999	NW	6.09	10.31	0.3077	1.2281	0.3077	1.1348
9	1996	NW	5.97	10.22	0.3462	1.0767	0.3462	1.0465
10	1976	NW	5.88	10.16	0.3846	0.9447	0.3846	0.9656
11	1977	NNW	5.68	10.02	0.4231	0.8284	0.4231	0.8906
12	1982	NNW	5.62	9.98	0.4615	0.7250	0.4615	0.8205
13	1998	NNW	5.56	9.94	0.5000	0.6325	0.5000	0.7543
14	1994	NNW	5.56	9.98	0.5385	0.5491	0.5385	0.6915
15	1997	NNW	5.38	9.81	0.5769	0.4737	0.5769	0.6314
16	1981	NW	5.38	9.81	0.6154	0.4053	0.6154	0.5736
17	1979	NNW	5.33	9.77	0.6538	0.3430	0.6538	0.5177
18	1986	NNE	5.21	9.68	0.6923	0.2864	0.6923	0.4632
19	1988	NNW	5.15	9.64	0.7308	0.2347	0.7308	0.4099
20	1984	WNW	5.04	9.55	0.7692	0.1878	0.7692	0.3573
21	1992	N	5.04	9.55	0.8077	0.1452	0.8077	0.3050
22	1989	NNW	4.70	9.29	0.8462	0.1068	0.8462	0.2525
23	1988	NNE	4.59	9.20	0.8846	0.0725	0.8846	0.1990
24	2000	NNW	4.56	9.18	0.9231	0.0426	0.9231	0.1434
25	1990	NW	3.63	8.38	0.9615	0.0175	0.9615	0.0828

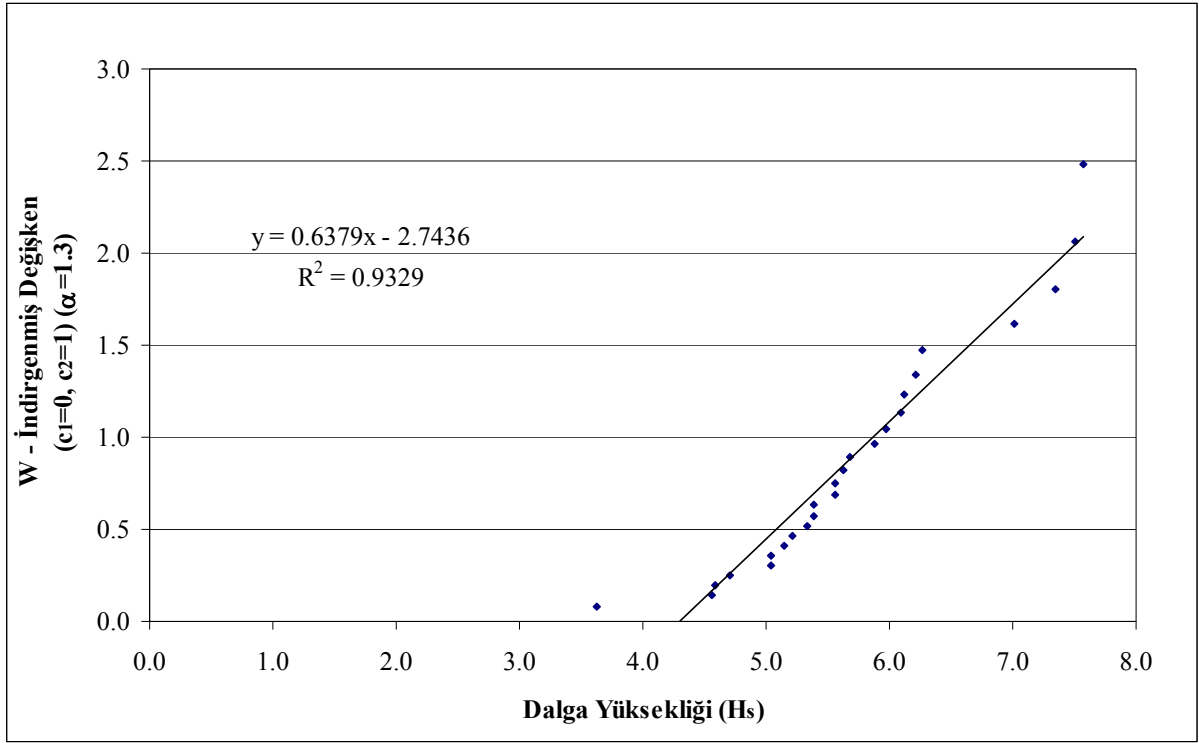
Elde edilen değerler Şekil 4.22 ve 4.23'te grafik olarak gösterilmiştir.



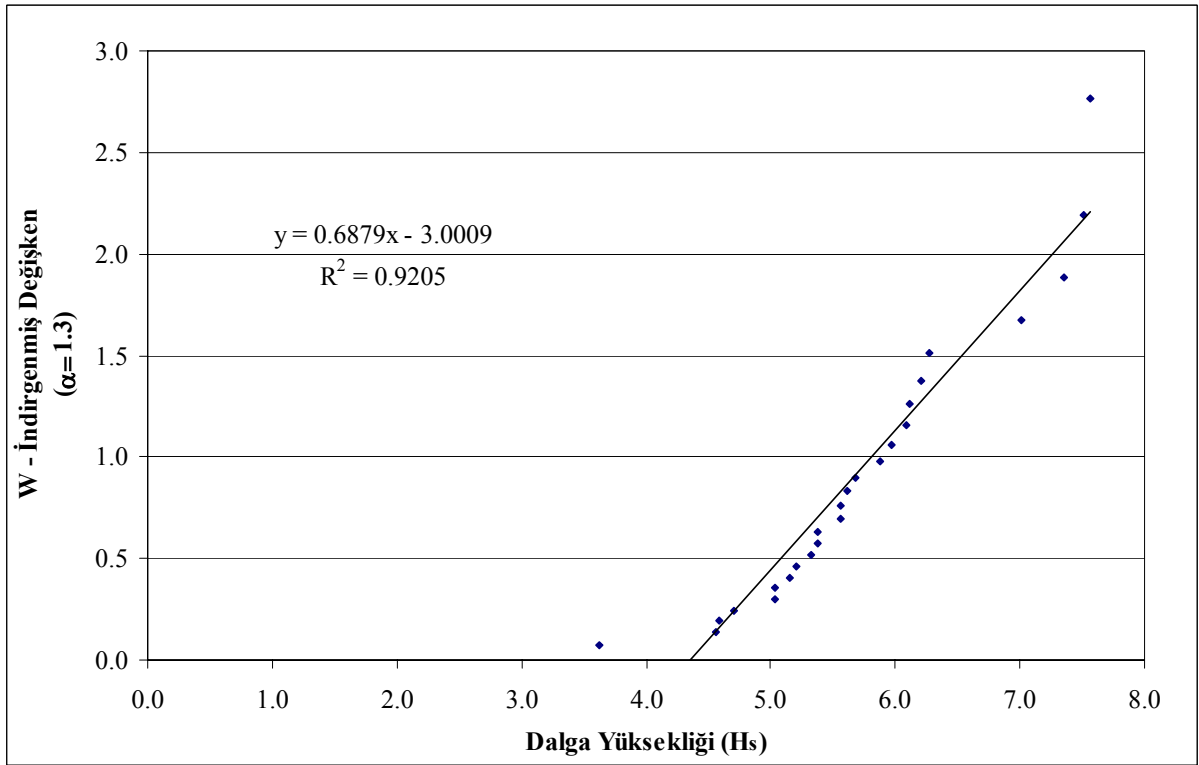
Şekil 4.20 Weibull (Goda'nın tanımladığı c_1 ve c_2 ifadeleri için) dağılımına bağlı dalga yüksekliği



Şekil 4.21 Weibull ($c_1 = 0$ ve $c_2 = 1$ için) dağılımına bağlı dalga yüksekliği



Şekil 4.22 Weibull (Goda'nın tanımladığı c_1 ve c_2 ifadeleri için) dağılımına bağlı dalga yüksekliği



Şekil 4.23 Weibull ($c_1 = 0$ ve $c_2 = 1$ için) dağılımına bağlı dalga yüksekliği

Şekil 4.20 - 4.23'te Weibull dağılımına bağlı dalga yüksekliklerinin ($H_s - W$) ilişkisini gösteren grafikler verilmiştir. $\varepsilon=1.3$ için noktaların en doğrusal olduğu dağılımın elde edildiği görülmektedir. $\varepsilon=0.9$, $\varepsilon=1.0$, $\varepsilon=1.1$ ve $\varepsilon=1.2$ için çizilen grafikler Ek 2'de verilmiştir. Tüm grafikler üzerinde doğruya ait ifadeler gösterilmiştir.

X -yıl tasarım ömrü için bir olayın aşılma olasılığı aşağıdaki ifade yardımıyla bulunabilir;

$$P[G < 0; X \text{ yıl}] = 1 - (1 - [P < 0; 1 \text{ yıl}])^X \quad (4.13)$$

formülü kullanılarak bulunabilir (Van der Meer, 1987).

Şekil 4.22'de verilen ve lineere en yakın olan denklem aşağıda verilmiştir;

$$\bullet \quad y = 0.6379x - 2.7436 \quad (4.14)$$

Dolayısıyla;

$$A = \frac{1}{\psi} = 0.6379 \Rightarrow \psi = 1.57 = \sigma_{H_s}$$

$$B = -\frac{\gamma}{\psi} = -2.7436 \Rightarrow \gamma = 4.30 \text{ değerleri elde edilir.}$$

Farklı dönüş aralıkları için dalga yükseklikleri, $\lambda = 1$ (yıllık veri sayısı) için (4.11) denklemi kullanılarak dalga yükseklikleri hesaplanmış ve Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Dalga yükseklikleri;

$$T_R = 1 \text{ yıl için; } H_{T_R} = \gamma + \psi \left(\ln \frac{1}{Q} \right)^{1/\varepsilon} = \gamma + \psi [\ln \{\lambda T_R\}]^{1/\varepsilon} = 4.30 + 1.57 [\ln \{1 \times 1\}]^{1/1.3} = 4.30$$

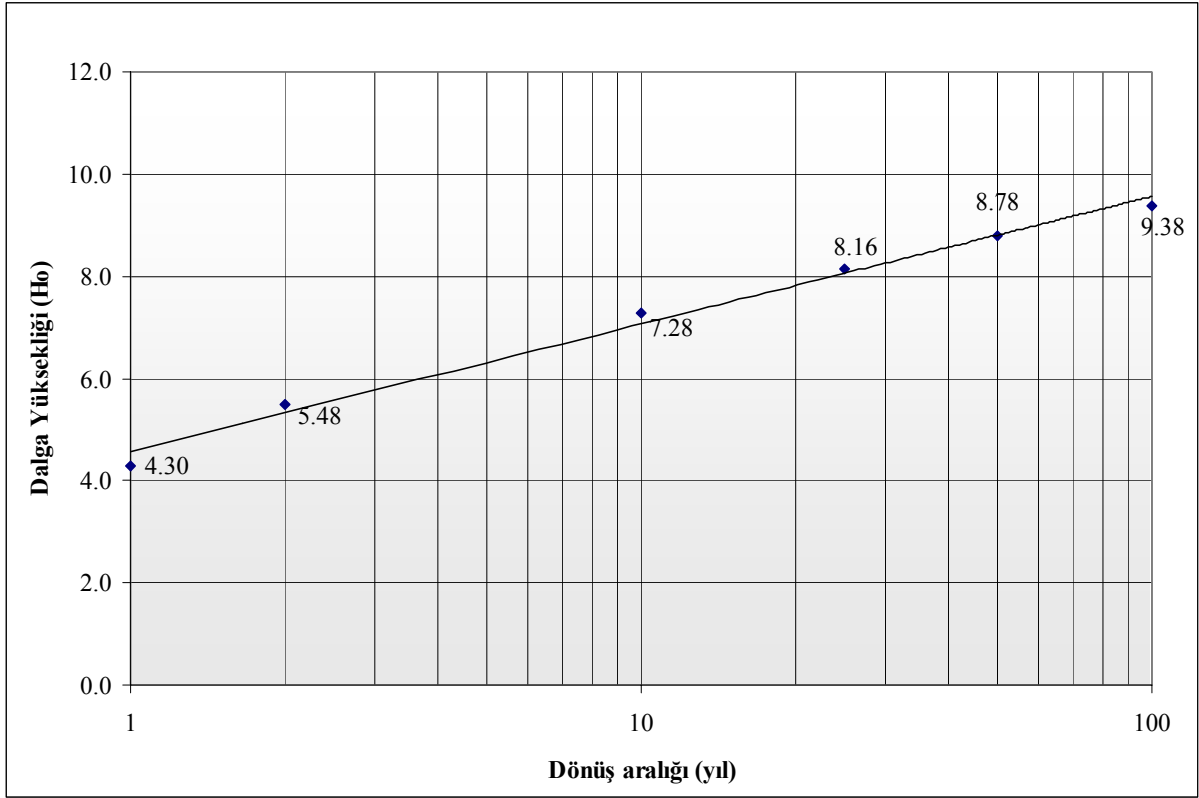
$$T_R = 10 \text{ yıl için; } H_{T_R} = \gamma + \psi \left(\ln \frac{1}{Q} \right)^{1/\varepsilon} = \gamma + \psi [\ln \{\lambda T_R\}]^{1/\varepsilon} = 4.30 + 1.57 [\ln \{1 \times 10\}]^{1/1.3} = 7.28$$

....

şeklinde hesaplanabilir.

Çizelge 4.11 Dönüş aralıklarına bağlı dalga yükseklikleri

Dönüş aralığı T_R , (yıl)	H_s (m)
1	4.30
2	5.48
5	6.56
10	7.28
25	8.16
50	8.78
100	9.38



Şekil 4.24 Weibull dağılımına bağlı Karaburun balıkçı barınağı yönden bağımsız en büyük değer dalga istatistiği

2.Seviye risk analizi için gerekli olan ve hesaplama yöntemi açısından BREKWAT 3.0 programı ile uyum sağlanması için 1 yıl dönüş aralıklı açık deniz dalga yüksekliğinden yararlanılacaktır ve Şekil 4.24'den 4.30 m olduğu görülmektedir. Dolayısıyla tasarım dalga yüksekliğini bulmak için kırılma ve sığlaşma hesaplarını yaparak dalgakıran önünde etkili olacak dalga yüksekliğini bulmak gerekir. Çizelge 4.12'de verilen tasarım dalga yüksekliklerinin hesabı Ek 1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.12 2.Seviye risk analizinde dikkate alınacak tasarım dalga yükseklikleri

Kesit	Yapı önü su derinliği d , (m)	Tasarım dalga yüksekliği H_d , (m)
A-A	5	4.58
B-B	5	4.58
C-C	4	3.67
L-L	4	3.67
R-R	5	4.58
S-S	5	4.58

4.3.2 2.Seviye Risk Analizi ile Hasar Olasılıklarının Bulunması

A-A, B-B, C-C, L-L, R-R ve S-S kesitleri için 1.Seviye risk analizinde % 10, % 20, % 40, % 60 hasar olasılıklarına göre bulunan taş ağırlıkları kullanılarak, farklı tasarım ömürleri için yeni hasar olasılıkları bulunmuş ve sonuçlar Çizelge 4.16 - 4.23'te verilmiştir. Farklı tasarım ömürlerine karşılık gelen hasar olasılıkları grafikler halinde Şekil 4.25 - 4.32'de verilmiştir. Yöntem için hesaplamalara ait örnek aşağıda verilmiştir.

2.Seviye risk analizi için tüm parametrelerin ayrı ayrı ortalamaları ve standart sapmalarına ihtiyaç vardır. Ancak bu çalışmada veri yetersizliğinden dolayı, S_d ve Δ 'nın standart sapma değerleri farklı kaynaklardaki ortalama değer yaklaşımıyla ilgili örnek problemler referans alınarak belirlenmiştir (örneğin; Çizelge 3.9).

- ✓ Kırılma tipleri belirlenirken; BREAKWAT 3.0 programı ile uyum sağlanması amacıyla Plunging -Surging arası geçiş için kritik surf parametresi denklemi (2.10) dikkate alınmıştır.

Standart sapma değerleri;

- $S_d = 2$ için $\sigma_{S_d} = 0.4$,
- $S_d = 6$ için $\sigma_{S_d} = 1.2$,
- $S_d = 8$ için $\sigma_{S_d} = 1.6$ ve
- $\Delta = 1.6$ için $\sigma_{\Delta} = 0.13$ olarak seçilmiştir.

1.Seviye risk analizi'nde bulunan aynı hasar seviyelerine ait, (S_d) , farklı şev eğimleri, $(\cot \alpha)$, için bulunmuş taş çaplarının, (D_{n50}) , standart sapma değerleri

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (4.15)$$

ifadesi kullanılarak hesaplanabilir (Baykul, 1996).

2.Seviye risk analizi için uygulama örneği;

$P_f=0.1$ (% 10 hasar olasılığı) için 1.Seviye risk analizi'nde bulunan taş ağırlıkları kullanılarak, dalgakıran kesitlerine 2.Seviye risk analizi uygulanarak farklı tasarım ömürleri için hasar olasılıkları hesaplanabilir;

$$\diamond S_d = 2 \text{ ve } \cot \alpha = 1.5 \text{ için;}$$

Kullanılan parametreler;

$$H_s = 4.58 \text{ m (Çizelge 4.12)}, D_{n50} = 2.47 \text{ m (Çizelge 4.5)}, P = 0.4, \Delta = 1.6, T = 8.10 \text{ sn}$$

Öncelikle kırılma tipi belirlenir;

$$\xi_{mc} = \left[6.2 \times 0.5^{0.31} \left(\frac{1}{1.5} \right)^{0.5} \right]^{\frac{1}{0.4+0.5}} = 4.42$$

$$\xi_m = \frac{\frac{1}{1.5}}{\sqrt{\frac{2\pi \times 4.58}{9.81 \times 8.10^2}}} = 3.15 < 4.42 \quad (\text{Plunging tipi kırılma})$$

Plunging tipi kırılma olduğuna göre (3.28) denklemindeki güvenilirlik fonksiyonu kullanılabilir;

$$G = R - S \Rightarrow G_p = 6.2 S_d^{0.2} P^{0.18} \Delta D_{n50} (\cot \alpha)^{0.5} - (H_s + FH_s) \left(\frac{H_s}{L_z} \right)^{-0.25} N^{0.1}$$

Yukarıdaki fonksiyonda $FH_s = 0$ değerini almaktadır.

İlk adım farklı değişkenlerin kısmi türevlerinin alınmasıdır. Bu işlemlerin sonucu;

$$\frac{\partial G_p}{\partial S_d} = \frac{0.2R}{S_d} = \frac{0.2 \times [6.2 \times 2^{0.2} \times 0.4^{0.18} \times 1.6 \times 2.47 \times 1.5^{0.5}]}{2} = 2.92$$

$$\frac{\partial G_p}{\partial H_s} = \frac{-0.75S}{H_s} = -0.75 \times \frac{-4.58^{0.75} \times \left(\frac{2\pi}{9.81 \times 8.10^2} \right)^{-0.25} \times 2000^{0.1}}{4.58} = 3.49$$

$$\frac{\partial G_p}{\partial D_{n50}} = \frac{R}{D_{n50}} = \frac{6.2 \times 2^{0.2} \times 0.4^{0.18} \times 1.60 \times 2.47 \times 1.5^{0.5}}{2.47} = 11.83$$

$$\frac{\partial G_p}{\partial \Delta} = \frac{R}{\Delta} = \frac{6.2 \times 2^{0.2} \times 0.4^{0.18} \times 1.60 \times 2.47 \times 1.5^{0.5}}{1.60} = 18.28$$

- ✓ Her ortalama D_{n50} değerinin (Çizelge 4.5) standart sapması, taş ağırlığının %25'lik alt ve üst sınırlarına tekabül eden taş çapı değerlerinin dikkate alınmasıyla hesaplanabilir.

A-A Kesiti'nde $S_d = 2$ ve $\cot \alpha = 1.5$ için $D_{n50} = 2.47$ ve $W_{50} = 39.99$ 'dur. Dolayısıyla;

$$i. \quad D_{n50(1)} = \sqrt[3]{\frac{(39.99 \times 0.75)}{2.65}} = 2.24 \text{ m}$$

$$ii. \quad D_{n50} = 2.47$$

$$iii. \quad D_{n50(2)} = \sqrt[3]{\frac{(39.99 \times 1.25)}{2.65}} = 2.66 \text{ m}$$

$$\bar{X} = \frac{2.24 + 2.47 + 2.66}{3} = 2.46$$

$$\sigma_{D_{n50}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \Rightarrow \sqrt{\frac{(2.24 - 2.46)^2 + (2.47 - 2.46)^2 + (2.66 - 2.46)^2}{3-1}} = 0.209$$

- $\sigma_G^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \sigma_{x_i}^2$ ifadesi kullanılırsa;

$$\alpha_{S_d}^2 = 0.40^2 \times 2.92^2 = 1.37$$

$$\alpha_{H_s}^2 = 1.57^2 \times 3.49^2 = 29.99$$

$$\alpha_{D_{n50}}^2 = 0.209^2 \times 11.83^2 = 6.10$$

$$\alpha_{\Delta}^2 = 0.13^2 \times 18.28^2 = 5.65$$

Çizelge 4.13 Ortalama değer yaklaşımı (MVA) değerleri
($S_d = 2$ ve $\cot \alpha = 1.5$ için)

Değişken	Ortalama	Standart Sapma	Kısmi Türev	α_i^2
S_d	2.00	0.40	2.92	1.37
H_s	4.58	1.57	3.49	29.99
D_{n50}	2.35	0.209	11.83	6.10
Δ	1.60	0.13	18.28	5.65

$$\Rightarrow \alpha_{G_{S_d=2}} = \sqrt{\sum_{i=1}^4 \alpha_i^2} = \sqrt{1.37 + 29.99 + 6.10 + 5.65} = 6.57$$

$$\Rightarrow \mu_{G_{S_d=2}} = \mu_R - \mu_S$$

$$\mu_{G_{S_d=2}} = 6.2 \times 2^{0.2} \times 0.4^{0.18} \times 1.60 \times 2.47 \times 1.5^{0.5} - (4.58 + 0) \times \left(\frac{2\pi \times 4.58}{9.81 \times 8.10^2} \right)^{-0.25} \times 2000^{0.1}$$

$$= 7.94$$

Dolayısıyla, güvenilirlik indeksi;

$$\beta_{S_d=2} = \frac{\mu_{G_{S_d=2}}}{\sigma_{G_{S_d=2}}} = \frac{7.94}{6.57} = 1.21$$

ve hasar olasılıkları Ek 4'ten yararlanarak;

$$1 \text{ yıl tasarım ömrü için; } P_f = \Phi(-1.21) = 0.1131 = \% 11.31$$

10 yıl tasarım ömrü için yapının hasar olasılığı;

$$P[G < 0; 10 \text{ yıl}] = 1 - (1 - [P < 0; 1 \text{ yıl}])^{10} = 1 - (1 - 0.1131)^{10} = 0.6989 = \% 69.89$$

20 yıl tasarım ömrü için yapının hasar olasılığı;

$$P[G < 0; 20 \text{ yıl}] = 1 - (1 - [P < 0; 1 \text{ yıl}])^{20} = 1 - (1 - 0.1131)^{20} = 0.9093 = \% 90.93$$

40 yıl tasarım ömrü için yapının hasar olasılığı;

$$P[G < 0; 40 \text{ yıl}] = 1 - (1 - [P < 0; 1 \text{ yıl}])^{40} = 1 - (1 - 0.1131)^{40} = 0.9918 = \% 99.18$$

50 yıl tasarım ömrü için yapının hasar olasılığı;

$$P[G < 0; 50 \text{ yıl}] = 1 - (1 - [P < 0; 1 \text{ yıl}])^{50} = 1 - (1 - 0.1131)^{50} = 0.9975 = \% 99.75$$

60 yıl tasarım ömrü için yapının hasar olasılığı;

$$P[G < 0; 60 \text{ yıl}] = 1 - (1 - [P < 0; 1 \text{ yıl}])^{60} = 1 - (1 - 0.1131)^{60} = 0.9993 = \% 99.93$$

olarak bulunur.

❖ $S_d = 2$ ve $\cot \alpha = 2.5$ için;

Kullanılan parametreler;

$H_s = 4.58$ m (Çizelge 4.12), $D_{n50} = 2.35$ m (Çizelge 4.5), $P = 0.4$, $\Delta = 1.6$, $T = 8.10$ sn

Öncelikle kırılma tipi belirlenir;

$$\xi_{mc} = \left[6.2 \times 0.5^{0.31} \left(\frac{1}{2.5} \right)^{0.5} \right]^{\frac{1}{0.4+0.5}} = 3.33$$

$$\xi_m = \frac{\frac{1}{2.5}}{\sqrt{\frac{2\pi \times 4.58}{9.81 \times 8.10^2}}} = 1.89 < 3.33 \quad (\text{Plunging tipi kırılma})$$

Plunging tipi kırılma olduğuna göre (3.28) denklemindeki güvenilirlik fonksiyonu kullanılabilir;

$$G_p = 6.2 S_d^{0.2} P^{0.18} \Delta D_{n50} (\cot \alpha)^{0.5} - (H_s + FH_s) \left(\frac{H_s}{L_z} \right)^{-0.25} N^{0.1}$$

Yukarıdaki fonksiyonda $FH_s = 0$ değerini almaktadır.

İlk adım kısmi türevlerin alınmasıdır. Bu işlemlerin sonucu;

$$\frac{\partial G_p}{\partial S_d} = \frac{0.2R}{S_d} = \frac{0.2 \times [6.2 \times 2^{0.2} \times 0.4^{0.18} \times 1.6 \times 2.35 \times 2.5^{0.5}]}{2} = 3.59$$

$$\frac{\partial G_p}{\partial H_s} = \frac{-0.75S}{H_s} = -0.75 \times \frac{-4.58^{0.75} \times \left(\frac{2\pi}{9.81 \times 8.10^2} \right)^{-0.25} \times 2000^{0.1}}{4.58} = 3.49$$

$$\frac{\partial G_p}{\partial D_{n50}} = \frac{R}{D_{n50}} = \frac{6.2 \times 2^{0.2} \times 0.4^{0.18} \times 1.60 \times 2.35 \times 2.5^{0.5}}{2.35} = 15.28$$

$$\frac{\partial G_p}{\partial \Delta} = \frac{R}{\Delta} = \frac{6.2 \times 2^{0.2} \times 0.4^{0.18} \times 1.60 \times 2.35 \times 2.5^{0.5}}{1.60} = 22.42$$

A-A Kesiti'nde $S_d = 2$ ve $\cot \alpha = 2.5$ için $D_{n50} = 2.35$ ve $W_{50} = 34.31$ 'dur. Dolayısıyla;

$$\text{i. } D_{n50(1)} = \sqrt[3]{\frac{(34.31 \times 0.75)}{2.65}} = 2.13 \text{ m}$$

$$\text{ii. } D_{n50} = 2.35$$

$$\text{iii. } D_{n50(2)} = \sqrt[3]{\frac{(34.31 \times 1.25)}{2.65}} = 2.53 \text{ m}$$

$$\bar{X} = \frac{2.13 + 2.35 + 2.53}{3} = 2.34$$

$$\sigma_{D_{n50}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \Rightarrow \sqrt{\frac{(2.13 - 2.34)^2 + (2.35 - 2.34)^2 + (2.53 - 2.34)^2}{3-1}} = 0.198$$

$$\bullet \alpha_{S_d}^2 = 0.40^2 \times 3.59^2 = 2.06$$

$$\alpha_{H_s}^2 = 1.57^2 \times 3.49^2 = 29.99$$

$$\alpha_{D_{n50}}^2 = 0.198^2 \times 15.28^2 = 9.17$$

$$\alpha_{\Delta}^2 = 0.13^2 \times 22.42^2 = 8.50$$

Çizelge 4.14 Ortalama değer yaklaşımı (MVA) değerleri
($S_d = 2$ ve $\cot \alpha = 2.5$ için)

Değişken	Ortalama	Standart Sapma	Kısmi Türev	α_i^2
S_d	2.00	0.40	3.59	2.06
H_s	4.58	1.57	3.49	29.99
D_{n50}	2.35	0.198	15.28	9.17
Δ	1.60	0.13	22.42	8.50

$$\Rightarrow \alpha_{G_{S_d=2}} = \sqrt{\sum_{i=1}^4 \alpha_i^2} = \sqrt{2.06 + 29.99 + 9.17 + 8.50} = 7.05$$

$$\Rightarrow \mu_{G_{S_d=2}} = \mu_R - \mu_S$$

$$\begin{aligned} \mu_{G_2} &= 6.2 \times 2^{0.2} \times 0.4^{0.18} \times 1.60 \times 2.35 \times 2.5^{0.5} - (4.58 + 0) \times \left(\frac{2\pi \times 4.58}{9.81 \times 8.10^2} \right)^{-0.25} \times 2000^{0.1} \\ &= 14.57 \end{aligned}$$

Dolayısıyla, güvenilirlik indeksi;

$$\beta_{S_d=2} = \frac{\mu_{G_{S_d=2}}}{\sigma_{G_{S_d=2}}} = \frac{14.57}{7.05} = 2.07$$

ve hasar olasılıkları Ek 4'ten yararlanarak;

$$1 \text{ yıl tasarım ömrü için; } P_f = \Phi(-2.07) = 0.0192 = \% 1.92$$

10 yıl tasarım ömrü için yapının hasar olasılığı;

$$P[G < 0; 10 \text{ yıl}] = 1 - (1 - [P < 0; 1 \text{ yıl}])^{10} = 1 - (1 - 0.0192)^{10} = 0.1762 = \% 17.62$$

20 yıl tasarım ömrü için yapının hasar olasılığı;

$$P[G < 0; 20 \text{ yıl}] = 1 - (1 - [P < 0; 1 \text{ yıl}])^{20} = 1 - (1 - 0.0192)^{20} = 0.3214 = \% 32.14$$

40 yıl tasarım ömrü için yapının hasar olasılığı;

$$P[G < 0; 40 \text{ yıl}] = 1 - (1 - [P < 0; 1 \text{ yıl}])^{40} = 1 - (1 - 0.0192)^{40} = 0.5395 = \% 53.95$$

50 yıl tasarım ömrü için yapının hasar olasılığı;

$$P[G < 0; 50 \text{ yıl}] = 1 - (1 - [P < 0; 1 \text{ yıl}])^{50} = 1 - (1 - 0.0192)^{50} = 0.6207 = \% 62.07$$

60 yıl tasarım ömrü için yapının hasar olasılığı;

$$P[G < 0; 60 \text{ yıl}] = 1 - (1 - [P < 0; 1 \text{ yıl}])^{60} = 1 - (1 - 0.0192)^{60} = 0.6875 = \% 68.75$$

olarak bulunur.

❖ $S_d = 2$ ve $\cot \alpha = 3.0$ için;

Kullanılan parametreler;

$H_s = 4.58$ m (Çizelge 4.12), $D_{n50} = 2.31$ m (Çizelge 4.5), $P = 0.4$, $\Delta = 1.6$, $T = 8.10$ sn

Öncelikle kırılma tipi belirlenir;

$$\xi_{mc} = \left[6.2 \times 0.5^{0.31} \left(\frac{1}{3.0} \right)^{0.5} \right]^{\frac{1}{0.4+0.5}} = 3.01$$

$$\xi_m = \frac{\frac{1}{3.0}}{\sqrt{\frac{2\pi \times 4.58}{9.81 \times 8.10^2}}} = 1.58 < 3.01 \quad (\text{Plunging tipi kırılma})$$

Plunging tipi kırılma olduğuna göre (3.28) denklemindeki güvenilirlik fonksiyonu kullanılabilir;

$$G_p = 6.2 S_d^{0.2} P^{0.18} \Delta D_{n50} (\cot \alpha)^{0.5} - (H_s + FH_s) \left(\frac{H_s}{L_z} \right)^{-0.25} N^{0.1}$$

Yukarıdaki fonksiyonda $FH_s = 0$ değerini almaktadır.

İlk adım kısmi türevlerin alınmasıdır. Bu işlemlerin sonucu;

$$\frac{\partial G_p}{\partial S_d} = \frac{0.2R}{S_d} = \frac{0.2 \times [6.2 \times 2^{0.2} \times 0.4^{0.18} \times 1.6 \times 2.31 \times 3.0^{0.5}]}{2} = 3.86$$

$$\frac{\partial G_p}{\partial H_s} = \frac{-0.75S}{H_s} = -0.75 \times \frac{-4.58^{0.75} \times \left(\frac{2\pi}{9.81 \times 8.10^2} \right)^{-0.25} \times 2000^{0.1}}{4.58} = 3.49$$

$$\frac{\partial G_p}{\partial D_{n50}} = \frac{R}{D_{n50}} = \frac{6.2 \times 2^{0.2} \times 0.4^{0.18} \times 1.60 \times 2.31 \times 3.0^{0.5}}{2.31} = 16.74$$

$$\frac{\partial G_p}{\partial \Delta} = \frac{R}{\Delta} = \frac{6.2 \times 2^{0.2} \times 0.4^{0.18} \times 1.60 \times 2.31 \times 3.0^{0.5}}{1.60} = 24.12$$

A-A Kesiti'nde $S_d = 2$ ve $\cot \alpha = 1.5$ için $D_{n50} = 2.31$ ve $W_{50} = 32.48$ 'dur. Dolayısıyla;

$$\text{i. } D_{n50(1)} = \sqrt[3]{\frac{(32.48 \times 0.75)}{2.65}} = 2.09 \text{ m}$$

$$\text{ii. } D_{n50} = 2.31$$

$$\text{iii. } D_{n50(2)} = \sqrt[3]{\frac{(32.48 \times 1.25)}{2.65}} = 2.48 \text{ m}$$

$$\bar{X} = \frac{2.09 + 2.31 + 2.48}{3} = 2.29$$

$$\sigma_{D_{n50}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \Rightarrow \sqrt{\frac{(2.09 - 2.29)^2 + (2.31 - 2.29)^2 + (2.48 - 2.29)^2}{3-1}} = 0.195$$

$$\bullet \alpha_{S_d}^2 = 0.40^2 \times 3.86^2 = 2.38$$

$$\alpha_{H_s}^2 = 1.57^2 \times 3.49^2 = 29.99$$

$$\alpha_{D_{n50}}^2 = 0.195^2 \times 16.74^2 = 10.61$$

$$\alpha_{\Delta}^2 = 0.13^2 \times 24.12^2 = 9.83$$

Çizelge 4.15 Ortalama değer yaklaşımı (MVA) değerleri
($S_d = 2$ ve $\cot \alpha = 3.0$ için)

Değişken	Ortalama	Standart Sapma	Kısmi Türev	α_i^2
S_d	2.00	0.40	3.86	2.38
H_s	4.58	1.57	3.49	29.99
D_{n50}	2.31	0.195	16.74	10.61
Δ	1.60	0.13	24.12	9.83

$$\Rightarrow \alpha_{G_{S_d=6}} = \sqrt{\sum_{i=1}^4 \alpha_i^2} = \sqrt{2.38 + 29.99 + 10.61 + 9.83} = 7.27$$

$$\Rightarrow \mu_{G_{S_d=6}} = \mu_R - \mu_S$$

$$\begin{aligned} \mu_{G_6} &= 6.2 \times 2^{0.2} \times 0.4^{0.18} \times 1.60 \times 2.31 \times 3.0^{0.5} - (4.58 + 0) \times \left(\frac{2\pi \times 4.58}{9.81 \times 8.10^2} \right)^{-0.25} \times 2000^{0.1} \\ &= 17.29 \end{aligned}$$

Dolayısıyla, güvenilirlik indeksi;

$$\beta_{S_d=6} = \frac{\mu_{G_{S_d=6}}}{\sigma_{G_{S_d=6}}} = \frac{17.29}{7.27} = 2.38$$

ve hasar olasılıkları Ek 4'ten yararlanarak;

$$1 \text{ yıl tasarım ömrü için; } P_f = \Phi(-2.38) = 0.0087 = \% 0.87$$

10 yıl tasarım ömrü için yapının hasar olasılığı;

$$P[G < 0; 10 \text{ yıl}] = 1 - (1 - [P < 0; 1 \text{ yıl}])^{10} = 1 - (1 - 0.0087)^{10} = 0.0837 = \% 8.37$$

20 yıl tasarım ömrü için yapının hasar olasılığı;

$$P[G < 0; 20 \text{ yıl}] = 1 - (1 - [P < 0; 1 \text{ yıl}])^{20} = 1 - (1 - 0.0087)^{20} = 0.1603 = \% 16.03$$

40 yıl tasarım ömrü için yapının hasar olasılığı;

$$P[G < 0; 40 \text{ yıl}] = 1 - (1 - [P < 0; 1 \text{ yıl}])^{40} = 1 - (1 - 0.0087)^{40} = 0.2950 = \% 29.50$$

50 yıl tasarım ömrü için yapının hasar olasılığı;

$$P[G < 0; 50 \text{ yıl}] = 1 - (1 - [P < 0; 1 \text{ yıl}])^{50} = 1 - (1 - 0.0087)^{50} = 0.3540 = \% 35.40$$

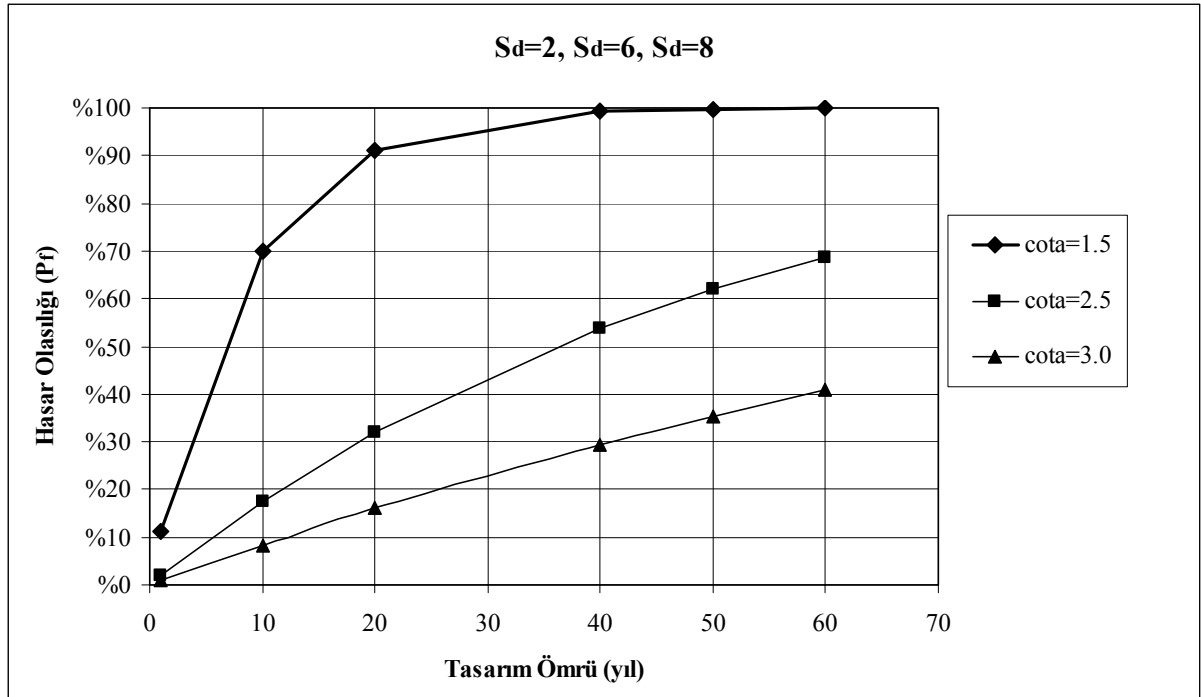
60 yıl tasarım ömrü için yapının hasar olasılığı;

$$P[G < 0; 60 \text{ yıl}] = 1 - (1 - [P < 0; 1 \text{ yıl}])^{60} = 1 - (1 - 0.0087)^{60} = 0.4080 = \% 40.80$$

olarak bulunur.

