



**T.C. ULAŞTIRMA BAKANLIĞI
DEMİRYOLLAR, LİMANLAR,
HAVAMEYDANLARI İNŞAATI GENEL
MÜDÜRLÜĞÜ**

KIYI YAPILARI ve LİMANLAR

PLANLAMA ve TASARIM TEKNİK

ESASLARI



YÜKSEL PROJE

ANKARA, 2007

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM A

TASARIMDA DİKKATE ALINAN

HİDROLİK VERİLER

1. RÜZGAR DALGALARI	5
1.1 Rüzgar Verileri ve Analiz Yöntemleri	5
1.1.1 Kıyı Alanlarındaki Meteoroloji Rüzgar Ölçüm İstasyonları	5
1.1.1.1. Rüzgar Hızı Yükseklik Düzeltmesi	6
1.1.2 Sinoptik Haritalar	6
1.1.3 European Centre for Medium Range Weather Forecasts (ECMWF)	6
1.1.4 Diğer Kaynaklar	7
1.1.5 Rüzgar Verilerinin Analiz Yöntemleri	7
1.1.6. Diğer Meteorolojik Koşullar	8
1.2. Dalgaların Temel Tanımları	9
1.2.1. Su Seviyeleri Tanımları	9
1.2.2. Dalga Yüksekliği (H) ve Dalga Genliği (a)	10
1.2.3. Dalga Periyodu ve Dalga frekansı (T ve f)	10
1.2.4. Dalga Boyu (L)	10
1.2.5. Dalga Sayısı (k)	11
1.2.6. Açıl Dalga Frekansı (σ veya ω)	11
1.2.7. Dalga Profili (η)	11
1.2.8. Dalga Hızı (C)	11
1.2.9. Grup Hızı (C_g)	11
1.2.10. Dalga Basıncı (P)	12
1.2.11. Dalga Enerjisi (E)	12
1.2.12. Dalgaların Sınıflandırılması	13
1.3. Dalgaların İstatistiksel Özellikleri	13
1.3.1. Kısa Dönem Dalga İstatistiği	14
1.3.2. Dalga Yüksekliği Olasılık Dağılımı	16
1.3.3 Dalga Periyodu Olasılık Dağılımı	17
1.3.4. Dalga Yüksekliği ve Dalga Periyodu Ortak Olasılık Dağılımı	17
1.4. Dalga (Enerji) Spektrumu	18
1.4.1. Model Dalga Spektrumları	20
1.4.1.1. Pierson - Moskowitz (PM) spektrumu	20
1.4.1.2. Jonswap spektrumu	21
1.4.1.3 Yönel Dalga Spektrumu	22
1.4.2. Dalga Tahminleri	24
1.4.2.1. Rüzgar Verisi Kullanarak Dalga Tahminleri	24
S-M-B Yöntemi	25
1.4.2.2. Soluğan Dalgalar İçin Geriye Dönük Dalga Tahmini	31
1.5 Tasarım Dalgası Seçimi	33
1.5.1. Dalga Yükseklikleri Olasılık Dağılımları	33
1.5.1.1 Log-Normal Dağılım	33
1.5.1.2. En Büyük (Ekstrem) Dalga Yükseklikleri Dağılımı	34
1.5.2. Dalga Periyodu	35
1.6. Dalga Değişimleri (Transformasyon)	36
1.6.1. Dalga Sığlaşması	36
1.6.2. Dalga Sapması	36
1.6.2.1 Düzenli Dalgalar İçin Sapma Katsayısı Hesaplamaları	36

1.6.2.2. Düzensiz Dalgalar İçin Sapma Katsayısı Hesaplamaları	39
1.6.3. Dalga Dönmesi	40
1.6.4. Dalga Kırılması	60
1.6.5 Su Seviyesi Değişimleri	68
1.6.5.1 Kırılan Dalgalardan Dolayı Ortalama Su Seviyesindeki Artış	68
1.6.5.2.Rüzgar Kabarması.....	70
1.6.5.3.Atmosfer Basıncı Nedeniyle Su Seviyesi Artışı	70
2. UZUN DÖNEMLİ DALGALAR.....	73
2.1 Depreşim Dalgası (Tsunami).....	73
3. AKINTILAR.....	79
4. KATI MADDE TAŞINIMI VE MORFOLOJİ	83
4.1. Katı Madde Taşınımı Çalışmasında İzlenecek Yol.....	83
4.2. Taban Malzemesi Özellikleri	85
4.3 Kıyıboyu ve Kıyıya Dik Katı Madde Taşınımı	86
4.3.1 Kıyı Akıntı Sistemi	86
4.3.2 Kıyı Boyu Katı Madde Debisi ve Bütçesi	87
4.3.3 Kıyı Profili	88
4.3.4 Kıyı Çizgisi.....	88

BÖLÜM B

PLANLAMA

1. SU ALANLARININ TASARIMI.....	94
1.1. Ulaşım Kanalı	94
1.1.1 Doğrultu	94
1.1.2 Kanal genişliği	95
1.1.3 Ulaşım Kanalı Derinliği	96
1.1.4 Diğer Tasarım Özellikleri	97
1.2 Liman İçi Manevra Alanları	98
1.3. Liman İçi yanaşma yerleri boyutları	98
1.4 Kapalı limanlarda dalga nedenli salınım.....	100
1.5 Yanaşma Düzeni ve Gemi Bağlama Yöntemleri	101
1.5.1. Gemi yanaşma ve usturma yerleşim düzenleri.....	102
2. TERMİNAL PLANLAMASI.....	107
2.1 Konteyner Terminalleri Planlaması	107
2.1.1 Konteyner Tip ve Boyutları	107
2.1.2 Planlama.....	108
2.2 Genel Kargo ve Çok Amaçlı Terminaller	113
2.3 RO/RO ve Feribot Terminalleri.....	113
2.4. Yolcu İnme/Binme Tesislerinin Planlanması	116
2.5 Sıvı Yük Terminalleri	118
2.6. Kuru Dökme Yük Terminalleri.....	122
3. BALIKÇI LİMANLARI.....	125
3.1 Balıkçı Limanlarının Tipleri	125
3.2 Yer Seçimi	125
3.3 Balıkçı Tekneleri.....	126
3.4 Planlama	126
3.4.1 Ulaşım kanalı.....	126
3.4.2 Basenler ve yanaşma yapıları	127
3.4.3 Apron.....	128
3.4.4 Tekne Bakım ve Onarımı.....	129
3.4.5 Binalar ve Diğer Hizmetler.....	129
4. YAT LİMANLARI	133
4.1 Genel.....	133
4.2 Tekne Tipleri ve Boyutları.....	133
4.3 Ulaşım Kanalı ve Liman Girişi	133
4.4 Manevra Dairesi	137
4.5 Liman İçi Yerleşim	137
4.6 Park Alanı	138
4.7 Travel Lift.....	138
4.8 Hizmet Yapıları	139

BÖLÜM C

TASARIM

1. GENEL	147
2. DALGAKIRAN TASARIMI	151
2.1 Taş Dolgu Dalgakıranlar	151
2.1.1 Taş Dolgu Dalgakıranlar için Yapısal Tanımlar ve Hasar Tipleri	151
2.1.2 Tasarım Dalgası Seçimi	152
2.1.3 Dalga Yapı Etkileşimi	152
2.1.3.1 Dalga Yansıması	152
2.1.3.1.1 Dalga Aşmasının Olmadığı Eğimli Yapılardan Yansıma	153
2.1.3.2 Dalgakıran Eğimi Üzerinde Dalga Tırmanması ve Geri Çekilmesi	155
2.1.3.2.1 Dalga Tırmanması	155
2.1.3.2.2 Dalga Geri Çekilmesi	157
2.1.3.3 Yapı Üzerinden Dalga Aşması (Aşan Su Miktarı)	157
2.1.4 Taş Dolgu Dalgakıran Tasarım Yöntemleri	163
2.1.4.1 Hudson (1974)	163
2.1.4.1.1 Hudson (1974) Formülünde Koruma Tabakasında Kullanılacak Taş için Gerekli K_D Değerleri	164
2.1.4.1.2 Koruyucu Topuk Olması Durumunda Hudson (1974) Formülünde Koruma Tabakasında Kullanılacak Küp ve Antifer Elemanlar için Gerekli K_D Değerleri	165
2.1.4.1.3 Hudson (1974) Formülünde Koruma Tabakasında Gövdede ve Kafada Kullanılacak Tetrapod Elemanlar için Gerekli K_D Değerleri	166
2.1.4.2 Van der Meer (1988)	167
2.1.4.2.1. Van der Meer (1988) formülünde koruma tabakasında kullanılacak taş büyüklüğü için hesaplama yöntemi	167
2.1.4.2.2 Van der Meer (1988) formülünde koruma tabakasında kullanılacak beton eleman büyüklüğü için hesaplama yöntemi	168
2.1.5 Dalgakıran Kafası (Müzvar) Dengesi (Stabilitè) Denklemleri	170
2.1.5.1 Taş Dolgu Dalgakıran Kafa Dengesi (Carver Ve Heimbaugh , 1989)	171
2.1.6 Dalgakıran Filtre Tasarımı	172
2.1.7 Dalgakıran Geometrik Özelliklerinin Belirlenmesi	172
2.1.7.1 Kret Kotu	173
2.1.7.2 Kret Genişliği	173
2.1.7.3 Koruyucu Tabaka Kalınlığı	174
2.1.7.3.1 Koruyucu Tabaka Taban Kotu	175
2.1.8 Taş Dolgu Yapılarda Kronman Duvarı Hesabı	175
2.1.9 Topuk Koruma	177
2.2 Dik Yüzlü Dalgakıranlar	181
2.2.1 Dik Yüzlü Dalgakıranlar için Yapısal Tanımlar ve Hasar Tipleri	181
2.2.2 Dalga Yapı Etkileşimi	183
2.2.2.1 Dik Yüzeyden Yansıma	183
2.2.2.2 Dik Yüzlü Dalgakıranlarda Dalga Aşması	183
2.2.3 Dik Yüzlü Dalgakıran Tasarım Yöntemleri	183
2.2.3.1 Sainflou Metodu (1928)	183
2.2.3.2 GODA (OCDI 2002)	186
2.2.3.2.1 Dalga Basıncı Hesaplamalarında Kullanılan Dalga Yüksekliği ve Dalga Boyu	187
2.2.4 Kırılan Dalgaların Dik Duvar Üzerinde Oluşturduğu Ani Basınç	188
2.2.5 Dik Yüzeyli Dalgakıranlarda Topukta Kullanılacak Taş Ağırlığının Hesabı (OCDI,2003)	188

2.3. Yüzen Dalgakıranlar	190
3. YANAŞMA YAPILARI	197
3.1. Gemiler	197
3.1.1. Gemilerin Sınıflandırılması	197
3.1.2. Gemi Boyutları	197
3.1.3. Karakteristik Boyutlar	198
3.1.4. Gemi Tonaj Ölçüleri:	198
3.2. Gemi Bağlama Kuvveti	201
3.2.1. Bağlanma Yüklerinin Belirlenmesi:	201
3.3. Gemi Çarpma Kuvveti	211
3.3.1. Gemi Yanaşma Yükleri	211
3.3.1.1. Gemi Yanaşma Enerjisi	211
3.3.1.2. Yanaşma Reaksiyonları ve Yük Dağılımı	217
3.4. Kazıklı Yapılarda Dalga Yükleri	219
3.5. Yükler ve Yük Kombinasyonları	222
3.5.1. Yükler	222
3.5.2. Yük Kombinasyonları	224
3.6. Kazık Taşıma Hesapları	225
3.6.1. Tekil Kazığın Taşıma Gücü	225
3.6.1.1. Emniyetli Gerilmeler	225
3.6.1.2. Zemin Desteği	225
3.6.1.3. Kazık Kapasitesi	225
3.6.1.3.1. Kazıkların Burkulması	229
3.6.1.4. Ampirik Taşıma Kapasitesi Hesabı	230
3.6.1.5. Dinamik Çakma Direnciyle Taşıma Kapasitesi Hesabı	232
3.6.2. Kazık Gruplarının Taşıma Kapasitesi	232
3.6.3. Doygun Kohezyonlu Zeminlerdeki Kazık Gruplarında Oturmalar	233
3.6.4. Negatif Çeper Sürtünmesi	235
3.6.5. Kazıkların Yanal Yükler Altında Davranışı	236
3.6.6. Kazıklarda Eksenel Yük Transferi – Deplasman (t-z) Eğrileri	241
3.6.7. Kazıklarda Uç Yükü – Deplasman ilişkisi	241
3.6.8. Yumuşak Killerde Yanal Taşıma Gücü	243
3.6.9. Kumlarda Yanal Taşıma Gücü	244
3.6. Ağırlık Tipi ve Palplanşlı Rıhtım Duvarları	246
3.6.1. Yatay Zemin Basıncı Katsayısı	246
3.6.2. Zemin Basıncı ve Yanal Birim Deformasyon Etkisi	246
3.6.3. Aktif Zemin Basıncı	247
3.6.4. Pasif Zemin Basıncı	249
3.6.5. Duvar Sürtünmesi	250
3.6.6. Sürşarj Yükleri	250
3.6.7. Rijit İstinat Duvarları	252
Kohezyonsuz Zeminler	252
3.6.8. Bloklu Rıhtım Duvarları	254
3.6.8.1. Ankrajlı Palplanş Duvarlar	254
3.6.8.2. Konsol Esnek Duvarlar	255
3.6.9. Genel Stabilitate Analizi	255
4. YÜZER İSKELELER	261
4.1. Tasarım Prensipleri	261
4.2. Duba Tasarımı	263
4.3. Dubanın Stabilitesi	263
4.4. Dubanın Birey Elemanlarının Tasarımı	265
4.5. Bağlama Sisteminin Tasarımı	265
4.5.1. Bağlama Metodu	265
4.5.2. Bağlama Zincirinin Tasarımı	266
4.6. Bağlama Ankrajının Tasarımı	268

5. KIYI KORUMA YAPILARI.....	273
5.1. Mahmuzlar.....	273
5.1.1. Mahmuz Tasarımı Aşamasında İncelenecek Konular.....	273
5.1.2 Yapı Tipleri	274
5.1.3 Temel kesit tasarımı	276
5.2 Açık Deniz Dalgakıranlar.....	279
5.3 Kıyı Duvarları.....	282
5.4 Kıyı Tahkimatları	283
5.4.1 . Koruma tabakası tasarımı	284
5.4.1.1 Koruma Tabakası Kalınlığı	284
5.4.1.2. Filtre Tabakası Tasarımı.....	284
5.4.1.3 Topuk Tasarımı	286
5.4.2. Dalga Aşması Miktarı (q).....	286
6. DENİZALTI BORU HATLARININ TASARIMI	290
6.1 Akıntı Kuvvetleri	290
6.2 Dalga Kuvvetleri	290
7. TERSANELER	295
7.1 Genel.....	295
7.2 Tekne Denize İndirme ve Denizden Alma Tesisleri.....	296
7.3 Kızak Tasarımı	297
7.3.1 Kızak Yerinin Konumu	297
7.3.2 Kızak Elemanlarının Boyutları	298
7.3.3 Kızak Uzunluğu ve Geri alan	298
7.3.4 Su Derinliği	298
7.3.5 Kızak Eğimi.....	298
7.3.6 Su Alanı	299
7.3.7 Ön Duvar ve Döşeme	299
7.4 Gemi Asansörü.....	301
7.5 Yüzer Havuz.....	302
7.6 Tekne Vinci.....	302

BÖLÜM D

MODELLEME

1. MODELLEME.....	306
1.1 Sayısal Modelleme Esasları.....	306
1.1.1 Dalga Tahmini.....	306
1.1.2 Liman İçi Çalkantı.....	307
1.1.3 Akıntı Modellemesi.....	307
1.1.4 Katı Madde Taşınımı ve Morfolojik Modelleme.....	308
1.2 Fiziksel Model.....	308

BÖLÜM E

KIYI YAPILARININ GÜVENİRLİĞE DAYALI (RİSK)

TASARIM UYGULAMALARINDA YENİ YAKLAŞIMLAR

1. KIYI YAPILARININ GÜVENİRLİĞE DAYALI (RİSK) TASARIM UYGULAMALARINDA YENİ YAKLAŞIMLAR	313
EKLER	320

BÖLÜM A**TASARIMDA DİKKATE ALINAN HİDROLİK VERİLER**

Çizim 1.1 Rüzgar Verileri ve Analiz Yöntemleri Akış Şeması.....	7
Çizim 1.2 Dalgaların Temel Tanımları.....	10
Çizim 1.3 Rüzgar Dalgalarının Özellikleri.....	14
Çizim 1.4 Dalga yüksekliği olasılık dağılımı için önerilen Rayleigh dağılımı ve Forristal'ın gözlem sonuçlarına uyarlaması.....	16
Çizim 1.5 Deniz Dalgaları İçin Örnek Spektrum(Goda,Y.2000).....	19
Çizim 1.6 Sığ Suda Yönsel Dağılıma Parametre Tahmini (Goda,Y.2000).....	23
Çizim 1.7a S-M-B Yöntemi Kullanılarak Dalga Tahmini (OCDI, 2002).....	26
Çizim 1.7b Hasselman Eğrileri.....	27
Çizim 1.8 Limitli Kabarma Alanı Uzunluğundaki Dalga Yüksekliği Tahmini (CEM, 2003)....	29
Çizim 1.9 Limitli Kabarma Alanı Uzunluğundaki Dalga Periyodu CEM, 2003).....	29
Çizim 1.10 Limitli Esme Süresi İçin Dalga Yüksekliği Tahmini(CEM, 2003).....	30
Çizim 1.11 Limitli Esme Süresi İçin Dalga Periyodu (CEM, 2003).....	31
Çizim 1.12 Soluğan Dalga Diyagramı (OCDI,2002).....	32
Çizim 1.13 Dalga Sapması Şeması (Düzgün taban eğimi için).....	37
Çizim 1.14 Sapma Katsayısı (K_r)(Düzenli dalgalar, düzgün taban eğimi için)(OCDI, 2002).....	38
Çizim 1.15 Dalga Geliş Açısının Göreceli Derinliğe Göre Değişimi (Düzenli dalgalar, düzgün taban eğimi için) (OCDI, 2002).....	38
Çizim 1.16 Düzensiz Dalgalar için Sapma Katsayıları (K_r) (Düzenli dalgalar, düzgün taban eğimi için) (OCDI, 2002).....	39
Çizim 1.17 Düzensiz Dalgalar için Dalga Geliş Açısının Dalga Sapmasına Göre Değişimi...40	
Çizim 1.18 Yarı Sonlu Dalgakıranın $S_{maks}=10$ ve $\theta = 90^\circ$ için Dönme Diyagramı.....	42
Çizim 1.19 Yarı sonlu dalgakıranın $S_{maks}=25$ için dönme diyagramları.....	43
Çizim 1.20 Yarı sonlu dalgakıranın $S_{maks}=75$ için dönme diyagramları.....	44
Çizim 1.21 Liman Girişi / Dalga Boyu ($B/L=1.0$) ve $S_{maks}=10$ değeri için dönme diyagramı .46	
Çizim 1.22 Liman Girişi / Dalga Boyu ($B/L=1.0$) ve $S_{maks}=25$ değeri için dönme diyagramı 47	
Çizim 1.23 Liman Girişi / Dalga Boyu ($B/L=1.0$) ve $S_{maks}=75$ değeri için dönme diyagramı .48	
Çizim 1.24 Liman Girişi / Dalga Boyu ($B/L=2.0$) ve $S_{maks}=10$ değeri için dönme diyagramı .49	
Çizim 1.25 Liman Girişi / Dalga Boyu ($B/L=2.0$) ve $S_{maks}=25$ değeri için dönme diyagramı .50	
Çizim 1.26 Liman Girişi / Dalga Boyu ($B/L=2.0$) ve $S_{maks}=75$ değeri için dönme diyagramı .51	
Çizim 1.27 Liman Girişi / Dalga Boyu ($B/L=4.0$) ve $S_{maks}=10$ değeri için dönme.....	52
Çizim 1.28 Liman Girişi / Dalga Boyu ($B/L=4.0$) ve $S_{maks}=25$ değeri için dönme.....	53
Çizim 1.29 Liman Girişi / Dalga Boyu ($B/L=4.0$) ve $S_{maks}=75$ değeri için dönme.....	54
Çizim 1.30 Liman Girişi / Dalga Boyu ($B/L=8.0$) ve $S_{maks}=10$ değeri için dönme.....	55
Çizim 1.31 Liman Girişi / Dalga Boyu ($B/L=8.0$) ve $S_{maks}=25$ değeri için dönme.....	56
Çizim 1.32 Liman Girişi / Dalga Boyu ($B/L=8.0$) ve $S_{maks}=75$ değeri için dönme diyagramı .57	
Çizim 1.33 Dalgaların liman girişine geliş açısı (θ) (OCDI, 2002).....	59
Çizim 1.34 Dalga Kırılma Formu ve Parametreleri.....	61
Çizim 1.35. Dalga Dikliği ile Dalga Kırılma Boyutsuz Parametresi Arasındaki Bağlantı Grafiği.....	62
Çizim 1.36. Dalga Kırılma Boyutsuz Parametresi ile Dalga Kırılma Derinliği Boyutsuz Parametresi Arasındaki Bağlantı Grafiği.....	62
Çizim 1.37. Yapı Önündeki Boyutsuz Tasarım Dalga Kırılma Yüksekliği.....	63

Çizim 1.38 Dalga dikliğine (H_0^1 / L_0) bağlı olarak kırılma bölgesinde oluşabilecek en yüksek belirgin dalganın ($H_{1/3}$) _p derin deniz belirgin dalgasına ($H_{1/3}$) ₀ oranı (OCDI, 2002)	64
Çizim 1.39 ($H_{1/3}$) _p 'in oluşacağı derinlik.....	65
Çizim 1.40 Kırılma Tipleri (CEM, 2003).....	66
Çizim 1.41 Ortalama Su Seviyesi Değişimi (η) (Deniz Taban Eğimi 1:10) (OCDI,2002).....	68
Çizim 1.42 Ortalama Su Seviyesindeki Değişim (η) (Deniz Taban Eğimi 1:100)(OCDI,2002)	69
Çizim 1.43 Kıyıda Ortalama Su Seviyesindeki Maksimum Yükselme (η_{maks}) (OCDI,2002)....	69
Çizim 2.1 Depreşim Dalgasının Öncü Yükselme Dalgası Olması Durumu	74
Çizim 2.2 En Düşük Su Düzeyi	74
Çizim 3.1 Kıyı Akıntı Çeşitleri	79
Çizim 4.1 Tipik bir kıyı profilinde tanımlar (SPM, 1984)	83
Çizim 4.2 Wentworth ölçeği.....	86
Çizim 4.3. Yakın kıyı dalga nedenli akıntılar	87
Çizim 4.4 Kıyı profilleri.....	88

BÖLÜM B

PLANLAMA

Çizim 1.1. Su alanının planlanacak elemanları	94
Çizim 1.2 Basen Salınimleri	101
Çizim 1.3 Sürekli Rıhtım Halinde Bağlanma (BS 6349, 1994)	102
Çizim 1.4 Sürekli Rıhtımda Usturmaça Düzeni (BS 6349, 1994)	102
Çizim 1.5 T tipi iskelede usturmaça düzeni (BS 6349, 1994).....	103
Çizim 1.6 Yaslanma Dofinli usturmaça düzeni (BS 6349, 1994).....	103
Çizim 1.7 Çoklu Yanaşma Dolfinli Usturmaça Düzeni (BS 6349, 1994)	104
Çizim 2.1 Konteyner Depolama Alanı İçin Tasarım Grafiği	110
Çizim 2.2 Tipik Konteyner Terminali İşletme Planı	111
Çizim 2.3 Örnek RO-RO Terminali İşletme Planı	115
Çizim 2.4 Örnek Yolcu Binası.....	117
Çizim 2.5 Herbir gemi için şamandıralara bağlanma alanı için temel tasarım (OCDI, 2002)	120
Çizim 2.6 T tipi iskelede bağlanma (BS 6349, 1994)	120
Çizim 2.7 Yükleme platformuna bağlanan tankerin bağlanma düzeni (BS 6349, 1994)	121
Çizim 3.1 Paralel Yanaşmada Rıhtım Uzunluğu. (L _B : Yanaşma yeri uzunluğu,	127
Çizim 3.2 Dik Yanaşmada Rıhtım Uzunluğu. . (L _B : Yanaşma yeri uzunluğu,	127
Çizim 3.3 Parmak İskeleli Rıhtım Uzunluğu. . (L _B : Yanaşma yeri uzunluğu,	128
Çizim 4.1 Teknelerin genişlik ve su çekimi ilişkisi (Mellor D.C.,1992)	135
Çizim 4.2 Teknelerin Uzunluk ve Su Çekimi İlişkisi (Mellor D.C.,1992)	136
Çizim 4.3 Bir yat limanına ait ulaşım kanalı.....	137
Çizim 4.4 Tekne bağlanma düzeni ve boyutlar (OCDI, 2002)	139
Çizim 4.5. Örnek Yat Limanı İşletme Planı.....	141