Çizelge 4.16 A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için 2.Seviye risk analizi sonucunda farklı tasarım ömürlerine karşılık hasar olasılıkları (1.Seviye analiz - % 10 için)

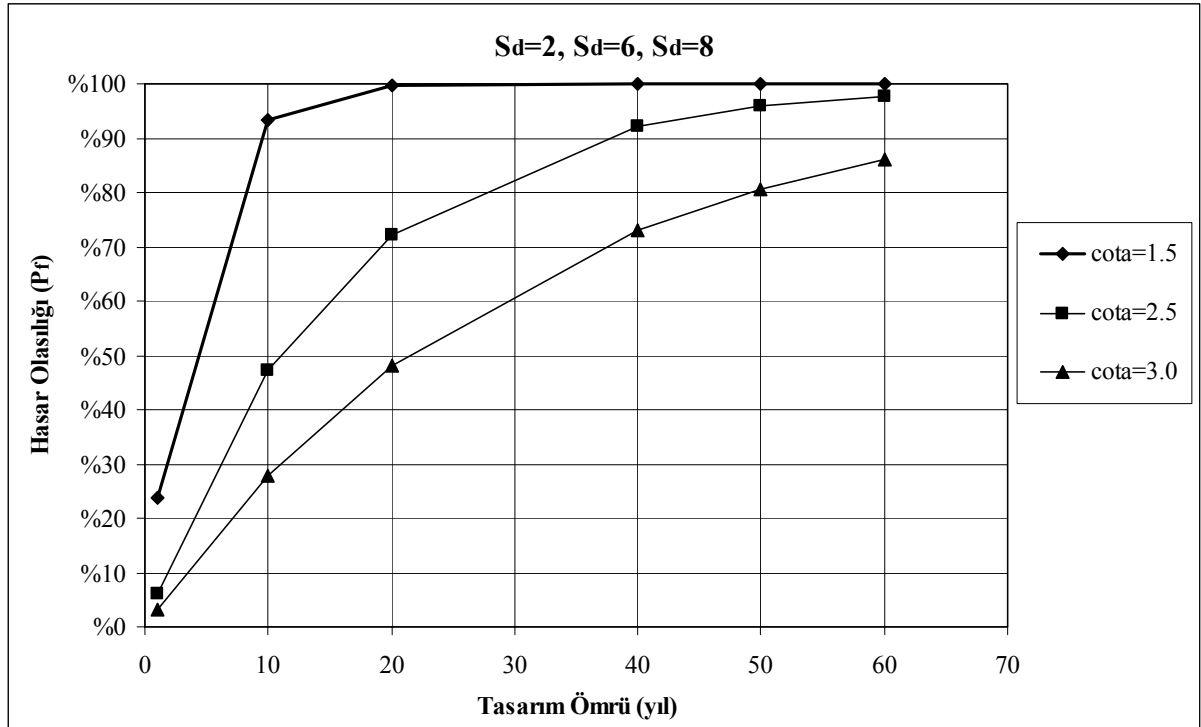
Hasar Olasılıkları (%)						
Tasarım Ömrü L_T , yıl	1	10	20	40	50	60
$S_d = 2$, $S_d = 6$, $S_d = 8$ için						
$\cot \alpha = 1.5$	11.31	69.89	90.93	99.18	99.75	99.93
$\cot \alpha = 2.5$	1.92	17.62	32.14	53.95	62.07	68.75
$\cot \alpha = 3.0$	0.87	8.37	16.03	29.50	35.40	40.80



Şekil 4.25 2.Seviye risk analizi tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 10 için)

Çizelge 4.17 A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için 2.Seviye risk analizi sonucunda farklı tasarım ömürlerine karşılık hasar olasılıkları 1.Seviye analiz - % 20 için)

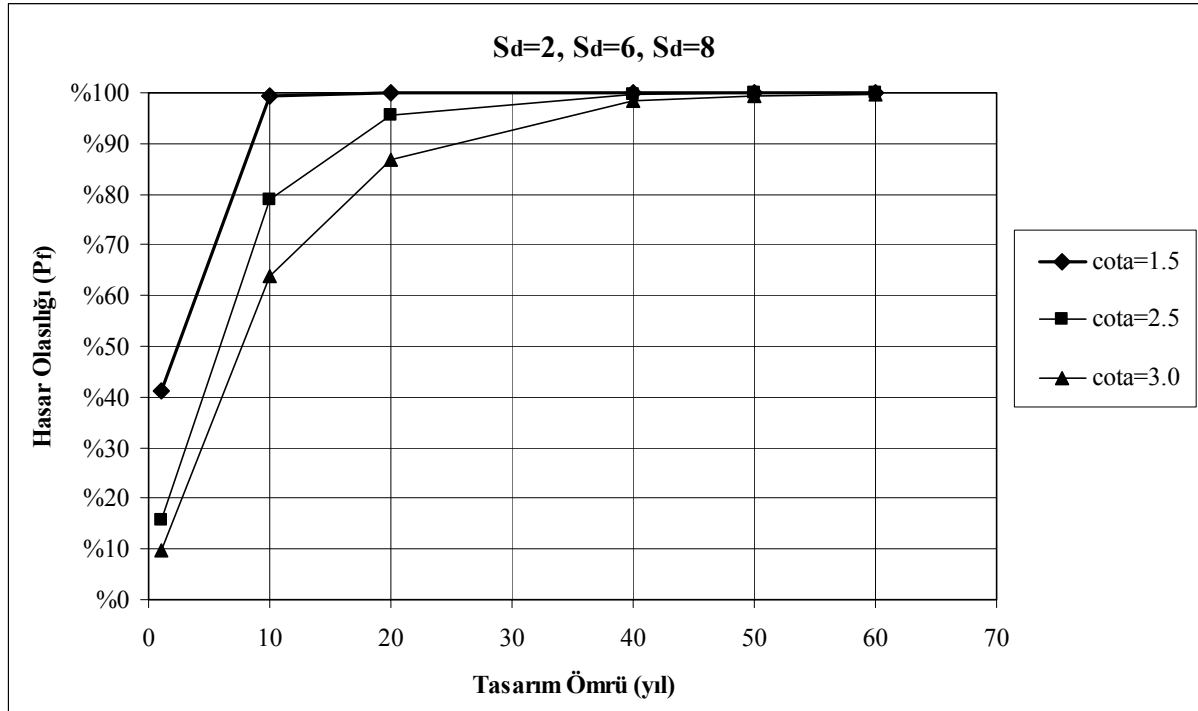
Hasar Olasılıkları (%)						
Tasarım Ömrü L_T , yıl	1	10	20	40	50	60
$S_d = 2$, $S_d = 6$, $S_d = 8$ için						
$\cot \alpha = 1.5$	23.89	93.48	99.57	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	6.18	47.16	72.08	92.20	95.88	97.82
$\cot \alpha = 3.0$	3.22	27.91	48.03	73.00	80.53	85.97



Şekil 4.26 2.Seviye risk analizi tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 40 için)

Çizelge 4.18 A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için 2.Seviye risk analizi sonucunda farklı tasarım ömürlerine karşılık hasar olasılıkları 1.Seviye analiz - % 40 için)

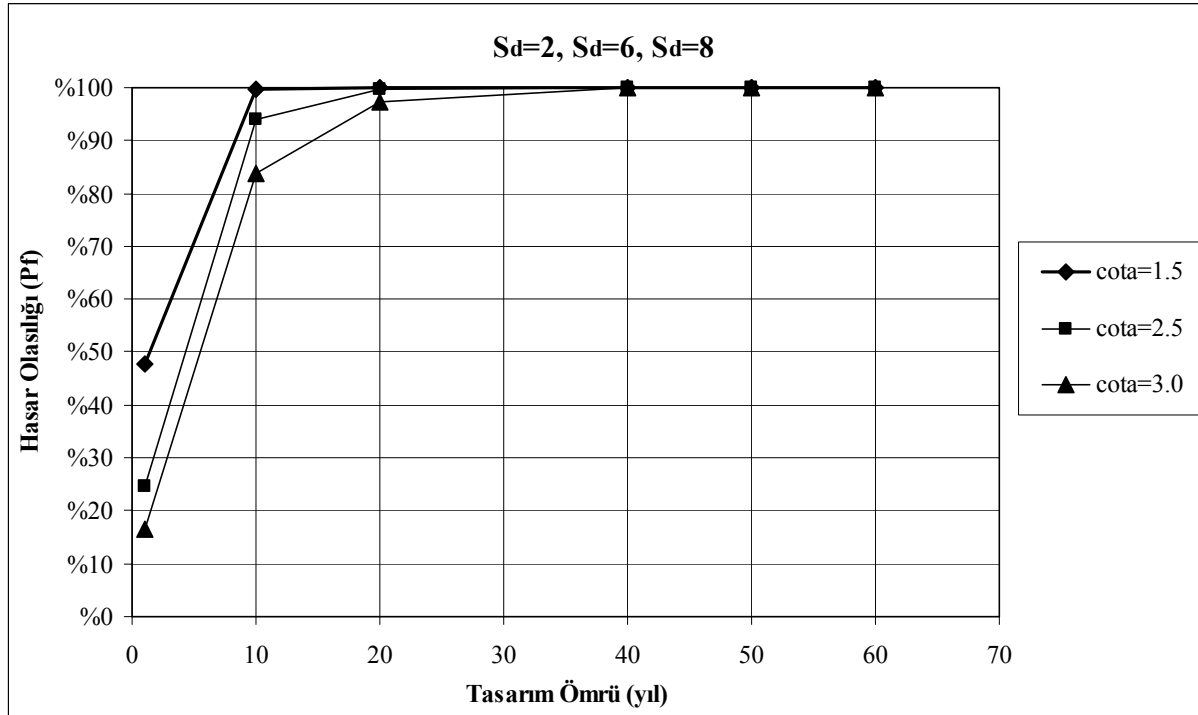
Hasar Olasılıkları (%)						
Tasarım Ömrü L_T , yıl	1	10	20	40	50	60
$S_d = 2$, $S_d = 6$, $S_d = 8$ için						
$\cot \alpha = 1.5$	41.29	99.51	100.00	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	15.87	79.03	95.60	99.81	99.96	99.99
$\cot \alpha = 3.0$	9.68	63.87	86.95	98.30	99.38	99.78



Şekil 4.27 2.Seviye risk analizi tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 40 için)

Çizelge 4.19 A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için 2.Seviye risk analizi sonucunda farklı tasarım ömürlerine karşılık hasar olasılıkları 1.Seviye analiz - % 60 için)

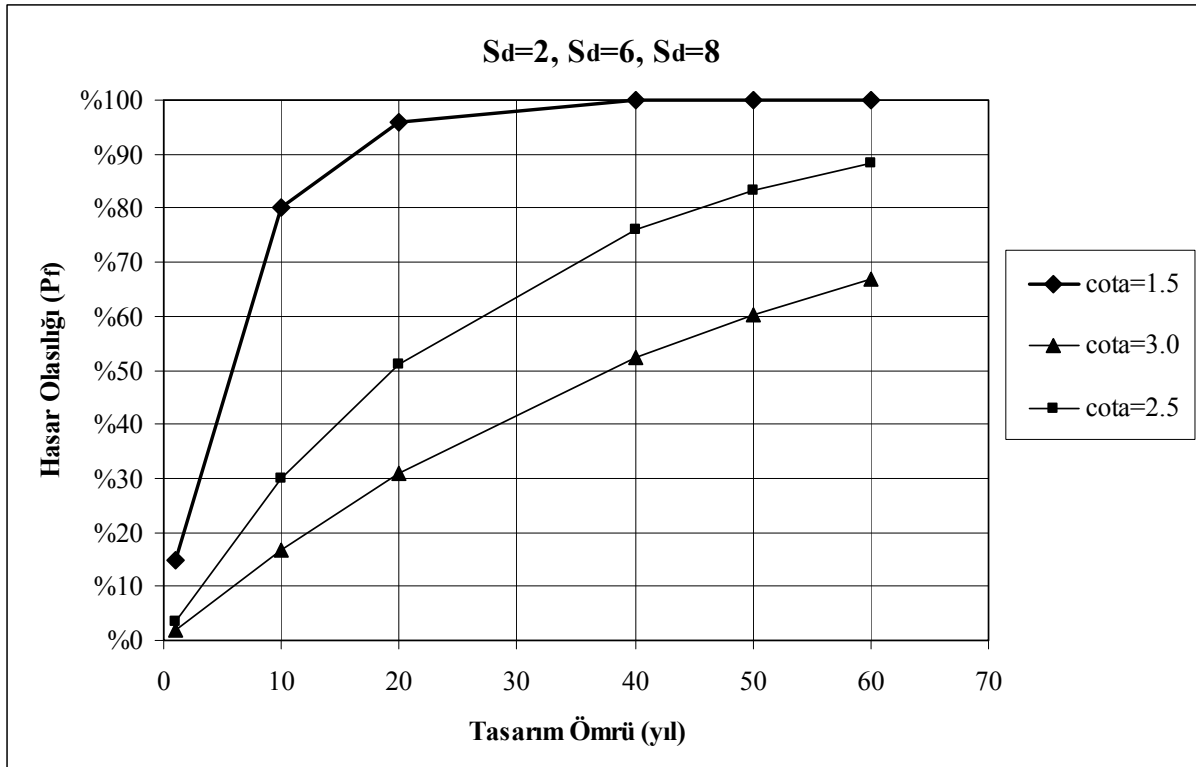
Hasar Olasılıkları (%)						
Tasarım Ömrü L_T , yıl	1	10	20	40	50	60
$S_d = 2$, $S_d = 6$, $S_d = 8$ için						
$\cot \alpha = 1.5$	47.61	99.84	100.00	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	24.51	93.99	99.64	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 3.0$	16.60	83.72	97.35	99.93	99.99	100.00



Şekil 4.28 2.Seviye risk analizi tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 60 için)

Çizelge 4.20 C-C ve L-L kesitleri için 2.Seviye risk analizi sonucunda farklı tasarım ömürlerine karşılık hasar olasılıkları 1.Seviye analiz - % 10 için)

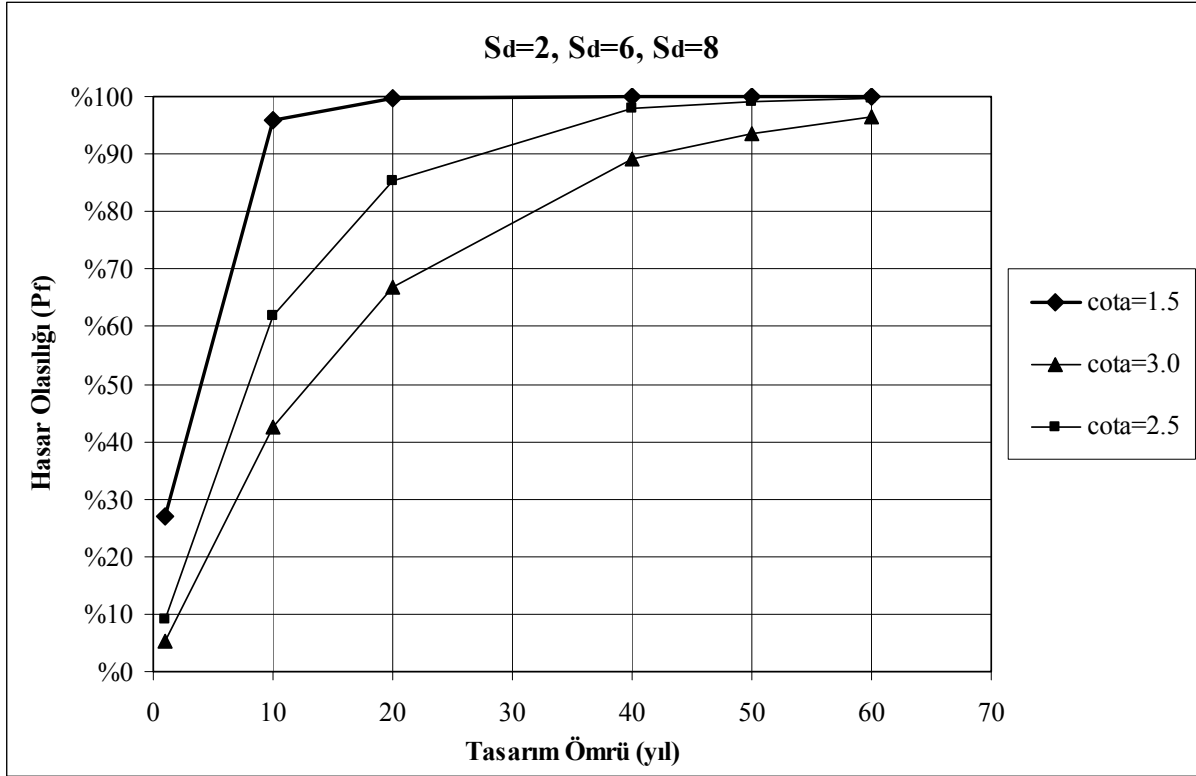
Hasar Olasılıkları (%)						
Tasarım Ömrü L_T , yıl	1	10	20	40	50	60
$S_d = 2$, $S_d = 6$, $S_d = 8$ için						
$\cot \alpha = 1.5$	14.92	80.13	96.05	99.84	99.97	99.99
$\cot \alpha = 2.5$	3.51	30.04	51.06	76.05	83.25	88.28
$\cot \alpha = 3.0$	1.83	16.86	30.88	52.23	60.29	66.98



Şekil 4.29 2.Seviye risk analizi tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 10 için)

Çizelge 4.21 C-C ve L-L kesitleri için 2.Seviye risk analizi sonucunda farklı tasarım ömürlerine karşılık hasar olasılıkları 1.Seviye analiz - % 20 için)

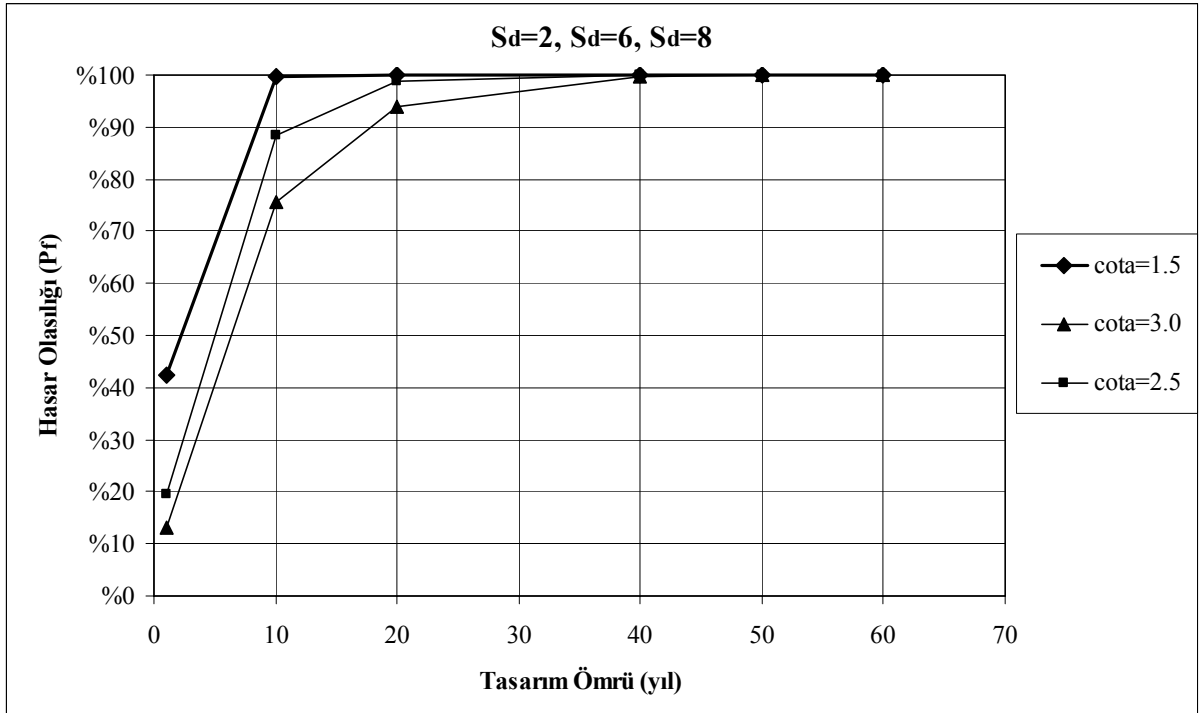
Hasar Olasılıkları (%)						
Tasarım Ömrü L_T , yıl	1	10	20	40	50	60
$S_d = 2$, $S_d = 6$, $S_d = 8$ için						
$\cot \alpha = 1.5$	27.09	95.76	99.82	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	9.18	61.82	85.42	97.88	99.19	99.69
$\cot \alpha = 3.0$	5.37	42.42	66.84	89.01	93.67	96.35



Şekil 4.30 2.Seviye risk analizi tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 20 için)

Çizelge 4.22 C-C ve L-L kesitleri için 2.Seviye risk analizi sonucunda farklı tasarım ömürlerine karşılık hasar olasılıkları 1.Seviye analiz - % 40 için)

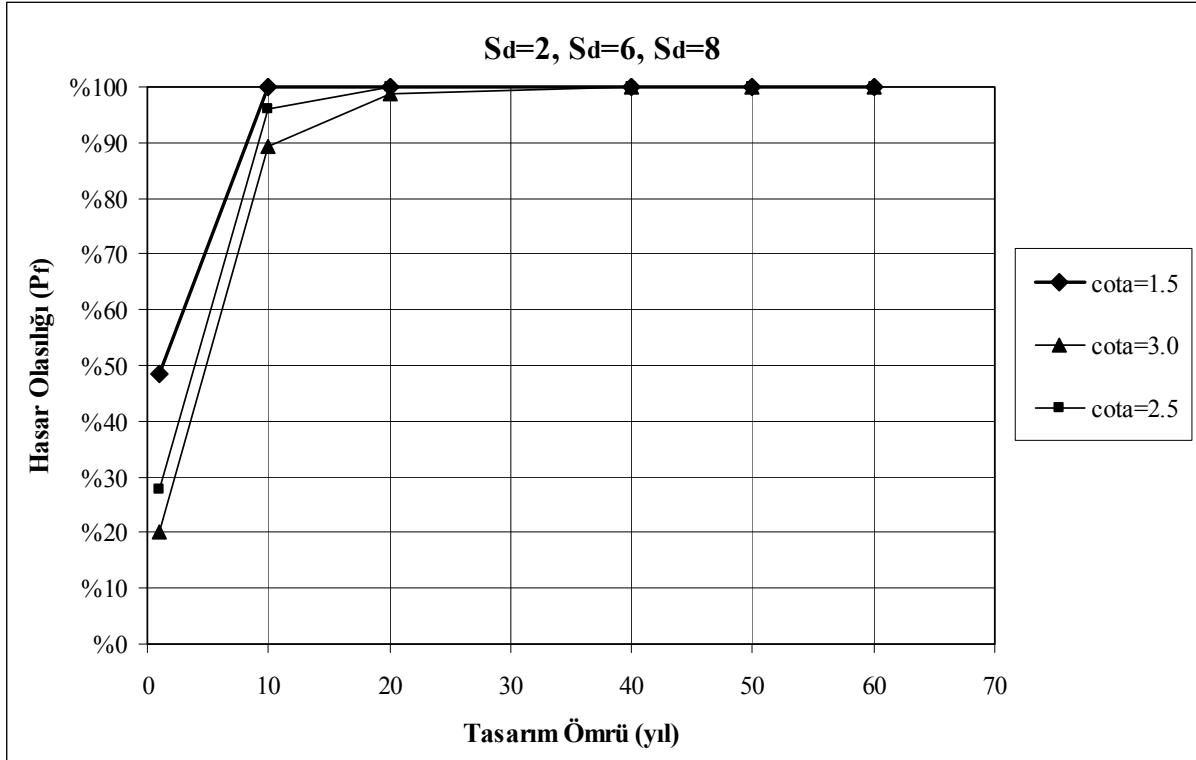
Hasar Olasılıkları (%)						
Tasarım Ömrü L_T , yıl	1	10	20	40	50	60
$S_d = 2$, $S_d = 6$, $S_d = 8$ için						
$\cot \alpha = 1.5$	42.47	99.60	100.00	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	19.49	88.56	98.69	99.98	100.00	100.00
$\cot \alpha = 3.0$	13.14	75.55	94.02	99.64	99.91	99.98



Şekil 4.31 2.Seviye risk analizi tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 40 için)

Çizelge 4.23 C-C ve L-L kesitleri için 2.Seviye risk analizi sonucunda farklı tasarım ömürlerine karşılık hasar olasılıkları 1.Seviye analiz - % 60 için)

Hasar Olasılıkları (%)						
Tasarım Ömrü L_T , yıl	1	10	20	40	50	60
$S_d = 2$, $S_d = 6$, $S_d = 8$ için						
$\cot \alpha = 1.5$	48.40	99.87	100.00	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	27.76	96.13	99.85	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 3.0$	20.05	89.33	98.86	99.99	100.00	100.00

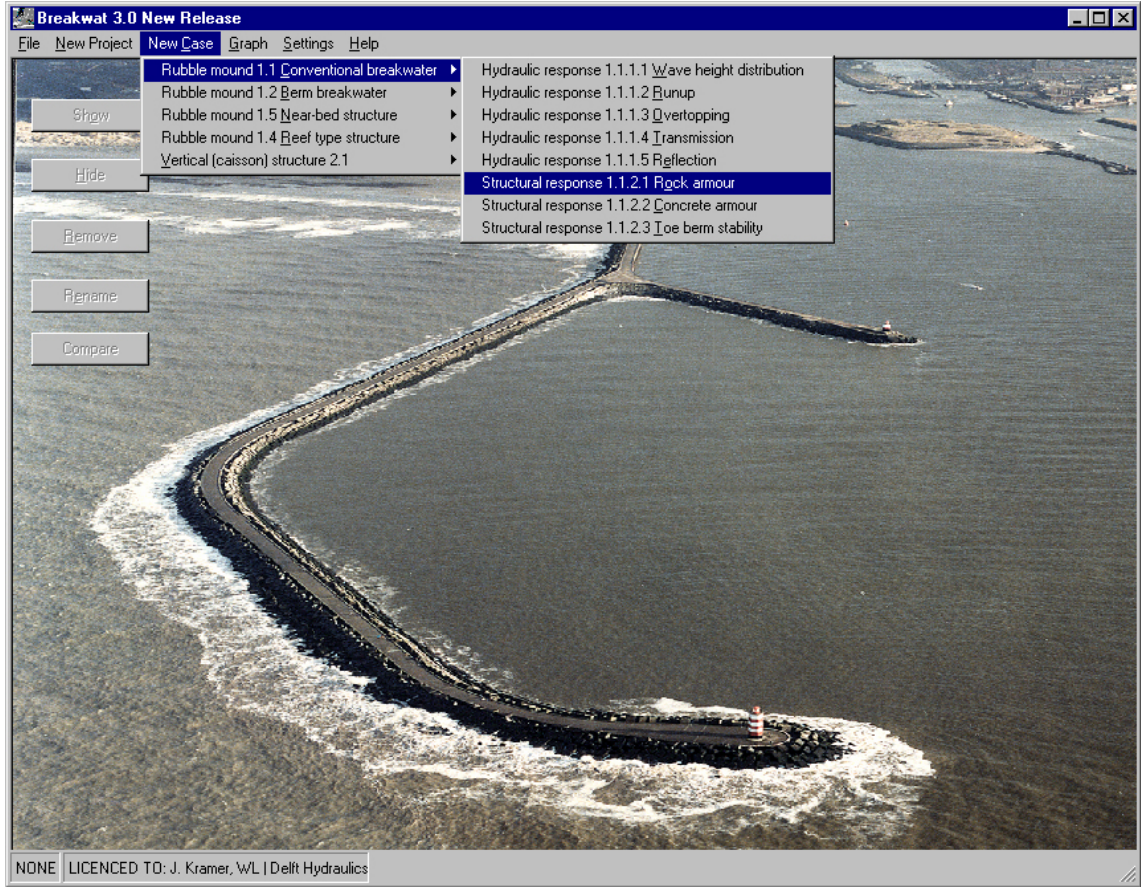


Şekil 4.32 2.Seviye risk analizi tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 60 için)

4.4 BREAKWAT 3.0 Uygulaması

BREAKWAT 3.0, dalgakıran yapılarının tasarımında hız ve kolaylık sağlayan bir bilgisayar programıdır. Program bir çok tasarım formülü için, gerçek davranışların tasarım sırasında planlanandan farklı olabileceğini de hesaba katarak belirli güvenilirlik aralıklarında çalışmaktadır. Tasarım formüllerinin belirlendiği koşulların doğa koşullarına her zaman uyum gösterememesi olasılığından dolayı, daha detaylı tasarımlar için model çalışmaları yapılmalıdır. BREAKWAT 3.0 programı, pek çok taş dolgu ve diğer tip dalgakıranların tasarımında kullanılmış olan ve 1993'te çıkan BREAKWAT 2.02 sürümünün bir üst versiyonudur. Programın yapımında çoğunlukla 1980'lerde yapılan dalga aşması, geçirimi ve yapısal stabilite çalışmaları temel alınmıştır. Geçen on yıl içinde veri girdi/çıktısı ve grafik gösterim gibi teknik konularda bir çok yenilik olmuştur. Bu gelişmeler BREAKWAT 3.0 programında özellikle aşağıdaki konularda gelişmelere sebep olmuştur.

- Windows (95/98/NT/XP) tabanlı sistemlerle uyumluluk
- Verilerin girdi ve çıktıların dosyalara yazdırılabilir olması
- Aynı anda birden fazla senaryonun hesaplanabilmesi(hassasiyet analizi)
- Şevli yapılarda dalga aşması, geçirimi ve tırmanması için yeni formüller
- Taş kaplama yapıların hasar olasılığı hesabı
- Taş dolgu dalgakıranlar için Hudson ifadesi ile karşılaştırma
- Basamaklı dalgakıranlarda arka şev stabilitesinin hesabı
- Keson dalgakıranlarda stabilite, dalga iletimi ve aşması için hesap imkanı



Şekil 4.33 BREAKWAT 3.0 başlangıç ekranı*

- ✓ Örnek olması açısından 1.Seviye risk analizinde % 10'a karşılık gelen taş çaplarına ait $S_d = 2$ ve $\cot \alpha = 1.5$ için bulunmuş hasar olasılıklarının hesabı için programa girilmiş olan veriler Çizelge 4.24'te gösterilmiştir.
- ✓ Standart sapması bilinmeyen veriler programa girilmemiştir.
- ✓ Dalga dikliği parametresinin standart sapma değeri bilinmediğinden dolayı 0 olarak girildiğinde, programın "0'a bölme hatası" vermesi sebebiyle yeterince küçük 0.001 değerinin standart sapma değeri olarak seçilmesi uygun görülmüştür.
- ✓ Programda $H_{\%2}/H_s$ parametresi, $1.1 < H_{\%2}/H_s < 1.4$ (BREAKWAT, 2004) aralığında tanımlanmış olmasından dolayı 1.1 olarak seçilmiştir.

*<http://www.wldelft.nl/rnd/intro/topic/breakwat30/>

Çizelge 4.24 BREAKWAT 3.0 programı için girdi örneği (1.Seviye risk analizi-% 10 hasar olasılığına karşılık gelen taş ağırlığı için)

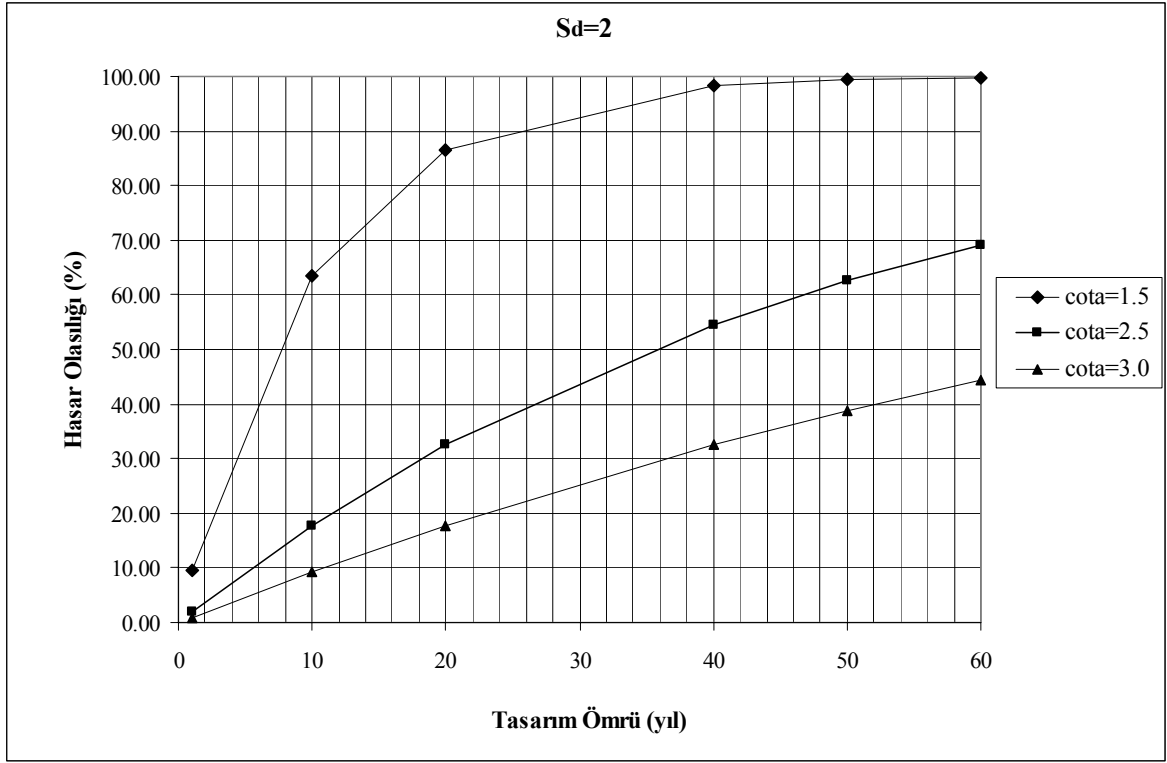
Parametre	Ortalama değer	Standart sapma
S_d	2	0.4
$\cot \alpha$	1.5 (Çizelge 4.6)	-
$H_{\%2}/H_s$	1.1	-
D_{n50}	2.47 (Çizelge 4.6)	0.209
Δ	1.6	0.13
P	0.4	-
H_s	$\beta = 1.57$	$\gamma = 4.58, \varepsilon = 1.3$
FH_s	0	0.25
N	2000	-
S_{om}	0.447	0.0001

A-A, B-B, C-C, L-L, R-R ve S-S kesitleri için;

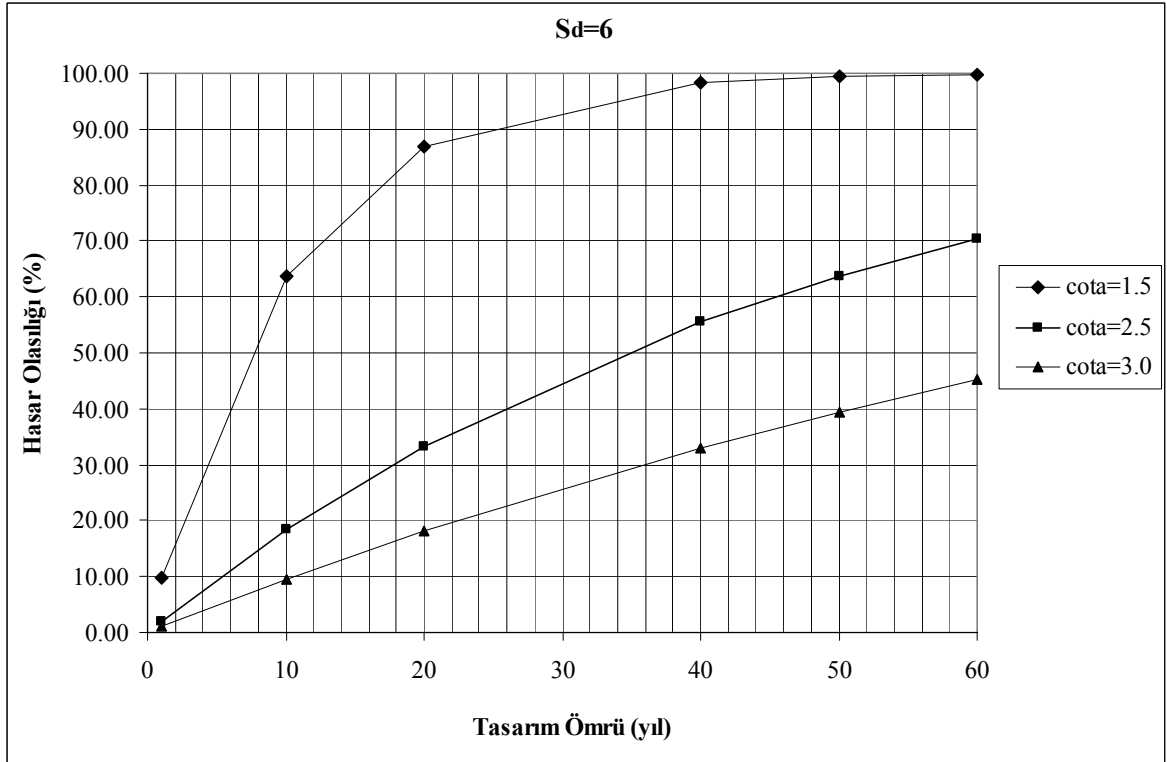
1.Seviye analizde % 10, % 20, % 40 ve % 60 hasar olasılıklarına karşılık gelen taş ağırlıkları kullanılarak BREAKWAT 3.0 programı ile farklı tasarım ömürlerine karşılık hasar olasılıkları bulunmuştur. Sonuçlar farklı şevler için, Çizelge 4.25 - 4.32'de ve grafik olarak Şekil 4.34 - 4.57'de tasarım ömürlerine karşılık hasar olasılığı olmak üzere verilmiştir.