BÖLÜM C

TASARIM

Çizim 1.1 Kıyı Yapıları Tasarım Akış Şeması	148
Çizim 2.1 Taş Dolgu Dalgakıranlara İlişkin Yapısal Tanımlar(BS 6349:Part 7,1991).....	151
Çizim 2.2 Dalgakıranda Meydana Gelebilecek Hasar Tipleri (BS 6349:Part 7,1991)	152
Çizim 2.3 Dalga Tırmanma ve Çekilmesi (Geçirimsiz Yapı Yüzeyi).....	155
Çizim 2.4 Kret Kotu Tanımı (CEM ,2003) İzin Verilen Ortalama Dalga Aşma Miktarı	157
Çizim 2.5 Dalga Aşması ile İlgili Yapısal ve Geometrik Parametreler (CEM,2003).....	158
Çizim 2.6 Yapıların Genel Geometrik Özelliklerinin Tanımı (CEM, 2003).....	161
Çizim 2.7 Kronman Duvarının Korunma Çizimleri (CEM, 2003)	161
Çizim 2.8 Yapının Geometrik Özellikleri (CEM, 2003)	162
Çizim 2.9 Geometrik Özellikler (CEM, 2003).....	163
Çizim 2.10 Yapı kafasında hasar görebilecek kritik alanlar (Burcharth 1993).....	170
Çizim 2.11 Dış bükey ve iç bükey kurplar ve köşeler (CEM,2003).....	171
Çizim 2.12 Dalga Aşmaması yada Çok Az Dalga Aşması Durumlarının Gözlemlendiği Taş Dolgu Dalgakıran Kesiti (CEM,2003).....	174
Çizim 2.13 Her İki Yödede Dalga Etkisinde Kalan ve Dalga Aşmasının Meydana Gelebileceği Taş Dolgu Dalgakıran Kesiti (CEM,2003).....	174
Çizim 2.14 Kronman duvara etkiyen kuvvetler (CEM,2003).....	175
Çizim 2.15 Kronman Duvarına Gelen Dalga Kuvvetleri (CEM,2003)	176
Çizim 2.16 Topuk Koruma Stabilité Sayısı (CEM,2003).....	178
Çizim 2.17 Topuk koruması için asgari koşullar (BS 6349:Part 7:1991)	179
Çizim 2.18 Aşınma Olmadan ve Olduktan Sonra Dalgakıran Kesiti (BS 6349,Part 7:1991)	180
Çizim 2.19 Yatak Malzemesinin Taşıma Gücünün Düşük Olma Durumu	180
Çizim 2.20 Dik Yüzlü ve Kompozit Dalgakıranlar (CEM,2003).....	181
Çizim 2.21 Yapının Farklı Yıkılma Durumları (BS 6349,Part 7:1991)	182
Çizim 2.22 Dalga Tepesi Olması Durumunda Net Basınç Dağılımı	184
Çizim 2.23 Dalga Çukuru Olması Durumunda Net Basınç Dağılımı	184
Çizim 2.24 Tasarımda Dalga Basınç Dağılımı	186
Çizim 2.25 Kompozit dalgakıran kesiti üzerinde parametrelerin gösterilmesi (OCDI,2003)	189
Çizim 2.26 Yüzen Dalgakıran Tipleri	190
Çizim 3.1 Gemi Boyutları ile İlgili Tanımlar (OCDI,2002)	198
Çizim 3.2 Koordinat Sistemi ve İşaret Kabulü (OCIMF,1994)	201
Çizim 3.3 Bütün gemiler için derin denizde akıntı direnç katsayıları	205
Çizim 3.4 Rüzgar geliş açısı ile rüzgar kuvvet katsayıları arasında ki ilişki	206
Çizim 3.5 Çok büyük petrol tankerleri için rüzgar kuvvet katsayıları	207
Çizim 3.6 Yük gemileri için rüzgar kuvveti katsayıları (BS 6349-1:2000).....	208
Çizim 3.7 Enine Akıntı Kuvvetleri İçin Derinlik Düzeltme Faktörü(BS 6349-1:2000).....	209
Çizim 3.8 Boyuna Akıntı Kuvvetleri İçin Derinlik Düzeltme Faktörü(BS 6349-1:2000).....	209
Çizim 3.9 Sığ Sularda Ağırlıkları 150.000-500.000 DWT Arasında Değişen Tankerlerde Boyuna Kuvvet Katsayısı Değişimi(BS 6349-1:2000).....	210
Çizim 3.10 Tankerler için boyuna iz düşüm alanları(BS 6349-1:2000)	210
Çizim 3.11 Konteyner Gemileri için, Uzunluk / Boyuna İzdüşüm Alanları ile Ölü Ağırlık	211
Çizim 3.12. Gemi yanaşma şekli (OCDI, 2002)	213
Çizim 3.13. r ile blok katsayısı (C _b) ilişkisi	215
Çizim 3.14. Gemi yanaşma durumları ile yanaşma hızı arasındaki ilişki (OCDI,2002)	217
Çizim 3.15 Kazık Çizimlerine Göre C _D Katsayıları	220
Çizim 3.16 Kazık Grupları Yerleşimi.....	220
Çizim 3.17. Daneli Zeminlerde Tek Kazık Taşıma Kapasitesi.....	226
Çizim 3.18. Kohezyonlu Zemindeki Tekil Kazık Yük Taşıma Kapasitesi Hesabı	228
Çizim 3.19. Yanal Yatak Katsayısı Değişim Katsayısı	230

Çizim 3.20 Kazık Gruplarında Oturma	234
Çizim 3.21 Yanal Yüklü Kazıklar İçin Tasarım Kriterleri	238
Çizim 3.22 Yanal Yük ve Moment Uygulanmış Kazıklar için Tesir Değeri (Durum I. Esnek Başlık veya Sonu Mafsallı Durum)	239
Çizim 3.23. Yanal Yüklenmiş Kazık Tesir Değerleri	240
Çizim 3.24. Kazıklarda Tipik Eksenel Yük Transfer -Deplasman(t-z) Eğrileri	242
Çizim 3.25. Kazıklarda Uç Yükü Deplasman (Q-z) Eğrileri	242
Çizim 3.26 C_1, C_2, C_3 Katsayıları.....	244
Çizim 3.27 k Değerleri	245
Çizim 3.28. Kumlu zeminlerde Duvar Deplasmanın Zemin Basınçlarına Etkisi	247
Çizim 3.29. Aktif Zemin Basıncı Katsayısı, K_a , K_a nın yanal bileşeni K_{ah}	248
Çizim 3.30. Pasif Zemin Basıncı Katsayısı, K_p , K_p nin yanal bileşeni K_{ph}	249
Çizim 3.31. Nokta ve Çizgi Şeklindeki Sürşarjın Duvarda yarattığı Yatay Gerilme	251
Çizim 3.32. İstinat Duvarlarının Tasarım Kriterleri.....	253
Çizim 3.33. Genel Stabilitate Analizi	255
Çizim 3.34 Ankrajlı Esnek İstinat Duvarı Tasarım Kriterleri.....	256
Çizim 3.35. Ankrajlı Duvarlarda Moment Azaltma Katsayısı	257
Çizim 3.36. Esnek Konsol Duvarların Tasarım Kriterleri	258
Çizim 4.1 Dubanın Parçalarının Gösterimi	262
Çizim 4.2. Eksantrik Yük Altında Dubanın Stabilitesi	264
Çizim 4.3 . Bağlama Zinciriyle İlgili Semboller.....	267
Çizim 5.1 Mahmuz Tasarımında Takip Edilecek Akış Şeması	273
Çizim 5.2 Kıyı mahmuz uzunlukları ve genişlikleri (CEM,2003)	277
Çizim 5.3. Mahmuz ve Kıyı Geçiş Sistemi (ASCE,1994)	278
Çizim 5.4 Açık Deniz Dalgakıran için Tanımlar (CEM,2003).....	279
Çizim 5.5 Açık Deniz Dalgakıran için Tanımlar (CEM,2003).....	280
Çizim 5.6 Van der Meer Geçirgenlik Faktörü (McConnell,K. 1998).....	284
Çizim 5.7 Filtre Tasarım Örnekleri.....	285
Çizim 5.8. Topuk Koruma Seçenekleri (McConnell.K, 1998)	287
Çizim 6.1 Deniz Tabanına Döşenmiş Boru Hattına Etkili Kuvvetler (Yüksel ve diğ, 2007)	292
Çizim 7.1 Bir Kızak için Tipik Kesiti	297
Çizim 7.2 Precast Beton Blok ve Çekek yeri Önündeki Dalgaların yüksekliği için İstenen Kalınlık.....	300
Çizim 7.3 Baş papet	300
Çizim 7.4 Döndürme momenti.....	301

TABLolar

BÖLÜM A.

TASARIMDA DİKKATE ALINAN

HİDROLİK VERİLER

Tablo 1.1 Deniz Dalgaları Oluşumuna Etkiyen Kuvvetler.....	9
Tablo 1.2. Dalgaların Etkiyen Kuvvetlere Göre Sınıflandırılması	9
Tablo 1.3. Dalgaların d/L_0 Değerine Göre Sınıflandırılması	13
Tablo 1.4. Dalgakıran ile Dalga Geliş Yönü Arasındaki Açılış	58

BÖLÜM B

PLANLAMA

Tablo 1.1 Doğrusal Ulaşım Kanalda Kanal Genişliği (PIANC, 1997)	96
Tablo 1.2 Ulaşım Kanalı Genişliği (OCDI, 2002)	96
Tablo 1.3 Başlıca Gemi Boyutlarına göre yanaşma yeri boyutları (OCDI, 2002)	99
Tablo 1.4 Elleçleme için limit dalga koşulları (OCDI, 2002)	100
Tablo 2.1 Standart Konteyner Boyutları	107
Tablo 2.2 Bir TEU için gerekli depolama alanı (Thoresen, 2003).....	108
Tablo 2.3 Apron Genişliği Standart Değerleri (OCDI, 2002)	113
Tablo 2.4 İskeleler ve YTNB için Dalga Yüksekliği Limitleri	118
Tablo 2.5 Demirleme alanları (OCDI, 2002 ve Thoresen, 2003).....	119
Tablo 2.6 Şamandıra kullanılan basen alanları (OCDI, 2002).....	119
Tablo 3.7 Kuru yük özellikleri	122
Tablo 3.1 Tipik Tekne Boyutları.....	126
Tablo 4.1 Teknelerin Tipik Tasarım Parametreleri	133
Tablo 4.2 PIANC (1995) Tarafından Teknelerin Sınıflandırılması.....	133
Tablo 4.3 Gezinti Tekneleri için Tipik Standart Boyutlar (OCDI, 2002)	134
Tablo 4.4. Tekne Genişliğine Göre İskele Üst Kotu (m)	138

BÖLÜM C

TASARIM

Tablo 2.1. Yansıma Katsayıları (CEM, 2003).....	154
Tablo 2.2. A ve C Katsayıları.....	156
Tablo 2.3 Geçirimli ve Geçirimsiz Taş Kaplamalı Eğimlerde Kullanılacak Katsayılar	156
Tablo 2.4. Dalga Aşma Kritik Değerleri (CEM, 2003).....	159
Tablo 2.5 Dalga Aşma Debi Örnek Modelleri (CEM, 2003).....	160
Tablo 2.6 Denklem Katsayıları	161
Tablo 2.7 Denklem Katsayıları (CEM, 2003).....	162
Tablo 2.8 K_D Değerleri Tasarım Dalgası $H = H_s$, Eğim Açılı 1.5 $\leq \cot \alpha \leq 3.0$	164
Tablo 2.9 K_D değerleri tasarım dalgası $H = H_{1/10}$ (SPM 1984).....	164
Tablo 2.10 Dalgakıran Kafası için K_D değerleri tasarım dalgası $H = H_{1/10}$ (SPM 1984)	165
Tablo 2.11 Taş dolgu dalgakıranların koruma tabakalarında küp yada antifer bloklar kullanılması, koruyucu topuk yapılması durumlarında, çeşitli dalgakıran eğimleri için düzensiz dalga koşulları altında gövde kesiti için önerilen denge katsayıları (K_D katsayıları).....	165
Tablo 2.12 Taş dolgu dalgakıranların koruma tabakalarında küp yada antifer bloklar kullanılması, koruyucu topuk yapılması durumlarında, çeşitli dalgakıran eğimleri için düzensiz dalga koşulları altında kafa kesiti için önerilen denge katsayıları (K_D katsayıları).....	165
Tablo 2.13 Dalgakıran Gövdesi için K_D değerleri tasarım dalgası $H = H_{1/10}$,.....	166
Tablo 2.14 Dalgakıran Kafası için K_D değerleri tasarım dalgası $H = H_{1/10}$,.....	166
Tablo 2.15 İki tabakalı taş dolgu için aşınmış alan (S) parametresine göre hasar seviyeleri	168
Tablo 2.16 $H_s / \Delta D_n$ ve Bu Değere Karşılık Gelen K_D Değerleri (CEM, 2003).....	169
Tablo 2.17 Katsayılar (CEM,2003).....	172
Tablo 2.18 Çeşitli koruyucu tabaka birey taş yada blok için tabaka katsayısı ve boşluk oranı (CEM,2003)	173
Tablo 2.19 Hidrodinamik Direnç Katsayıları (OCDI, 2002).....	193
Tablo 2.20 Rüzgar Direnç Katsayıları (OCDI,2002).....	193
Tablo 3.1 Ölü Ağırlık Tonajı ve Gros Tonaj Arasındaki İlişki (OCDI, 2002).....	199
Tablo 3.2 Kargo Gemileri* (OCDI, 2002).....	199
Tablo 3.3 Konteyner Gemileri(OCDI, 2002)	199
Tablo 3.4 Feriler - Küçük ve Orta Mesafeli Feriler (OCDI, 2002)	199
Tablo 3.5 Feriler - Uzun Mesafe Feriler (OCDI, 2002)	200
Tablo 3.6 Roll-on ve Roll-off Gemiler (OCDI, 2002).....	200
Tablo 3.7 Yolcu Gemileri (OCDI, 2002).....	200
Tablo 3.8 Petrol Tankerleri (OCDI, 2002).....	200
Tablo3.9 Gemilerin Bağlama Kuvvetleri (OCDI,2002).....	203
Tablo 3.10 Gemilerin Bağlama Kuvvetleri (OCDI,2002).....	203
Tablo 3.11 Gemilerin Bağlama Kuvvetleri (BS 6349:Part 4 1994)	203
Tablo 3.12 Rıhtımlarda Kullanılacak Babalar için Baba Aralıkları ve Sayıları	204
Tablo 3.13 Gemilerin yer değiştirme (deplasman) tonajları (DT) ile ölü ağırlık tonajları (DWT) arasında ki ilişki (OCDI, 2002)	212
Tablo 3.14 Ölü ağırlık tonajı (DWT) veya Gros tonaj (GT) verileri ile L_{BP} hesaplanmasını sağlayan eşitlikler (OCDI, 2002).....	214
Tablo 3.15. C_b Değerleri (BS 6349: Part 4 : 1994)	214
Tablo 3.16. DWT ve Yanaşma Hızları (OCDI,2002)	217
Tablo 3.17. Usturmaça yüzeyi kaplama malzemeleri sürtünme katsayıları	218
Tablo 3.18 Düzeltme katsayıları.....	221
Tablo 3.19. Kuru Yük Özgül Ağırlıkları ve İçsel Sürtünme Açılıarı	222