Çizelge 4.25 A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için % 10 hasar olasılığına karşılık gelen taş ağırlıklarına bağlı BREAKWAT uygulaması

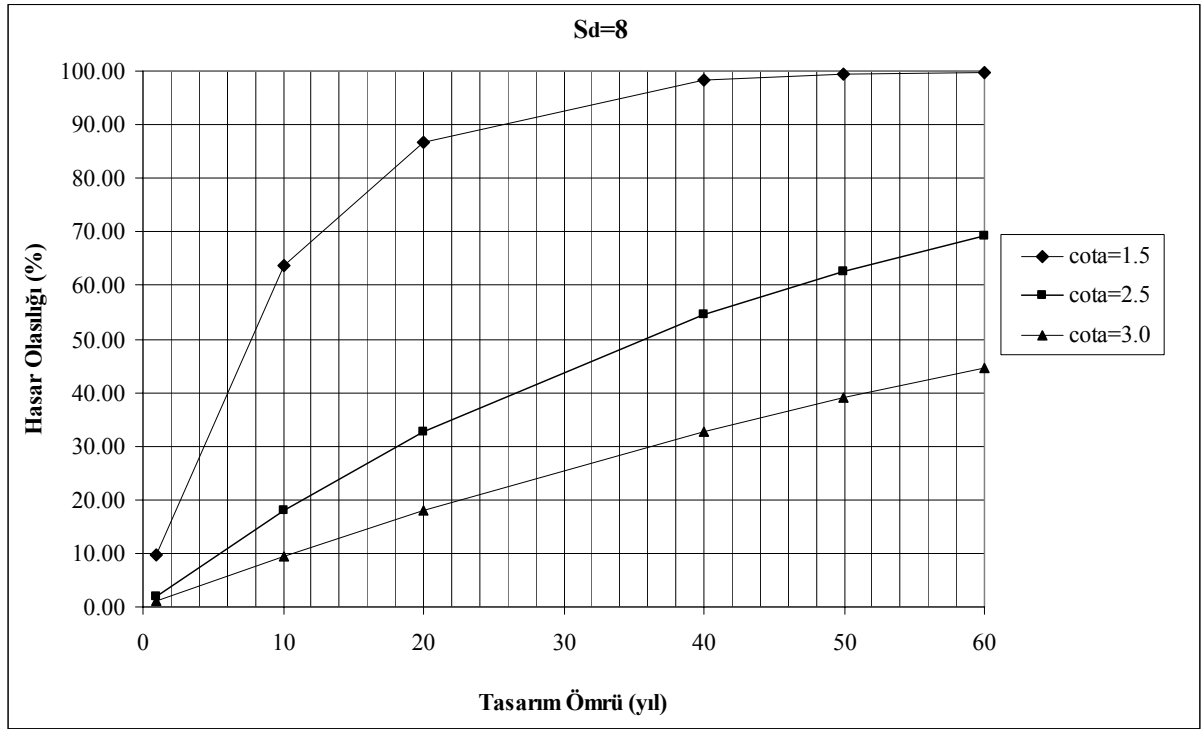
Tasarım Ömrü L_T , (yıl)	1	10	20	40	50	60
	Hasar Olasılıkları (%)					
$S_d = 2$						
$\cot \alpha = 1.5$	9.57	63.43	86.63	98.21	99.35	99.76
$\cot \alpha = 2.5$	1.94	17.82	32.46	54.39	62.51	69.19
$\cot \alpha = 3.0$	0.98	9.35	17.82	32.46	38.78	44.50
$S_d = 6$						
$\cot \alpha = 1.5$	9.65	63.76	86.86	98.27	99.37	99.77
$\cot \alpha = 2.5$	2.01	18.35	33.34	55.56	63.71	70.37
$\cot \alpha = 3.0$	1.00	9.55	18.18	33.06	39.45	45.23
$S_d = 8$						
$\cot \alpha = 1.5$	9.63	63.68	86.81	98.26	99.37	99.77
$\cot \alpha = 2.5$	1.95	17.90	32.59	54.56	62.70	69.37
$\cot \alpha = 3.0$	0.98	9.39	17.90	32.59	38.92	44.66



Şekil 4.34 $S_d = 2$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 10)



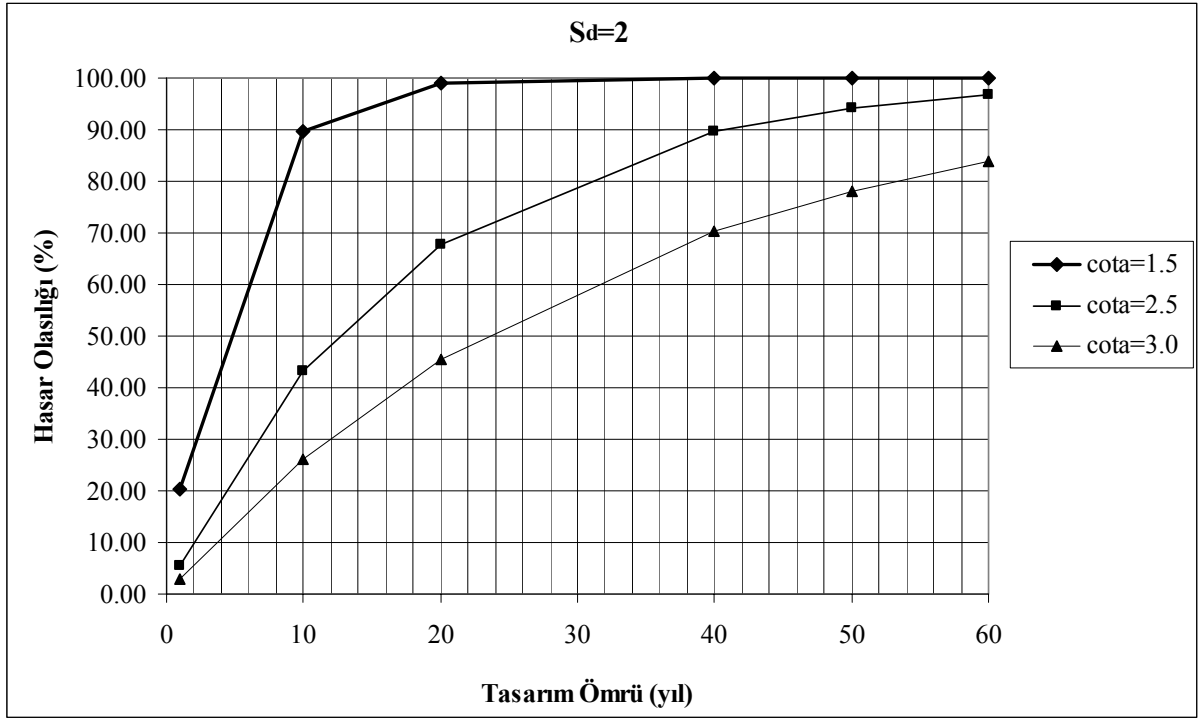
Şekil 4.35 $S_d = 6$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 10)



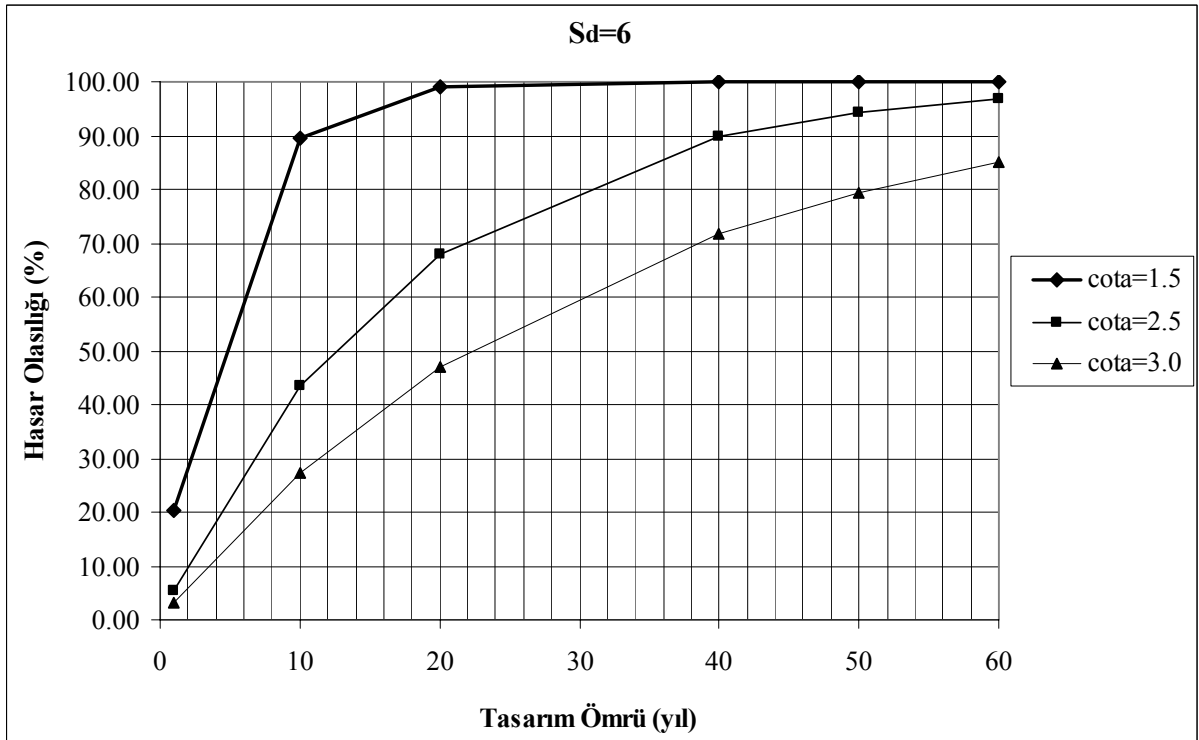
Şekil 4.36 $S_d = 8$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 10)

Çizelge 4.26 A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için % 20 hasar olasılığına karşılık gelen taş ağırlıklarına bağlı BREAKWAT uygulaması

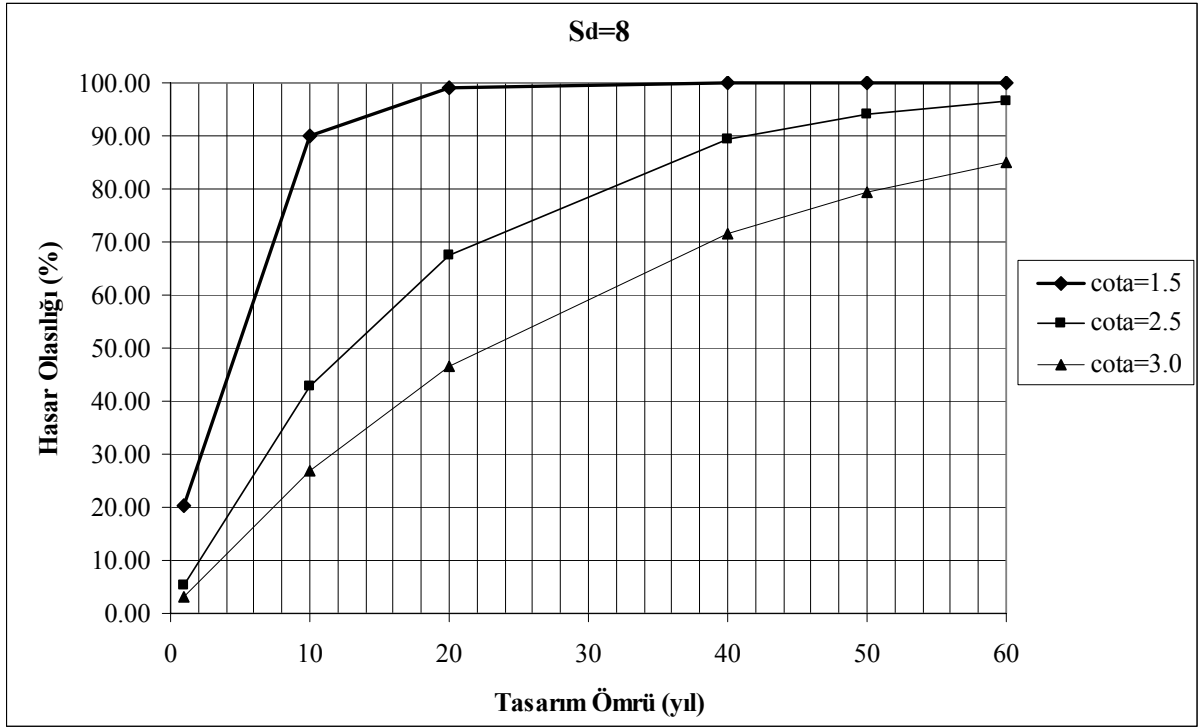
Tasarım Ömrü L_T , (yıl)	1	10	20	40	50	60
	Hasar Olasılıkları (%)					
$S_d = 2$						
$\cot \alpha = 1.5$	20.30	89.66	98.93	99.99	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	5.49	43.13	67.66	89.54	94.05	96.62
$\cot \alpha = 3.0$	3.00	26.23	45.57	70.38	78.15	83.88
$S_d = 6$						
$\cot \alpha = 1.5$	20.31	89.67	98.93	99.99	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	5.54	43.43	68.00	89.76	94.21	96.72
$\cot \alpha = 3.0$	3.12	27.16	46.94	71.85	79.49	85.06
$S_d = 8$						
$\cot \alpha = 1.5$	20.46	89.86	98.97	99.99	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	5.46	42.96	67.46	89.41	93.96	96.55
$\cot \alpha = 3.0$	3.10	26.99	46.69	71.58	79.25	84.85



Şekil 4.37 $S_d = 2$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 20)



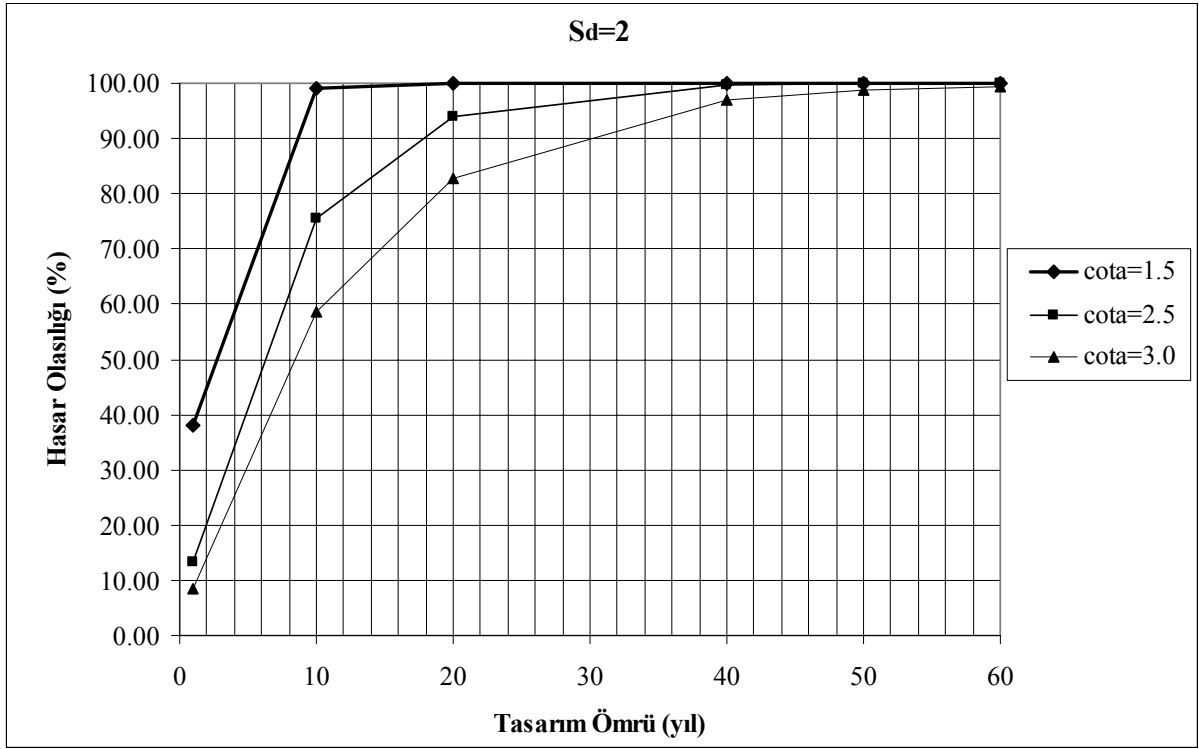
Şekil 4.38 $S_d = 6$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 20)



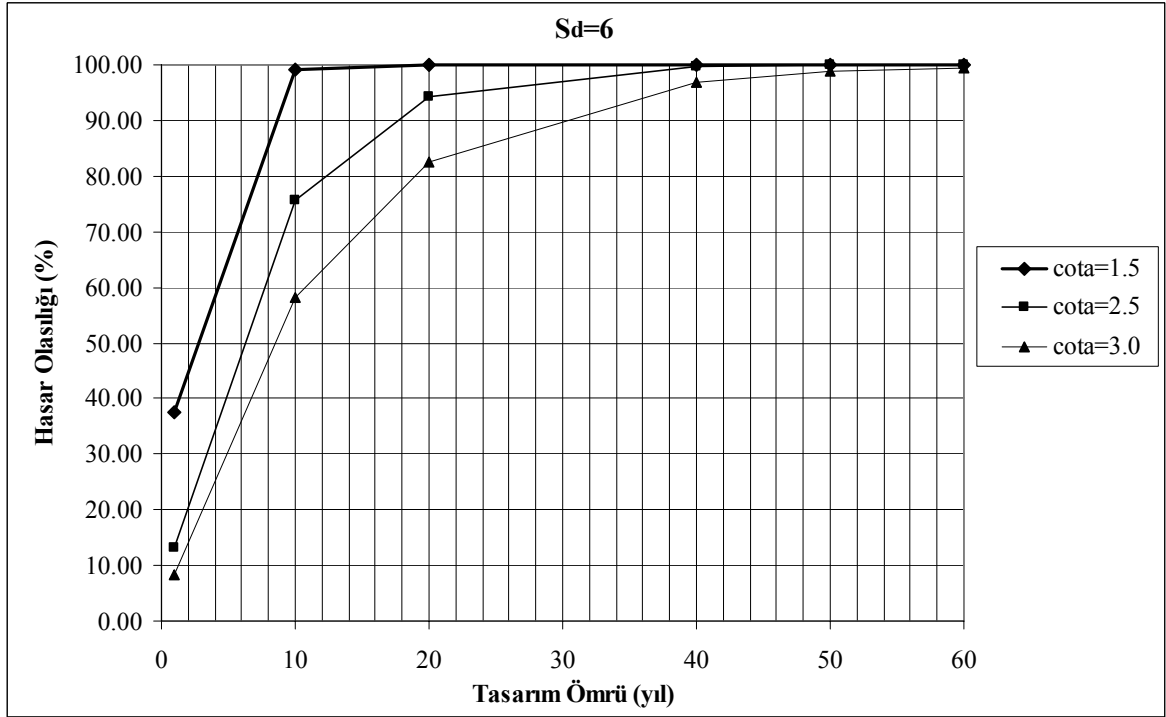
Şekil 4.39 $S_d = 8$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 20)

Çizelge 4.27 A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için % 40 hasar olasılığına karşılık gelen taş ağırlıklarına bağlı BREAKWAT uygulaması

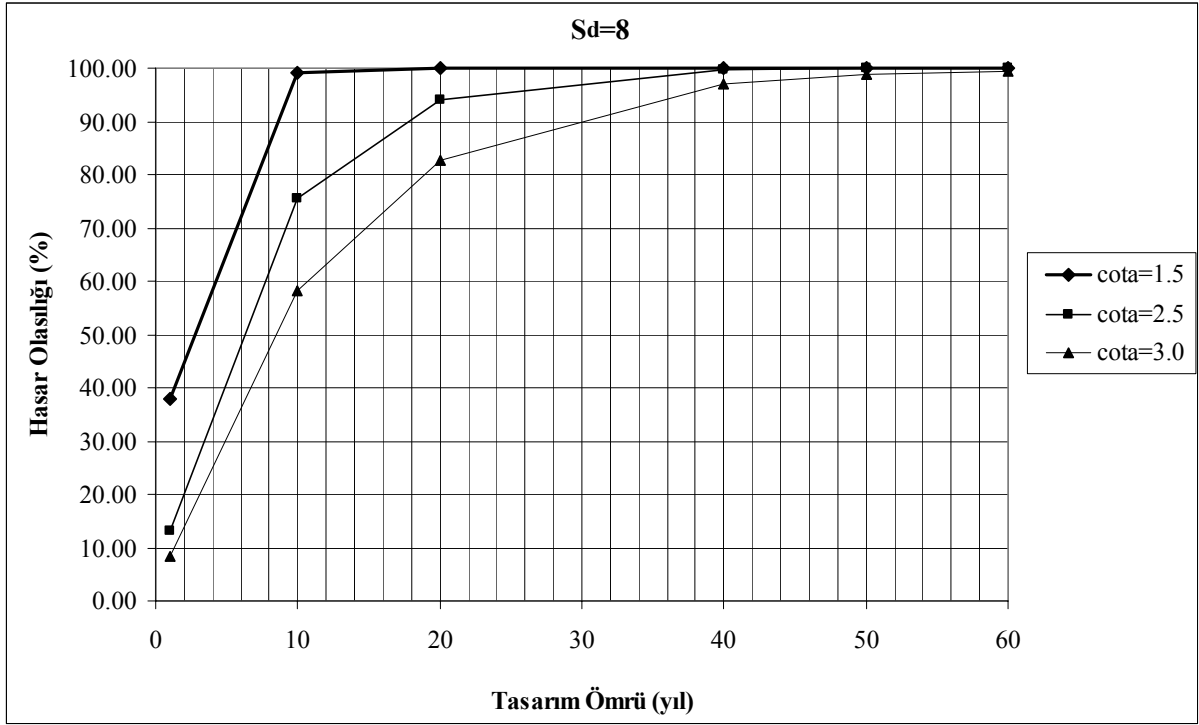
Tasarım Ömrü L_T , (yıl)	1	10	20	40	50	60
	Hasar Olasılıkları (%)					
$S_d = 2$						
$\cot \alpha = 1.5$	38.19	99.19	99.99	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	13.16	75.60	94.05	99.65	99.91	99.98
$\cot \alpha = 3.0$	8.43	58.53	82.80	97.04	98.77	99.49
$S_d = 6$						
$\cot \alpha = 1.5$	37.50	99.09	99.99	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	13.22	75.77	94.13	99.66	99.92	99.98
$\cot \alpha = 3.0$	8.37	58.30	82.61	96.98	98.74	99.47
$S_d = 8$						
$\cot \alpha = 1.5$	37.92	99.15	99.99	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	13.12	75.49	93.99	99.64	99.91	99.98
$\cot \alpha = 3.0$	8.37	58.29	82.60	96.97	98.74	99.47



Şekil 4.40 $S_d = 2$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 40)



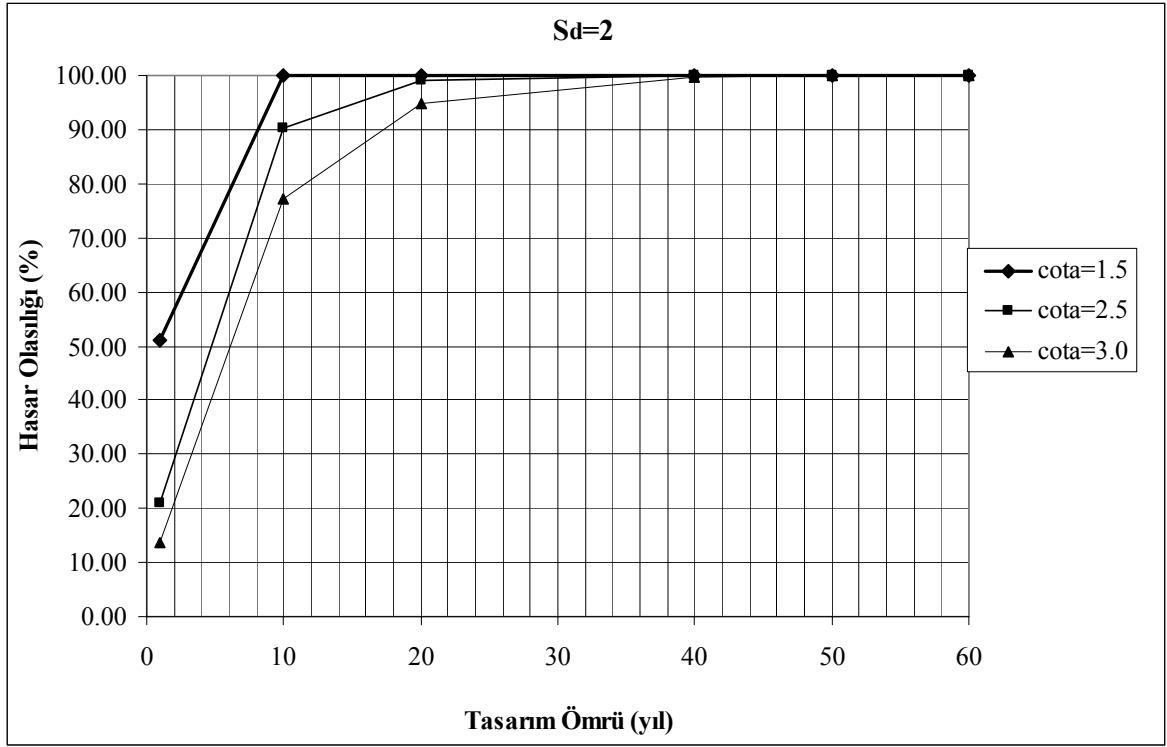
Şekil 4.41 $S_d = 6$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 40)



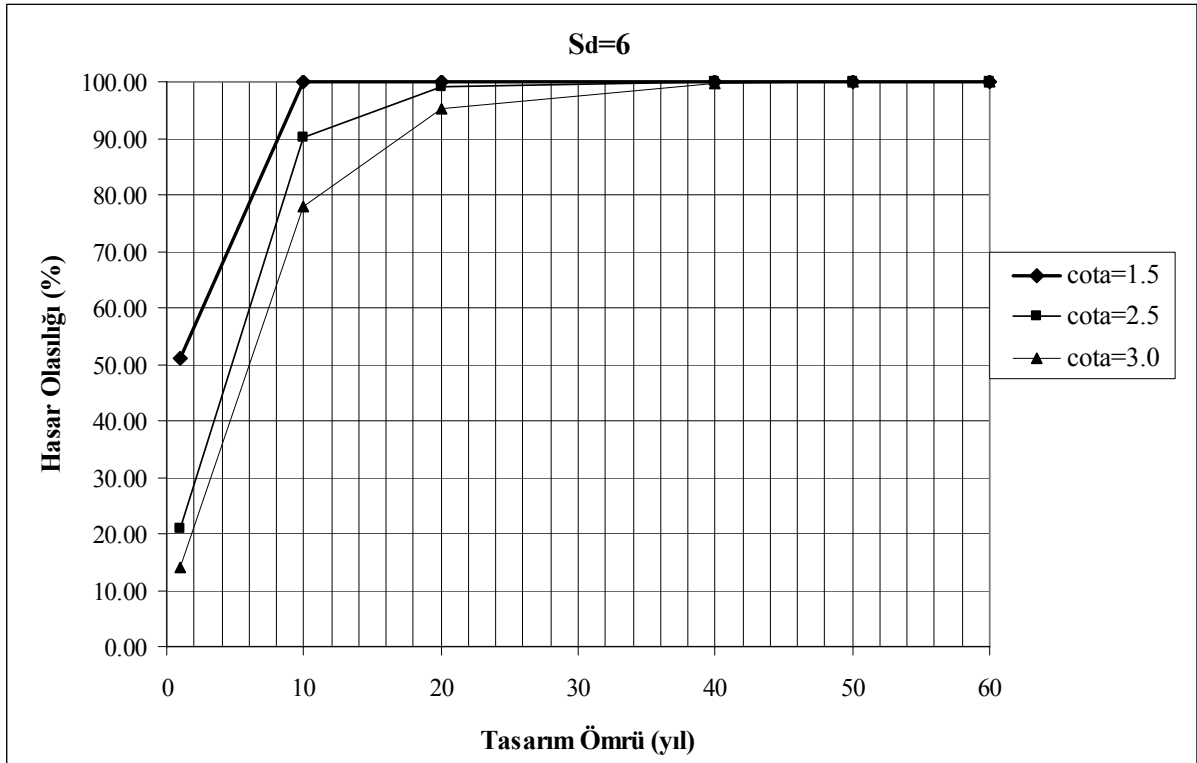
Şekil 4.42 $S_d = 8$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi
(A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 40)

Çizelge 4.28 A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için % 60 hasar olasılığına karşılık gelen taş ağırlıklarına bağlı BREAKWAT uygulaması

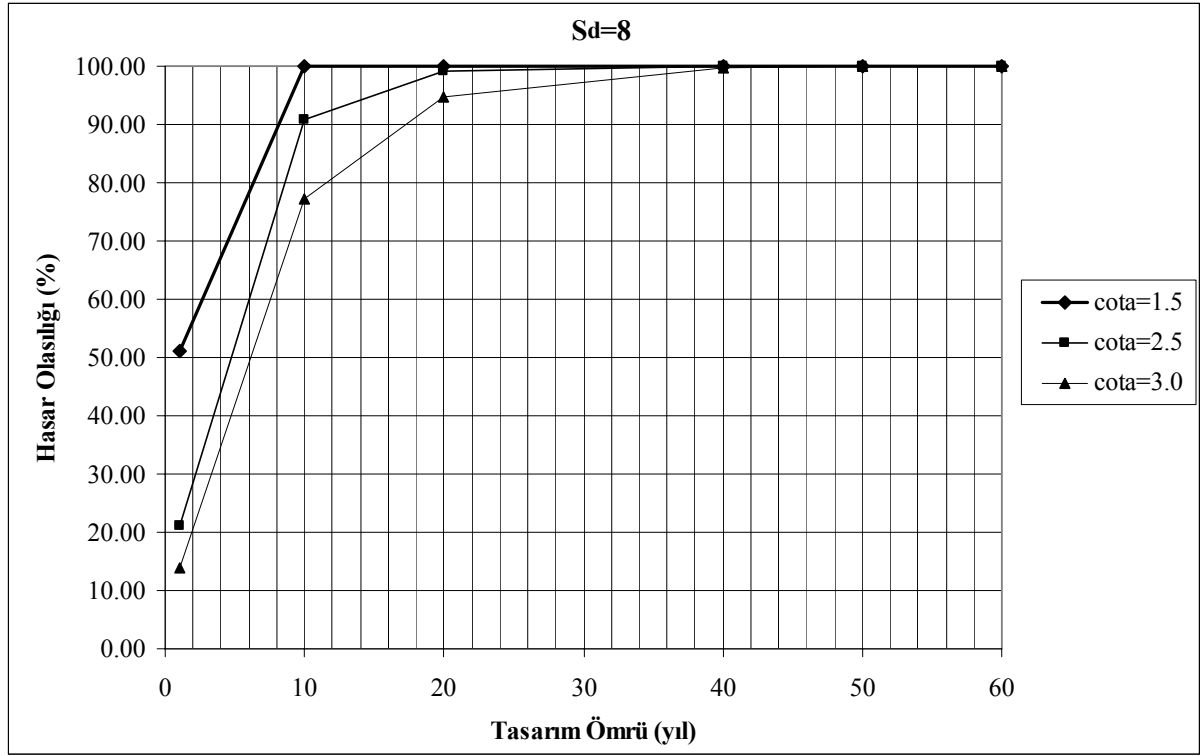
Tasarım Ömrü L_T , (yıl)	1	10	20	40	50	60
	Hasar Olasılıkları (%)					
$S_d = 2$						
$\cot \alpha = 1.5$	50.98	99.92	100.00	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	20.87	90.38	99.07	99.99	100.00	100.00
$\cot \alpha = 3.0$	13.73	77.17	94.79	99.73	99.94	99.99
$S_d = 6$						
$\cot \alpha = 1.5$	51.08	99.92	100.00	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	20.76	90.24	99.05	99.99	100.00	100.00
$\cot \alpha = 3.0$	14.04	77.97	95.14	99.76	99.95	99.99
$S_d = 8$						
$\cot \alpha = 1.5$	51.16	99.92	100.00	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	21.15	90.71	99.14	99.99	100.00	100.00
$\cot \alpha = 3.0$	13.75	77.23	94.81	99.73	99.94	99.99



Şekil 4.43 $S_d = 2$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 60)



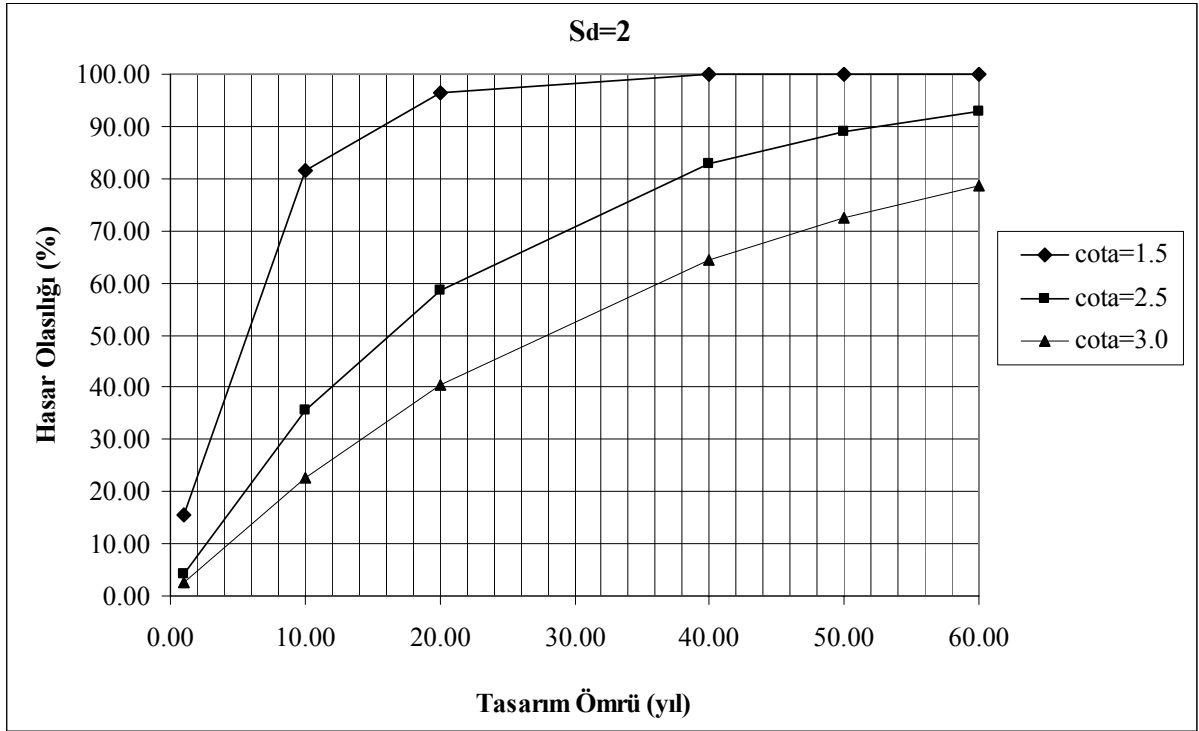
Şekil 4.44 $S_d = 6$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 60)



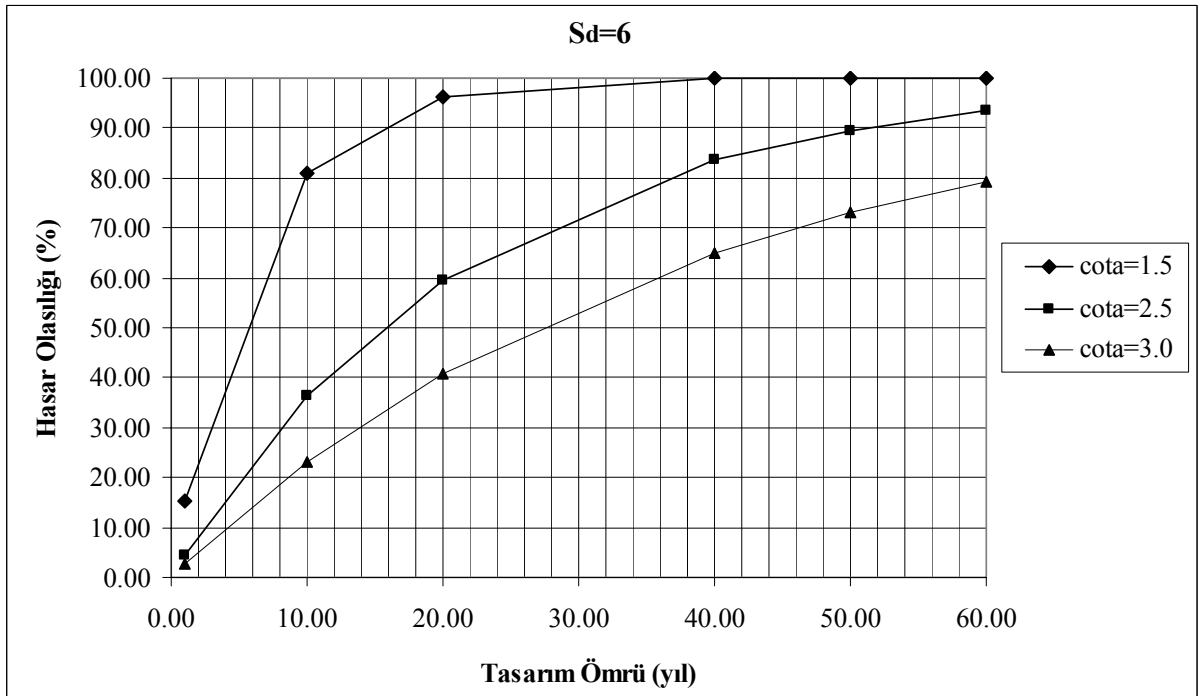
Şekil 4.45 $S_d = 8$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi
(A-A, B-B, R-R, S-S kesitleri) (% 60)

Çizelge 4.29 C-C ve L-L kesitleri için % 10 hasar olasılığına karşılık gelen taş ağırlıklarına bağlı BREAKWAT uygulaması

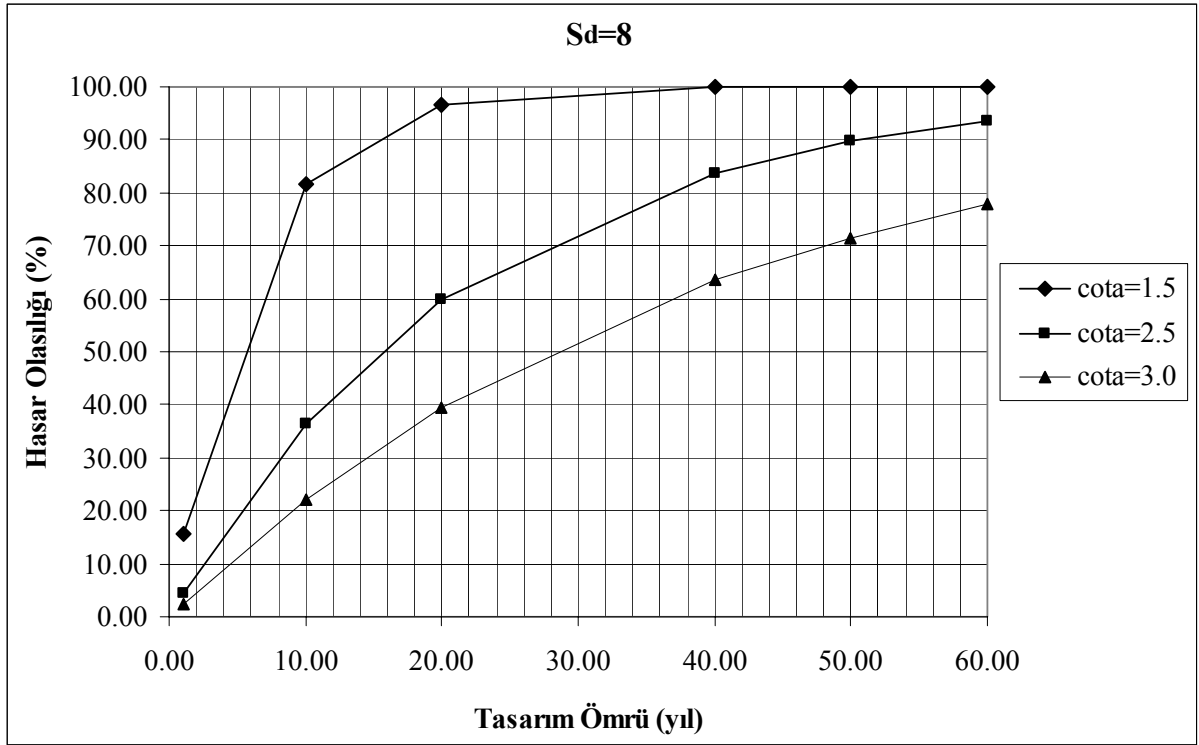
Tasarım Ömrü L_T , (yıl)	1	10	20	40	50	60
	Hasar Olasılıkları (%)					
$S_d = 2$						
$\cot \alpha = 1.5$	15.50	81.44	96.55	99.88	99.98	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	4.32	35.73	58.70	82.94	89.04	92.95
$\cot \alpha = 3.0$	2.55	22.75	40.33	64.39	72.49	78.75
$S_d = 6$						
$\cot \alpha = 1.5$	15.28	80.94	96.37	99.87	99.97	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	4.43	36.43	59.59	83.67	89.62	93.40
$\cot \alpha = 3.0$	2.59	23.09	40.85	65.02	73.10	79.31
$S_d = 8$						
$\cot \alpha = 1.5$	15.58	81.62	96.62	99.89	99.98	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	4.45	36.55	59.74	83.79	89.71	93.47
$\cot \alpha = 3.0$	2.49	22.25	39.56	63.47	71.60	77.92



Şekil 4.46 $S_d = 2$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 10)



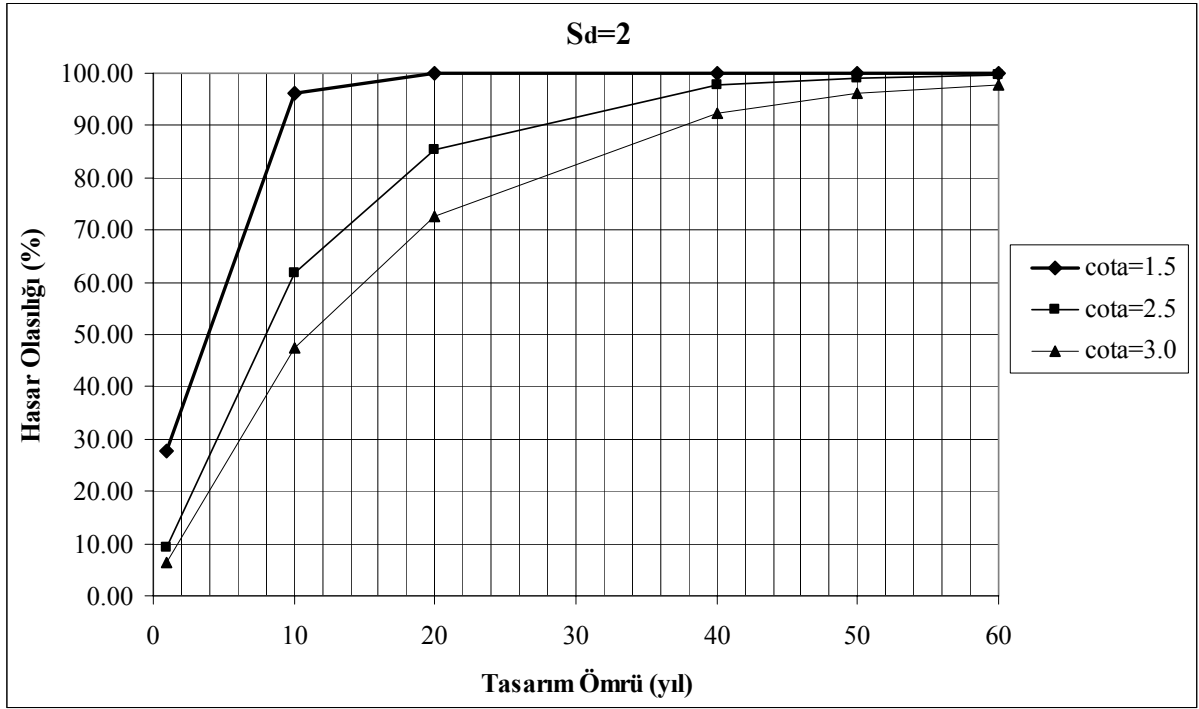
Şekil 4.47 $S_d = 6$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 10)



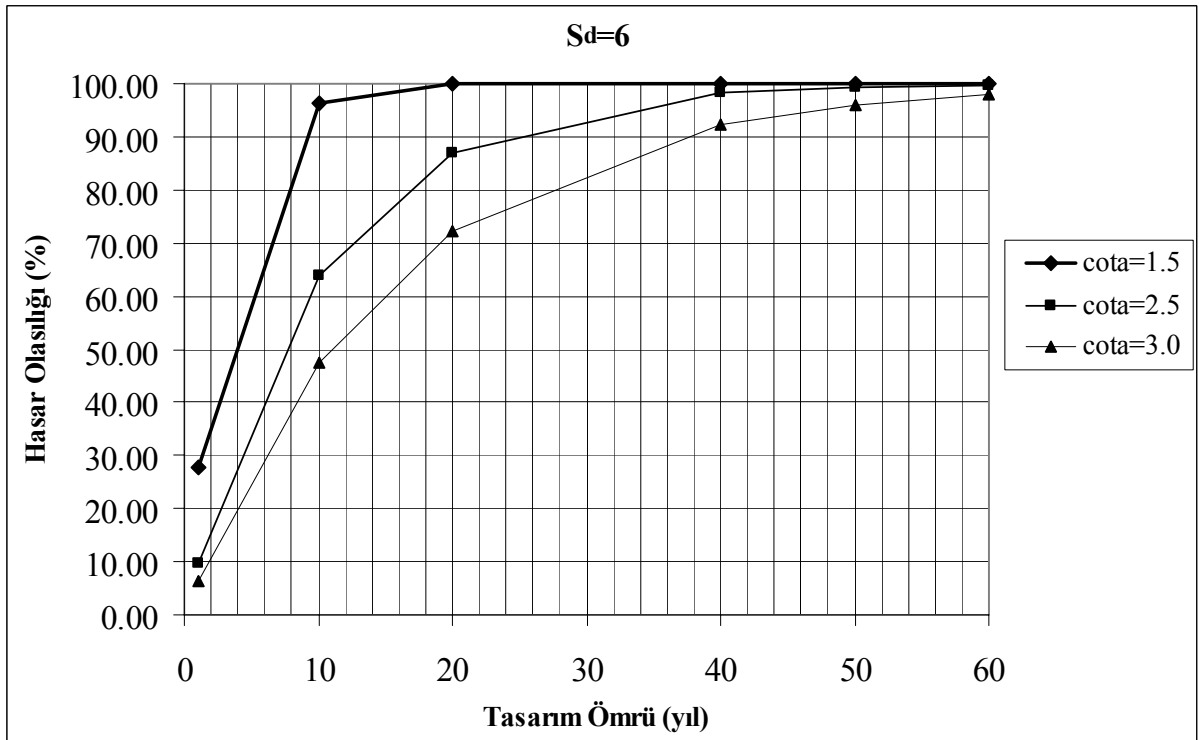
Şekil 4.48 $S_d = 8$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 10)

Çizelge 4.30 C-C ve L-L kesitleri için % 20 hasar olasılığına karşılık gelen taş ağırlıklarına bağlı BREAKWAT uygulaması

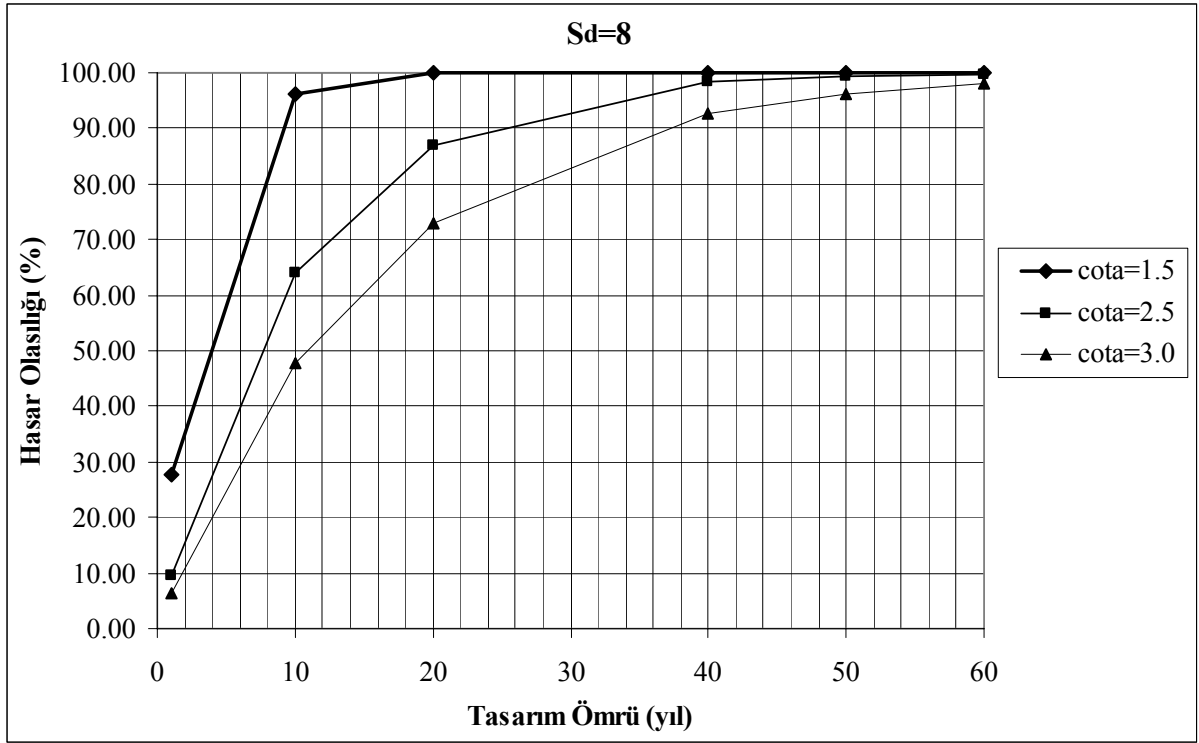
Tasarım Ömrü L_T , (yıl)	1	10	20	40	50	60
	Hasar Olasılıkları (%)					
$S_d = 2$						
$\cot \alpha = 1.5$	27.67	96.08	99.85	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	9.17	61.78	85.39	97.87	99.18	99.69
$\cot \alpha = 3.0$	6.26	47.60	72.54	92.46	96.05	97.93
$S_d = 6$						
$\cot \alpha = 1.5$	27.93	96.22	99.86	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	9.66	63.80	86.90	98.28	99.38	99.78
$\cot \alpha = 3.0$	6.22	47.36	72.29	92.32	95.96	97.87
$S_d = 8$						
$\cot \alpha = 1.5$	27.64	96.07	99.85	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	9.68	63.89	86.96	98.30	99.39	99.78
$\cot \alpha = 3.0$	6.30	47.83	72.78	92.59	96.13	97.98



Şekil 4.49 $S_d = 2$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 20)



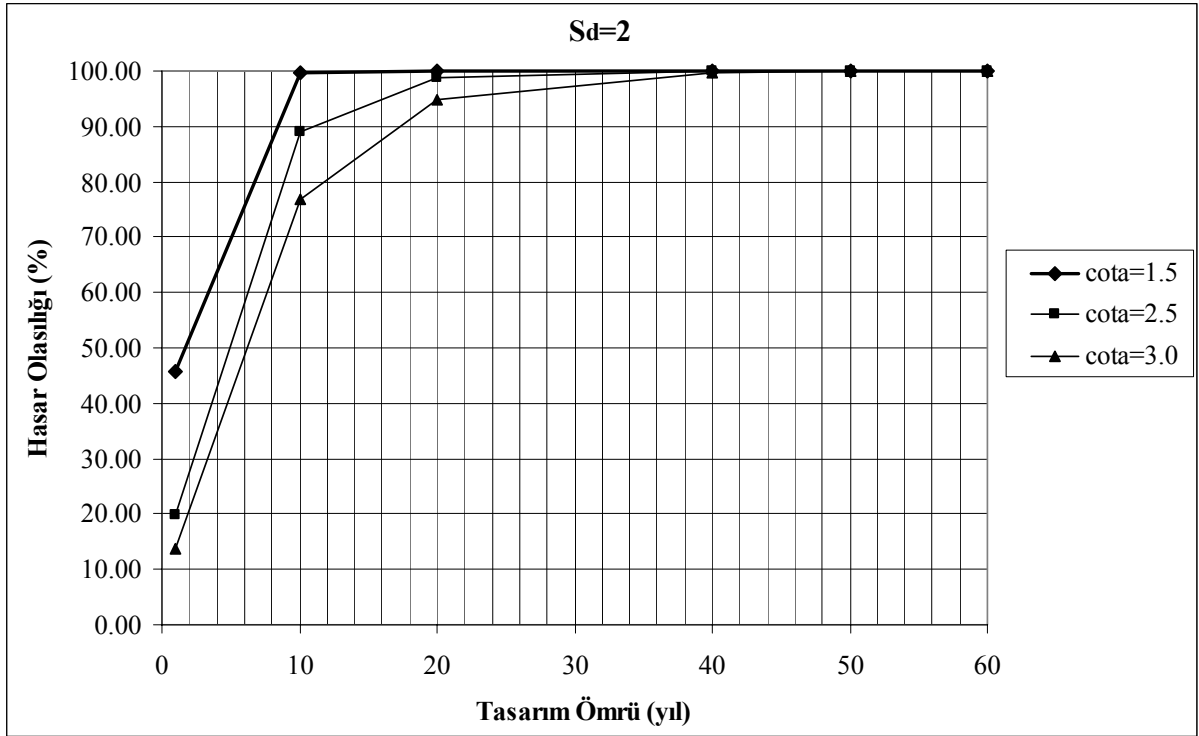
Şekil 4.50 $S_d = 6$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 20)



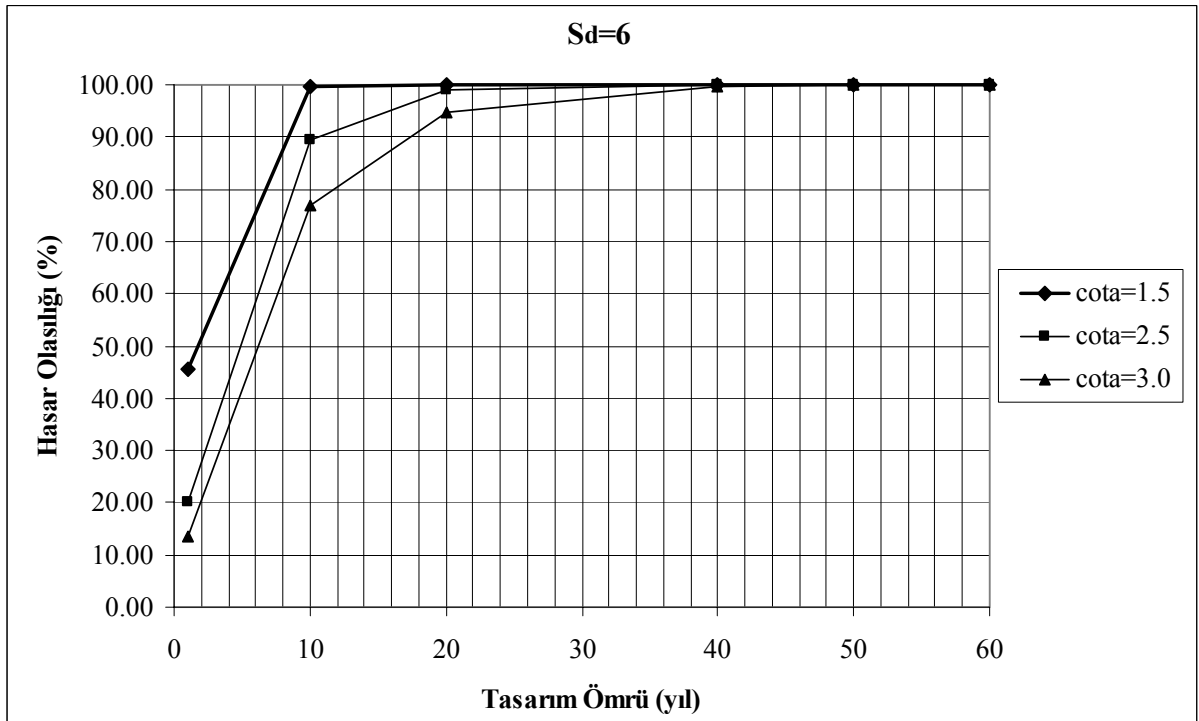
Şekil 4.51 $S_d = 8$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 20)

Çizelge 4.31 C-C ve L-L kesitleri için % 40 hasar olasılığına karşılık gelen taş ağırlıklarına bağlı BREAKWAT uygulaması

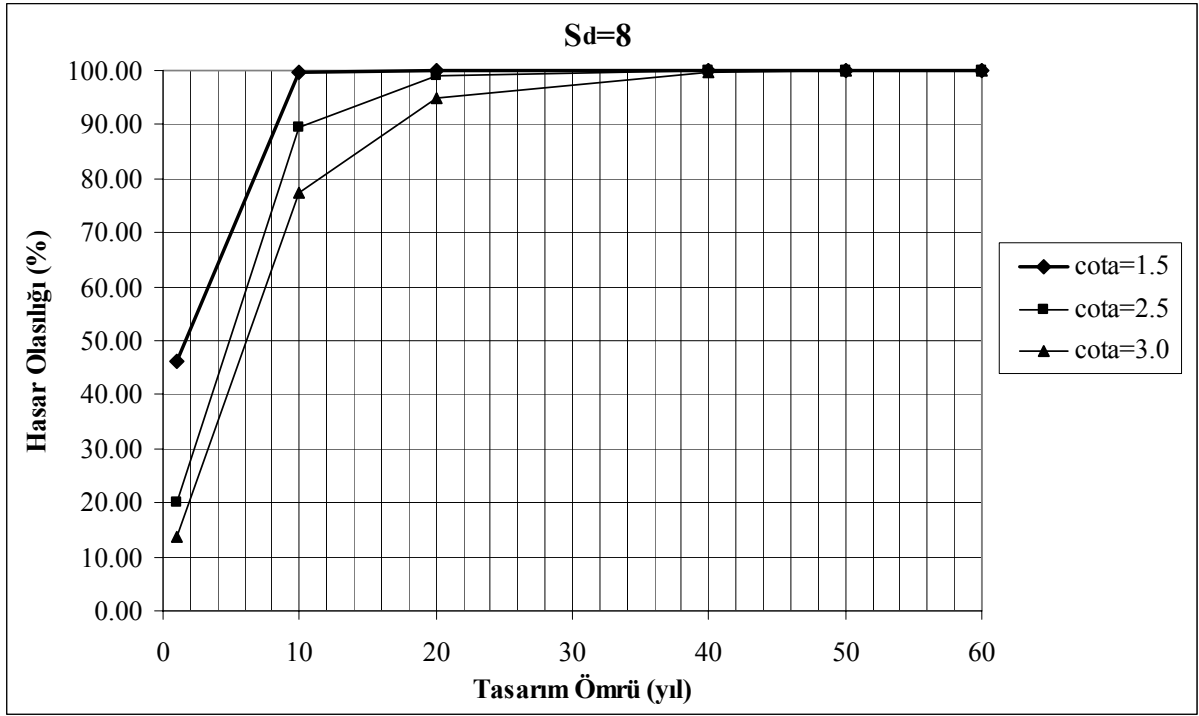
Tasarım Ömrü L_T , (yıl)	1	10	20	40	50	60
	Hasar Olasılıkları (%)					
$S_d = 2$						
$\cot \alpha = 1.5$	45.68	99.78	100.00	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	19.79	88.98	98.79	99.99	100.00	100.00
$\cot \alpha = 3.0$	13.66	76.98	94.70	99.72	99.94	99.99
$S_d = 6$						
$\cot \alpha = 1.5$	45.50	99.77	100.00	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	20.13	89.44	98.88	99.99	100.00	100.00
$\cot \alpha = 3.0$	13.67	77.02	94.72	99.72	99.94	99.99
$S_d = 8$						
$\cot \alpha = 1.5$	46.33	99.80	100.00	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	20.18	89.51	98.90	99.99	100.00	100.00
$\cot \alpha = 3.0$	13.79	77.32	94.86	99.74	99.94	99.99



Şekil 4.52 $S_d = 2$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 40)



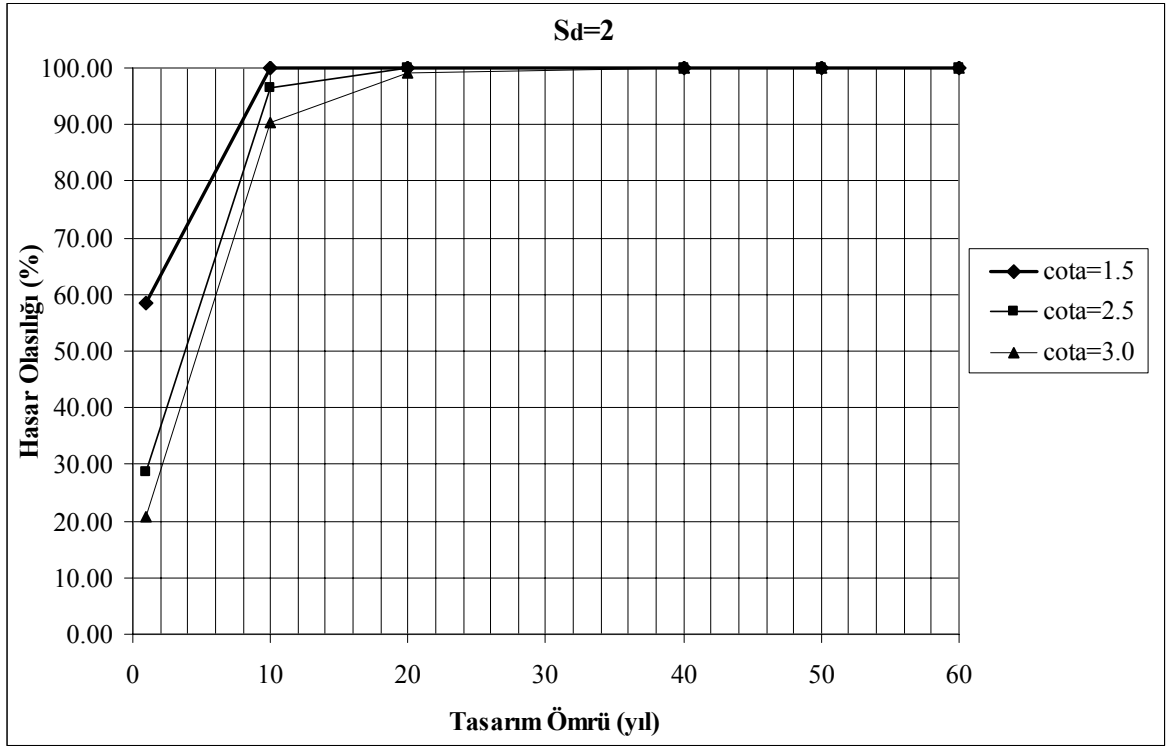
Şekil 4.53 $S_d = 6$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 40)



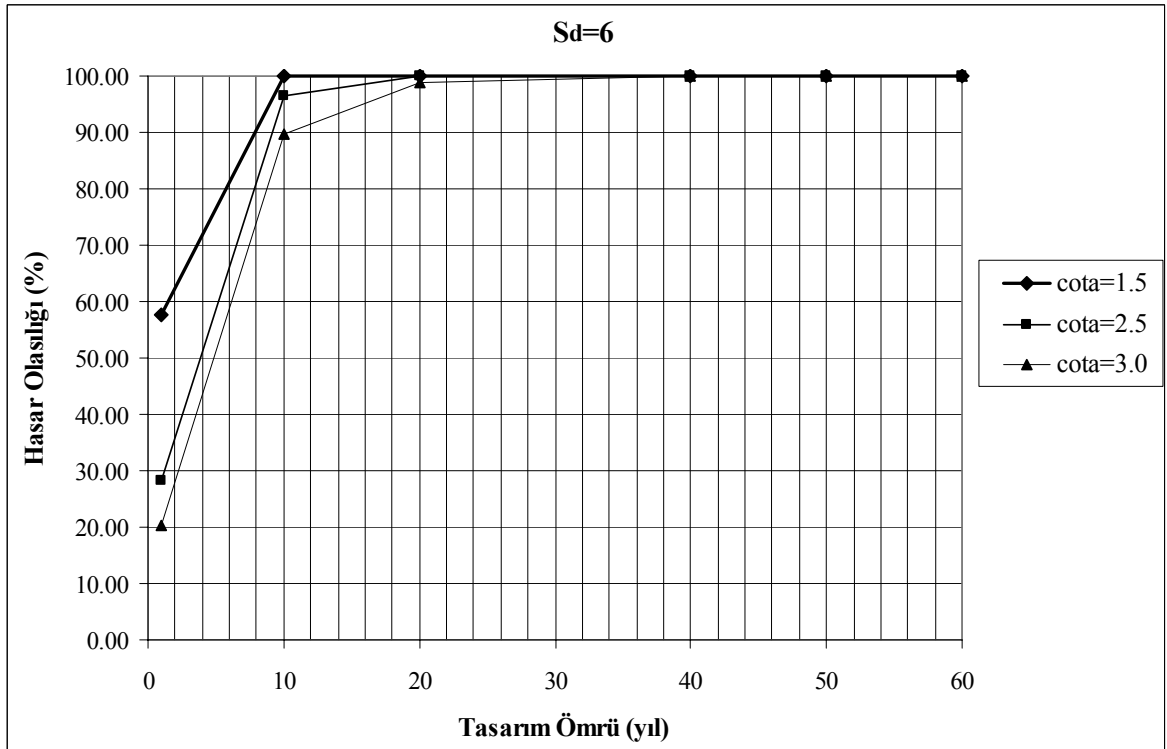
Şekil 4.54 $S_d = 8$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 40)

Çizelge 4.32 C-C ve L-L kesitleri için % 60 hasar olasılığına karşılık gelen taş ağırlıklarına bağlı BREAKWAT uygulaması

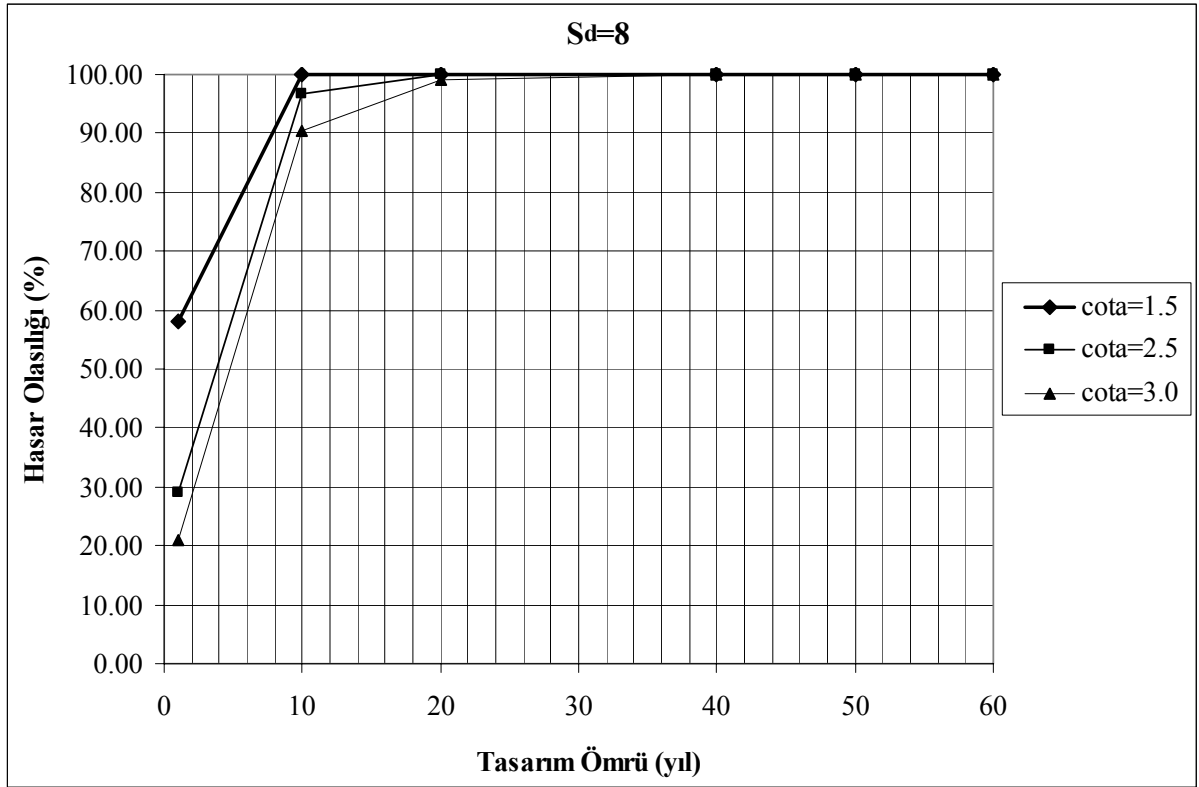
Tasarım Ömrü L_T , (yıl)	1	10	20	40	50	60
	Hasar Olasılıkları (%)					
$S_d = 2$						
$\cot \alpha = 1.5$	58.55	99.99	100.00	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	28.58	96.55	99.88	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 3.0$	20.83	90.33	99.06	99.99	100.00	100.00
$S_d = 6$						
$\cot \alpha = 1.5$	57.79	99.98	100.00	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	28.35	96.44	99.87	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 3.0$	20.28	89.64	98.93	99.99	100.00	100.00
$S_d = 8$						
$\cot \alpha = 1.5$	58.12	99.98	100.00	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	28.99	96.74	99.89	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 3.0$	20.94	90.46	99.09	99.99	100.00	100.00



Şekil 4.55 $S_d = 2$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 60)



Şekil 4.56 $S_d = 6$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 60)



Şekil 4.57 $S_d = 8$ için BREAKWAT ile bulunan tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisi (C-C ve L-L kesitleri) (% 60)

5. DEĞERLENDİRME

5.1 1.Seviye Risk Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Mevcut durumdaki ve DLH 4.Bölge Müdürlüğü'ne sunulmuş raporlarda belirlenen yeni taş ağırlıkları ile 1.Seviye analiz sonunda farklı hasar olasılıklarına göre hesaplanmış taş ağırlıkları Çizelge 5.1 – 5.4'te karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. A-A, B-B, C-C, L-L, R-R, S-S kesitleri için bulunan hasar olasılıklarına göre belirlenen taş çapı ve ağırlıkları tek bir grafikte, aynı hasar seviyelerinde farklı eğimler için Şekil 5.1 - 5.6'da çizilmiştir. 1.Seviye analizde bulunmuş taş ağırlıklarının aynı hasar seviyesinde tüm hasar olasılıkları (% 10, % 20, % 40 ve % 60) için farklı şev eğimlerinde fazla bir değişime uğramadıkları görülmektedir (tüm kesitlerde yaklaşık % 5 ile %15 arası). Bu durum 1.Seviye risk analizinin parametrik çözümleri esas alarak, deneylerden elde edilmiş ve tüm koşullar için genelleştirilmiş katsayılara bağlı bir hesap yöntemi izlemesinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 5.1 Mevcut ve planlanmış taş ağırlıklarının 1.Seviye analiz karşılaştırması (% 10 için)

Kesit	Mevcut Durum	Planlanmış	1.Seviye (%10)		
A-A	% 50, 23 ton ve 17 ton beton blok %25 (6-10) ton ocak taşı %25 (2-6) ton ocak taşı	33.45 t	$S_d = 2$	$\cot \alpha = 1.5$	33.99 t
				$\cot \alpha = 2.5$	34.31 t
				$\cot \alpha = 3.0$	32.48 t
B-B	% 70 beton blok %30 (2-6) ton ocak taşı	7.41 t	$S_d = 6$	$\cot \alpha = 1.5$	20.69 t
				$\cot \alpha = 2.5$	17.75 t
				$\cot \alpha = 3.0$	16.80 t
R-R S-S	% 70 beton blok %30 (2-6) ton ocak taşı	9.37 t	$S_d = 8$	$\cot \alpha = 1.5$	17.41 t
				$\cot \alpha = 2.5$	14.93 t
				$\cot \alpha = 3.0$	14.14 t
C-C L-L	(0.4-2) ton ocak taşı	2.9 t	$S_d = 2$	$\cot \alpha = 1.5$	24.63
				$\cot \alpha = 2.5$	21.13
				$\cot \alpha = 3.0$	20.00
			$S_d = 6$	$\cot \alpha = 1.5$	12.74
				$\cot \alpha = 2.5$	10.93
				$\cot \alpha = 3.0$	10.35
			$S_d = 8$	$\cot \alpha = 1.5$	10.72
				$\cot \alpha = 2.5$	9.20
				$\cot \alpha = 3.0$	8.71

Çizelge 5.2 Mevcut ve planlanmış taş ağırlıklarının 1.Seviye analiz karşılaştırması (% 20 için)

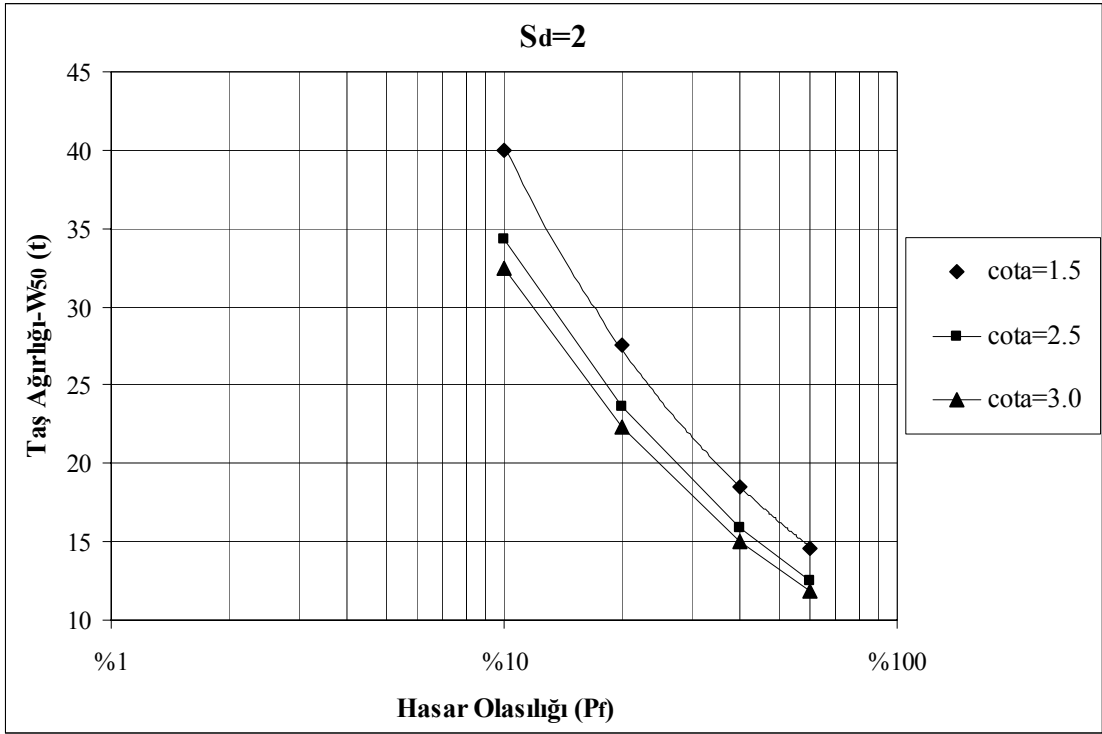
Kesit	Mevcut Durum	Planlanmış	1.Seviye (% 20)		
A-A	% 50, 23 ton ve 17 ton beton blok %25 (6-10) ton ocak taşı %25 (2-6) ton ocak taşı	33.45 t	$S_d = 2$	$\cot \alpha = 1.5$	27.52 t
				$\cot \alpha = 2.5$	23.61 t
				$\cot \alpha = 3.0$	22.35 t
B-B	% 70 beton blok %30 (2-6) ton ocak taşı	7.41 t	$S_d = 6$	$\cot \alpha = 1.5$	14.24 t
				$\cot \alpha = 2.5$	12.21 t
				$\cot \alpha = 3.0$	11.56 t
R-R S-S	% 70 beton blok %30 (2-6) ton ocak taşı	9.37 t	$S_d = 8$	$\cot \alpha = 1.5$	11.98 t
				$\cot \alpha = 2.5$	10.28 t
				$\cot \alpha = 3.0$	9.73 t
C-C L-L	(0.4-2) ton ocak taşı	2.9 t	$S_d = 2$	$\cot \alpha = 1.5$	16.95 t
				$\cot \alpha = 2.5$	14.54 t
				$\cot \alpha = 3.0$	13.77 t
			$S_d = 6$	$\cot \alpha = 1.5$	8.77 t
				$\cot \alpha = 2.5$	7.52 t
				$\cot \alpha = 3.0$	7.12 t
			$S_d = 8$	$\cot \alpha = 1.5$	7.38 t
				$\cot \alpha = 2.5$	6.33 t
				$\cot \alpha = 3.0$	5.99 t