Tablo 3.20. Liman Sahasına Etkiyen Kren Yüklere	223
Tablo 3.21. Liman Sahasına Etkiyen Konteyner Taşıyıcı Yüklere.....	223
Tablo 3.22. Taşıma Kapasitesi Katsayıları N_q	227
Tablo 3.23. Toprak Basıncı Katsayıları K_{HC} ve K_{HT}	227
Tablo 3.24. Sürtünme Açısı - δ	227
Tablo 3.25 Tam ölçekli testlerden elde edilen ampirik faktör , β	235
Tablo 3.26 Kazık Aralığına Bağlı Yatay Yatak Katsayısı Azaltma Faktörü	237
Tablo 3.27. Göçmeye Ulaşmak için Gereklı Yapı dönme miktarı	247
Tablo 3.28 Sürtünme Katsayısı ve Adhezyon Değerlerı.....	254
Tablo 4.1. Çelik bağlama ankrajı tutma gücü	269
Tablo 5.1 Mahmuz Yapı Tiplerı(JSCE,2000).....	275
Tablo 5.2 . Tombolo Oluşumunun Koşulları	281
Tablo 6.1 Hidrodinamik Katsayıların Değişımı (Patel, 1989)	291

BÖLÜM E
KIYI YAPILARININ GÜVENİRLİĞE DAYALI (RİSK)
TASARIM UYGULAMALARINDA YENİ YAKLAŞIMLAR

Tablo 1.1 Kıyı Yapılarında Risk Seviyeleri	315
Tablo 1.2. Kıyı Yapıları için Kabul Edilebilir En Yüksek Yıkılma Olasılıkları (P_f)	315

EKLER

Tablo Dalga periyodu ile su derinliği ilişkisini veren tablo	322
--	-----

SİMGELER

- a_i : Birey dalga genliği (m)
a ve b: Yansıma katsayıları
a: P'nin dubanın merkez ekseninden sapması (m)
A : ξ ve i değerlerine bağlı bir parametredir
A : Akıntı yönünde cismin izdüşüm alanı (m^2)
A = Dalga etkisi altında akıma maruz kalan kazığın akım yönündeki alanı
 A_C : Akıntının etki ettiği izdüşüm alanı (m^2)
 A_c : Ortalama su seviyesi ile koruyucu tabaka kreti arasındaki dik mesafe
AE : Deprem ivmesi katsayısı
 A_L : Akıntıya dik yönde cismin izdüşüm alanı (m^2)
 A_L : Geminin su çizgisi üzerindeki boyuna izdüşüm alanı (m^2)
 A_i : Yapının başlangıçta ki kesit alanı (m^2)
 A_w : Rüzgar kuvvetini etki ettiği yapının su yüzeyi üstünde kalan izdüşümü alanı (m^2)
b ve a: Yansıma katsayıları
b : dubanın genişliği (m)
b : İki dalga diki arası mesafe
B : Kret genişliği
B : Nehir genişliği (m)
B : Gemi genişliği (m)
B : Duvar önünde ki koruyucu birey taş yada blok tabakası banket genişliği
B : Düşey yapı genişliği (m)
 $\frac{B}{L}$: Liman girişi açıklığı / Liman girişindeki dalga boyu
 B_{maks} : En büyük tasarım teknesinin genişliği
 B_m : Yapı önünde ki topuk uzunluğu (m)
c: Dubanın ağırlık merkezinin tabandan ölçülen yüksekliği (m)
c : Rüzgar basıncı katsayısı
C : ξ ve i değerlerine bağlı bir parametredir.
C: Kaldırma kuvveti merkezi
C': Dengeleyici yüklü kesonun kaldırma kuvveti merkezi
 C_b : Sığ su dalga hızı (m/s)
 C_b : Blok katsayısı
C : Dalga hızı (m/s)
 C_c : Yanaşma şekli faktörü
 C_D = Dalga tanesi hızından dolayı oluşan kuvvete karşı direnç katsayısı
 C_D : Sürüklenme katsayısı
 C_e : Dışmerkezlik Faktörü (eksantriklik)
 C_L : Hidrodinamik kaldırma katsayısı
 C_g : Grup Hızı (m/s)
 C_{g0} : Derin deniz dalga grup hızı (m/s)
 C_{gb} : Kırılma anında ki grup hızı (m/s)
 $C_G (f)$: Grup hızı vektörü
 C_m : Hidrodinamik Atalet Katsayısı
 C_m : Parçacık ivmesinden dolayı oluşan kuvvete karşı eylemsizlik katsayısı

C_0 : Derin deniz dalga hızı (m/s)
 C_r : Dalga yansımalarını veren yansıma katsayısı
 C_s : Esneklik Faktörü (Genellikle 1.0 alınır)
 C_t : İletim katsayısı
 C_{CL} : Boyuna akıntı direnç kuvvetleri için derinlik düzeltme faktörü
 C_{CT} : Enine akıntı direnç kuvveti için derinlik düzeltme faktörü
 C_{DC} : Hidrodinamik direnç kuvveti katsayısı
 C_{DW} : Rüzgar direnç katsayısı
 C_{GD} : Derin deniz için T_D ye karşılık gelen grup hızı(m/s)
 C_{LC} : Boyuna akıntı direnç kuvveti katsayısı
 C_{LW} : Boyuna rüzgar kuvveti katsayısı
 C_{TC} : Enine akıntı sürüklenme kuvveti katsayısı, kıçta doğru veya başa doğru
 C_{TW} : Enine rüzgar kuvveti katsayısı, kıçta doğru veya başa doğru
CG: Yerçekimi ve kaldırma kuvveti merkezi arasındaki mesafe
d :Su derinliği
d : Yapı topuğunda ki su derinliği
d: Dubanın merkezine uygulandığında ki dubanın su çekimi (m)
 d_b : Kırılma derinliği
dB : Topukta ki su derinliği (m)
 $d_{boş}$: Boş geminin ortalama su çekimi
 d_{max} : En büyük su çekimi ise ;
 d_s : Geminin derinliği
 d_1 ve d_2 : Geminin baş ve arka kısmına ait su çekim derinlikleri
 $d_{85(çekerdek)}$: %15 inin alt tabakaya geçtiği taş çapı
 $d_{15(filtre)}$: %85 inin alt tabakaya geçtiği taş çapı
 d' : Topuktaki tabaka kalınlığı dahil su derinliği (m)
dp :Kapama derinliği (kıyı profilinin topuk derinliği)
D: Soluğan dalğanın sönümlenme mesafesi
D: Kazık çapı
D : Tamamen dolu olduğunda ortalama su çekimi (Draft)
 D_n : Koruyucu tabakada yerdeğiştiren küp sayısı
 D_{n50} : Taşların %50 sinin ağırlığının daha az olduğu taşın çapıdır
 D_s : Geminin toplam yüksekliği
DWT: Ölü ağırlık tonajı
e: Usturmaçalar arasındaki mesafe ile geminin dıştan dışa boyu arasında ki orandır
e = İki kazık merkezi arasındaki mesafe
E : Birim alana gelen toplam enerji
 $E(f, \theta, t, x)$: 2 boyutlu dalga spektrumunun enerji yoğunluğu
 E_f : Gemi yanaşma enerjisi (kJ = kN.m)
 E_k : Kinetik enerji
 E_p : Potansiyel enerji
 E_s : Yanaşacak olan geminin kinetik enerjisi

f: Dalganın bir yılda kıyıda etki etme yüzdesi

f_c : Koruyucu tabaka tarafından korunmayan duvar yüksekliği

f_m : Dalga frekansı

f_m : Spektrumda peak değerini oluşturan frekans

f_p : Pik spektrum frekansı

$\Delta f_i = \text{frekans aralığı}$ (ardışık iki frekans arasındaki fark)

f_i : (dalga frekansı) $\frac{1}{T_i}$

f, θ : Dalga frekansı ve açısı

F : Kabarma alanı uzunluğu (m) (Tasarımda etkin kabarma uzunluğu (F_{eff}) kullanılır.

F_b : Kaldırma kuvveti

F_C : Akıntı sürüklenme kuvveti (N)

F_D : Akıntı yönünde cisme etkiyen direnç kuvveti (kN)

F_{etk}: Etkili kabarma mesafesi (km)

F_i : i nci yönde ki karşı kıyıya olan uzaklık (km)

F_L : Akıntıya dik yönde cisme etkiyen kaldırma kuvveti (kN)

F_{min} : En küçük kabarma alanı uzunluğu

F_w : Rüzgar direnç kuvveti (N)

F_w : Düzensiz dalgalar için dalga direnç kuvveti

F_w : Sonuçta oluşan dalga basıncını gösterir.

F_{LC} : Boyuna akıntı kuvveti

F_{LW} : Boyuna rüzgar kuvveti

F_{TC} : Enine akıntı kuvveti, , geminin arkasına doğru veya geminin başına doğru

F_{TW} : Enine rüzgar kuvveti, geminin arkasına doğru veya geminin başına doğru

F_3 : Dalga kırılmasından kaynaklanan enerji yayılımı

F_4 : Dalga yayılması sırasında iç sürtünmeden kaynaklanan enerji kaybı

F_5 : Dalga bileşenleri arasında ki doğrusal olmayan etkileşimden kaynaklanan enerji değişimi

$F_{h,0.1\%}$: %0.1 oluşma olasılığına karşılık gelen yatay dalga kuvveti

g: Yerçekimi ivmesi (m/s^2)

G: Gravite merkezi

G': Dengeleyici yüklü kesonun gravite merkezi

G (f, θ) fonksiyonu, yöne göre dalga enerji dağılımını ifade eder ve "yönel dağılım fonksiyonu" olarak isimlendirilir ve

h: Dubanın yüksekliği (m)

h'_c : Yapının başlangıçtaki yüksekliği

h_w : Su seviyeleri arasında ki fark (m)

h^1 : Koruyucu tabaka tarafından korunan duvar yüksekliği

h_0 : Durgun su seviyesinin dalga etkisi ile yükselme miktarı

h^1 : Duvarın topuktan durgun su seviyesine kadar olan batık yüksekliği

h_1 : En kesit 1'deki su derinliği (m)

h_2 : En kesit 2'deki su derinliği (m)

Δh : iki en kesitteki su derinliği farkı (m)

H : Dalga yüksekliği
 H : Başlangıç noktasından su seviyesi (m)
 H_b : Kırılan dalga yüksekliği
 H_s veya $H_{1/3}$: Belirgin dalga yüksekliği
 H_0 : Derin deniz dalga yüksekliği
 \bar{H} : Ortalama dalga yüksekliği
 $H_{1/10}$: Dalgaların en yüksek %10 unun ortalama yüksekliği
 $H_{1/100}$: Dalgaların en yüksek % 1 inin ortalama yüksekliği
 H_{max} : En büyük dalga yüksekliği
 H_d : Dönen dalganın dalga yüksekliği
 H_D ve T_D : Sönümlenme alanında soluğan dalga tahminlerinin yapıldığı noktada ki belirgin dalga yüksekliği ve periyodu
 H_F ve T_F : Kabarma alanı sonunda ki belirgin dalga yüksekliği ve periyodu
 H_i : Gelen dalganın dalga yüksekliği
 H_{m+} : Deniz düzeyinin (+) yönde en yüksek sapmasının iki katı olarak tanımlanan dalga yüksekliği
 H_{rms} : Dalga yüksekliği kareleri ortalamasının kare kökü
 H_s : Yapı önü belirgin dalga yüksekliği
 H_{s0} : Derin deniz dalga yüksekliği
 H_{sr} : Yapı önünde yansıyan belirgin dalga yüksekliği (m)
 H_{st} : Yapı arasında ölçülen iletilmiş belirgin dalga yüksekliği
 H_{st}^o : Dalga aşması sonucu yapı arkasında ki korunmuş alanda oluşan belirgin dalga yüksekliği
 H_{st}^p : Dalga geçirimi sonucu yapı arkasında ki korunmuş alanda oluşan belirgin dalga yüksekliği
 $H_{1/n}$: Dalgaların en yüksek 1/n'inin ortalama dalga yüksekliğidir.
 I : Durgun su içindeki kesitin uzunlamasına eksende hesaplanan atalet momenti (m⁴)
 I' : Dengeleyici yüklü kesonun durgun su içindeki kesitin uzunlamasına eksende hesaplanan atalet momenti
 i : Kanalın taban eğimi
 i : dubanın rotasyon eksenine paralel her bölme içindeki su yüzeyinin merkez eksenine göre geometrik atalet momenti (m⁴)
 i : Kesonun su ile temas eden iç bölmelerinin kesonun dönme eksenine paralel merkez çizgisine göre olan atalet momentleri
 k : F_1 ve F_2 usturmacıları arasında yer alan ve geminin bağlama tesislerine en yakın olduğu noktanın temsili konumunu gösteren parametredir. k parametresi, 0 ile 1 arasında değerler alabilir fakat genellikle k= 0.5 kabul edilir.
 k : Dalga sayısı
 k_Δ : Tabaka katsayısı
 K : En kesitin su taşıma kapasitesi (m³/s)
 K_d : Liman içinde belirlenen bir noktada ki dönme katsayısı
 K_D : Denge katsayısı
 K_h : Zincirle duba arasındaki noktayla bağlama ankrajı arasındaki yatay mesafe
 K_r : Liman girişindeki sapma katsayısı