Çizelge 5.3 Mevcut ve planlanmış taş ağırlıklarının 1.Seviye analiz karşılaştırması (% 40 için)

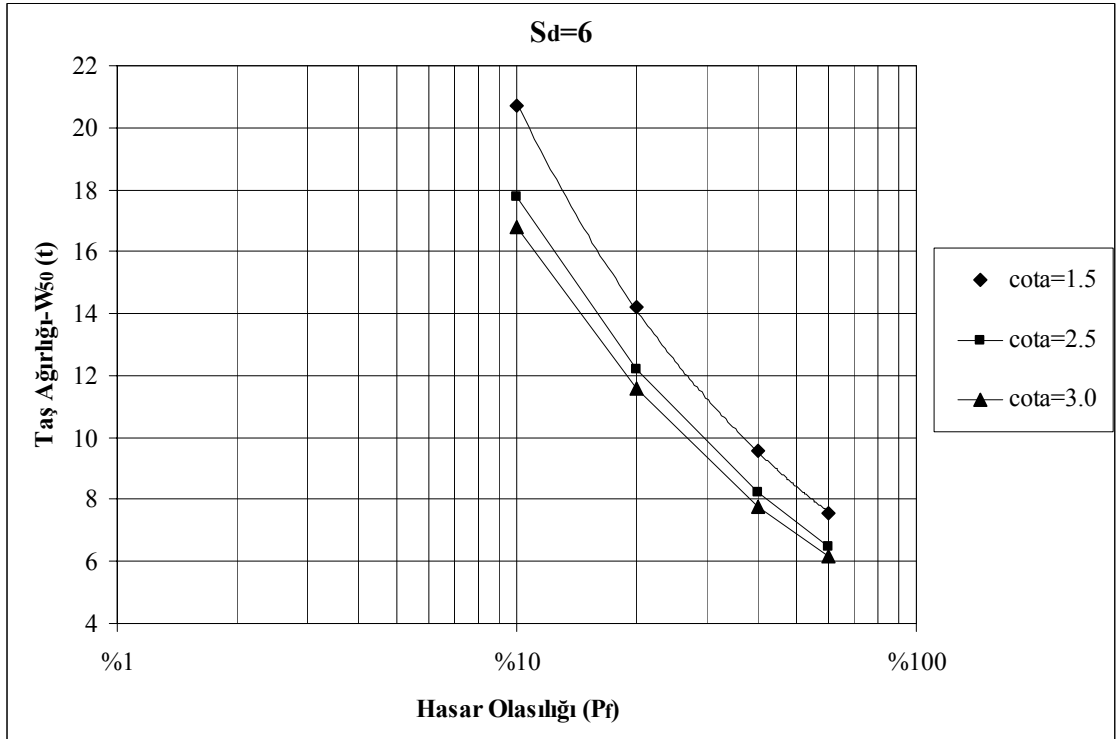
Kesit	Mevcut Durum	Planlanmış	1.Seviye (% 40)		
A-A	% 50, 23 ton ve 17 ton beton blok %25 (6-10) ton ocak taşı %25 (2-6) ton ocak taşı	33.45 t	$S_d = 2$	$\cot \alpha = 1.5$	18.54 t
				$\cot \alpha = 2.5$	15.91 t
				$\cot \alpha = 3.0$	15.06 t
B-B	% 70 beton blok %30 (2-6) ton ocak taşı	7.41 t	$S_d = 6$	$\cot \alpha = 1.5$	9.59 t
				$\cot \alpha = 2.5$	8.23 t
				$\cot \alpha = 3.0$	7.79 t
R-R S-S	% 70 beton blok %30 (2-6) ton ocak taşı	9.37 t	$S_d = 8$	$\cot \alpha = 1.5$	8.07 t
				$\cot \alpha = 2.5$	6.92 t
				$\cot \alpha = 3.0$	6.56 t
C-C L-L	(0.4-2) ton ocak taşı	2.9 t	$S_d = 2$	$\cot \alpha = 1.5$	11.42 t
				$\cot \alpha = 2.5$	9.80 t
				$\cot \alpha = 3.0$	9.28 t
			$S_d = 6$	$\cot \alpha = 1.5$	5.91 t
				$\cot \alpha = 2.5$	5.07 t
				$\cot \alpha = 3.0$	4.80 t
			$S_d = 8$	$\cot \alpha = 1.5$	4.97 t
				$\cot \alpha = 2.5$	4.26 t
				$\cot \alpha = 3.0$	4.04 t

Çizelge 5.4 Mevcut ve planlanmış taş ağırlıklarının 1.Seviye analiz karşılaştırması (% 60 için)

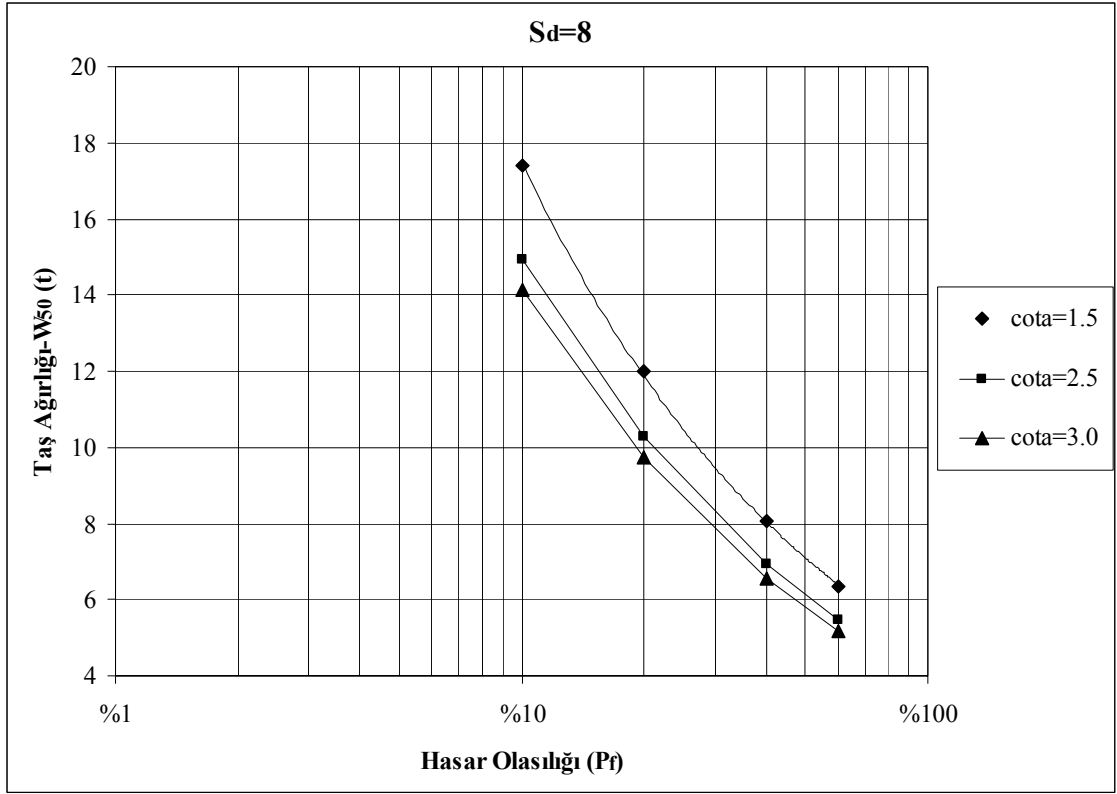
Kesit	Mevcut Durum	Planlanmış	1.Seviye (% 60)		
A-A	% 50, 23 ton ve 17 ton beton blok %25 (6-10) ton ocak taşı %25 (2-6) ton ocak taşı	33.45 t	$S_d = 2$	$\cot \alpha = 1.5$	14.62 t
				$\cot \alpha = 2.5$	12.54 t
				$\cot \alpha = 3.0$	11.87 t
B-B	% 70 beton blok %30 (2-6) ton ocak taşı	7.41 t	$S_d = 6$	$\cot \alpha = 1.5$	7.56 t
				$\cot \alpha = 2.5$	6.49 t
				$\cot \alpha = 3.0$	6.14 t
R-R S-S	% 70 beton blok %30 (2-6) ton ocak taşı	9.37 t	$S_d = 8$	$\cot \alpha = 1.5$	6.36 t
				$\cot \alpha = 2.5$	5.46 t
				$\cot \alpha = 3.0$	5.17 t
C-C L-L	(0.4-2) ton ocak taşı	2.9 t	$S_d = 2$	$\cot \alpha = 1.5$	9.00 t
				$\cot \alpha = 2.5$	7.72 t
				$\cot \alpha = 3.0$	7.31 t
			$S_d = 6$	$\cot \alpha = 1.5$	4.66 t
				$\cot \alpha = 2.5$	3.99 t
				$\cot \alpha = 3.0$	3.78 t
			$S_d = 8$	$\cot \alpha = 1.5$	3.92 t
				$\cot \alpha = 2.5$	3.36 t
				$\cot \alpha = 3.0$	3.18 t



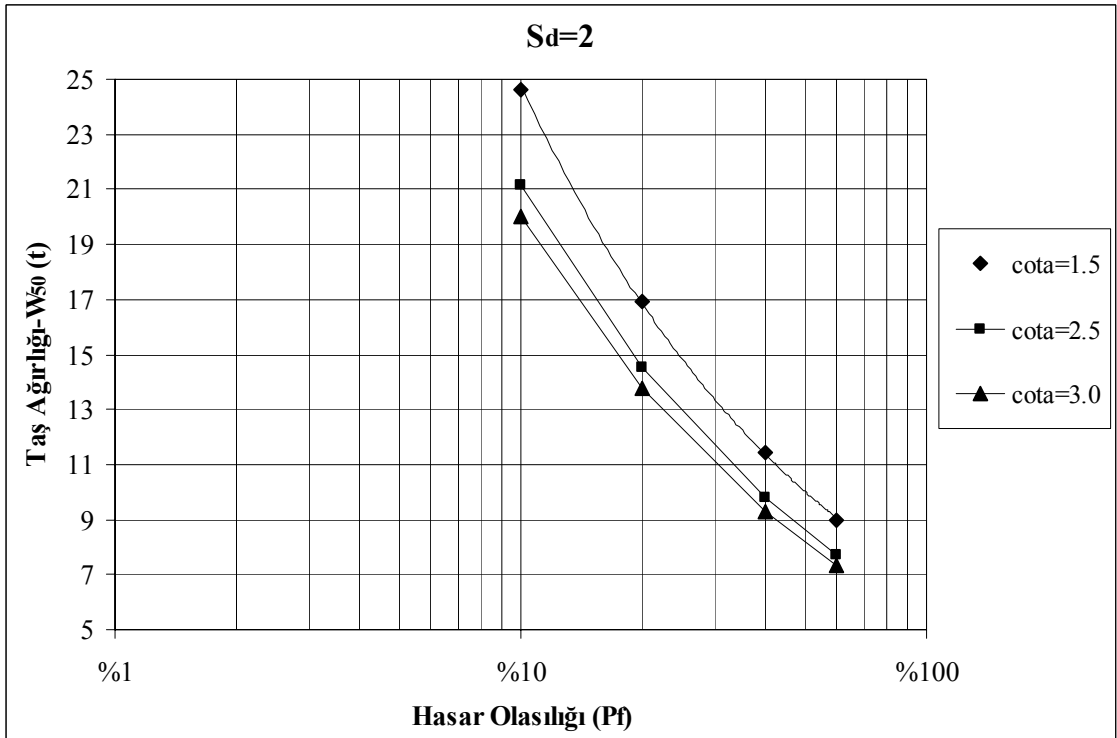
Şekil 5.1 A-A, B-B, R-R ve S-S kesitlerinde farklı eğimlerde $S_d = 2$ için taş ağırlığı-hasar olasılığı ilişkisi



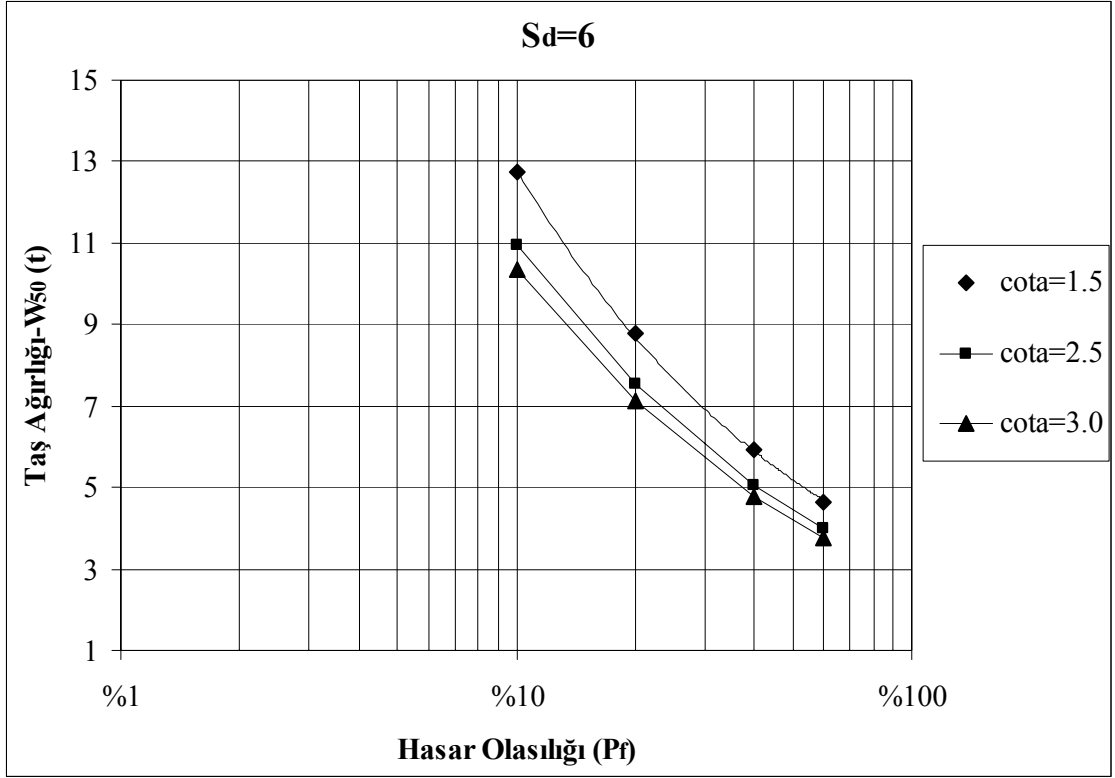
Şekil 5.2 A-A, B-B, R-R ve S-S kesitlerinde farklı eğimlerde $S_d = 6$ için taş ağırlığı-hasar olasılığı ilişkisi



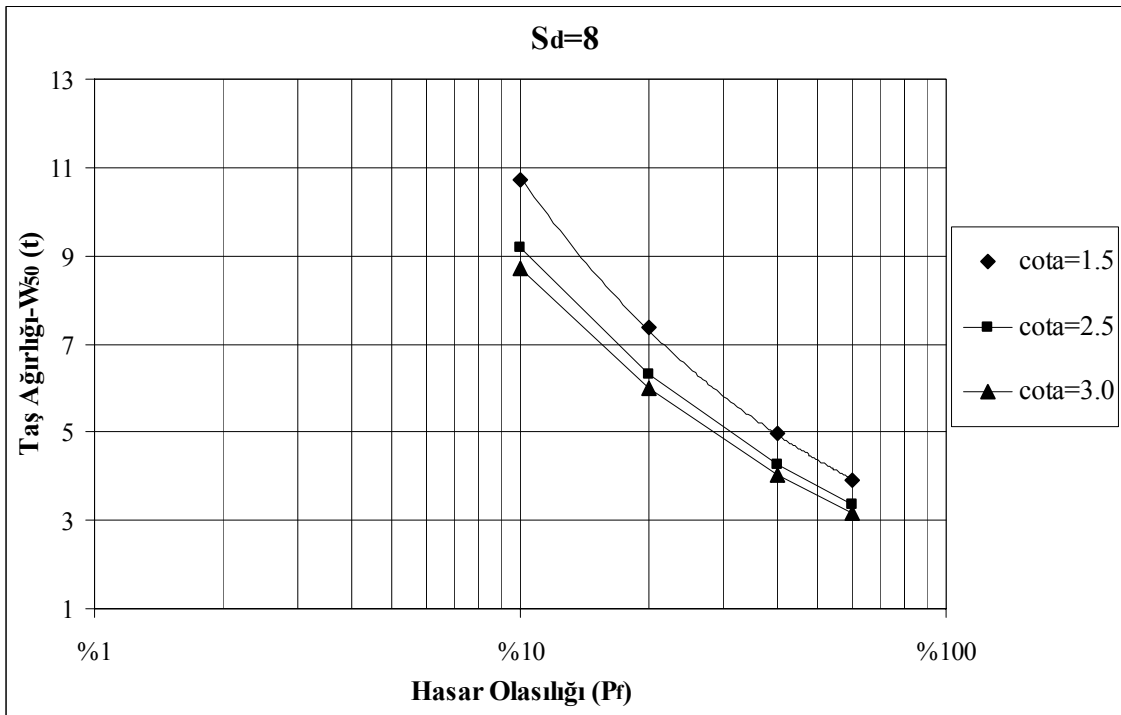
Şekil 5.3 A-A, B-B, R-R ve S-S kesitlerinde farklı eğimlerde $S_d = 8$ için taş ağırlığı-hasar olasılığı ilişkisi



Şekil 5.4 C-C ve L-L kesitlerinde farklı eğimlerde $S_d = 2$ için taş ağırlığı-hasar olasılığı ilişkisi



Şekil 5.5 C-C ve L-L kesitlerinde farklı eğimlerde $S_d = 6$ için taş ağırlığı-hasar olasılığı ilişkisi



Şekil 5.6 C-C ve L-L kesitlerinde farklı eğimlerde $S_d = 8$ için taş ağırlığı-hasar olasılığı ilişkisi

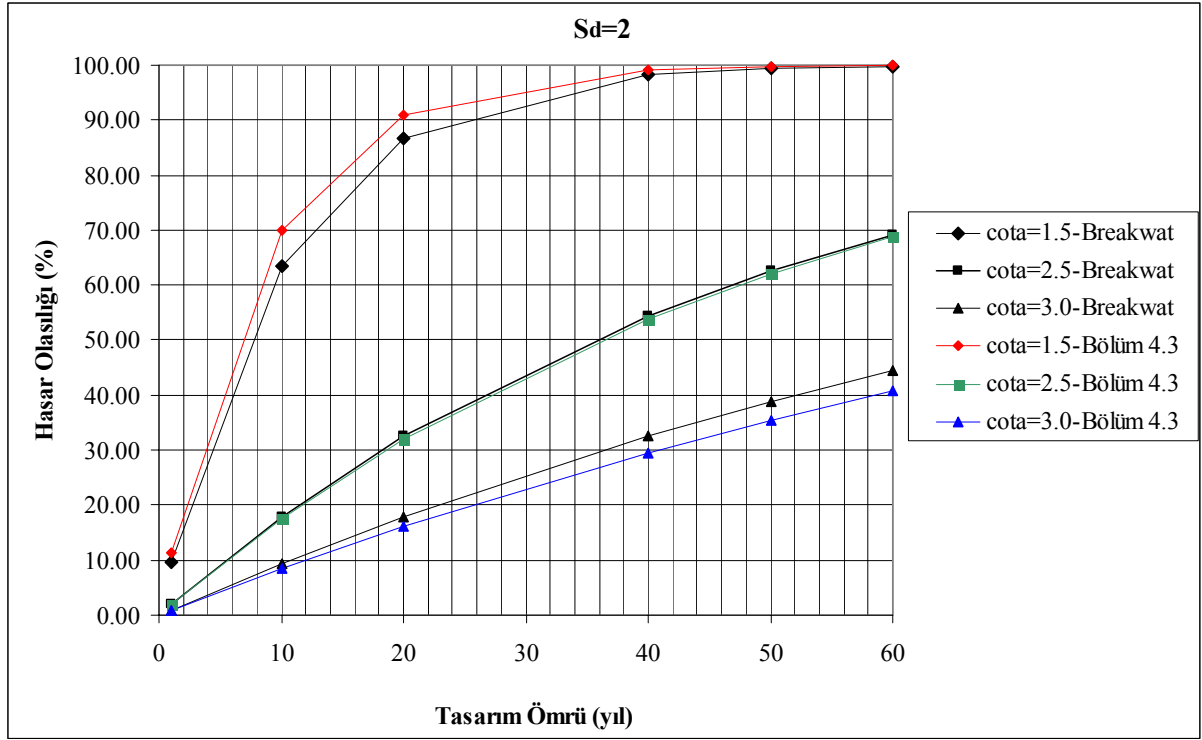
5.2 2.Seviye Risk Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bölüm 4.3'te anlatıldığı üzere 2.Seviye risk analizi yöntemi, 1.Seviye analizde elde edilen taşı ağırlıklarının kullanarak yapının farklı tasarım ömürlerine karşılık gelen hasar olasılıklarını bulmak için kullanmıştır. Yine 2.Seviye yöntemleri kullanan BREAKWAT 3.0 programı ile Bölüm 4.3'te bulunan sonuçlar, farklı hasar seviyelerinde farklı eğimler için tasarım ömrü-hasar olasılığı ilişkisini verecek şekilde tek bir grafik üzerinde karşılaştırılmıştır. Bölüm 4.3'te 2.Seviye risk analizinden hesaplanan sonuçlar ile BREAKWAT 3.0 programından elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında aynı tasarım ömürlerine karşılık gelen hasar olasılıklarının birbirleriyle oldukça uyumlu olduğu görülmüştür.

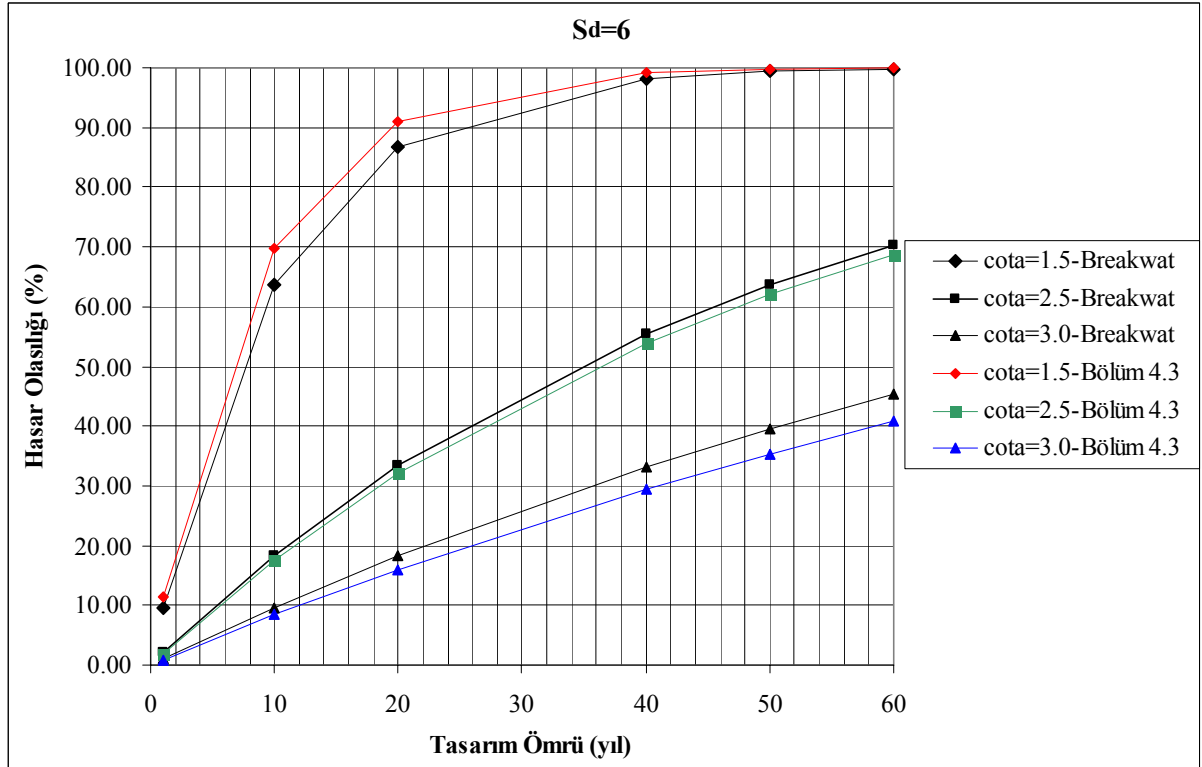
➤ A-A, B-B, R-R, S-S Kesitleri 2.Seviye risk analizi karşılaştırmaları (% 10 için)

Çizelge 5.5 A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri (% 10) için BREAKWAT ile ve Bölüm 4.3'te hesaplanan hasar olasılıklarının karşılaştırması

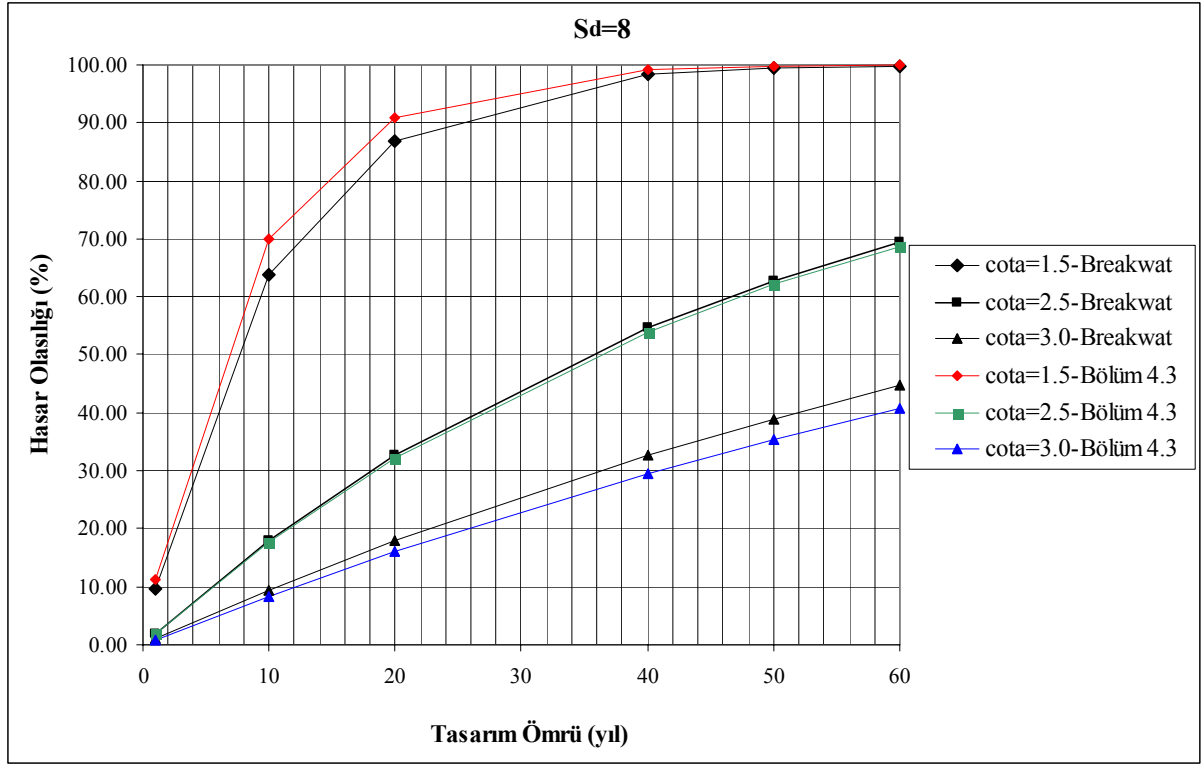
	Hasar Olasılıkları											
	BREAKWAT 3.0 Sonuçları (%)						Bölüm 4.3 (%)					
Tasarım Ömrü L_T , (yıl)	1	10	20	40	50	60	1	10	20	40	50	60
$S_d = 2$												
$\cot \alpha = 1.5$	9.57	63.43	86.63	98.21	99.35	99.76	11.31	69.89	90.93	99.18	99.75	99.93
$\cot \alpha = 2.5$	1.94	17.82	32.46	54.39	62.51	69.19	1.92	17.62	32.14	53.95	62.07	68.75
$\cot \alpha = 3.0$	0.98	9.35	17.82	32.46	38.78	44.50	0.87	8.37	16.03	29.50	35.40	40.80
$S_d = 6$												
$\cot \alpha = 1.5$	9.65	63.76	86.86	98.27	99.37	99.77	11.31	69.89	90.93	99.18	99.75	99.93
$\cot \alpha = 2.5$	2.01	18.35	33.34	55.56	63.71	70.37	1.92	17.62	32.14	53.95	62.07	68.75
$\cot \alpha = 3.0$	1.00	9.55	18.18	33.06	39.45	45.23	0.87	8.37	16.03	29.50	35.40	40.80
$S_d = 8$												
$\cot \alpha = 1.5$	9.63	63.68	86.81	98.26	99.37	99.77	11.31	69.89	90.93	99.18	99.75	99.93
$\cot \alpha = 2.5$	1.95	17.90	32.59	54.56	62.70	69.37	1.92	17.62	32.14	53.95	62.07	68.75
$\cot \alpha = 3.0$	0.98	9.39	17.90	32.59	38.92	44.66	0.87	8.37	16.03	29.50	35.40	40.80



Şekil 5.7 $S_d = 2$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması
(A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için) (%10)



Şekil 5.8 $S_d = 6$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması
(A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için) (%10)

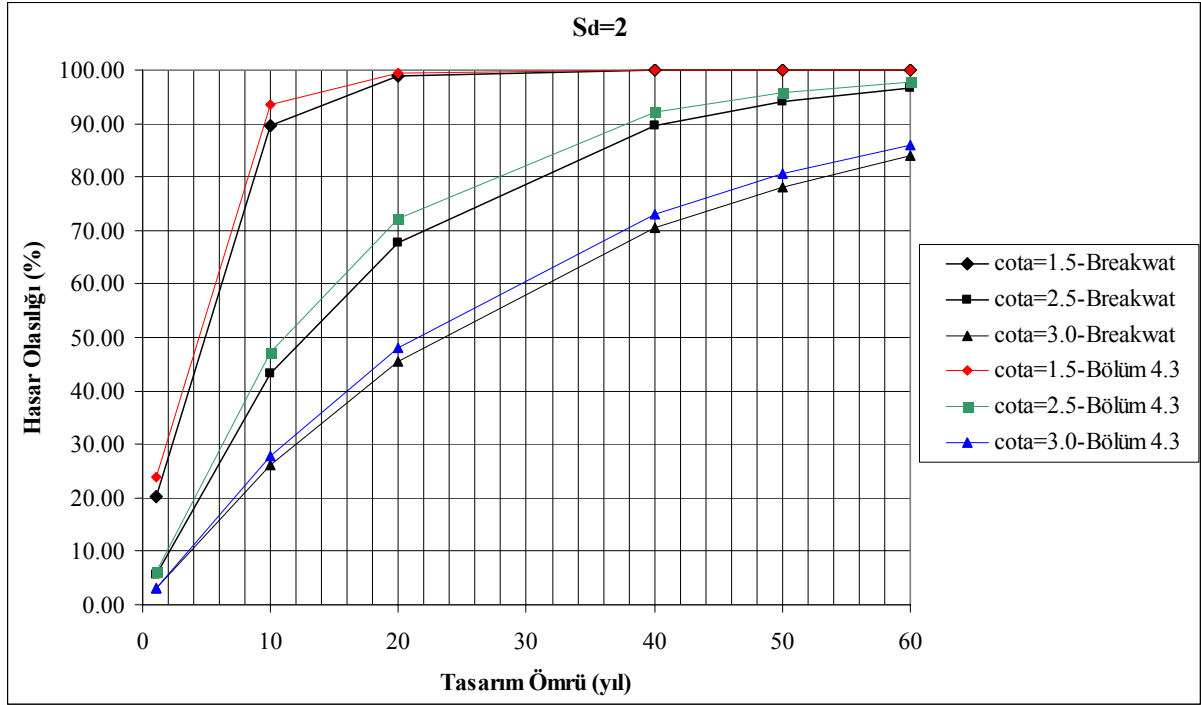


Şekil 5.9 $S_d = 8$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması
(A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için) (%10)

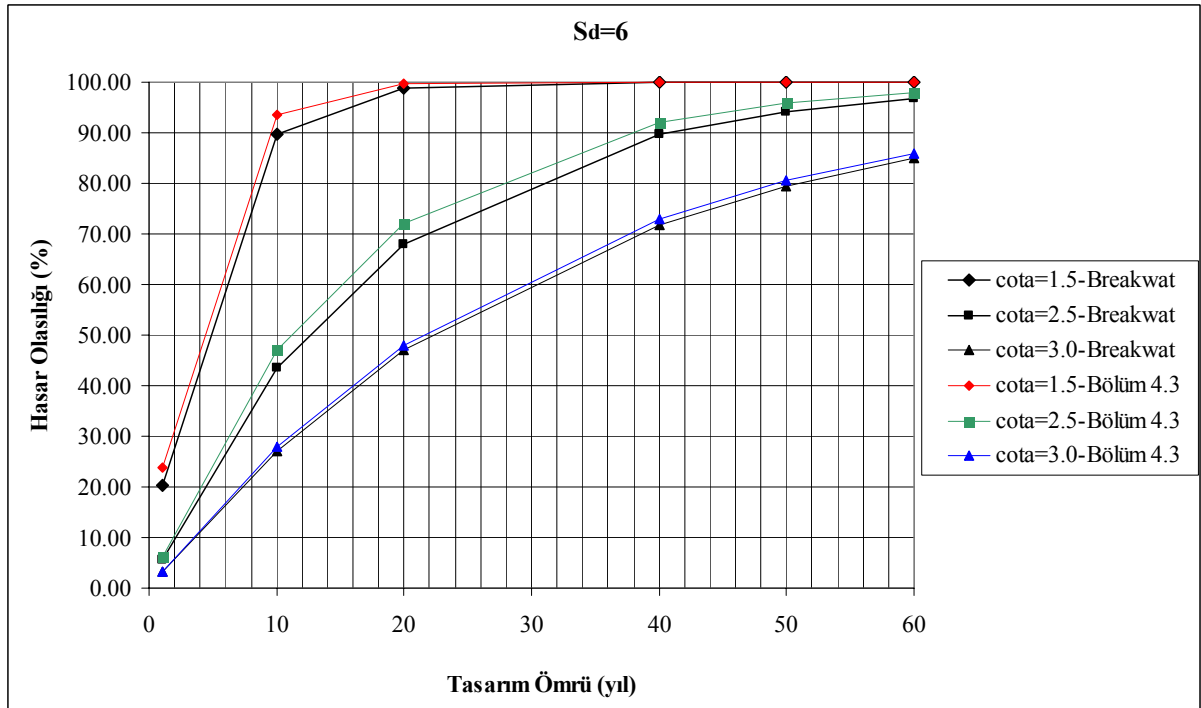
➤ A-A, B-B, R-R, S-S Kesitleri 2.Seviye risk analizi karşılaştırmaları (% 20 için)

Çizelge 5.6 A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri (% 20) için BREAKWAT ile ve Bölüm 4.3'te hesaplanan hasar olasılıklarının karşılaştırması

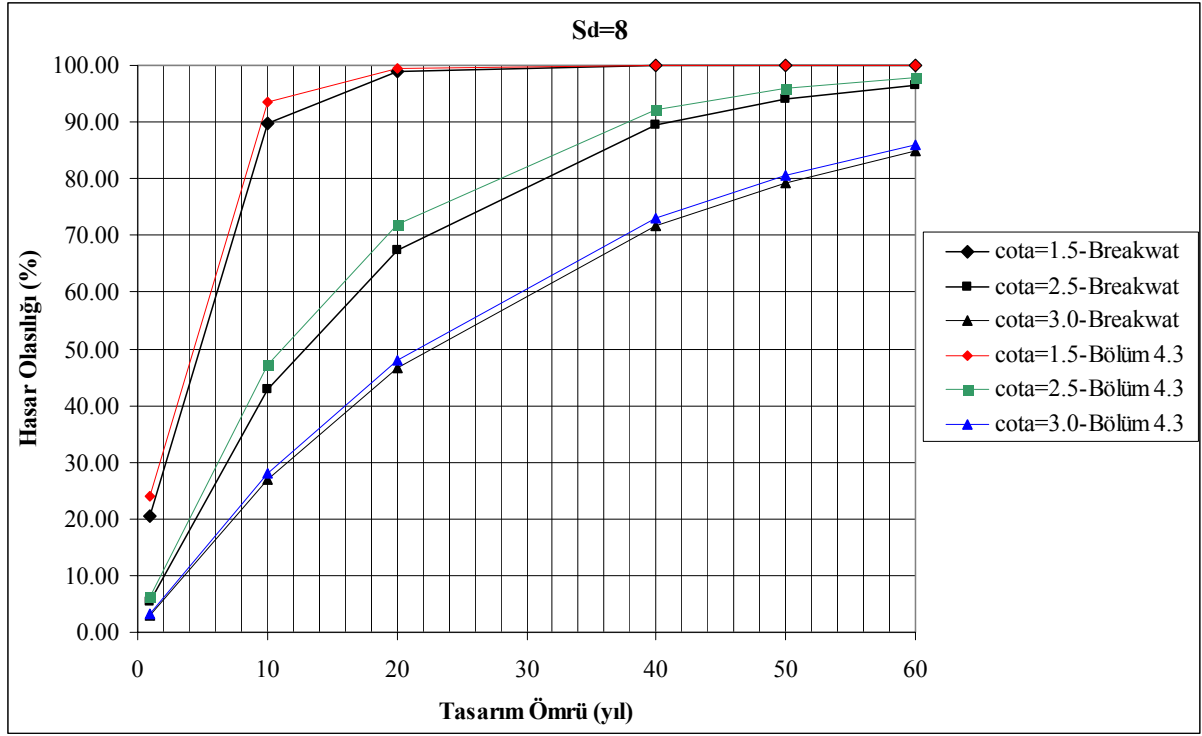
	Hasar Olasılıkları											
	BREAKWAT 3.0 Sonuçları (%)						Bölüm 4.3 (%)					
Tasarım Ömrü L_T , (yıl)	1	10	20	40	50	60	1	10	20	40	50	60
$S_d = 2$												
$\cot \alpha = 1.5$	20.30	89.66	98.93	99.99	100.00	100.00	23.89	93.48	99.57	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	5.49	43.13	67.66	89.54	94.05	96.62	6.18	47.16	72.08	92.20	95.88	97.82
$\cot \alpha = 3.0$	3.00	26.23	45.57	70.38	78.15	83.88	3.22	27.91	48.03	73.00	80.53	85.97
$S_d = 6$												
$\cot \alpha = 1.5$	20.31	89.67	98.93	99.99	100.00	100.00	23.89	93.48	99.57	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	5.54	43.43	68.00	89.76	94.21	96.72	6.18	47.16	72.08	92.20	95.88	97.82
$\cot \alpha = 3.0$	3.12	27.16	46.94	71.85	79.49	85.06	3.22	27.91	48.03	73.00	80.53	85.97
$S_d = 8$												
$\cot \alpha = 1.5$	20.46	89.86	98.97	99.99	100.00	100.00	23.89	93.48	99.57	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	5.46	42.96	67.46	89.41	93.96	96.55	6.18	47.16	72.08	92.20	95.88	97.82
$\cot \alpha = 3.0$	3.10	26.99	46.69	71.58	79.25	84.85	3.22	27.91	48.03	73.00	80.53	85.97