K_s : Liman girişindeki sığlaşma katsayısı
 KC: Keulegan Carpenter sayısı
 ℓ : Dalgakıran boyu
 $\ell =$ Yaslanma noktası ile ağırlık merkezi arasında rıhtıma paralel doğrultudaki uzaklık
 ℓ_g : Ardışık dalgakıranlar arasındaki açıklık
 ℓ_s : Kıyı Davranış parametresi
 ℓ_1 : Geminin F_1 usturmacasına değdiği nokta ile geminin ağırlık merkezi arasında yer alan ve yanaşma yapılarına paralel düzlemde belirlenmiş olan mesafedir (m).
 ℓ_2 : Geminin F_2 usturmacasına değdiği nokta ile geminin ağırlık merkezi arasında yer alan ve yanaşma yapılarına paralel düzlemde belirlenmiş olan mesafedir (m)
 I: Sakin suda enkesit alanının boylamasına eksene göre geometrik atalet momenti (m⁴)
 I : Zincirin uzunluğu (m)
 L : d' (m) derinliğinde ki tasarım belirgin dalga periyodu kullanılarak bulunan dalga boyu
 L : Dalga boyu
 L_b : Kırılan dalga boyu
 L_f : Kabarma mesafesi
 L_m : T_m kullanılarak hesaplanan dalga boyu
 L_m :Yapı topuğu önünde ortalama dalga boyu (ortalama dalga periyodu kullanılarak hesaplanır)
 L_n = Mahmuz sistemindeki bir mahmuzun uzunluğu
 L_p : T_p kullanılarak hesaplanan dalga boyu
 L_s : Gemi boyu (m)
 L_q : Rıhtım uzunluğu
 L_0 : Derin deniz dalga boyu
 L_{oa} : Gemini toplam uzunluğu (Length overall)
 L_{om} : Ortalama dalga periyoduna karşılık gelen derin deniz dalga uzunluğu
 L_{op} : Pik dalda periyoti kullanılarak bulunan derin deniz dalga boyu
 L_{BP} : Gemi uzunluğu (burada gemi boyu geminin başının yazın tuzlu su hattı ile kesiştiği düşey ile geminin dümeni arasındaki yatay mesafenin metre cinsinden ölçüsüdür)
 L_1 = Geçiş bölgesinde ilk mahmuz uzunluğu
 m : Taban eğimi
 m : Emniyet derinliği
 m_n : Dalga enerji spektrumunun 'n' inci momenti
 M : Kullanılan taş ve beton blokların en küçük ağırlığı (t)
 M: Metasantr
 M_s : Gemi Kütlesi (t)
 M_w : Gemi etrafındaki su kütlesi (ilave kütle)
 M_{50} : Ortalama taş büyüklüğü kütlesi , $M_{50} = \rho_s D_{n50}^3$
 $M_{0.1\%}$: %0.1 oluşma olasılığına karşılık gelen döndürme momenti
 MSL : Ortalama Su Seviyesi (SS)
 MHWL: Ortalama en yüksek su seviyesi (OYSS)
 MLWL :Ortalama en düşük su seviyesi (ODSS)
 n : Manning'in pürüzlülük katsayısı (s/m^{1/3})
 n : Bir sırada seyir eden tekne sayısı
 n : Taş sayısı (en az 3)
 N:Gözlenen birey dalga sayısı

N : Yanaşma yeri sayısı
 N : Taş sayısı (en az 3)
 N: Toplam kazık sayısı
 N_a : A alanı için gerekli olan koruyucu birey taş veya blok sayısı
 N_s : Denge sayısı
 N_s : Stabilite katsayısı
 N_z : Yapı dengesinin sağlandığı dalga sayısı
 N_{od} : Koruyucu tabakada genişliği D_n olan alanda yer değiştiren küp sayısı
 O_T : Apron'un gerisinde kalan depolama, transfer ve ofisler dahil toplam alan
 O_{EC} : Konteyner bakımı ve tamir alanı
 O_{PY} : Konteynerlerin depolandığı alan
 O_{CFS} : Konteyner içi istifleme yada boşaltma amacıyla ayrılan alandır
 O_{ROP} : Kapı, ofis binaları, gümrük hizmetleri ve park amaçlı alan
 p : Rüzgar basıncı (N/m^2)
 p = Kazığa etkiyen toplam yatay basınç
 p_b : Suyun kaldırma basıncı
 p_D = Dalga etkisi altındaki su tanesinin hızından dolayı kazıkta oluşan birim uzunluğuna etkiyen basınç
 p_u : Dik duvarın ön topuk kısmına etkiyen uplift pressure (kN/m^2)
 p_w : Duvarın ön yüzüne dik olarak etkiyen basınçtır ve büyük düşey hızlardan ve ivmelerden etkilenir.
 $p_{b,0.1\%}$: %0.1 oluşma olasılığına karşılık gelen dalga kaldırma basıncı
 p_1 : Durgun su seviyesinde ki dalga basıncı (su seviyesinin dalga tepesine kadar tırmandığı durumda)
 p_2 : Düşey duvar tabanında ki dalga basıncı
 p_3 : Durgun su seviyesinde ki dalga basıncı (su seviyesinin dalga çukuruna kadar çekildiği durumda)
 P: Dik kazığın birim uzunluğuna gelen toplam yatay dalga basıncı
 P: Dalga basıncı
 P : Geçirgenlik
 P: Eksantrik yükün toplam kuvveti (kN)
 ΔP : Basınç farkı (hPa)
 P_m = Dalga etkisi altındaki su tanesi ivmesinden dolayı kazıkta oluşan birim uzunluğuna etkiyen basınç
 $P_n(\theta_n)$: Tek kazığa gelen dalga yükü, faz açısı ($(\theta_n) = k \cdot x_n - \omega t$) göz önüne alınarak hesaplanacaktır
 $P(H_{1/3})$: Referans süre içerisinde oluşan en büyük belirgin dalga yüksekliğinin ($H_{1/3}$) değerine eşit yada bu değerden küçük olma olasılığı
 q : Hız basıncı (N/m^2)
 q_y : Kıyı boyunca tanımlanan kum kaynağı (akarsu kaynağı gibi)
 Q : 1 m için tanımlanmış boyutsuz ortalama dalga aşması debisi
 Q : Kıyı boyu katı madde debisi
 Q_{sg} = Toplam kıyı boyunca taşınan katı madde miktarı
 Q_{sl} = Kıyı boyunca sola doğru taşınan katı madde miktarı
 Q_{sn} = Net kıyı boyu katı madde miktarı
 Q_{sr} = Kıyı boyunca sağa doğru taşınan katı madde miktarı
 $Q(H_{1/3})$: Fırtınalarda yaratılan belirgin dalga yüksekliğinin $H_{1/3}$ değerine eşit ya da daha büyük olma olasılığı

r : Yatay düzlemde geminin ağırlık merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme yarıçapı.

r : Dönme yarıçapı , geminin düşey eksen etrafındaki atalet momenti ile ilgili

r : Ortalama tabaka kalınlığı

r : Dalga nedeniyle düşey hareket (pratikte $H_s/2$ alınmaktadır)

R_c : Boyutsuz kret kotu

R : Hidrolik yarıçapı

R = Mahmuz sisteminde mahmuzlar arası mesafe / mahmuz uzunluğu

R_a : En büyük tırmanma seviyesi

R_d : SSS seviyesi ve dalganın geri çekildiği en düşük nokta arasında ki mesafedir (Dalga Geri Çekilmesi)

R_p : Yıl cinsinden yineleme periyodu

R_u : SSS seviyesi ve dalganın tırmandığı en üst nokta arasında ki dik mesafedir (Dalga Tırmanması)

$R_{d2\%}$: Rüzgar dalgalarında % 2 dalganın geri çekilme değerine eşdeğer.

$R_{ui\%}$: Rüzgar dalgalarında % i dalga tarafından aşılacak R_u

R_{uS} : Gelen % 33 dalganın aşması durumu

$R_{u,0.1\%}$: Gelen dalganın %0.1 aşma olasılığına karşılık gelen dalga tırmanması

$R_{u2\%}$: Gelen dalganın %2' sinin aştığı R_u değeri

$R_{u33\%}$: Gelen dalganın %33' ünün aştığı R_u değeri

Re : Reynold sayısı

s_{om} : Ortalama dalga periyoduna karşılık gelen derin deniz dalga dikliği

s_{op} : Pik (en yüksek) periyoda karşılık gelen derin deniz dalga dikliği

S = Yelkenlinin direk yüksekliğinin izdüşüm uzunluğu

S : Aşınmış alan

S : Squat

S_{maks} : Squat ve trim nedeniyle maksimum su çekmesi,

S_{maks} : Yönsel yayılma parametreleri

S_r : Kullanılan taş ve beton blokların deniz suyuna göre özgül ağırlıkları (t / m^3)

$S(f)$: Frekans spektrumu

$$S(f_i)\Delta f_i = \frac{1}{2}a_i^2$$

$S(f_i) = f_i$ frekansındaki enerji yoğunluğu

S_1 = Mahmuzlar arasındaki mesafe

SSS: Sakin su seviyesi

t : zaman

t_a : Koruma tabakası kalınlığı

T : Minimum esme süresi (saat)

T : Referans seviyesinin üzerindeki gel-git yüksekliği (bu derinliğin altında girişe izin verilmez),

T : Zincirine etkileyen maksimum gerilme (kN)

T_A : Bağlama ankrajının tutma gücü (kN)

T_m : Ortalama dalga periyodu

T_n : Doğal salınım frekansı

T_p : Pik dalga periyodu

-

\bar{T} : Ortalama dalga periyodu

T_{max} : Dalgaların en büyük periyodu
 $T_{1/n}$: Dalgaların en yüksek 1/n'inin ortalama dalga periyodu dur.
 $T_{1/3}$: Belirgin dalga periyodu
 $T_{1/10}$: Dalgaların en yüksek 1/10'nun ortalama dalga periyodu
u: Su daneciğinin x yönünde ki hız bileşeni
U: Rüzgar hızı
U: Deniz seviyesinden 10 m yukarıda ölçülen rüzgar hızı (m/s)
U : Akış hızı (m/s)
U : Dinamik kaldırma kuvveti
U : Yüzen dalgakıran hızı
 U_c : Akıntı hızı (m/s)
 U_w : Rüzgar hızı (m/s) (Deniz seviyesinden 10 m yükseklikte ki rüzgar hızı)
 U_{deniz} : Deniz üzerinde ki rüzgar hızı (m/s)
 U_{kara} : Karada ki rüzgar hızı (m/s)
 U_{F_H} : Yatay kuvvet ile ilgili istatistiksel bir değer
 U_{F_U} : Yukarı kaldıran kuvvet ile ilgili rasgele br değer
 U_{M_H} : Yatay moment ile ilgili rasgele bir değer
 U^{M_U} :Yukarı kaldıran moment ile ilgili rasgele bir değer
 $U_{19.5}$: Deniz seviyesinin 19.5 m üstünde ki rüzgar hızı
v: Su daneciğinin y yönünde ki hız bileşeni
V : Gemi Yanaşma Hızı (m/s)
V: Yer değiştiren su miktarı (m³)
V': Dengeleyici yüklü kesonun yer değiştirdiği su miktarı,
Va : Bağlama ankrajına etkiyen dikey kuvvet (kN)
Vb : Dubayla zincir arasındaki noktaya etkiyen dikey kuvvet (kN)
 V_c : Ortalama akıntı hızı (m/s)
w : Zincirin su içinde ki birim uzunluk ağırlığı (kN / m)
 w_a : Koruyucu birey taş yada blok birim malzemesinin özgül ağırlığı
W: Ortalama taş büyüklüğü ağırlığı , $W= M_{50} g$
W: Dubanın ağırlığı ve düzgün yayılı yük (kN)
W: Navigasyon kanalının en alçak su seviyesinde genişliği,
 W_A : Bağlama ankrajının batan ağırlığı (kN)
 W_B : Şev açıklığı
 W_i : İlave genişliği
 W_{BM} : Temel kanal genişliği
 W_1 : Dubanın ağırlığı (kN)
x : Konum vektörü
x : Kıyı boyunca dikkate alınan eksen
 Δx : İki en kesit arasındaki mesafe (m)
 x_n : Kazığın x eksenindeki koordinatı
 $\frac{x}{L}$: Dalgakıran kafasından gövde boyunca yerleştirilen yatay eksen / Liman girişindeki dalga boyu
y : Dalgakıranın kıyıdan olan uzaklığı
y : Kıyıya dik eksen

$\frac{y}{L}$: Dalgakıran kafasından dalgakıran gövdesine yerleştirilen dikeksen/Liman girişindeki

dalga boyu

z : Rastgele seçilmiş başlangıç noktasından nehir yatağının yüksekliği (m)

z_1 : En kesit 1'de rastgele seçilmiş başlangıç noktasından nehir yatağının yüksekliği (m)

z_2 : En kesit 2'de rastgele seçilmiş başlangıç noktasından nehir yatağının yüksekliği (m)

θ : Yanaşma Açısı ($0 - 10^\circ$) arasında alınabilir. Fakat 10° alınması önerilir.