Şekil 5.10 $S_d = 2$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için) (%20)



Şekil 5.11 $S_d = 6$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için) (%20)

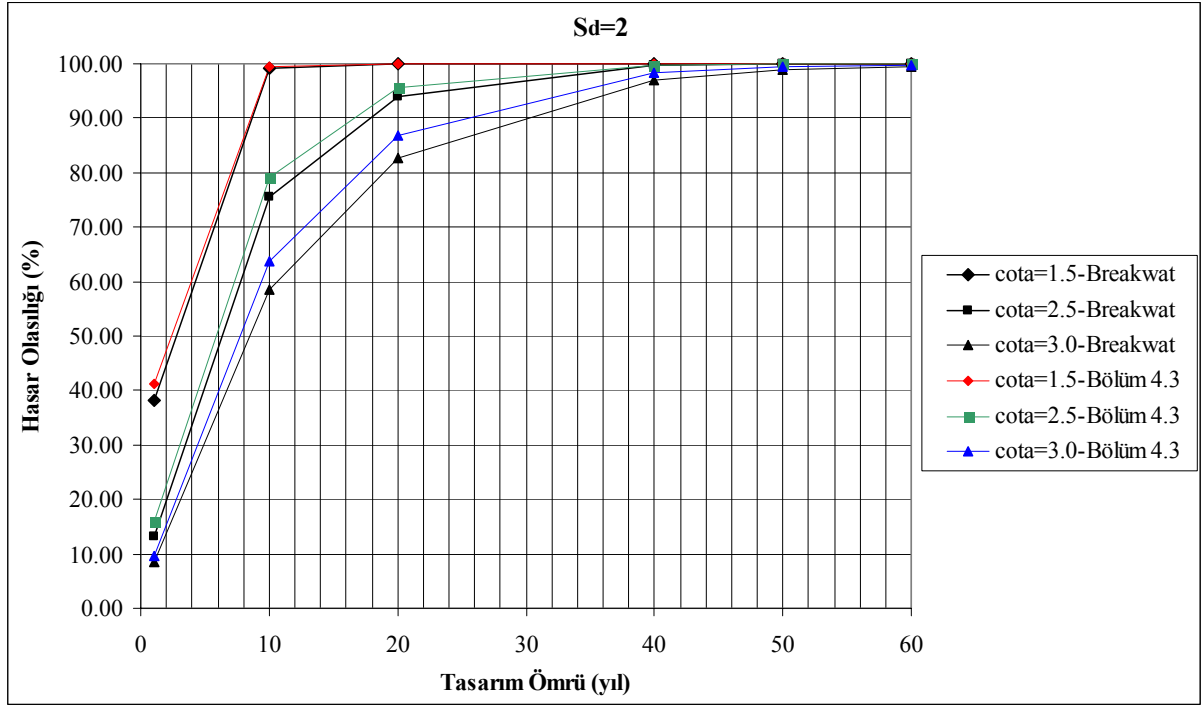


Şekil 5.12 $S_d = 8$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması
(A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için) (%20)

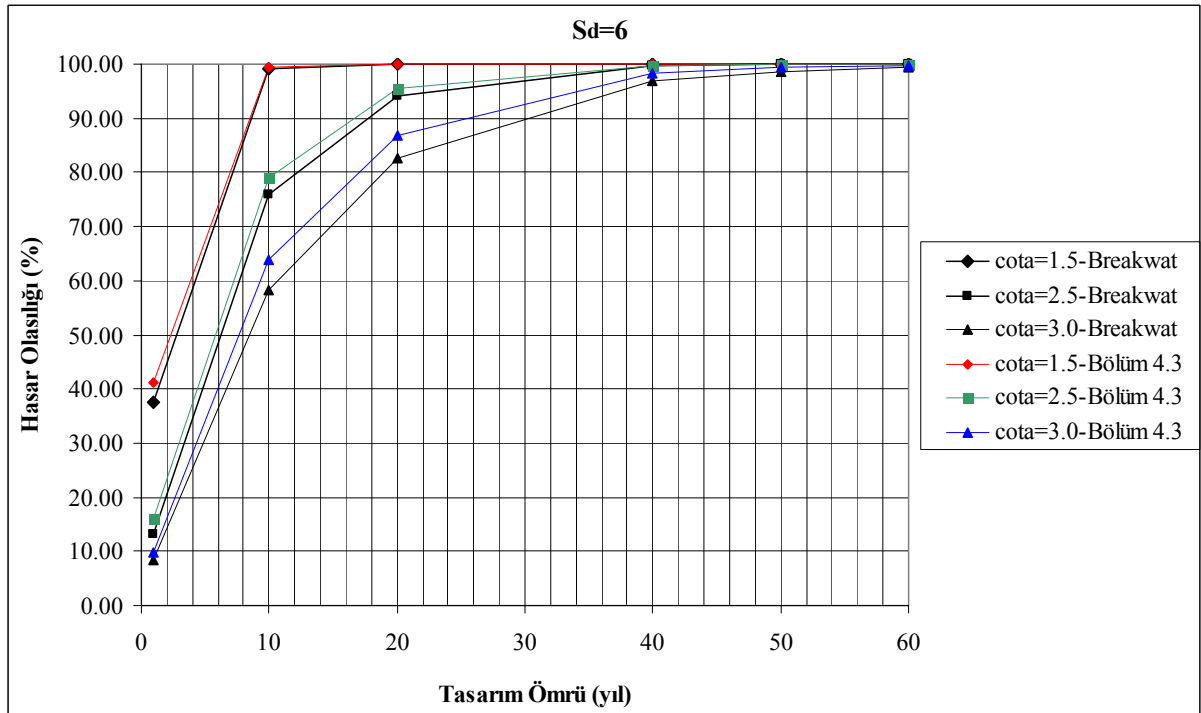
➤ A-A, B-B, R-R, S-S Kesitleri 2.Seviye risk analizi karşılaştırmaları (% 40 için)

Çizelge 5.7 A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri (% 40) için BREAKWAT ile ve Bölüm 4.3'te hesaplanan hasar olasılıklarının karşılaştırması

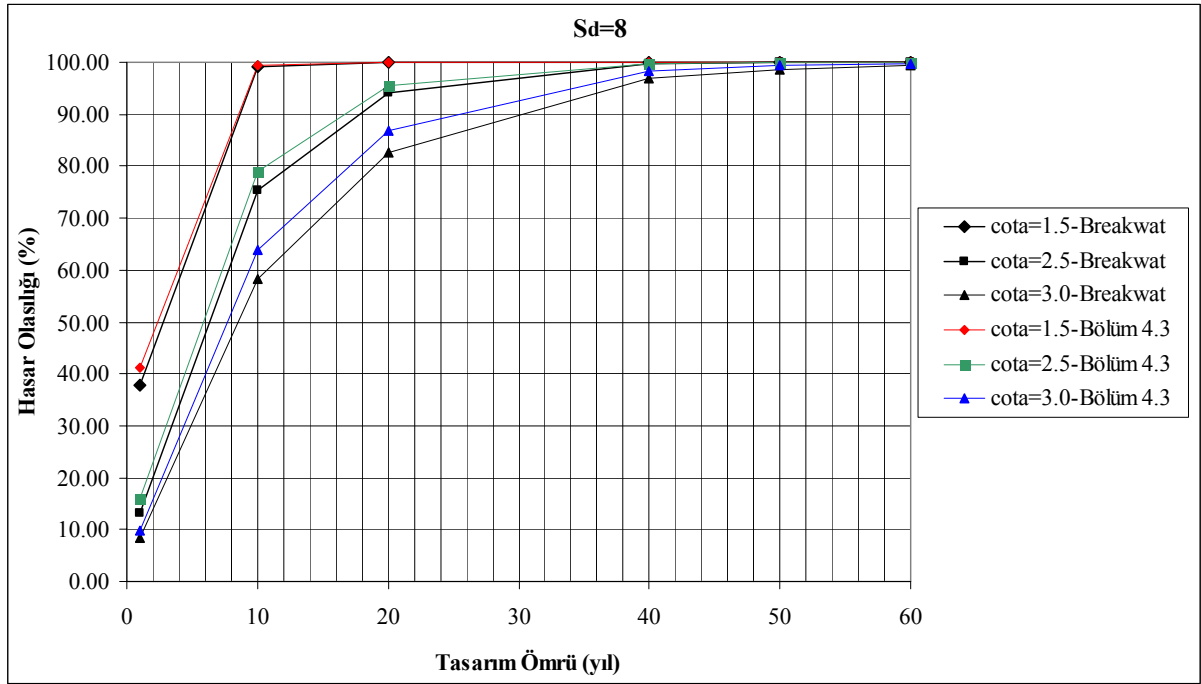
	Hasar Olasılıkları											
	BREAKWAT 3.0 Sonuçları (%)						Bölüm 4.3 (%)					
Tasarım Ömrü L_T , (yıl)	1	10	20	40	50	60	1	10	20	40	50	60
$S_d = 2$												
$\cot \alpha = 1.5$	38.19	99.19	99.99	100.00	100.00	100.00	41.29	99.51	100.00	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	13.16	75.60	94.05	99.65	99.91	99.98	15.87	79.03	95.60	99.81	99.96	99.99
$\cot \alpha = 3.0$	8.43	58.53	82.80	97.04	98.77	99.49	9.68	63.87	86.95	98.30	99.38	99.78
$S_d = 6$												
$\cot \alpha = 1.5$	37.50	99.09	99.99	100.00	100.00	100.00	41.29	99.51	100.00	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	13.22	75.77	94.13	99.66	99.92	99.98	15.87	79.03	95.60	99.81	99.96	99.99
$\cot \alpha = 3.0$	8.37	58.30	82.61	96.98	98.74	99.47	9.68	63.87	86.95	98.30	99.38	99.78
$S_d = 8$												
$\cot \alpha = 1.5$	37.92	99.15	99.99	100.00	100.00	100.00	41.29	99.51	100.00	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	13.12	75.49	93.99	99.64	99.91	99.98	15.87	79.03	95.60	99.81	99.96	99.99
$\cot \alpha = 3.0$	8.37	58.29	82.60	96.97	98.74	99.47	9.68	63.87	86.95	98.30	99.38	99.78



Şekil 5.13 $S_d = 2$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için) (%40)



Şekil 5.14 $S_d = 6$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için) (%40)

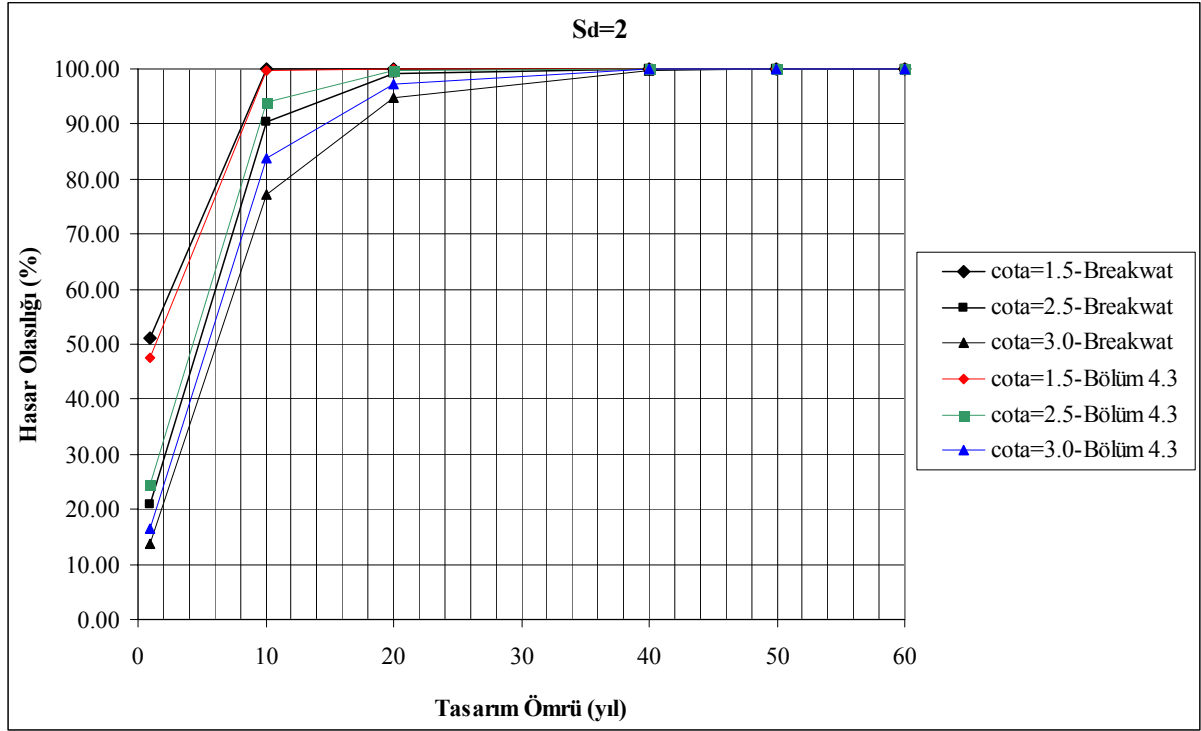


Şekil 5.15 $S_d = 8$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması
(A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için) (%40)

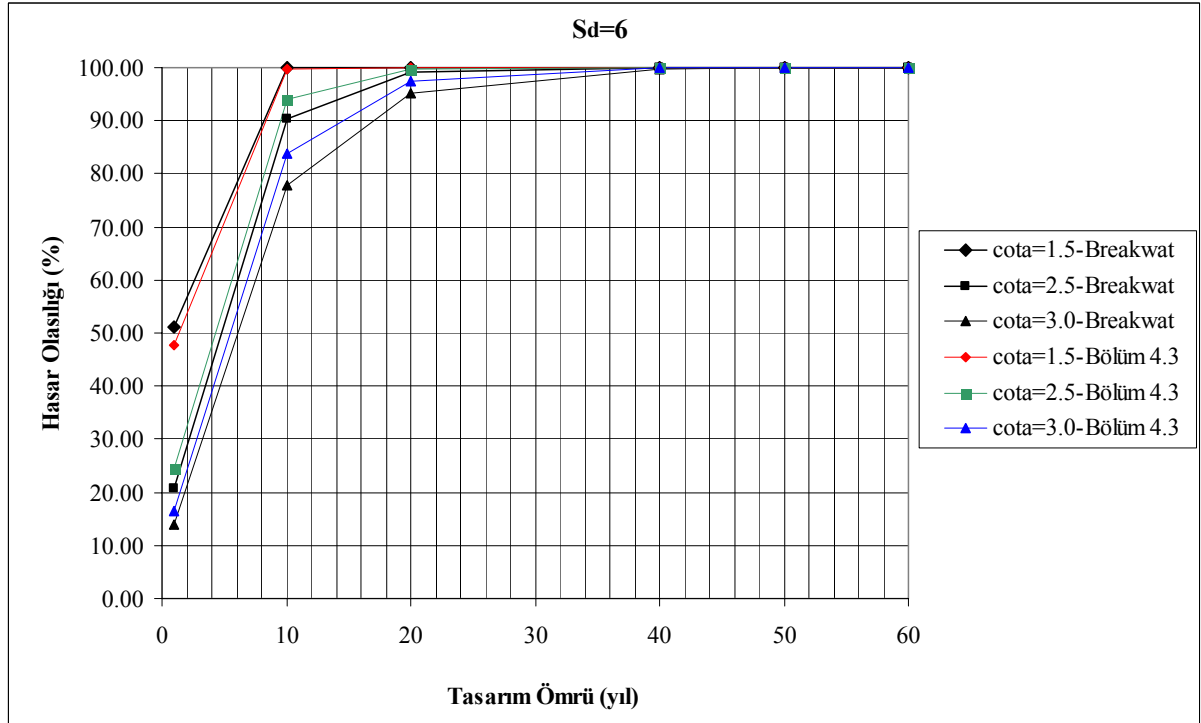
➤ A-A, B-B, R-R, S-S Kesitleri 2.Seviye risk analizi karşılaştırmaları (% 60 için)

Çizelge 5.8 A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri (% 60) için BREAKWAT ile ve Bölüm 4.3'te hesaplanan hasar olasılıklarının karşılaştırması

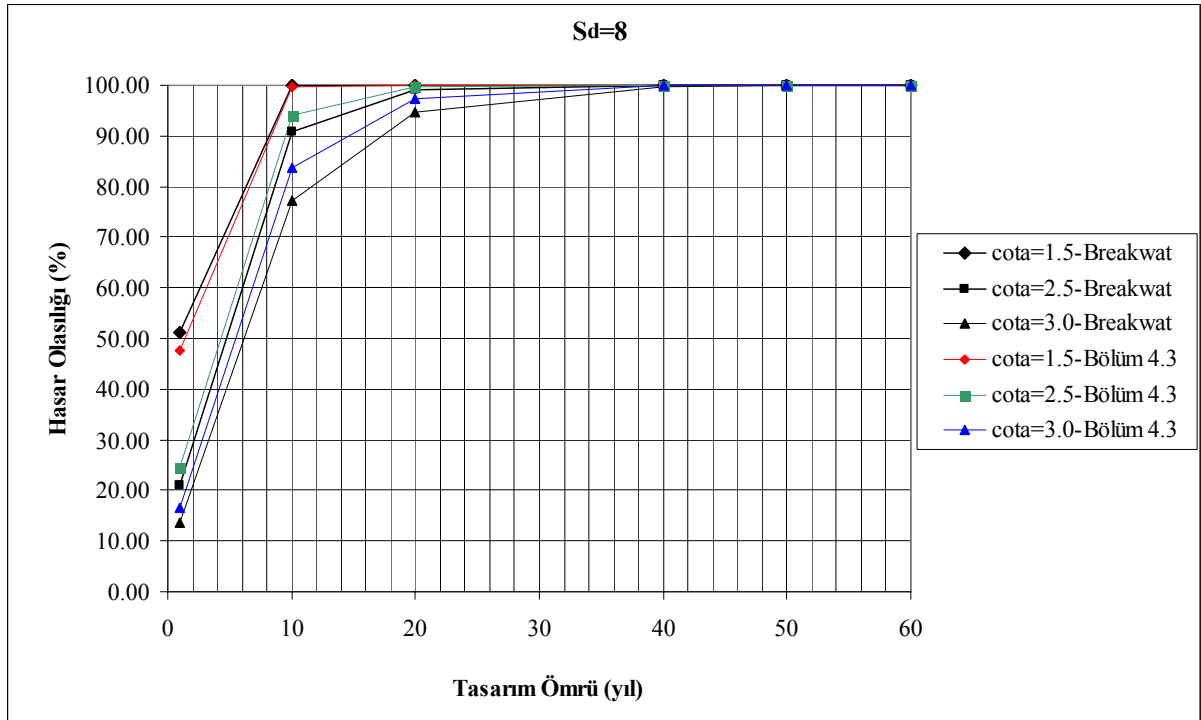
	Hasar Olasılıkları											
	BREAKWAT 3.0 Sonuçları (%)						Bölüm 4.3 (%)					
Tasarım Ömrü L_T , (yıl)	1	10	20	40	50	60	1	10	20	40	50	60
$S_d = 2$												
$\cot \alpha = 1.5$	50.98	99.92	100.00	100.00	100.00	100.00	47.61	99.84	100.00	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	20.87	90.38	99.07	99.99	100.00	100.00	24.51	93.99	99.64	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 3.0$	13.73	77.17	94.79	99.73	99.94	99.99	16.60	83.72	97.35	99.93	99.99	100.00
$S_d = 6$												
$\cot \alpha = 1.5$	51.08	99.92	100.00	100.00	100.00	100.00	47.61	99.84	100.00	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	20.76	90.24	99.05	99.99	100.00	100.00	24.51	93.99	99.64	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 3.0$	14.04	77.97	95.14	99.76	99.95	99.99	16.60	83.72	97.35	99.93	99.99	100.00
$S_d = 8$												
$\cot \alpha = 1.5$	51.16	99.92	100.00	100.00	100.00	100.00	47.61	99.84	100.00	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	21.15	90.71	99.14	99.99	100.00	100.00	24.51	93.99	99.64	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 3.0$	13.75	77.23	94.81	99.73	99.94	99.99	16.60	83.72	97.35	99.93	99.99	100.00



Şekil 5.16 $S_d = 2$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için) (% 60)



Şekil 5.17 $S_d = 6$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için) (% 60)

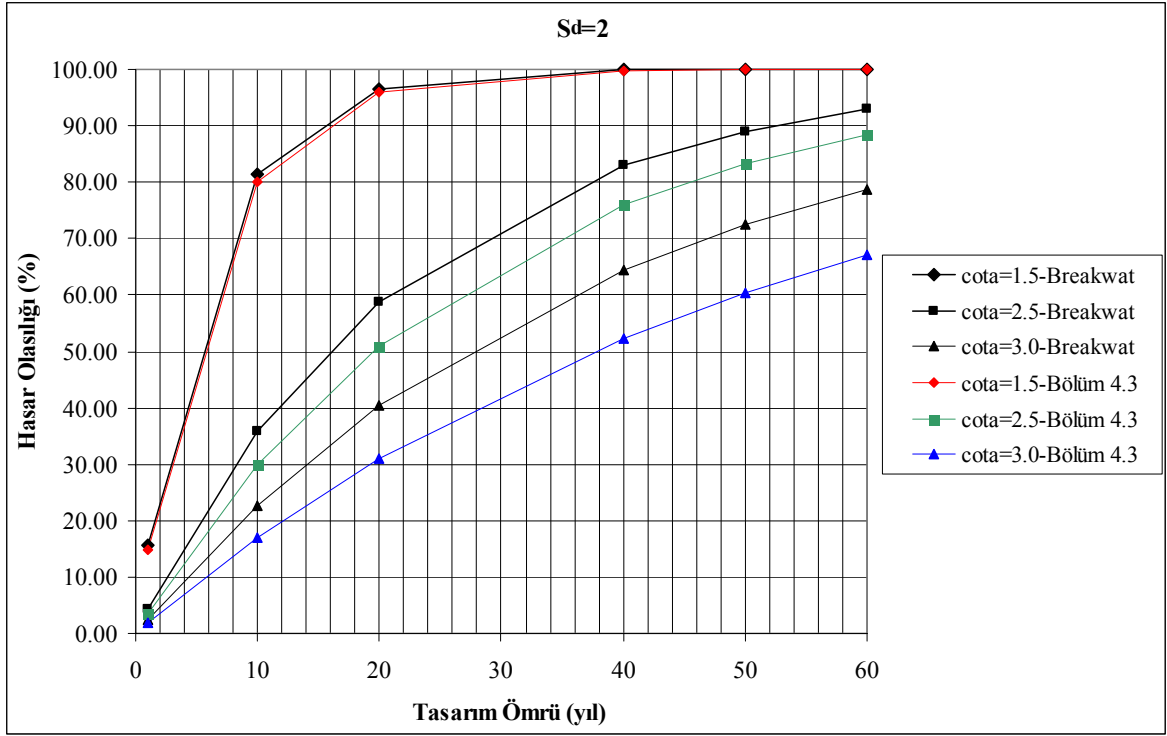


Şekil 5.18 $S_d = 8$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması
(A-A, B-B, R-R ve S-S kesitleri için) (% 60)

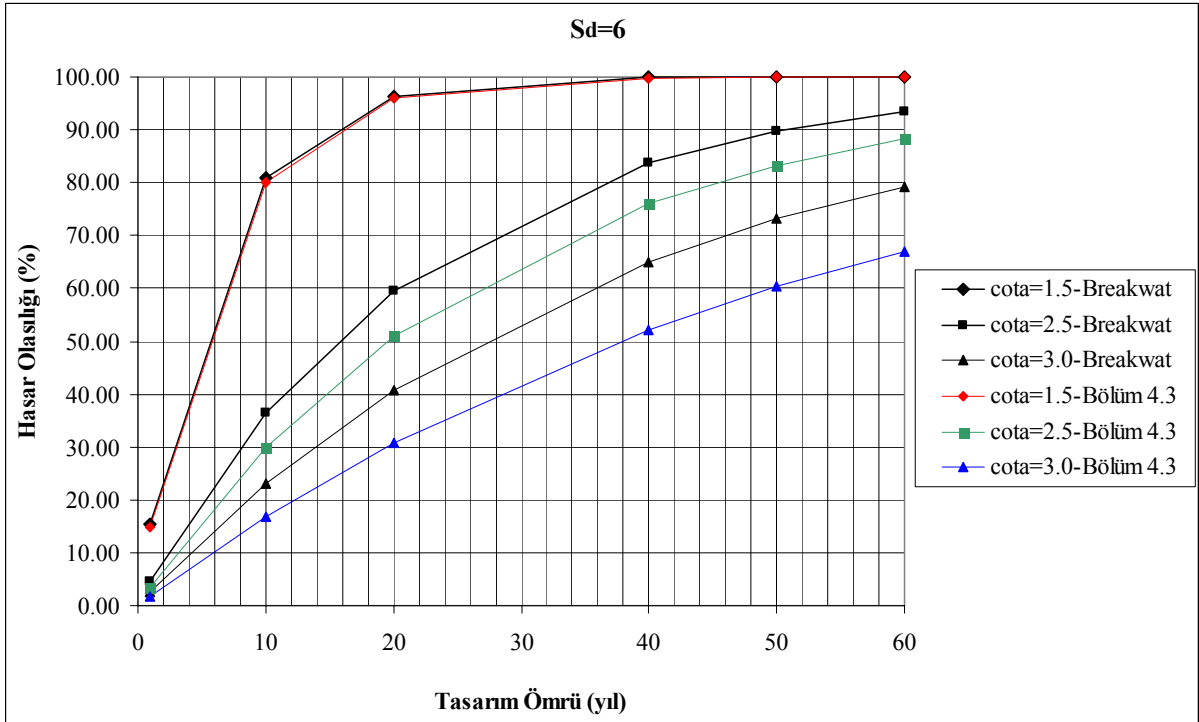
➤ C-C, L-L Kesitleri 2.Seviye risk analizi karşılaştırmaları (% 10 için)

Çizelge 5.9 C-C ve L-L kesitleri (% 10) için BREAKWAT ile ve Bölüm 4.3'te hesaplanan hasar olasılıklarının karşılaştırması

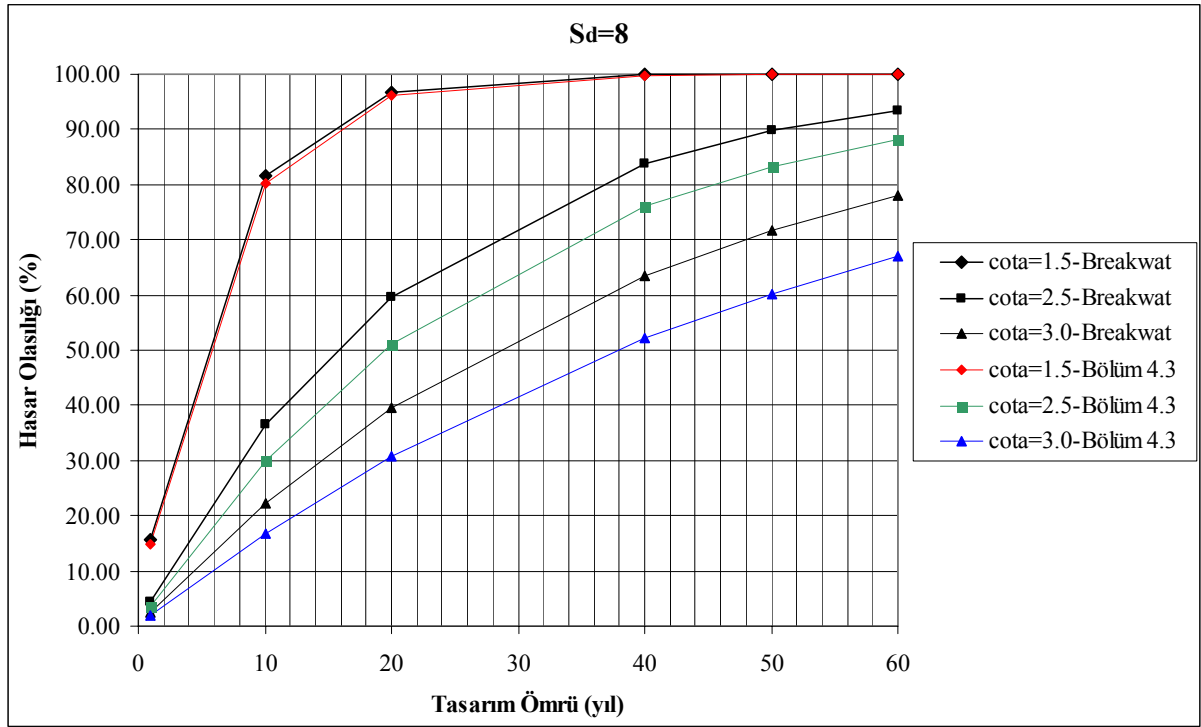
	Hasar Olasılıkları											
	BREAKWAT 3.0 Sonuçları (%)						Bölüm 4.3 (%)					
Tasarım Ömrü L_T , (yıl)	1	10	20	40	50	60	1	10	20	40	50	60
$S_d = 2$												
$\cot \alpha = 1.5$	15.50	81.44	96.55	99.88	99.98	100.00	14.92	80.13	96.05	99.84	99.97	99.99%
$\cot \alpha = 2.5$	4.32	35.73	58.70	82.94	89.04	92.95	3.51	30.04	51.06	76.05	83.25	88.28
$\cot \alpha = 3.0$	2.55	22.75	40.33	64.39	72.49	78.75	1.83	16.86	30.88	52.23	60.29	66.98
$S_d = 6$												
$\cot \alpha = 1.5$	15.28	80.94	96.37	99.87	99.97	100.00	14.92	80.13	96.05	99.84	99.97	99.99%
$\cot \alpha = 2.5$	4.43	36.43	59.59	83.67	89.62	93.40	3.51	30.04	51.06	76.05	83.25	88.28
$\cot \alpha = 3.0$	2.59	23.09	40.85	65.02	73.10	79.31	1.83	16.86	30.88	52.23	60.29	66.98
$S_d = 8$												
$\cot \alpha = 1.5$	15.58	81.62	96.62	99.89	99.98	100.00	14.92	80.13	96.05	99.84	99.97	99.99%
$\cot \alpha = 2.5$	4.45	36.55	59.74	83.79	89.71	93.47	3.51	30.04	51.06	76.05	83.25	88.28
$\cot \alpha = 3.0$	2.49	22.25	39.56	63.47	71.60	77.92	1.83	16.86	30.88	52.23	60.29	66.98



Şekil 5.19 $S_d = 2$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (C-C ve L-L kesitleri için) (% 10)



Şekil 5.20 $S_d = 6$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (C-C ve L-L kesitleri için) (% 10)

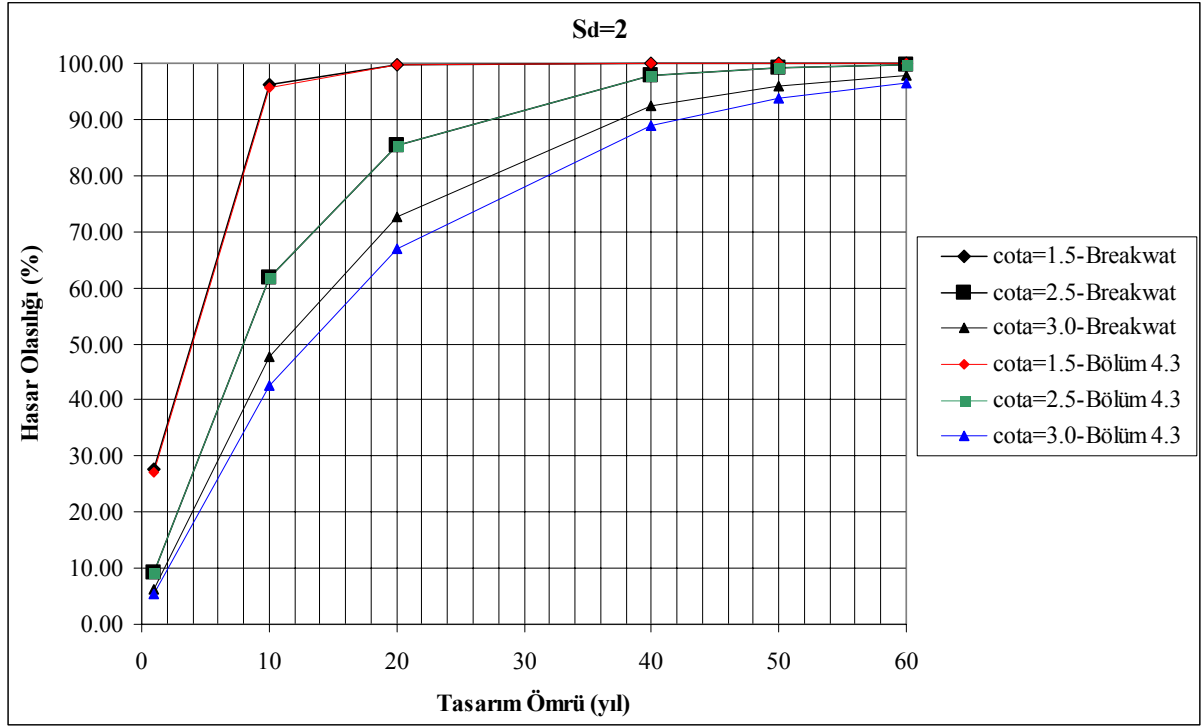


Şekil 5.21 $S_d = 8$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması
(C-C ve L-L kesitleri için) (% 10)

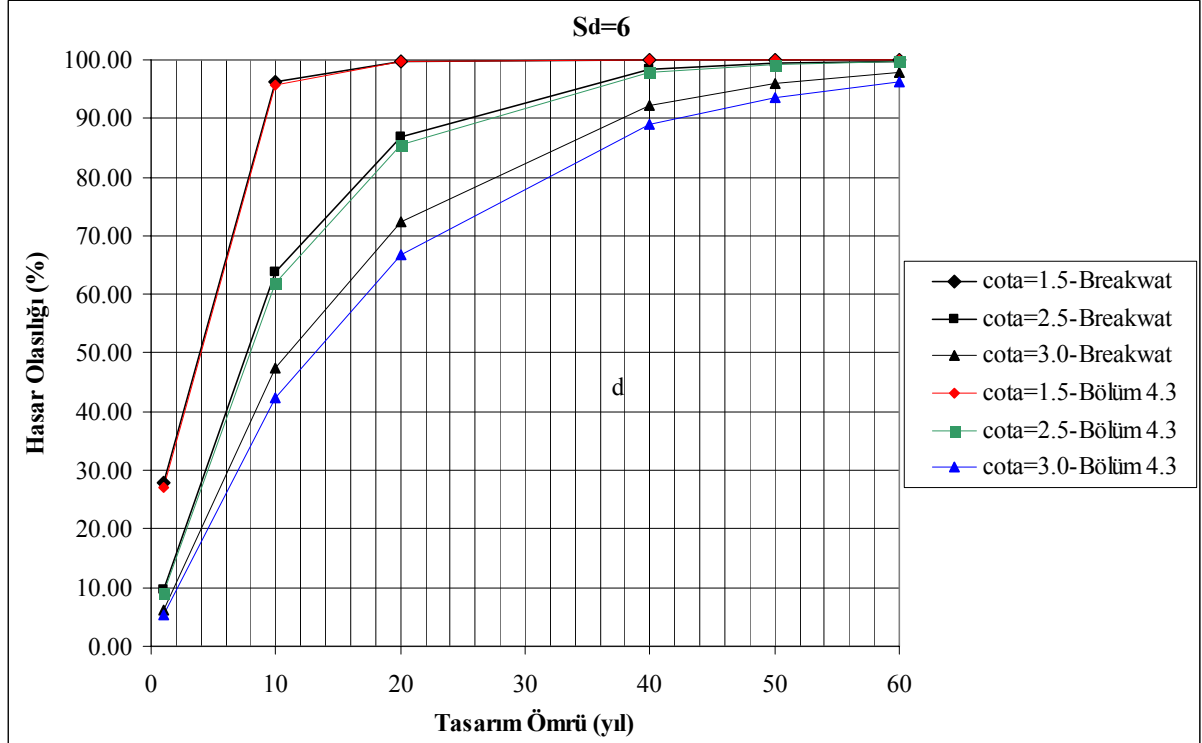
➤ C-C, L-L Kesitleri 2.Seviye risk analizi karşılaştırmaları (% 20 için)

Çizelge 5.10 C-C ve L-L kesitleri (% 20) için BREAKWAT ile ve Bölüm 4.3'te hesaplanan hasar olasılıklarının karşılaştırması

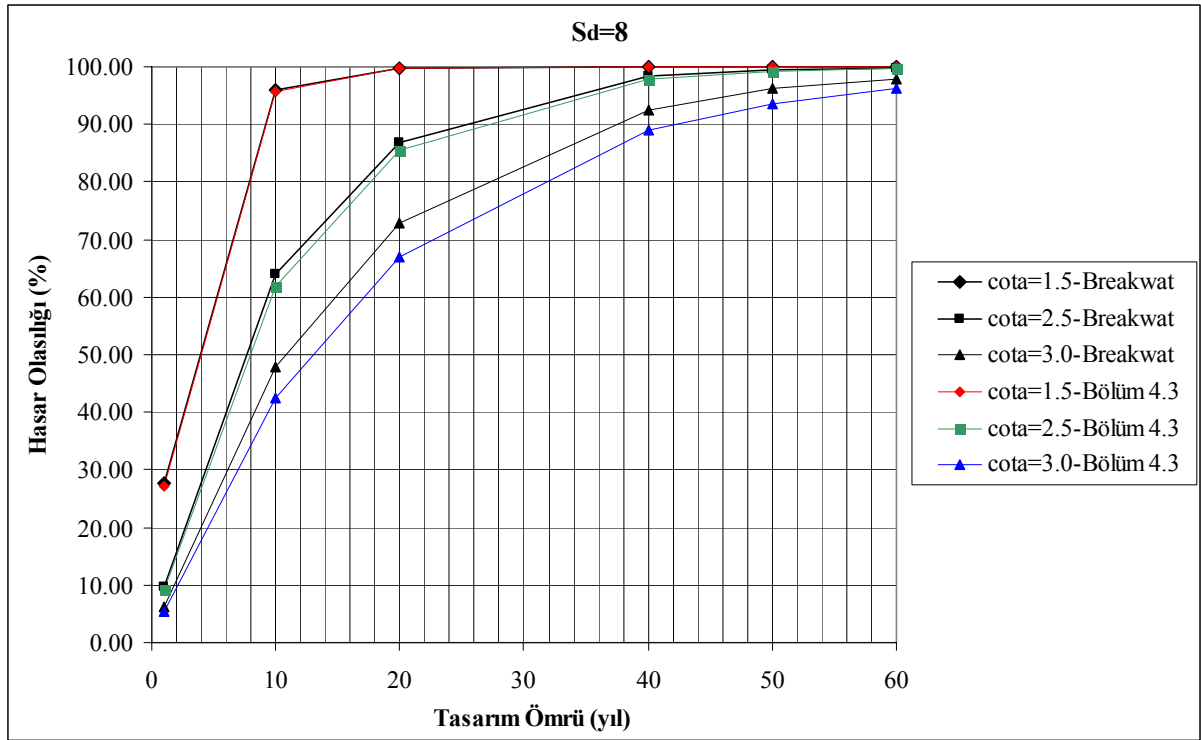
	Hasar Olasılıkları											
	BREAKWAT 3.0 Sonuçları (%)						Bölüm 4.3 (%)					
Tasarım Ömrü L_T , (yıl)	1	10	20	40	50	60	1	10	20	40	50	60
$S_d = 2$												
$\cot \alpha = 1.5$	27.67	96.08	99.85	100.00	100.00	100.00	27.09	95.76	99.82	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	9.17	61.78	85.39	97.87	99.18	99.69	9.18	61.82	85.42	97.88	99.19	99.69
$\cot \alpha = 3.0$	6.26	47.60	72.54	92.46	96.05	97.93	5.37	42.42	66.84	89.01	93.67	96.35
$S_d = 6$												
$\cot \alpha = 1.5$	27.93	96.22	99.86	100.00	100.00	100.00	27.09	95.76	99.82	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	9.66	63.80	86.90	98.28	99.38	99.78	9.18	61.82	85.42	97.88	99.19	99.69
$\cot \alpha = 3.0$	6.22	47.36	72.29	92.32	95.96	97.87	5.37	42.42	66.84	89.01	93.67	96.35
$S_d = 8$												
$\cot \alpha = 1.5$	27.64	96.07	99.85	100.00	100.00	100.00	27.09	95.76	99.82	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	9.68	63.89	86.96	98.30	99.39	99.78	9.18	61.82	85.42	97.88	99.19	99.69
$\cot \alpha = 3.0$	6.30	47.83	72.78	92.59	96.13	97.98	5.37	42.42	66.84	89.01	93.67	96.35



Şekil 5.22 $S_d = 2$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (C-C ve L-L kesitleri için) (% 20)



Şekil 5.23 $S_d = 6$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (C-C ve L-L kesitleri için) (% 20)

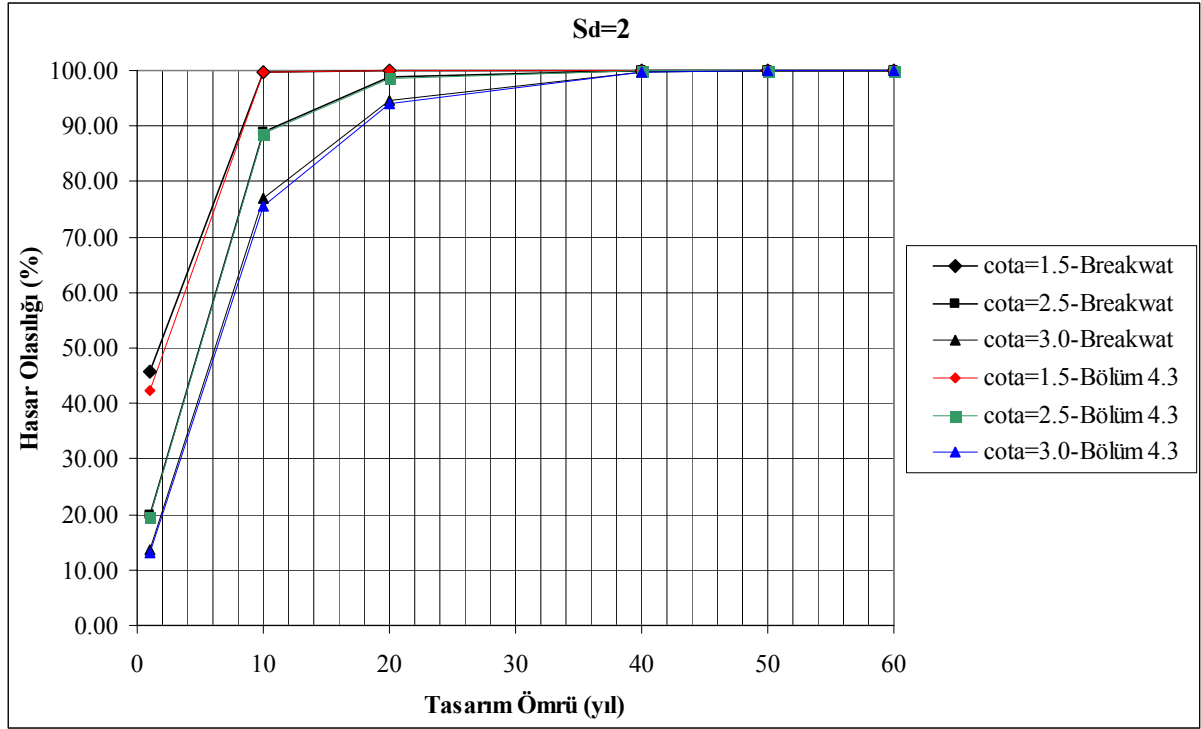


Şekil 5.24 $S_d = 8$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması
(C-C ve L-L kesitleri için) (% 20)

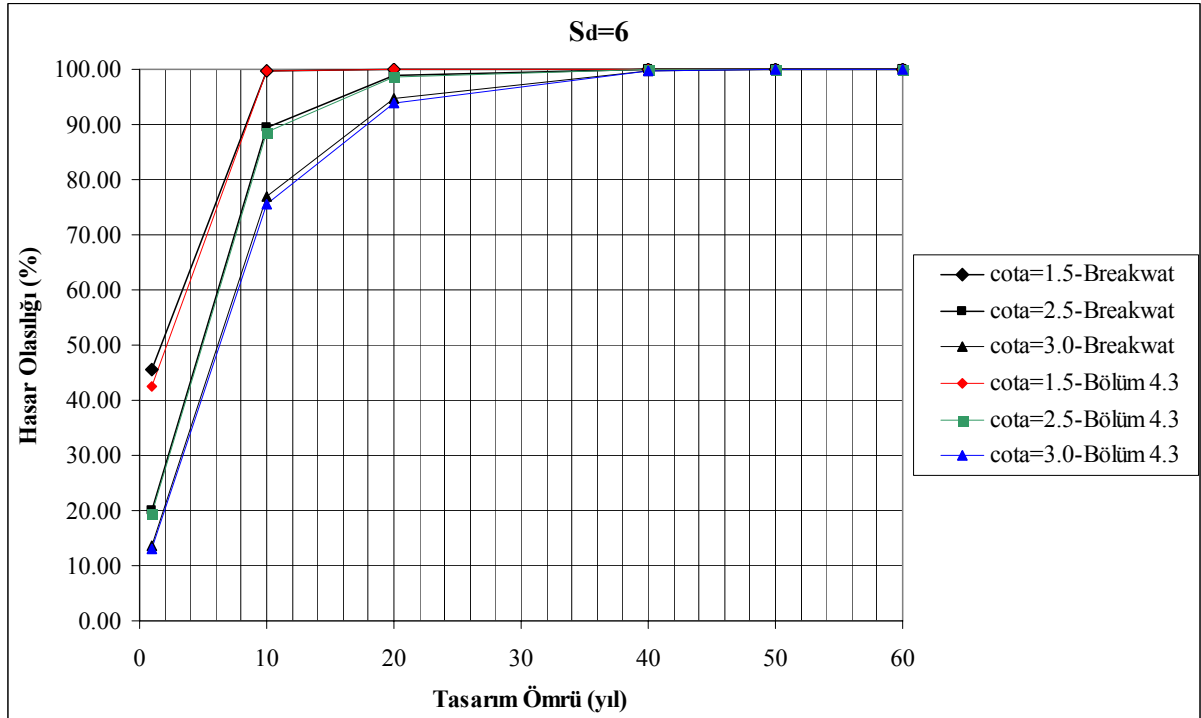
➤ C-C, L-L Kesitleri 2.Seviye risk analizi karşılaştırmaları (% 40 için)

Çizelge 5.11 C-C ve L-L kesitleri (% 40) için BREAKWAT ile ve Bölüm 4.3'te hesaplanan hasar olasılıklarının karşılaştırması

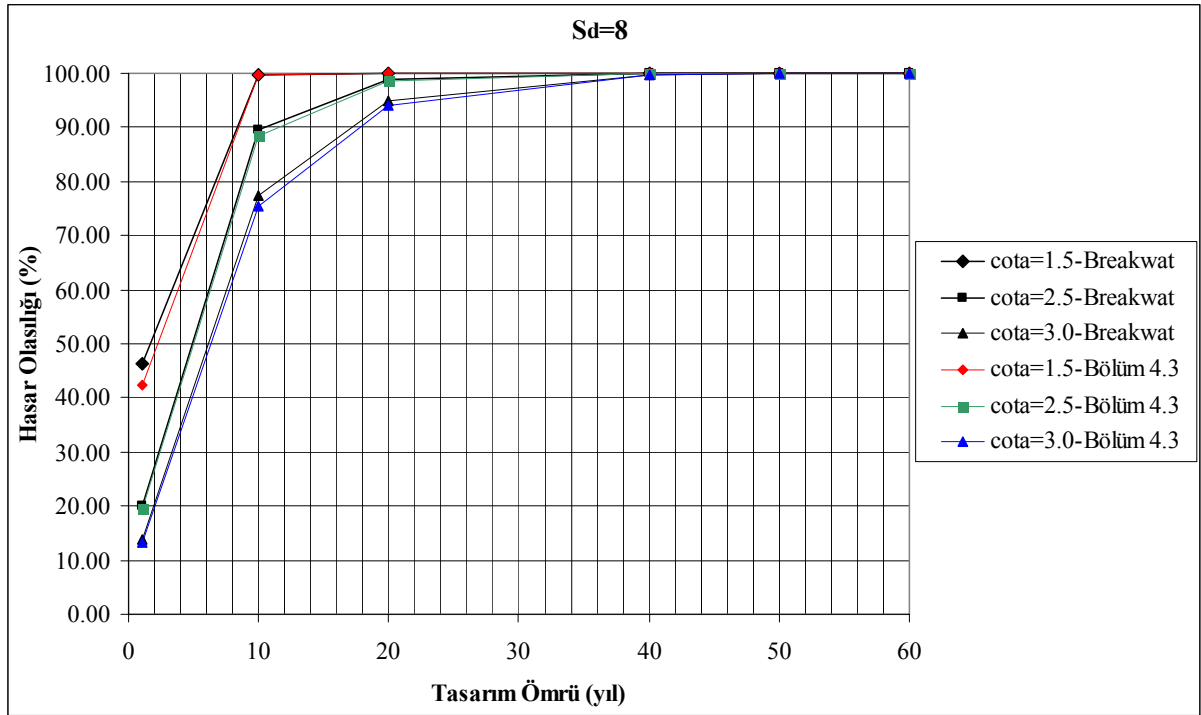
	Hasar Olasılıkları											
	BREAKWAT 3.0 Sonuçları (%)						Bölüm 4.3 (%)					
Tasarım Ömrü L_T , (yıl)	1	10	20	40	50	60	1	10	20	40	50	60
$S_d = 2$												
$\cot \alpha = 1.5$	45.68	99.78	100.00	100.00	100.00	100.00	42.47	99.60	100.00	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	19.79	88.98	98.79	99.99	100.00	100.00	19.49	88.56	98.69	99.98	100.00	100.00
$\cot \alpha = 3.0$	13.66	76.98	94.70	99.72	99.94	99.99	13.14	75.55	94.02	99.64	99.91	99.98
$S_d = 6$												
$\cot \alpha = 1.5$	45.50	99.77	100.00	100.00	100.00	100.00	42.47	99.60	100.00	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	20.13	89.44	98.88	99.99	100.00	100.00	19.49	88.56	98.69	99.98	100.00	100.00
$\cot \alpha = 3.0$	13.67	77.02	94.72	99.72	99.94	99.99	13.14	75.55	94.02	99.64	99.91	99.98
$S_d = 8$												
$\cot \alpha = 1.5$	46.33	99.80	100.00	100.00	100.00	100.00	42.47	99.60	100.00	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	20.18	89.51	98.90	99.99	100.00	100.00	19.49	88.56	98.69	99.98	100.00	100.00
$\cot \alpha = 3.0$	13.79	77.32	94.86	99.74	99.94	99.99	13.14	75.55	94.02	99.64	99.91	99.98



Şekil 5.25 $S_d = 2$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması
(C-C ve L-L kesitleri için) (% 40)



Şekil 5.26 $S_d = 6$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması
(C-C ve L-L kesitleri için) (% 40)

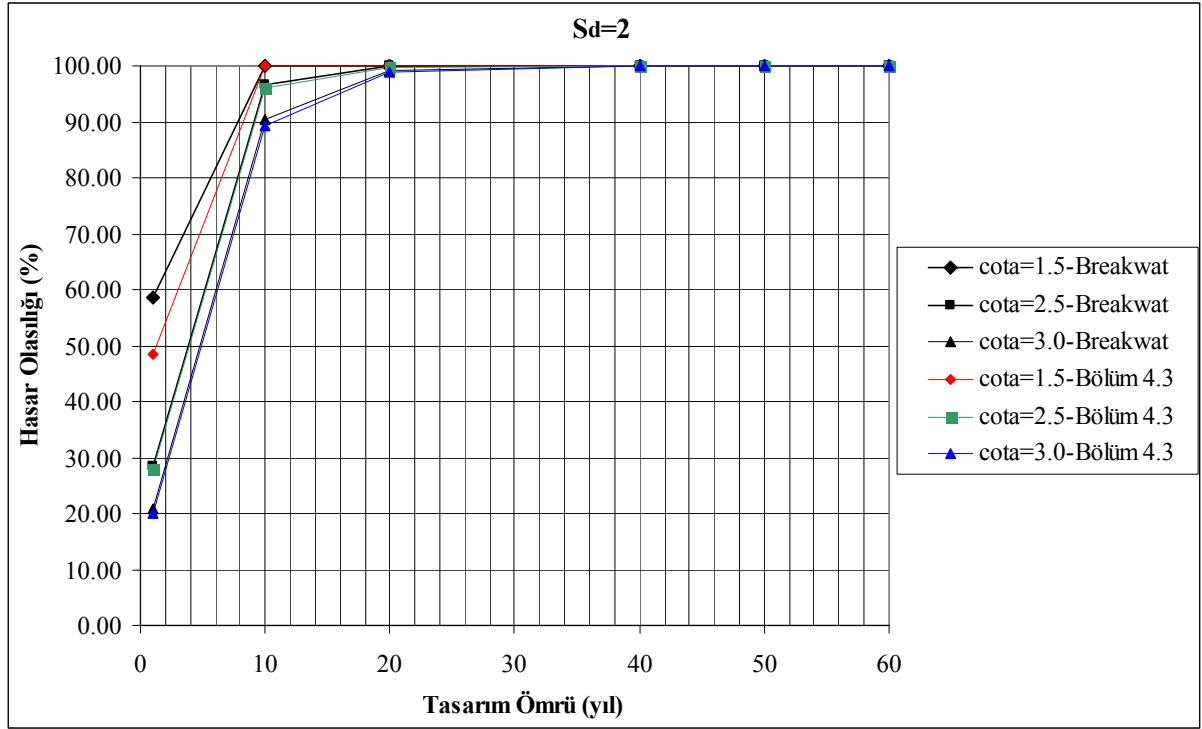


Şekil 5.27 $S_d = 8$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması
(C-C ve L-L kesitleri için) (% 40)

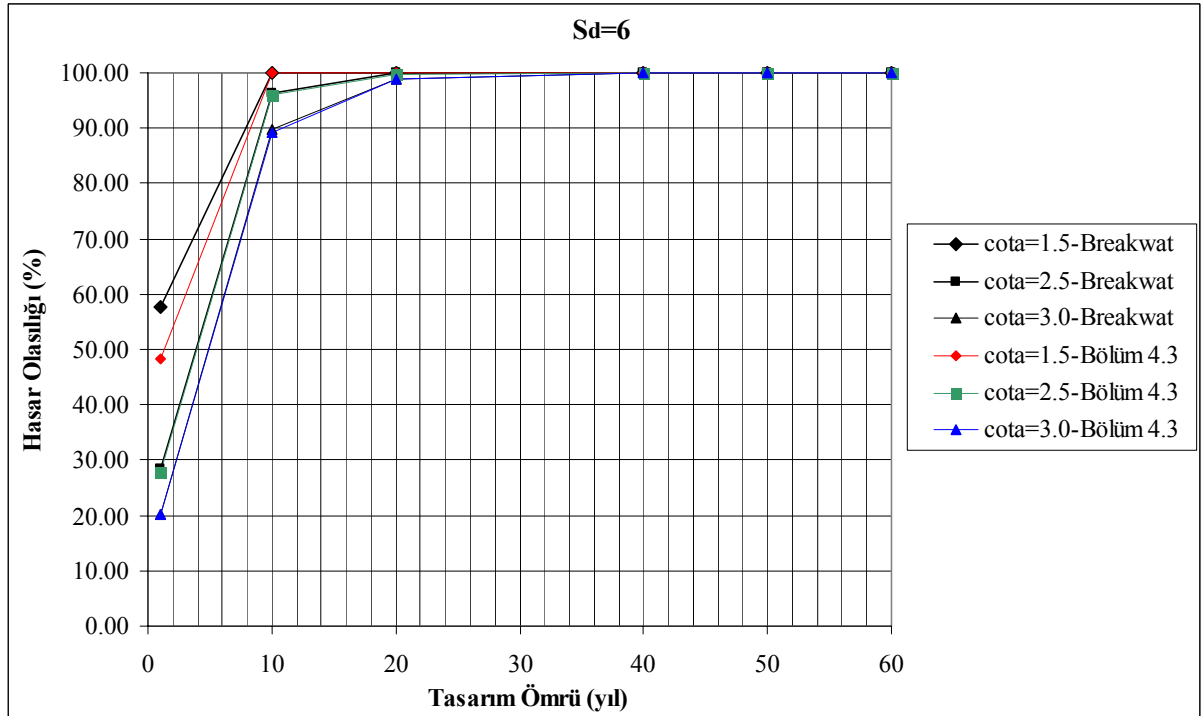
➤ C-C, L-L Kesitleri 2.Seviye risk analizi karşılaştırmaları (% 60 için)

Çizelge 5.12 C-C ve L-L kesitleri (% 60) için BREAKWAT ile ve Bölüm 4.3'te hesaplanan hasar olasılıklarının karşılaştırması

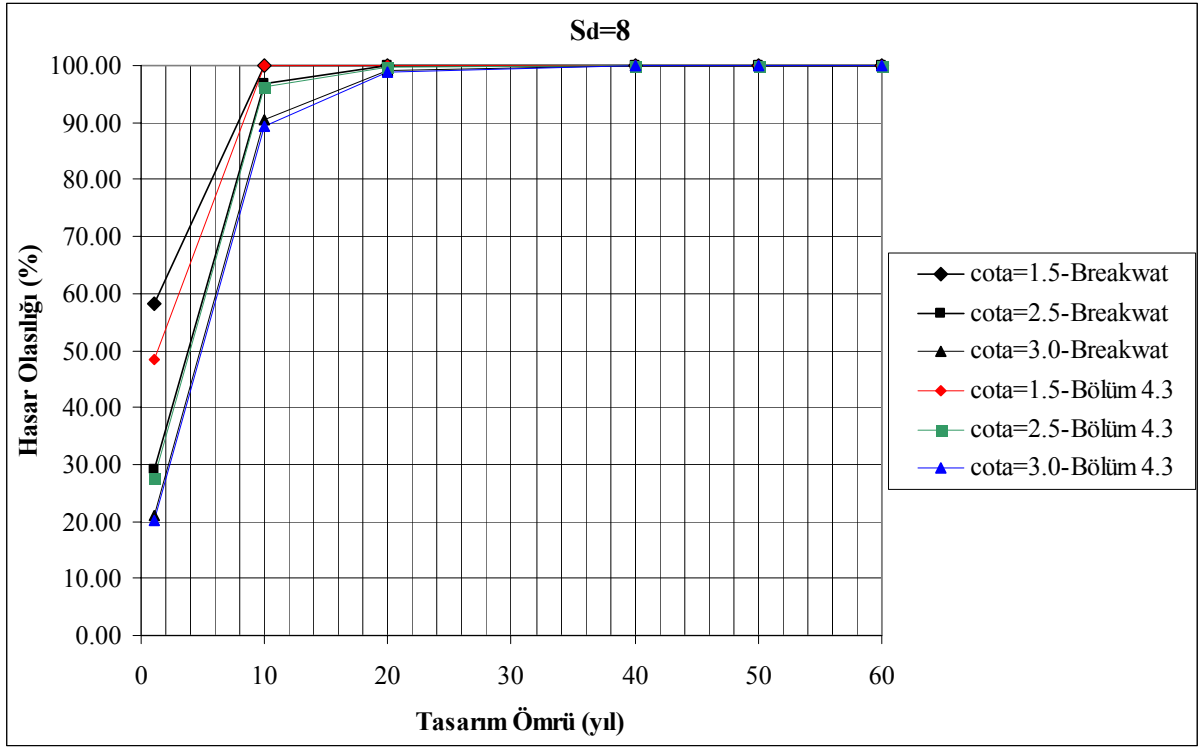
	Hasar Olasılıkları											
	BREAKWAT 3.0 Sonuçları (%)						Bölüm 4.3 (%)					
Tasarım Ömrü L_T , (yıl)	1	10	20	40	50	60	1	10	20	40	50	60
$S_d = 2$												
$\cot \alpha = 1.5$	58.55	99.99	100.00	100.00	100.00	100.00	48.40	99.87	100.00	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	28.58	96.55	99.88	100.00	100.00	100.00	27.76	96.13	99.85	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 3.0$	20.83	90.33	99.06	99.99	100.00	100.00	20.05	89.33	98.86	99.99	100.00	100.00
$S_d = 6$												
$\cot \alpha = 1.5$	57.79	99.98	100.00	100.00	100.00	100.00	48.40	99.87	100.00	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	28.35	96.44	99.87	100.00	100.00	100.00	27.76	96.13	99.85	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 3.0$	20.28	89.64	98.93	99.99	100.00	100.00	20.05	89.33	98.86	99.99	100.00	100.00
$S_d = 8$												
$\cot \alpha = 1.5$	58.12	99.98	100.00	100.00	100.00	100.00	48.40	99.87	100.00	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 2.5$	28.99	96.74	99.89	100.00	100.00	100.00	27.76	96.13	99.85	100.00	100.00	100.00
$\cot \alpha = 3.0$	20.94	90.46	99.09	99.99	100.00	100.00	20.05	89.33	98.86	99.99	100.00	100.00



Şekil 5.28 $S_d = 2$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (C-C ve L-L kesitleri için) (% 60)



Şekil 5.29 $S_d = 6$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması (C-C ve L-L kesitleri için) (% 60)



Şekil 5.30 $S_d = 8$ için 2.Seviye risk analizi hasar olasılığı sonuçlarının karşılaştırması
(C-C ve L-L kesitleri için) (% 60)

6. SONUÇLAR

Risk analizi potansiyel problemleri önceden belirleyerek, durumu aktif bir şekilde yönetmek ve planlamak için gerekli önlemlerin alınmasında fayda sağlayan bir süreçtir. Dolayısıyla herhangi bir sistemin veya bu tezin konusu olan taş dolgu dalgakıranlarda risk analizinin yapılması, gelecekte oluşabilecek hasarlar ile ilgili çok önemli bilgiler elde edilmesini sağlar. Bu çalışmada genel olarak kıyı yapılarını etkileyen risk parametreleri, bu parametrelerin etkileri ve farklı risk analizi yöntemlerinin izlendiği Karaburun balıkçı barınağı dalgakıranının farklı koşullar altında uğrayabileceği hasar olasılıkları incelenmiştir.

Karaburun balıkçı barınağı, İstanbul Boğazı'nın Karadeniz'e açıldığı kesimin batısında yer almakta olup 412 m uzunluğunda ana dalgakırana ve 110 m uzunluğunda tali dalgakırana sahiptir. Taş dolgu tipinde yapılan dalgakıranlar mevcut durumda küp ve ocak taşı ile imal edilmişlerdir. Ancak projelendirme hatası ve hatalı kıyı uygulamaları sonucu dalgakıran zamanla hasara uğramış ve ayrıca kumlanma problemiyle karşı karşıya kalındığından hizmet veremez duruma gelmiştir.

Bu durumdaki dalgakıranın rüzgar istatistiklerinden yararlanarak ve Van der Meer (1987) ifadeleri kullanılarak PIANC'ın (1997) önerdiği 1.Seviye risk analizi yöntemleri uygulanmış ve farklı hasar olasılıkları için yeni taş ağırlıkları bulunmuştur. Bulunan taş ağırlıkları CUR/CIRIA (1991), CEM (2001) ve Reeve (2004) referans alınarak belirlenen 2.Seviye yöntemlerin uygulamasında kullanılarak, taş ağırlıklarına karşılık gelen yeni hasar olasılıkları elde edilmiştir. 2.Seviye olasılık yöntemlerini kullanan BREAKWAT 3.0 programı ile aynı taş ağırlıkları incelenerek hasar olasılıkları belirlenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

DLH 4.Bölge Müdürlüğü'nün tutmuş olduğu Karaburun balıkçı barınağı ile ilgili kısıtlı raporlar incelendiğinde, barınak dalgakıranlarının fırtınalardan sıklıkla olumsuz etkilenerek hasar gördüğü gözlemlenmiştir. Bu nedenle DLH Genel Müdürlüğü'nün dalgakıranları küp bloklar kullanarak takviye etmesine rağmen, bu blokların da yerinden oynadıkları belirlenmiştir.

Karaburun balıkçı barınağı için belirlenen taş ağırlıklarının hasar olasılıkları, yöreye ait dalga verilerinin etkin olması durumunda oldukça yüksektir. Dalgakıran şev eğiminin artırılması olasılıkların düşmesini sağlamaktadır. Ayrıca Bölüm 4.3'te 2.Seviye risk analizinden hesaplanan sonuçlar ile BREAKWAT 3.0 programından elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında aynı tasarım ömürlerine karşılık gelen hasar olasılıklarının birbirleriyle

oldukça uyumlu olduğu görülmüştür.

Böylece Bölüm 4.3'te 2.Seviye risk analizinden elde edilen sonuçların ve hesap yönteminin doğruluğu belirlenmiştir. Ayrıca Bölüm 4.3'te sadece hasar seviyesi, S_d , tasarım dalga yüksekliği, H_s , taş çapı, D_{n50} ve taş rölatif özgül kütlesi, Δ , parametrelerinin dikkate alınmasına karşın sonuçların Van der Meer (1987) ifadelerindeki tüm parametreleri dikkate alan BREAKWAT 3.0 programı ile uyumlu çıkmasının, bu parametrelerin risk analizinde hasar olasılığının bulunması üzerindeki etkisinin önemini göstermiştir. Ancak 2.Seviye yöntemlerden elde edilen sonuçlar ile 1.Seviye sonuçları arasındaki büyük farklılık dikkat çekicidir. 2.Seviye risk analizinde, sistemlerin farklı değişkenleri dikkate alınarak olasılık dağılımı yöntemleri kullanılmaktadır. Buna göre; kısmi katsayılar esasına dayanan 1.Seviye risk analizi yöntemlerinin, dalgakıranlarda taş ağırlıklarının belirlenmesi için belirli bir yaklaşım sağlaması dışında güvenilirliğinin düşük olduğu görülmektedir.

Yapılan bu çalışma veri eksikliği olması durumunda bile, farklı tasarım koşullarına sahip dalgakıranlar üzerinde yapılan çalışmalar referans alınarak ve belirli bazı yaklaşımlar getirerek, önemli deniz yapılarında farklı koşullar için hasar olasılıklarının ve dolayısıyla tasarım yöntem ve esaslarının belirlenmesi amacıyla özellikle 2.Seviye risk analizinin yapılmasının gerekliliğini göstermiştir.

KAYNAKLAR

Baykul, Y., (1996), İstatistik Yöntemler ve Uygulamaları, Yaşar BAYKUL, Ankara.

Burchart, H.F., (2001), Design of Coastal Project Elements - Chapter 6/Reliability Based Design of Coastal Structures, Coastal Engineering Manual, EM 1110-2-1100 (Part VI), 30 Sep 2001.

CERC, (1984), Shore Protection Manual (SPM), USA.

CUR/CIRIA, (1991), Manual On The Use of Rock in Coastal and Shoreline Engineering, CUR Report 154, CIRIA Special Publication 83, London.

Çevik, E., (2005), “Kıyı Mühendisliği’nde İstatistik Yöntemler Ders Notları”, İstanbul.

Özaydın, K., (2003), Zemin Mekaniği, Birsen Yayınevi, İstanbul.

PIANC, (1992), “Analysis of Rubble Mound Breakwaters, Report of Working Group 12 of the Permanent Technical Committee II”, Permanent International Association of Navigation Congresses, Supplement to Bulletin No. 78/79, Brussels.

Redeker, F., (1985), Probabilistic Approach of Cover Layer Material, Delft University of Technology, Delft.

Reeve, D., Chadwick, A. ve Fleming, C., (2004), Coastal Engineering Processes, Theory and Design Practice, Spon Press, New York.

Thompson, D.M. ve Shuttler, R.M., (1975), “Riprap design for wind-wave attack-a laboratory study in random waves/Report EX 707”, Hydraulics Research, Wallingford.

Van der Meer, J.W., (1988a), Rock Slopes and Gravel Beaches Under Wave Attack, Doctoral Thesis, Delft University of Tehnology; also Delft Hydraulics Communication No: 396.

Van der Meer, J.W., (1988), “Deterministic and Probabilistic Design of Breakwater Armor Layers”, ASCE Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, 114(1):66-80.

Yüksel, Y., Çevik, E. ve Çelikoğlu, Y., (1998), Kıyı ve Liman Mühendisliği, İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, Ankara.

Yüksel, Y. ve Çevik, E., (2003), “Dalgakıran Tasarımı Ders Notları”, İstanbul.

Yüksel, Y., Yalçiner, A.C., Çevik, E., Güler, I. ve Arı, A., (2003), “Karaburun Balıkçı Barınağı Kumlanma Problemi ve Kıyı Çizgisi Değişimi-1.Rapor”, İstanbul.

Yüksel, Y., Yalçiner, A.C., Çevik, E., Güler, I. ve Arı, A., (2003), “Karaburun Balıkçı Barınağı Kumlanma Problemi ve Yeniden Planlanması-2.Rapor”, İstanbul.

İNTERNET KAYNAKLARI

<http://www.mesa.edu.au/>

<http://www.wldelft.nl/>

<http://chl.erd.c.usace.army.mil/>

<http://www.coastal.udel.edu//coastal.html>

http://users.coastal.ufl.edu/~sheppard/eoc6430/Coastal_Engineering_Manual.htm

<http://www.feetfirst.cc/Kaleidascope.htm>

www.aeri.org.tr/seminer%20deposu/EKONOM~1.pdf

<http://www.ihe.nl/vmp/articles/contentsHomePage.html>

EKLER

- Ek 1 Tasarım Dalgası'nın Belirlenmesi için Kırılma Hesapları
- Ek 2 Weibull dağılımına bağlı dalga yükseklikleri grafikleri
- Ek 3 Standart Normal Dağılım Tablosu (z 'nin $-\infty$ ile 0.00 aralığındaki kısmı)
- Ek 4 Standart Normal Dağılım Tablosu (z 'nin 0.00 ile $+\infty$ aralığındaki kısmı)

Ek 1 Tasarım Dalgası'nın Belirlenmesi için Kırılma Hesapları

➤ $H_1 = 4.30$ m ve dalga geliş açısı $\alpha_0 = 27^\circ$ olduğuna göre (Yüksel vd., 2003);

$$H'_0 = H_0 \times K_r \quad (\text{Ek 1.1})$$

❖ $K_r = 1$ kabulü yapılırsa;

$$H'_0 = H_0 = 4.30 \text{ m}$$

$$\frac{H_o}{L_o} = 0.042 \text{ (Karadeniz deniz koşulları için kullanılabilir) (Yüksel, 1998)} \quad (\text{Ek 1.2})$$

$$\Rightarrow L_0 = \frac{4.30}{0.042} = 102.38 \text{ m}$$

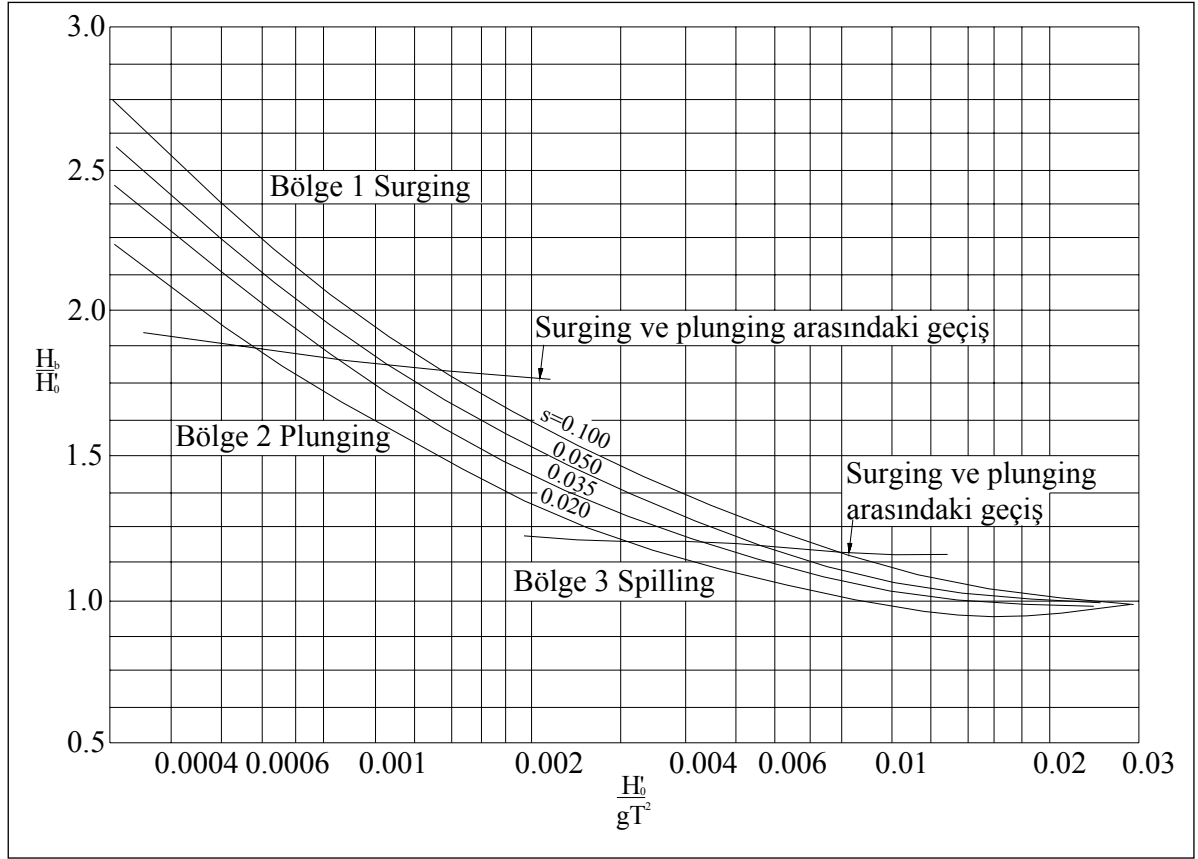
$$\Rightarrow L_0 = 1.56 \times T^2 \text{ (Yüksel vd., 1998)} \quad (\text{Ek 1.3})$$

$$\Rightarrow T = \sqrt{\frac{102.38}{1.56}} = 8.1 \text{ sn}$$

$$\text{Taban eğimi; } m = \frac{1}{20} = 0.05$$

$$\frac{H'_0}{gT^2} = \frac{4.30}{9.81 \times 8.1^2} = 0.0067 \text{ ise;}$$

Kırılan dalga yüksekliğinin (H_b) değişimi grafiğinden (Şekil Ek 1.1);



Şekil Ek 1.1 Kırılan dalga yüksekliğinin (H_b) değişimi (Yüksel, 1998)

$$m = 0.05 \text{ için } \frac{H_b}{H_0} = 1.15 \text{ okunur;}$$

$$H_b = 1.15 \times 4.30 = 4.95 \text{ m}$$

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{4.95}{9.81 \times 8.1^2} = 0.0077$$