θ = Dalga enerjisi yayılma yönü

θ : Hız potansiyeli

θ_i : Etkin rüzgar yönü ile i nci yön arasında ki açıdır ($^\circ$)

θ' : Dalgakıran ile dalga geliş yönü arasında ki açı

θ_1 : Zincirin zincirle bağlama ankraji arasındaki noktayla yatay düzlem arasında yaptığı açı ($^\circ$)

θ_2 : Zincirin, dubayla bağlama zinciri arasındaki noktayla yatay düzlem arasında yaptığı açı ($^\circ$)

α : Sapma açısı

α : Yapı eğim açısı

α_s : Dolgu tabakasının yatay olması halinde kullanılan düzeltme faktörü (=0.45)

α_o : Derin su dalga tepe çizgisinin batimetri (eş derinlik eğrisi) ile yaptığı açı

α_1 : Sığ su dalga tepe çizgisinin batimetri (eş derinlik eğrisi) ile yaptığı açı

$\alpha(f, U)$: Phillip Rezonans Teorisindeki lineer büyütme faktörü

$(\alpha_p)_o$ Derin deniz etkin dalga yönü

β : Düşey duvar normali ile dalga geliş yönü arasında ki açı. (eğer dalga belirli bir açı ile dalgakırana

β : Dalga geliş açısı

$\beta(f, U)$: Mile Rezonans Teorisinde ki üstel büyütme faktörü

∇ : Gemi tarafından yer değiştiren su hacmi (m^3)

∇ : Diferansiyel operator

γ_a : Koruyucu birey taş yada blok birim malzemesinin özgül ağırlığı

γ_b : Kırılma derinliği indeksi (genellikle 0.78 kabul edilir)

γ_b : Topuk azaltma katsayısı

γ_d : Sığ suda dalga yüksekliği dağılımının Rayleigh dağılımından farklılaştığı zaman azaltma katsayısı

γ_r : Yüzey pürüzlülüğü azaltma katsayısı.

γ_s : Doymuş yüzeyde ki kuru birim ağırlık

γ_w : Suyun özgül ağırlığı

γ_β : Dalga geliş açısı (yönsel dağılımın etkisinde içerilmiştir) azaltma katsayısı.

ξ : Kırılma benzetim parametresi ξ_{om} veya ξ_{op}

ξ_{mc} : Kritik kırılma parametresi değeri

ξ_{om} : Ortalama dalga periyoduna göre belirlenen kırılma benzetim parametresi

ξ_{op} : Pik dalga periyoduna göre belirlenen kırılma benzetim parametresi

ξ^* : boyutsuz dalga yüksekliği

η : Dalga Profili

η^* :Durgun su seviyesi üzerinde dalga basıncının 0 olduğu yükseklik

η_{m+} : Deniz yüzeyinin '+' yönde ki en yüksek sapmaları

$\ddot{\eta}_{m+}$: + yönde ki en yüksek sapma anlarında "η" nin zamana göre ikinci türevi.

σ : Açısal dalga frekansı

σ_i = Birey dalga açısal frekansı (radyan/saniye) $\left(\frac{2\pi}{T_i} \right)$

ϕ_i = Birey dalganın göreceli faz farkı(0-2π arasında değişir)

ϕ_i : İçsel sürtünme açısı

τ : Olaylar arasındaki ortalama zamandır ve genelde bir yıl olarak alınır

τ^* : Boyutsuz dalga periyodu

ρ_o : Su yoğunluğu

ρ_r : Kullanılan taş ve beton blokların yoğunluğu (t / m³)

ρ_A : Hava yoğunluğu

μ : Cavanie, Arhan ve Ezraty'nin boyutsuz dalga periyodu

ζ : Su seviyesindeki artış (cm)

λ_1, λ_2 : Dalga basıncı değişiklik faktörü (genelde 1.0 alınır)

λ_3 : Kaldırmaya çalışan basınç değişim faktörü (genellikle 1.0 alınır)

δ_o : Dalga tepesi ve dalga çukuru arasında ki düşey değişim

BÖLÜM A.

TASARIMDA DİKKATE ALINAN

HİDROLİK VERİLER

1.RÜZGAR DALGALARI

1. RÜZGAR DALGALARI

1.1 Rüzgar Verileri ve Analiz Yöntemleri

Rüzgar verileri ,

- İlgili alanda yapılan ölçümler
- Kıyı alanlarındaki meteorolojik rüzgar ölçüm istasyonları
- Sinoptik haritalar
- ECMWF

kaynaklarından elde edilmelidir.

1.1.1 Kıyı Alanlarındaki Meteoroloji Rüzgar Ölçüm İstasyonları

Rüzgar verileri (rüzgar hızı, yönü ve süresi) kıyı meteoroloji istasyonlarına yerleştirilen farklı rüzgar ölçerlerle ölçülebilir. Dalga hesaplarının yapılmasına yararlı olan rüzgar ölçümleri, deniz kıyısındaki meteoroloji istasyonlarından toplanan genelde saatlik ölçümlerdir. Deniz kıyısındaki meteoroloji istasyonları, çoğunlukla kıyı kentlerinde ve deniz yüzeyinden çeşitli yüksekliklerde bulunmaktadır.

Dalga tahminlerinde kullanmak için, deniz kıyısında bulunan meteoroloji istasyonu tarafından elde edilen uzun süreli rüzgar ölçümleri en uygun veridir. Bu kayıtlardan aşağıda belirtilen üç biçimde bilgi toplanmakta ve saklanmaktadır:

1. Her fırtınanın en yüksek hız değeri, yönü ve süresi “aylık klimatolojik rasat cetvellerinde” toplanmaktadır.
2. Günün bütün saatlerine göre rüzgarın hızı ve yönü dikkate alınarak “saatlik ortalama rüzgar cetvelleri” hazırlanmaktadır. Burada verilen hızlar her saat aralığında rüzgar hızlarının ortalamasıdır.
3. Her 6 saatte bir basınç değerleri alınarak “sinoptik basınç haritaları” hazırlanmaktadır.

Dalga tahmin çalışmalarında, rüzgarların hızını ve yönünü sürekli olarak veren “saatlik rüzgar cetvelleri” kullanılması uygundur. Bu cetvellerden yararlanılarak rüzgar verilerinin yönlere göre istatistiksel dağılımı elde edilmelidir (rüzgar gülü).

Mevcut rüzgar ölçümlerinin kıyı istasyonlarınca yapılmış olması, dalga tahminlerinde kullanılacak rüzgar verileriyle ilgili önemli bir sorun oluşturmaktadır. Rüzgar özelliklerini kullanarak dalga tahmini yapmak için önerilmiş yöntemler deniz üzerinde ölçülmüş rüzgar hızlarını kullanmaktadır. Ancak bir kıyı istasyonunca ölçülen rüzgar hızları aynı anda deniz üzerinde bulunan rüzgar hızlarından daha küçüktür. Bunun nedeni, kara üzerinde ki engebelerin (binalar, ağaçlar ve topografik düzensizlikler gibi) hava akımını etkilemesi ve daha kalın bir sınır tabakası oluşturarak rüzgar hız profilini değiştirmesidir. Ancak, bu değişikliğin ölçüsünü veren, genel düzeyde geçerli kuramsal bir model şu ana kadar mevcut değildir. Aynı anda karada ve denizde ölçülen rüzgar hızları arasındaki ilişki incelenmiştir. Çeşitli ölçüm sonuçları

değerlendirilerek, “kara” ve “deniz” rüzgar hızları arasında **Denk. (1.1)**'de verilen bağıntının bulunduğu kabul edilmektedir (**Hsu, 1980**).

$$\frac{U_{deniz}}{U_{kara}} = 3.0(U_{kara})^{-1/3} \quad (1.1)$$

U_{deniz} : Deniz üzerindeki rüzgar hızı (m/s)

U_{kara} : Karadaki rüzgar hızı (m/s) $2.0 \text{ m/s} \leq U_{kara} \leq 18.0 \text{ m/s}$

Bu formül kullanılırken, U_{deniz} ve U_{kara} hızlarının “metre/saniye” olarak ele alınması gerekmektedir.

Rüzgar verilerinin alınacağı kıyı meteoroloji istasyonlarının konumlarına dikkat edilmelidir. Çünkü istasyonların etrafında ki yapılaşma ölçüm hatalarına neden olabilmektedir. Bu durumda diğer kaynaklar kullanılmalıdır.

1.1.1.1.Rüzgar Hızı Yükseklik Düzeltmesi

Yapılan rüzgar ölçümleri genellikle standart deniz yüzeyinden 10m yükseklik referans seviyesi ile uyuzmaz. Dalga, akıntı, fırtına ve diğer rüzgar kaynaklı olayların tahmini için, yapılan bu gözlemlerin 10m referans seviyesine dönüştürülmeleri gerekir. 8-12 m yükseklik aralığında yapılan rüzgar ölçümlerine ‘1/7 güç kanunu’ **Denk.(1.2)** uygulanır (OCDF, 2002).

$$U_{10} = U_z \left(\frac{10}{z} \right)^{1/7} \quad (1.2)$$

z: deniz seviyesinden yükseklik (m)

1.1.2 Sinoptik Haritalar

Dalga tahminlerinde kullanılan rüzgar verilerinden birisi de, sinoptik yer basınç haritalarından elde edilmektedir. Sinoptik yer basınç haritaları, yapılan ölçümler sonucu atmosferde aynı hava basıncındaki yerlerin birleştirilmesi ile elde edilen eğrileri (eş basınç eğrilerini) gösteren haritalardır. Eş basınç eğrileri haritaların üzerine genellikle üç veya dört milibarlık basınç farklarıyla çizilmektedir.

Detaylı hesaplamalar için **CEM 2003**, Bölüm 2 kullanılmalıdır.

1.1.3 European Centre for Medium Range Weather Forecasts (ECMWF)

Orta ölçekli hava tahmini için ölçümler yapan bu merkez, kıyı mühendisliği uygulamalarında kullanılabilecek 12 saatlik sinoptik basınç haritalarını da hazırlar. Bu haritalarda verilen eş basınç eğrileri kullanılarak istenilen deniz alanı üzerinde esen rüzgarın hızı ve yönü bulunabilir. Aynı zamanda bu merkez derin deniz dalga ve soluğan tahmininide vermektedir

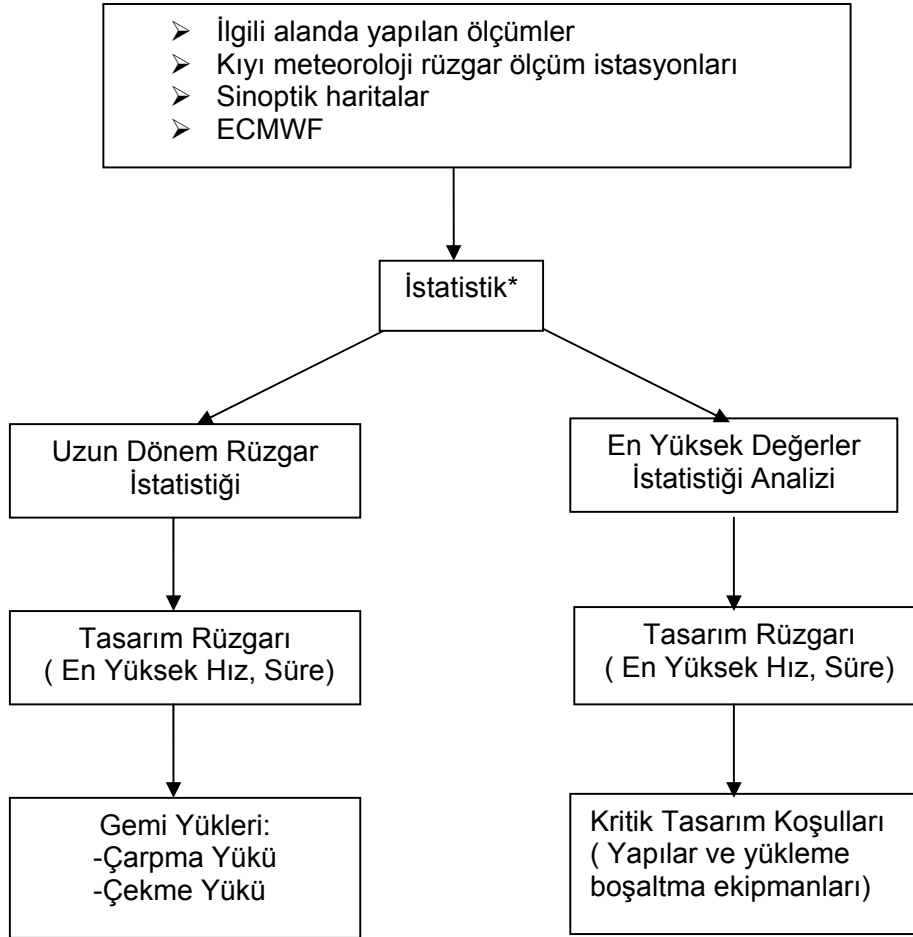
ECMWF'nin verileri, dalga tahminleri çalışmaları için güvenilir bir kaynak oluşturmaktadır ve kullanılması önerilmektedir.

1.1.4 Diğer Kaynaklar

“Türkiye Kıyıları için Derin Deniz ve Dalga Atlası” ve “On Beş Deniz Yöresi için Dalga Tahminleri ve Tasarım Dalgası Özelliklerinin Belirlenmesi” raporları kullanılabilir. Ancak dalga istatistik çalışmaları yapılarak ve söz konusu çalışmalarla karşılaştırma yapılarak kullanılmasında fayda vardır. Diğer kaynaklar genelde gemilerden yapılan rüzgar ölçümleridir. Ancak gemilerin denize açılmalarının mümkün olmadığı şiddetli fırtınalarda, ölçüm alınamaması bu ölçümleri sürekli ve güvenilir olmaktan çıkarmaktadır.

1.1.5 Rüzgar Verilerinin Analiz Yöntemleri

Rüzgar verileri kullanılarak yapılması gereken analiz yöntemlerinin akış şeması **Çizim 1.1**'de verilmiştir.



Çizim 1.1 Rüzgar Verileri ve Analiz Yöntemleri Akış Şeması

* : Saatlik ortalama rüzgar hızları istatistiği

1.1.6.Diğer Meteorolojik Koşullar

Liman yapıları tasarlanırken rüzgarlar, basınç, sis, yağış, kar kalınlığı ve sıcaklık gibi meteorolojik faktörler dikkatli incelenmelidir.

- (1)Yağış miktarı, liman içindeki gerekli drenaj kapasitesinin belirlenmesinde önemli bir faktördür.
- (2) Sis, gemiler limana girerken ya da limandan ayrılırken hareket kapasitesini engelleyen ve liman verimliliğini düşüren bir meteorolojik olaydır.
- (3) Bazı durumlarda kar yükü liman üzerine etkiyen durağan bir yük olarak düşünülür.
- (4) Sıcaklık, liman içinde ki yapıların gerilim (stress) dağılımını etkiler ve bu yapılarda termik gerilimin ortaya çıkmasını sağlar.
- (5)Rüzgarlı günler ve mevsimsel dağılımlar yat limanları, gemilerin bağlanmaları ve elleçlenmeleri için belirlenmesi gerekebilir.

1.2. Dalgaların Temel Tanımları

1.2.1.Su Seviyeleri Tanımları

- **Ortalama su seviyesi (SS)(MSL)**

Belirli bir periyod boyunca deniz seviyesi ortalama yüksekliğine o periyodun ortalama deniz seviyesi denir. Pratik olarak, ortalama su seviyesi bir yılın ortalama deniz seviyesi olarak alınır.

- **Ortalama en yüksek su seviyesi (OEYSS) (MHWL)**

Tüm yüksek su seviyelerinin ortalamasıdır.

- **Ortalama en düşük su seviyesi (ODSS) (MLWL)**

Tüm alçak su seviyelerinin ortalamasıdır.

- **Sakin su seviyesi (SSS) (SWL):**

Sakin su seviyesi, dalga hareketinin olmadığı durumlarda ki su seviyesi dir .

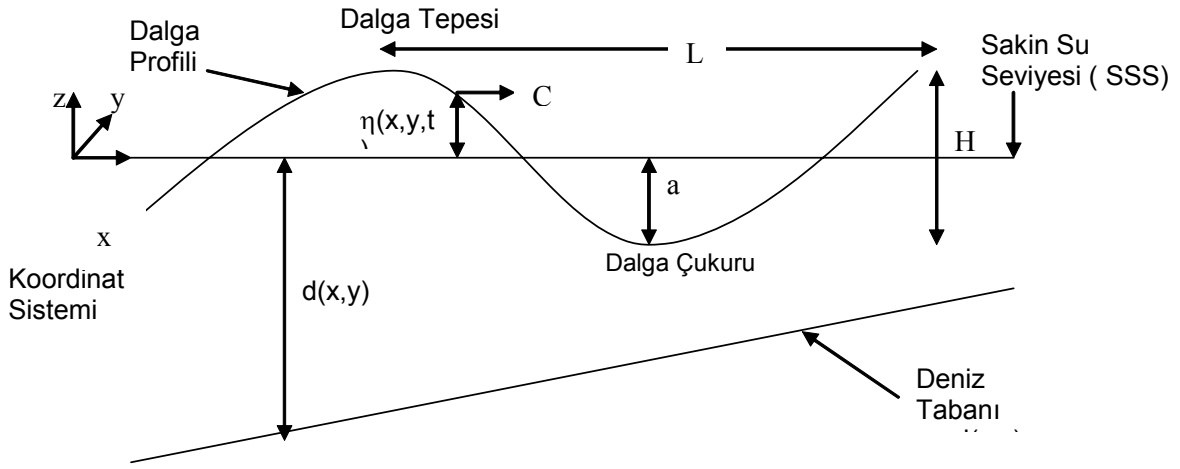
Kıyı mühendisliğinin temel ilgi alanına giren deniz dalgaları; su taneciklerinin (partiküllerinin) yörüngesel hareketiyle oluşur. En basit bir yaklaşımla (linear dalgalar) bu dalgaların profili sinus (veya kosinüs) eğrisi ile verilir. Bu dalgaların oluşumu ve hidroliği temel fizik kuralları ile tanımlanır. Deniz dalgaları etkiyen kuvvetlere ve dalga periyoduna göre isimlendirilirler (**Tablo 1.1 ve Tablo 1.2**). Temel tanımlarda **Çizim 1.2**'de verilmiştir.

Tablo 1.1 Deniz Dalgaları Oluşumuna Etkiyen Kuvvetler

Etkiyen Kuvvet	Tanım
Rüzgar	Rüzgar Dalgaları
Gel-git	Gel-Git Dalgaları
Deprem Toprak Kayması Deniz Dibi Volkan Patlaması	Depreşim Dalgaları (Tsunami)

Tablo 1.2. Dalgaların Etkiyen Kuvvetlere Göre Sınıflandırılması

Tanım	Period (T)	Örnek
Kısa Periyotlu Dalgalar	$1 < T < 30$ s	Rüzgar Dalgaları
Uzun Periyotlu Dalgalar	$30 \text{ s} < T < \text{belli bir saat}$	Tsunami
Gel-Git Dalgaları ve Fırtına Kabarması (Uzun Periyotlu Dalgalar)	$T > \text{belli bir saat}$	Gel-Git



Çizim 1.2 Dalgaların Temel Tanımları

1.2.2. Dalga Yüksekliği (H) ve Dalga Genliği (a)

Dalga yüksekliği, dalga tepesi ile dalga çukuru arasındaki dik mesafedir ve (H) ile gösterilir, derin denizdeki gösterimi (H_0) şeklindedir. Dalga genliği (a) ise; $a = H / 2$ olarak alınır.

1.2.3. Dalga Periyodu ve Dalga frekansı (T ve f)

Dalga periyodu birbirini takip eden iki dalga tepesinin aynı noktadan geçebilmesi için gerekli olan süre olarak tanımlanır ve (T) ile gösterilir. Küçük genlikli dalga teorisine göre, dalga periyodunun su derinliğinden bağımsız olduğu kabul edilir. Dalga frekansı ise periyodun tersidir ($f = 1 / T$).

1.2.4. Dalga Boyu (L)

Dalga boyu, birbirini takip eden iki dalga tepesi arasındaki yatay uzunluktur ve (L) ile gösterilir, derin denizde ki gösterimi (L_0) şeklindedir **Denk.(1.3)**.

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (1.3)$$

L :Dalga boyu (m)

T: Dalga periyodu (s)

d :Su derinliği (m)

g: Yerçekimi ivmesi (m/s^2)

Derin deniz dalga boyu (L_0) ifadesi kullanılarak tanımlanır.

1.2.5. Dalga Sayısı (k)

Dalga sayısı ($k = \frac{2\pi}{L}$) ile gösterilir.

1.2.6. Açısal Dalga Frekansı (σ veya ω)

Açısal dalga frekansı, ($\omega = \sigma = \frac{2\pi}{T}$) ile gösterilir.

1.2.7. Dalga Profili (η)

Dalga profili, dalganın su seviyesinden itibaren yaptığı yerdeğiştirme olarak tanımlanır ve η ile gösterilir **Denklem (1.4)**.

$$\eta(x,t) = \frac{H}{2} \sin\left(\frac{2\pi}{L}x - \frac{2\pi}{T}t\right) = \frac{H}{2} \sin(kx - \sigma t) \quad (1.4)$$

η : Dalga profili; sakin su seviyesine (SSS) göre deniz düzeyinin değişimi

H: Dalga yüksekliği (m)

L : Dalga boyu (m)

T : Dalga periyodu (s)

1.2.8. Dalga Hızı (C)

Dalğanın yayılırken sahip olduğu hızdır ve (C) ile gösterilir. Derin deniz dalga hızı ise (C_o) ile gösterilir **Denklem (1.5)**.

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} = \sqrt{\frac{gL}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L}} \quad (1.5)$$

C: Dalga hızı (m/s)

T : Dalga periyodu (s)

L : Dalga boyu (m)

d : Su derinliği (m)

g: Yerçekimi ivmesi (m/s^2)

1.2.9. Grup Hızı (C_g)

Dalga grubunun yayılma hızı (dalga enerji ilerleme hızı) grup hızı olarak tanımlanır ve C_g ile gösterilir **Denklem (1.6)**

$$C_g = n \times C = \frac{1}{2} \times \left(1 + \frac{4\pi d / L}{\sinh(4\pi d / L)}\right) \times C \quad n = \frac{1}{2} \times \left(1 + \frac{4\pi d / L}{\sinh(4\pi d / L)}\right) \quad (1.6)$$

1.2.10. Dalga Basıncı (P)

$$P = \frac{1}{2} \rho_o g H \frac{\cosh \frac{2\pi(z+d)}{L}}{\cosh \frac{2\pi d}{L}} \sin \left(\frac{2\pi}{L} x - \frac{2\pi}{T} t \right) - \rho_o g z \quad (1.7)$$

H: Dalga yüksekliği (m)

T : Dalga periyodu (s)

L : Dalga boyu (m)

d : Su Derinliği (m)

g: Yerçekimi ivmesi (m/s²)

ρ_o : Su yoğunluğu

z: Su yüzeyine göre düşey koordinat eksenini (m)

1.2.11. Dalga Enerjisi (E)

$$E = E_k + E_p = \frac{1}{8} \rho_o g H^2 \quad E_k = E_p \quad (1.8)$$

E : Birim alana gelen toplam enerji (J)

E_k : Kinetik enerji (J)

E_p : Potansiyel enerji (J)

1.2.12. Dalgaların Sınıflandırılması

Deniz dalgaları göreceli derinlik (d/L)'e göre sınıflandırılırlar:

1. Derin deniz dalgaları 2. Geçiş derinliği dalgaları 3. Sığ su dalgaları

Dalga denklemleri **Tablo 1.3'**de verilmiştir. Değişik derinliklerdeki dalga boylarının hesaplanması için gerekli tablo (GWT) Ek 1. de verilmiştir.