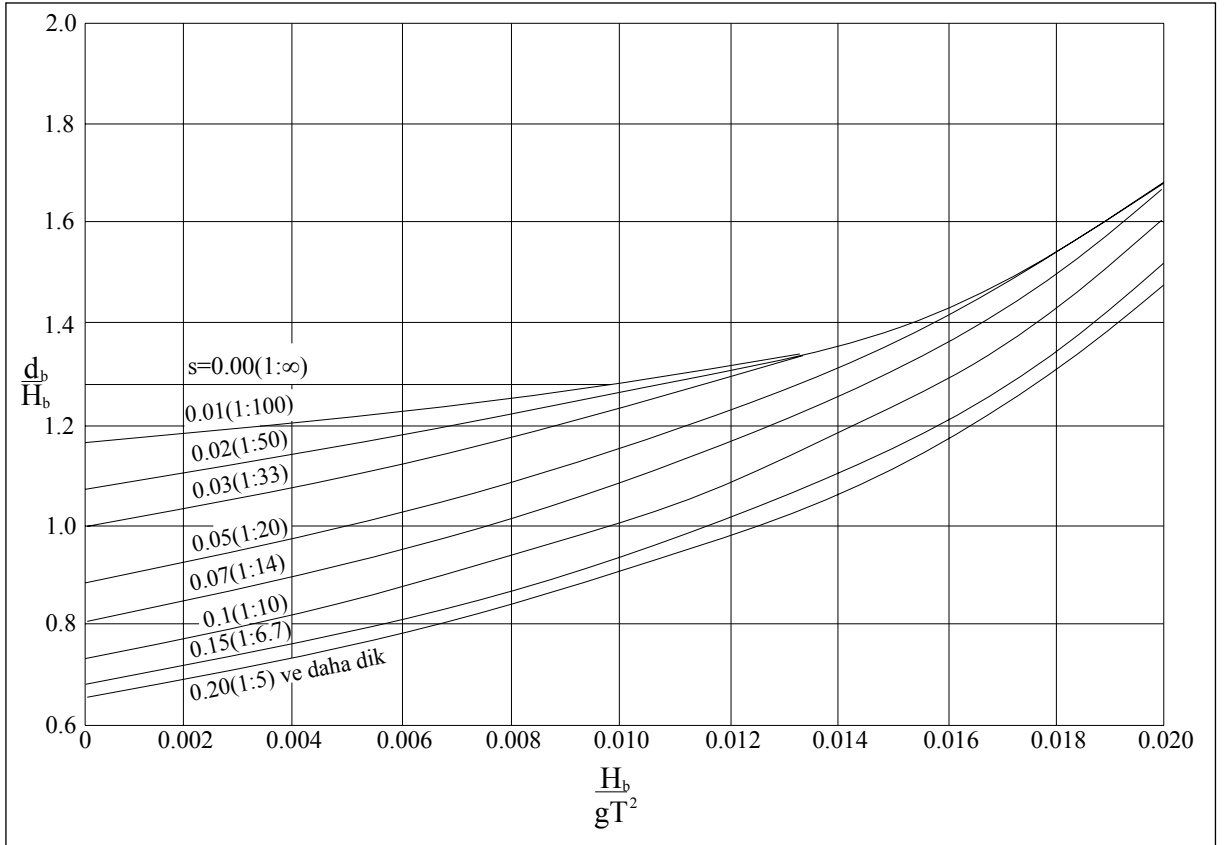
Boyutsuz kırılma yüksekliğinin değişimi grafiğinden (Şekil Ek 1.2);

$$m = 0.05 \text{ için } \frac{d_b}{H_b} = 1.09 \text{ okunur.}$$

$$d_b = 4.95 \times 1.09 = \mathbf{5.39 \text{ m}} \text{ bulunur.}$$

$$\frac{d_b}{L_o} = \frac{5.39}{102.38} = 0.0526 \text{ ADKT'den (Çizelge Ek 1.1);}$$

$$\Rightarrow \tanh(kd) = 0.5447 \text{ okunur.}$$



Şekil Ek 1.2 Boyutsuz kırılma yüksekliğinin değişimi (Yüksel, 1998)

Çizelge Ek 1.1 Ağırlık dalgaları karakteristiklerinin değişimi (Yüksel vd., 1998)

d/L_0	d/L	kd	$\tanh(kd)$	$\sinh(kd)$	$\cosh(kd)$	K_s	n
0.000	0	0	0		1	∞	1
0.005	.02836	.1782	.1764	.1791	.0159	1.692	.9896
0.010	.04032	.2330	.2480	.2560	.0322	1.435	.9792
0.015	.04964	.3119	.3022	.3170	.0490	1.307	.9690
0.020	.05763	.3621	.3470	.3701	.0663	1.226	.9588
0.025	.06478	.4070	.3860	.4184	.0840	1.168	.9488
0.030	.07135	.4483	.4205	.4634	.1021	1.125	.9388
0.035	.07748	.4868	.4517	.5064	.1209	1.092	.9289
0.040	.08329	.5233	.4802	.5475	.1401	1.064	.9192
0.045	.08883	.5581	.5066	.5876	.1599	1.042	.9095
0.050	.09416	.5916	.5310	.6267	.1802	1.023	.8999
0.055	.09930	.6239	.5538	.6652	.2011	1.007	.8905
0.060	.1043	.6553	.5753	.7033	.2225	.9932	.8811
0.065	.1092	.6860	.5954	.7411	.2447	.9815	.8719
0.070	.1139	.7157	.6144	.7783	.2672	.9713	.8627
0.075	.1186	.7453	.6324	.8162	.2908	.9624	.8537
0.080	.1232	.7741	.6493	.8538	.3149	.9548	.8448
0.085	.1277	.8026	.6655	.8915	.3397	.9481	.8360
0.090	.1322	.8306	.6808	.9295	.3653	.9422	.8273
0.095	.1366	.8583	.6953	.9677	.3917	.9371	.8187
0.100	.1410	.8858	.7093	1.006	.4187	.9327	.8103
0.110	.1496	.9400	.7352	1.085	.4752	.9257	.7937
0.120	.1581	.9936	.7589	1.165	.5356	.9204	.7776
0.130	.1665	1.046	.7804	1.248	.5990	.9169	.7621
0.140	.1749	1.099	.8002	1.334	.6670	.9146	.7471
0.150	.1833	1.052	.8183	1.424	.7400	.9133	.7325
0.160	.1917	1.204	.8349	1.517	.8170	.9130	.7184
0.170	.2000	1.257	.8501	1.614	.8990	.9134	.7050
0.180	.2083	1.309	.8640	1.716	.9860	.9145	.6920
0.190	.2167	1.362	.8767	1.823	2.079	.9161	.6796
0.200	.2251	1.414	.8884	1.935	2.178	.9181	.6677
0.210	.2336	1.468	.8991	2.055	2.285	.9205	.6563
0.220	.2421	1.521	.9088	2.178	2.397	.9231	.6456
0.230	.2506	1.575	.9178	2.311	2.518	.9261	.6353
0.240	.2592	1.629	.9259	2.450	2.647	.9291	.6256
0.250	.2679	1.683	.9332	2.599	2.784	.9323	.6164
0.260	.2766	1.738	.9400	2.755	2.931	.9356	.6076
0.270	.2854	1.793	.9461	2.921	3.088	.9390	.5994
0.280	.2942	1.849	.9516	3.097	3.254	.9423	.5917
0.290	.3031	1.905	.9567	3.284	3.433	.9456	.5845
0.300	.3121	1.961	.9611	3.483	3.624	.9490	.5777
0.320	.3302	2.075	.9690	3.919	4.045	.9553	.5655
0.340	.3468	2.190	.9753	4.413	4.525	.9613	.5548
0.360	.3672	2.307	.9804	4.974	5.072	.9667	.5457
0.380	.3860	2.435	.9845	5.609	5.697	.9717	.5380
0.400	.4050	2.544	.9877	6.329	6.407	.9761	.5214
0.420	.4241	2.665	.9904	7.146	7.215	.9798	.5258
0.440	.4434	2.786	.9924	8.075	8.136	.9832	.5212
0.460	.4628	2.908	.9941	9.132	9.186	.9860	.5173
0.480	.4822	3.030	.9953	10.32	10.37	.9885	.5142
0.500	.5018	3.153	.9964	11.68	11.72	.9905	.5115

$$\sin \alpha_b = \tanh(kd) \times \sin \alpha_0 \quad (\text{Ek 1.4})$$

$$\Rightarrow \sin \alpha_b = 0.5447 \times \sin 27 \Rightarrow \alpha_b = 14.31^\circ$$

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_o}{\cos \alpha_b}} \quad (\text{Ek 1.5})$$

$$\Rightarrow \sqrt{\frac{\cos 27}{\cos 14.31}} = 0.94 \neq 1 \quad \underline{\text{uygun değil !}}$$

❖ $K_r = 0.94$ kabulü yapılırsa;

$$H'_0 = H_0 \times K_r$$

$$H'_0 = 4.30 \times 0.94 = 4.04 \text{ m}$$

$$\frac{H_o}{L_o} = 0.042 \Rightarrow L_0 = 102.38 \text{ m} \Rightarrow L_0 = 1.56 \times T^2 \Rightarrow T = \sqrt{\frac{102.38}{1.56}} = 8.1 \text{ sn}$$

Taban eğimi; $m = \frac{1}{20} = 0.05$

$$\frac{H'_0}{gT^2} = \frac{4.04}{9.81 \times 8.1^2} = 0.0063$$

Kırılan dalga yüksekliğinin (H_b) değişimi grafiğinden (Şekil Ek 1.1);

$$m = 0.05 \text{ için } \frac{H_b}{H'_0} = 1.20 \text{ okunur;}$$

$$H_b = 1.20 \times 4.04 = 4.85 \text{ m}$$

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{4.85}{9.81 \times 8.1^2} = 0.0075$$

Boyutsuz kırılma yüksekliğinin değişimi grafiğinden (Şekil Ek 1.2);

$$m = 0.05 \text{ için } \frac{d_b}{H_b} = 1.08 \text{ okunur.}$$

$$d_b = 4.85 \times 1.08 = \mathbf{5.24 \text{ m}} \text{ bulunur.}$$

$$\frac{d_b}{L_o} = \frac{5.24}{102.38} = 0.0512 \text{ ADKT'den (Çizelge Ek 1.1);}$$

$$\Rightarrow \tanh(kd) = 0.5492 \text{ okunur.}$$

$$\Rightarrow \sin \alpha_b = \tanh(kd) \times \sin \alpha_0 \Rightarrow \sin \alpha_b = 0.5492 \times \sin 27 \Rightarrow \alpha_b = 14.44^\circ$$

$$\Rightarrow K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_o}{\cos \alpha_b}} = \sqrt{\frac{\cos 27}{\cos 14.44}} = 0.94 \cong 0.94 \text{ uygun!}$$

➤ Dalgakıran kesitlerindeki (Şekil 4.7) derinlik 4 ve 5 m olduğundan dalga, dalgakırana gelmeden kırılır. Dolayısıyla bu derinliklerdeki tasarım dalga yüksekliğini bulmak gerekir;

❖ A-A, B-B, R-R ve S-S kesitlerinde $d_b = 5$ m için çözüm yapılırsa;

$\frac{H_b}{gT^2}$ ve $\frac{d_b}{H_b}$ boyutsuzlarının çarpımından $\frac{d_b}{gT^2}$ elde edilir (Yüksel, 1998).

$$\frac{d_b}{gT^2} = \frac{5}{9.81 \times 8.1^2} = 0.0078 \text{ yaklaşımı kullanılarak } \frac{H_b}{gT^2} = 0.0078 \text{ seçilsin,}$$

Boyutsuz kırılma yüksekliğinin değişimi grafiğinden (Şekil Ek 1.2);

$$\frac{d_b}{H_b} = 1.1 \text{ okunur.}$$

$$\frac{d_b}{gT^2} = 1.1 \times 0.0078 = 0.0085 \neq 0.0078 \text{ uygun değil !}$$

$$\checkmark \frac{H_b}{gT^2} = 0.0070 \text{ seçilsin,}$$

Boyutsuz kırılma yüksekliğinin değişimi grafiğinden (Şekil Ek 1.2);

$$\frac{d_b}{H_b} = 1.07 \text{ okunur.}$$

$$\frac{d_b}{gT^2} = 1.07 \times 0.0070 = 0.0075 \neq 0.0078 \text{ uygun değil !}$$

$$\checkmark \frac{H_b}{gT^2} = 0.0067 \text{ seçilsin,}$$

Boyutsuz kırılma yüksekliğinin değişimi grafiğinden (Şekil Ek 1.2);

$$\frac{d_b}{H_b} = 1.04 \text{ okunur.}$$

$$\frac{d_b}{gT^2} = 1.04 \times 0.0067 = \mathbf{0.0068 \cong 0.0067} \text{ uygun !}$$

O halde;

$$H_b = \frac{5}{1.04} = 4.81 \text{ m bulunur.}$$

$$\frac{H_b}{H_o'} \text{ ve } \frac{H_o'}{gT^2} \text{ boyutsuzlarının çarpımından } \frac{H_b}{gT^2} \text{ elde edilir.}$$

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{4.81}{9.81 \times 8.1^2} = 0.0075 \text{ yaklaşımı kullanılarak } \frac{H_o'}{gT^2} = 0.0075 \text{ seçilsin,}$$

Kırılan dalga yüksekliğinin (H_b) değişimi grafiğinden (Şekil Ek 1.1);

$$\frac{H_b}{H_o'} = 1.12 \text{ okunur.}$$

$$\frac{H_b}{gT^2} = 0.0075 \times 1.12 = 0.0084 \neq 0.0075 \text{ uygun değil !}$$

$$\checkmark \frac{H_o'}{gT^2} = 0.0058 \text{ seçilsin,}$$

Kırılan dalga yüksekliğinin (H_b) değişimi grafiğinden (Şekil Ek 1.1);

$$\frac{H_b}{H_o'} = 1.05 \text{ okunur.}$$

$$\frac{H_b}{gT^2} = 0.0058 \times 1.05 = 0.0061 \text{ uygun !}$$

Dolayısıyla;

$$H_o' = \frac{4.81}{1.05} = 4.58 \text{ m bulunur.}$$

$$H'_0 = H_0 \times K_r \Rightarrow K_r=1 \text{ olduğundan, } H'_0 = H_0 = \mathbf{4.58 \text{ m}} \text{ (tasarım dalga yüksekliği)}$$

❖ C-C ve L-L kesitlerinde $d_b = 4 \text{ m}$ için çözüm yapılırsa;

$\frac{H_b}{gT^2}$ ve $\frac{d_b}{H_b}$ boyutsuzlarının çarpımından $\frac{d_b}{gT^2}$ elde edilir.

$$\frac{d_b}{gT^2} = \frac{4}{9.81 \times 8.1^2} = 0.0062 \text{ kullanılarak } \frac{H_b}{gT^2} = 0.0062 \text{ seçilsin,}$$

Boyutsuz kırılma yüksekliğinin değişimi grafiğinden (Şekil Ek 1.2);

$$\frac{d_b}{H_b} = 1.04 \text{ okunur.}$$

$$\frac{d_b}{gT^2} = 0.0062 \times 1.04 = 0.0064 \cong 0.0062 \text{ uygun !}$$

O halde;

$$H_b = \frac{4}{1.04} = 3.85 \text{ m bulunur.}$$

$\frac{H_b}{H'_o}$ ve $\frac{H'_o}{gT^2}$ boyutsuzlarının çarpımından $\frac{H_b}{gT^2}$ elde edilir.

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{3.85}{9.81 \times 8.1^2} = 0.0060 \text{ yaklaşımı kullanılarak } \frac{H'_o}{gT^2} = 0.0060 \text{ seçilsin,}$$

Kırılan dalga yüksekliğinin (H_b) değişimi grafiğinden (Şekil Ek 1.1);

$$\frac{H_b}{H'_o} = 1.06 \text{ okunur.}$$

$$\frac{H_b}{gT^2} = 0.0060 \times 1.06 = 0.0064 \neq 0.0060 \text{ uygun değil!}$$

$$\triangleright \frac{H'_o}{gT^2} = 0.0057 \text{ seçilsin,}$$

Kırılan dalga yüksekliğinin (H_b) değişimi grafiğinden (Şekil Ek 1.1);

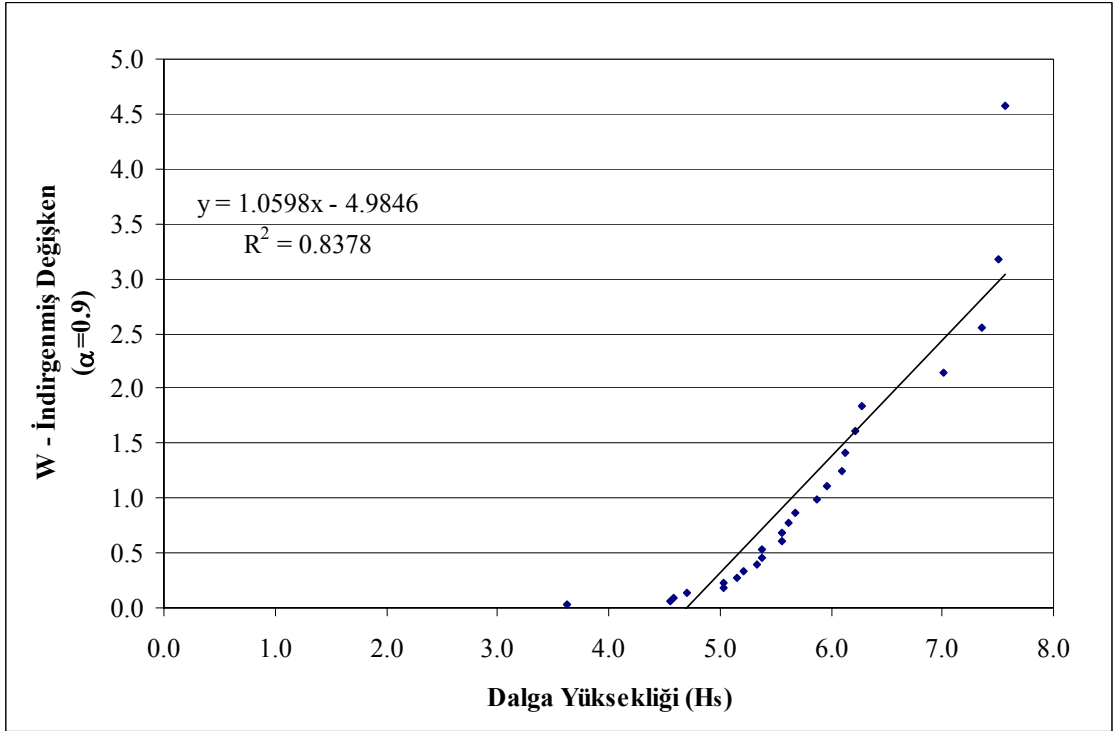
$$\frac{H_b}{H_0'} = 1.05 \text{ okunur.}$$

$$\frac{H_b}{gT^2} = 0.0057 \times 1.03 = 0.0058 \cong 0.0057 \text{ uygun!}$$

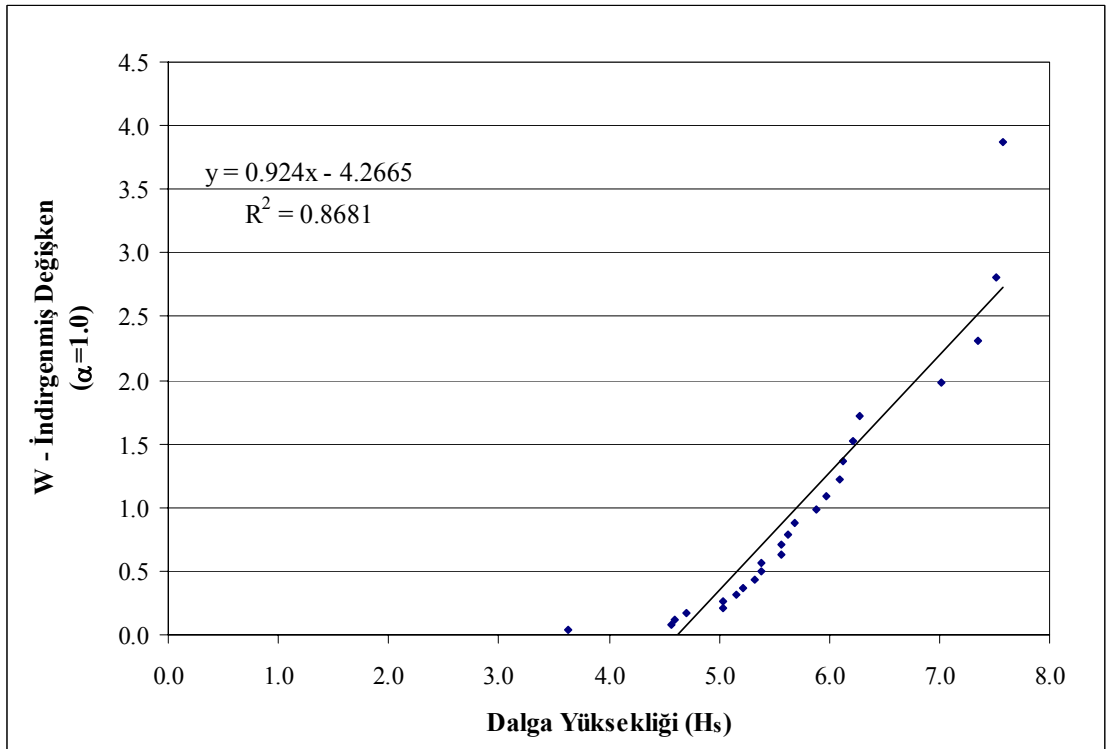
$$H_0' = \frac{3.85}{1.05} = 3.67 \text{ m bulunur.}$$

$$H_0' = H_0 \times K_r = 1 \text{ olduğundan, } H_0' = H_0 = 3.67 \text{ m (tasarım dalga yüksekliği)}$$

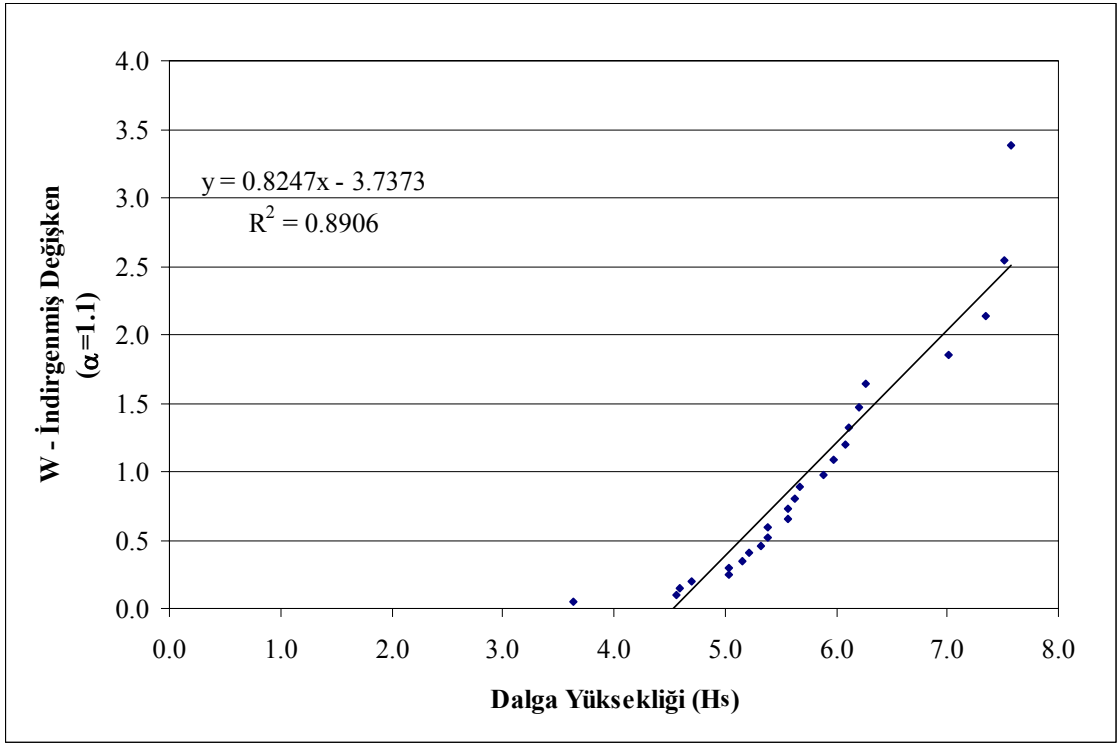
Ek 2 Weibull dağılımına bağlı dalga yükseklikleri grafikleri



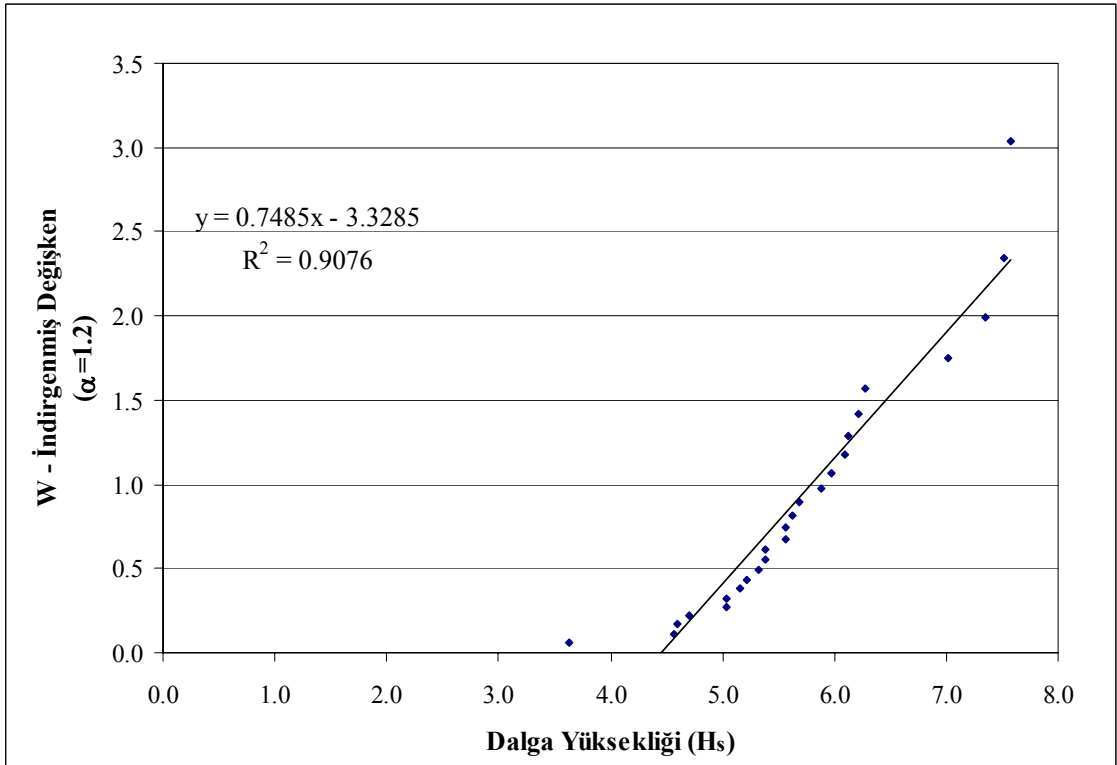
Şekil Ek 2.1 Weibull (Goda'nın tanımladığı c_1 ve c_2 ifadeleri için) dağılımına bağlı dalga yüksekliği



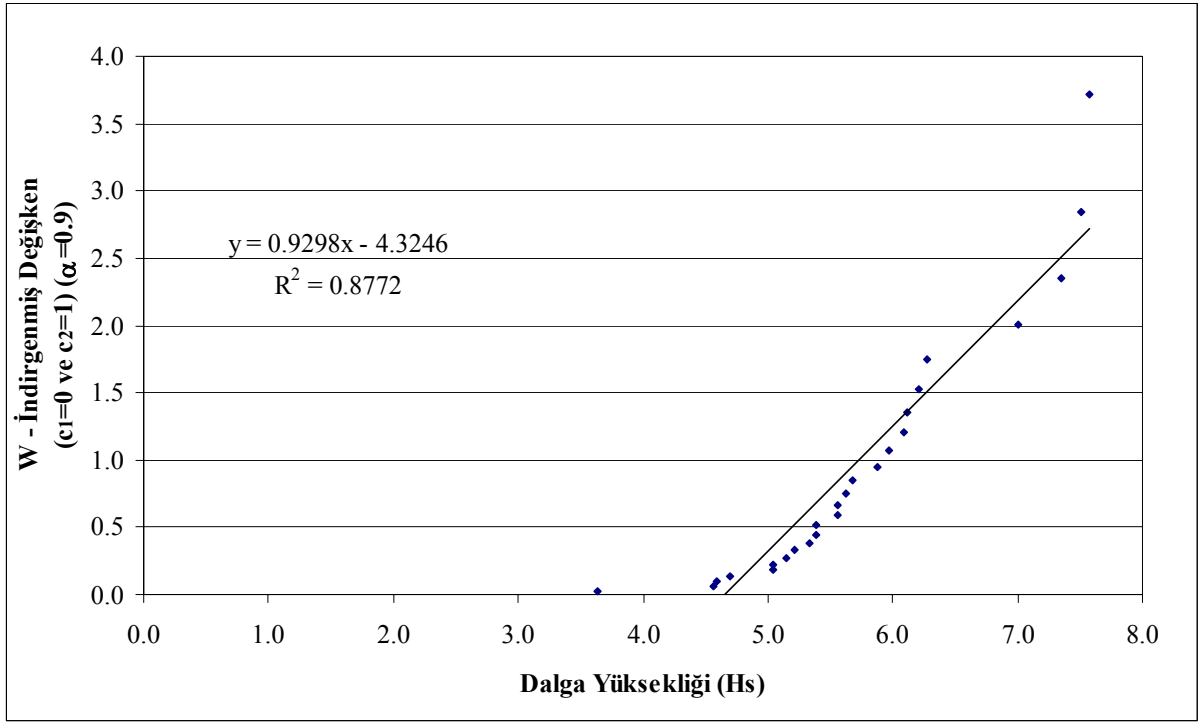
Şekil Ek 2.2 Weibull (Goda'nın tanımladığı c_1 ve c_2 ifadeleri için) dağılımına bağlı dalga yüksekliği



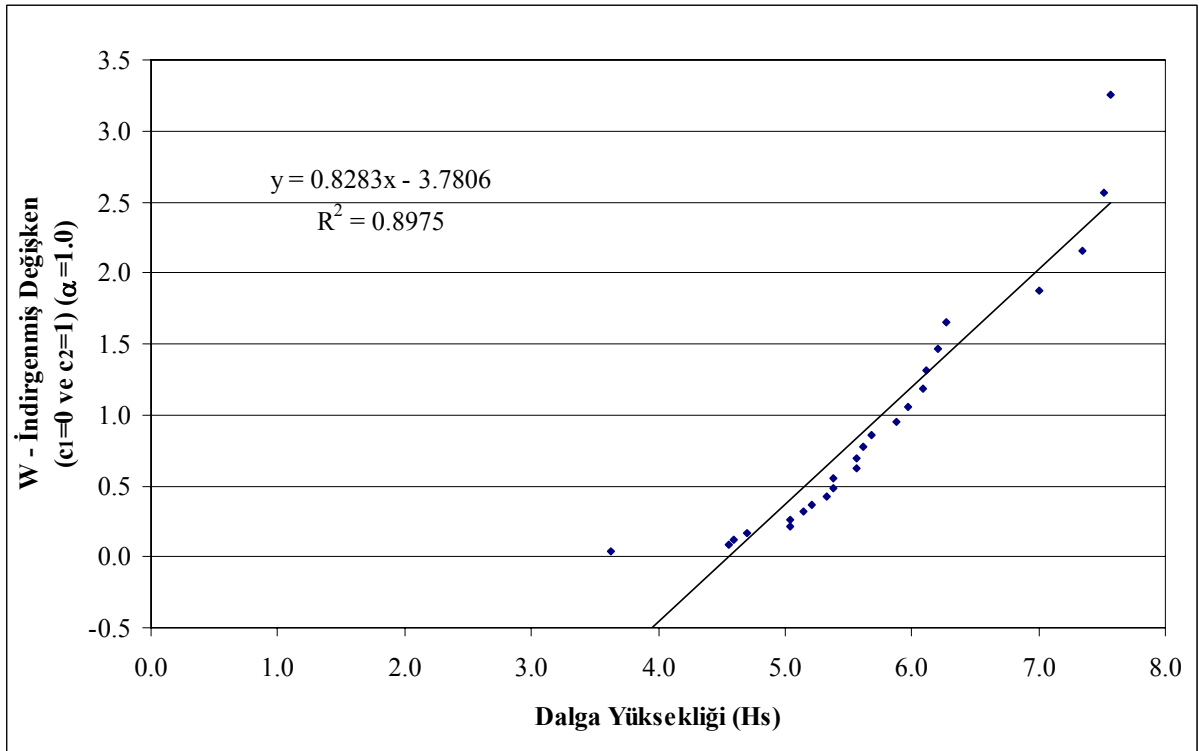
Şekil Ek 2.3 Weibull (Goda'nın tanımladığı c_1 ve c_2 ifadeleri için) dağılımına bağlı dalga yüksekliği



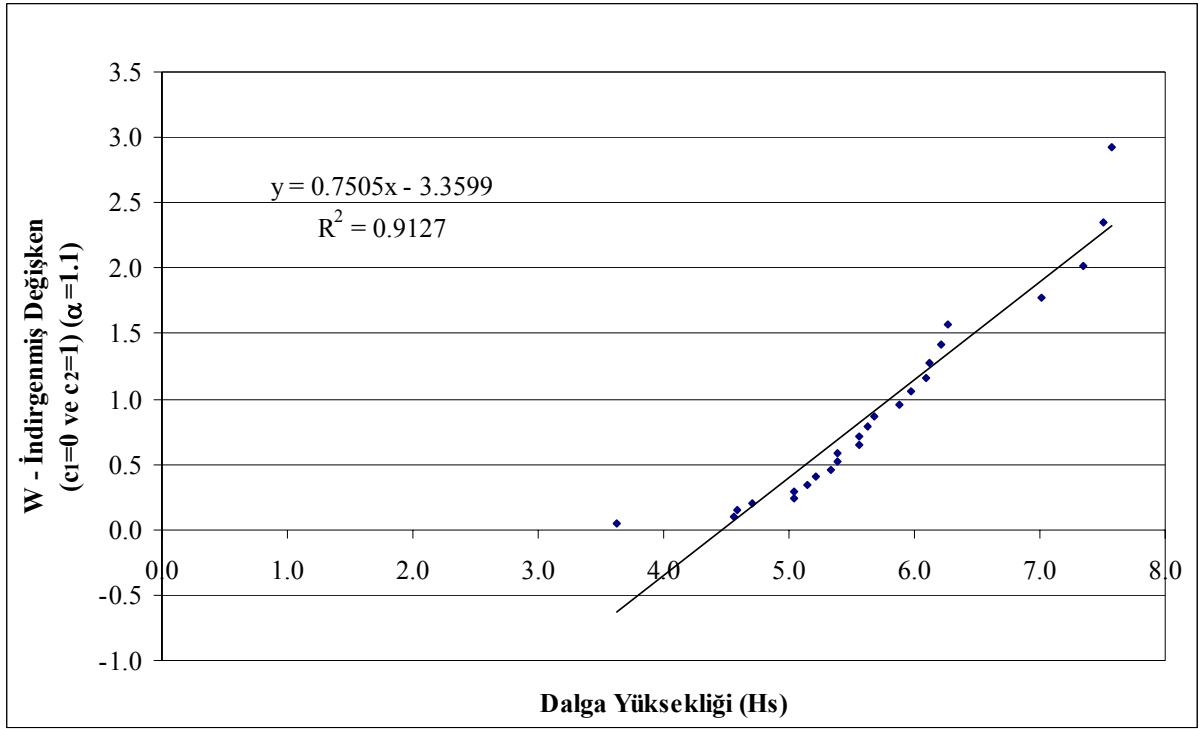
Şekil Ek 2.4 Weibull (Goda'nın tanımladığı c_1 ve c_2 ifadeleri için) dağılımına bağlı dalga yüksekliği



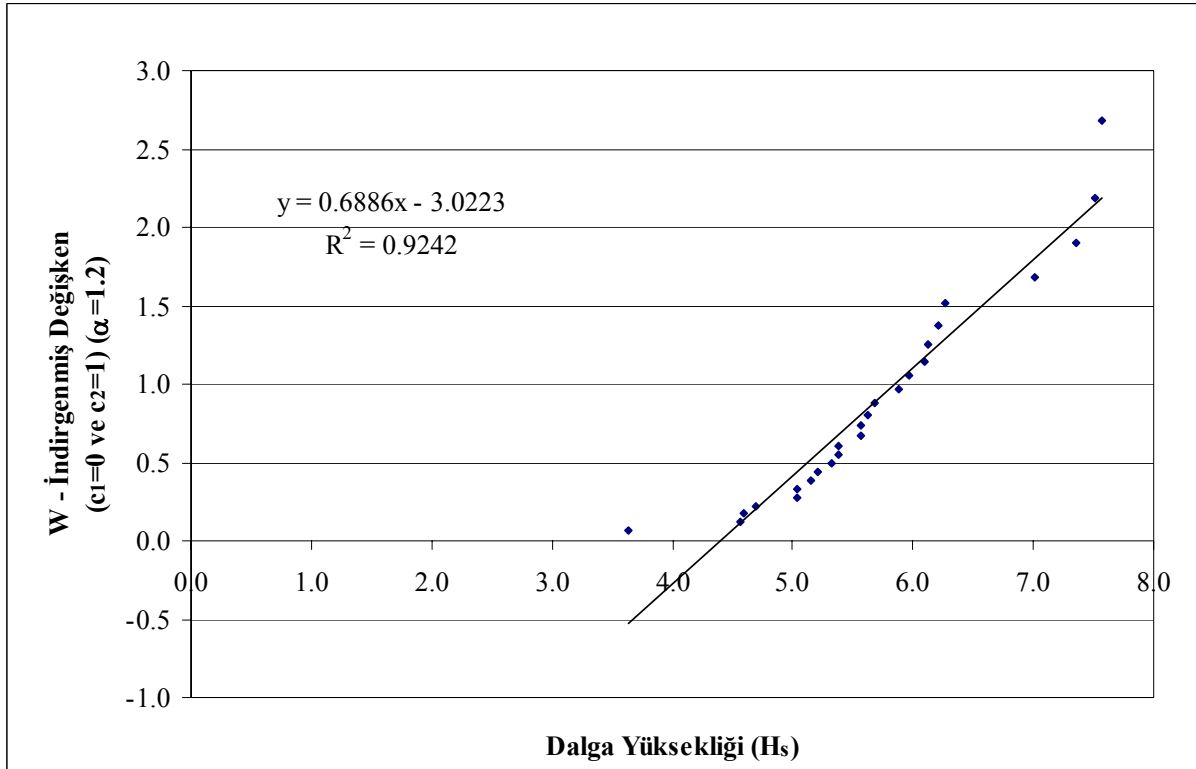
Şekil Ek 2.5 Weibull ($c_1 = 0$ ve $c_2 = 1$ için) dağılımına bağlı dalga yüksekliği



Şekil Ek 2.6 Weibull ($c_1 = 0$ ve $c_2 = 1$ için) dağılımına bağlı dalga yüksekliği



Şekil Ek 2.7 Weibull ($c_1 = 0$ ve $c_2 = 1$ için) dağılımına bağlı dalga yüksekliği



Şekil Ek 2.8 Weibull ($c_1 = 0$ ve $c_2 = 1$ için) dağılımına bağlı dalga yüksekliği

Ek 3 Standart Normal Dağılım Tablosu (z'nin $-\infty$ ile 0.00 aralığındaki kısmı)

Z	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
-3	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010
-2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
-2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
-2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
-2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
-2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
-2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
-2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
-2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
-2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
-2	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
-1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
-1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
-1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
-1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
-1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
-1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
-1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
-1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
-1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
-1	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
-0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
-0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
-0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
-0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
-0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
-0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
-0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
-0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
-0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641

Ek 4 Standart Normal Dağılım Tablosu (z'nin 0.00 ile $+\infty$ aralığındaki kısmı)

Z	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 19.01.1981

Doğum yeri Burhaniye/Balıkesir

Lise 1992-1999 Bursa Anadolu Lisesi

Lisans 1999-2003 Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak.
İnşaat Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2003-2005 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Kıyı ve Liman Programı