Tablo 1.3. Dalgaların d/L₀ Değerine Göre Sınıflandırılması

		Derin Deniz d/L ₀ ≥0.5	Geçiş Derinliği 0.0157< d/L ₀ <0.5	Sığ Su d/L ₀ ≤0.0157
Dalga Hızı	C	$\frac{g}{2\pi}T$	$\frac{g}{2\pi}T \tanh \frac{2\pi d}{L}$	$(gd)^{0.5}$
Dalga Boyu	L	$\frac{g}{2\pi}T^2$	$\frac{g}{2\pi}T^2 \tanh \frac{2\pi d}{L}$	$T(gd)^{0.5}$
Yatay konumda ki tanecik hızı	u	$\frac{H\pi}{T} e^{kz} \cos(kx - \sigma t)$	$\frac{H\pi}{T} \frac{\cosh k(z+d)}{\sinh kd} \cos(kx - \sigma t)$	$\frac{H\pi}{Tkd} \cos(kx - \sigma t)$
Düşey konumda ki tanecik hızı	w	$\frac{H\pi}{T} e^{kz} \sin(kx - \sigma t)$	$\frac{H\pi}{T} \frac{\sinh k(z+d)}{\sinh kd} \sin(kx - \sigma t)$	$\frac{H\pi}{T} \left(1 + \frac{z}{d}\right) \sin(kx - \sigma t)$

1.3. Dalgaların İstatistiksel Özellikleri

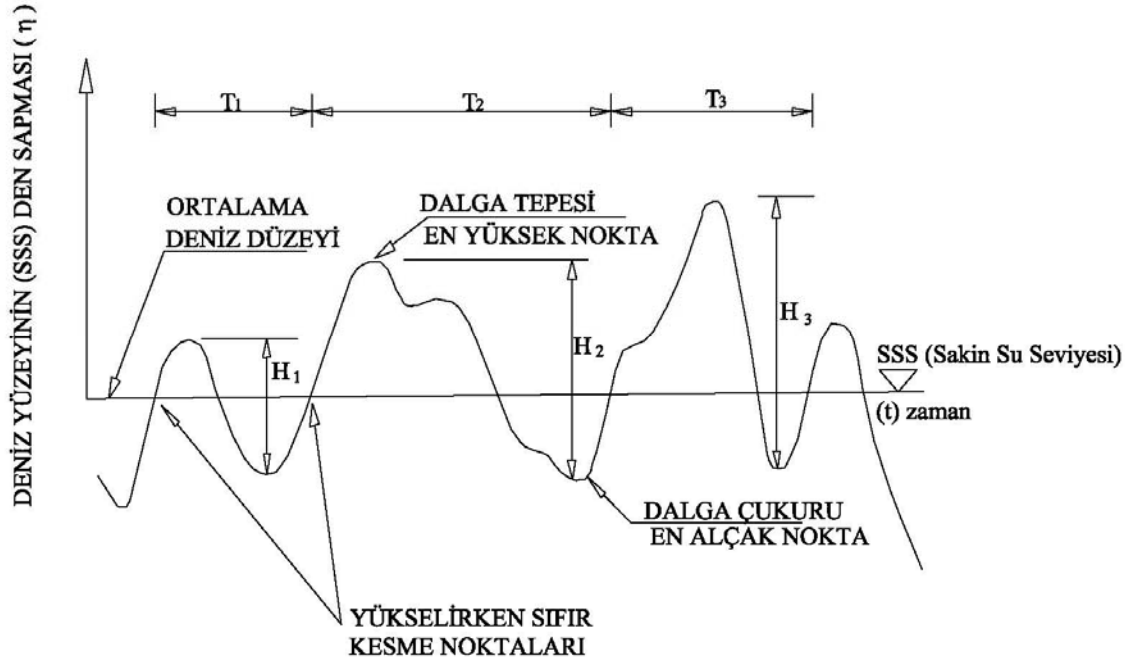
Rüzgarların oluşturduğu rüzgar dalgaları çok karmaşıktır ve düzensiz bir yapıya sahiptir. Deniz yüzeyinde, belirli bir yerde izlenen birey dalga yükseklik (H_i) ve dalga periyotları (T_i) birbirinden çok farklı olabilir ve ayrıca değişik yönlerde de hareket edebilirler.

Rüzgar dalgalarının birey yükseklik (H_i) ve birey periyotları (T_i) nin düzensiz olasılık dağılımları istatistiksel denklemlerle verilir.

Düzensiz rüzgar dalgalarının yapısı;

- (1) Dalga özelliklerinin olasılık dağılımı
- (2) Dalga spektrumu (dalga enerjisinin çeşitli frekanslardaki birey dalgalara dağılımı)

kullanılarak tanımlanır. Rüzgar dalgalarının en belirgin özelliği, ardışık birey dalgalarının yükseklik (H_i) ve periyotlarının (T_i) değişken niteliğidir. Rüzgar dalgalarının tanımında kullanılan parametreler **Çizim 1.3'**de verilmiştir.



Çizim 1.3 Rüzgar Dalgalarının Özellikleri

Çizim 1.3'de tanımlar ölçüm süresindeki sakin su seviyesine göre ve “Yükselirken Sıfır Kesim” metodu kullanılarak verilmiştir.

Buna göre birey dalga yüksekliği (H_i), sakin su seviyesinin yükselirken alınan iki ardışık sıfır kesiminden tanımlanan en üst nokta (dalga tepesi) ile en alt nokta (dalga çukuru) arasındaki dik mesafedir.

Birey dalga periyodu (T_i) ise, ardışık iki sıfır kesiminin oluşması için gereken zamandır.

1.3.1. Kısa Dönem Dalga İstatistiği

Bir fırtına süresince oluşmuş rüzgar dalgalarının istatistiksel tanımları sırası ile aşağıda verilmiştir.

\bar{H} : Ortalama dalga yüksekliği

$$\bar{H} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N H_i \quad (1.9)$$

N : Toplam dalga sayısı

\bar{T} : Ortalama dalga periyodu

$$\bar{T} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_i \quad (1.10)$$

N : Toplam dalga sayısı

Genel olarak

$H_{1/N}$: Dalgaların en yüksek 1/N'inin ortalama dalga yüksekliğidir.

$T_{1/N}$: Dalgaların en yüksek 1/N'inin ortalama dalga periyodudur.

- Belirgin Dalga Yüksekliği (H_s veya $H_{1/3}$): Dalgaların en yüksek 1/3'ünün ortalama dalga yüksekliğidir.

$$H_{1/3} = \frac{1}{N/3} \sum_{i=1}^{N/3} H_i \quad (1.11)$$

N : Toplam dalga sayısı

- Belirgin Dalga Periyodu (T_s veya $T_{1/3}$): Dalgaların en yüksek 1/3'ünün ortalama dalga periyodudur.

$$T_{1/3} = \frac{1}{N/3} \sum_{i=1}^{N/3} T_i \quad (1.12)$$

N : Toplam dalga sayısı

- $H_{1/10}$: Dalgaların en yüksek 1/10'unun ortalama dalga yüksekliğidir.

$$H_{1/10} = \frac{1}{N/10} \sum_{i=1}^{N/10} H_i \quad (1.13)$$

N : Toplam dalga sayısı

- $H_{1/100}$ = Dalgaların en yüksek 1/100'ünün ortalama dalga yüksekliğidir.

$$H_{1/100} = \frac{1}{N/100} \sum_{i=1}^{N/100} H_i \quad (1.14)$$

N : Kayıtlı toplam dalga sayısı

$$T_{1/10} = (0.9 - 1.1)T_{1/3} \quad (1.15)$$

$$T_{1/3} \approx (0.9 - 1.4)\bar{T}$$

$$T_{maks} \approx (0.6 - 1.3)T_{1/3} \quad (1.16)$$

\bar{T} : Ortalama dalga periyodu

$T_{1/3}$: Belirgin dalga periyodu

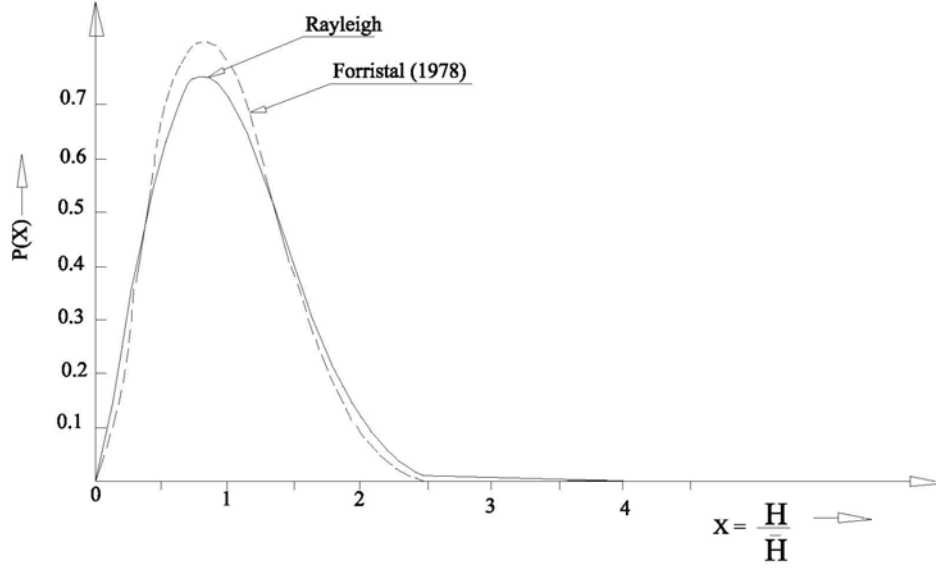
$T_{1/10}$: Dalgaların en yüksek 1/10'nun ortalama dalga periyodu

T_{maks} : En büyük dalgaya karşılık gelen periyot

1.3.2. Dalga Yüksekliği Olasılık Dağılımı

Rüzgar dalgalarından oluşan dalga yüksekliğinin, birey dalga yüksekliklerinin Rayleigh olasılık dağılımını sağladığı, dalga ölçüm verilerine dayanılarak kabul edilmiştir.

Rayleigh olasılık dağılımı aşağıda verilmiş ve **Çizim 1.4**'de gösterilmiştir.



Çizim 1.4 Dalga yüksekliği olasılık dağılımı için önerilen Rayleigh dağılımı ve Forristal'ın gözlem sonuçlarına uyarlaması

Toplam aşma olasılığı: Rüzgar dalgalarından oluşan dalga yüksekliğinin, birey dalga yüksekliğine (H') eşit veya büyük olma toplam olasılığı;

$$Q(H \geq H') = e^{-2(H'/H_{1/3})^2} \quad (1.17)$$

Toplam aşmama olasılığı: Rüzgar dalgalarında, birey dalga (H') yüksekliğinden küçük olma toplam olasılığı;

$$P(H' < H) = 1 - Q(H \geq H') = 1 - e^{-2(H'/H_{1/3})^2} \quad (1.18)$$

Rayleigh olasılık dağılımı kullanılarak dalgaların istatistiksel özellikleri belirlenebilir. Buna göre aşağıdaki ilişkiler verilebilir.

$$(a) \bar{H} = 0.625H_{1/3} \quad (1.19)$$

$$(b) H_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}}H_{1/3} \quad (1.20)$$

$$(c) H_{1/10} = 1.27H_{1/3} \quad (1.21)$$

$$d) H_{1/100} = 1.67H_{1/3} \quad (1.22)$$

$$e) H_{maks} = \sqrt{\frac{\ln N}{2}} H_{1-3}, H_{maks} = (1.6 - 2.0)H_{1/3}, \quad (1.23)$$

Burada,

\bar{H} : Ortalama dalga yüksekliği

H_{rms} : Dalga yüksekliği kareleri ortalamasının kare kökü

$H_{1/10}$: Dalgaların en yüksek %10 unun ortalama yüksekliği

$H_{1/100}$: Dalgaların en yüksek % 1 inin ortalama yüksekliği

H_{maks} : En büyük dalga yüksekliğidir.

N: Toplam dalga sayısı

1.3.3 Dalga Periyodu Olasılık Dağılımı

Rüzgar dalgalarında birey dalga periyotlarının (T_i) olasılık dağılımında en fazla kullanılan model Bretschneider dalga periyodu olasılık dağılımıdır.

Bretschneider'in önerdiği gözlemsel dağılım aşağıda verilmiştir.

a) Toplam aşma olasılığı: Rüzgar dalgalarında dalga periyodunun, birey dalga periyoduna (T') eşit veya büyük olma toplam olasılığı;

$$Q(T \geq T') = \exp\left(-0.675\left(\frac{T'}{\bar{T}}\right)^4\right) \quad (1.24)$$

b) Toplam aşmama olasılığı: Rüzgar dalgalarında oluşan dalga periyodunun, birey dalga periyodundan (T') küçük olma toplam olasılığı;

$$P(T < T') = 1 - \exp\left(-0.675\left(\frac{T'}{\bar{T}}\right)^4\right) \quad (1.25)$$

Burada,

\bar{T} = Ortalama dalga periyodu

T' = Birey dalga periyodu

1.3.4. Dalga Yüksekliği ve Dalga Periyodu Ortak Olasılık Dağılımı

Cavanie , Arhan ve Ezraty'nin kuramsal ortak olasılık dağılımı aşağıda verilmiştir.

$$P(\xi^*, \tau^*) = \frac{\pi\alpha^3 \xi^{*2} \tau^{*-5}}{2\varepsilon(1-\varepsilon^2)\mu^4} \exp\left[-\frac{\pi\xi^{*2} \tau^{*-4}}{4\varepsilon^2\mu^4} (\mu^2 \tau^{*2} - \alpha^2)^2 + \alpha^2 \alpha^4\right] \quad (1.26)$$

$$\xi^* = \frac{H_{m+}}{\bar{H}}, \text{ boyutsuz dalga yüksekliği}$$

$$\tau^* = \frac{T^*}{\bar{T}^*}, \text{ boyutsuz dalga periyodu}$$

H_{m+} : Deniz düzeyinin (+) yönde en yüksek sapmasının iki katı olarak tanımlanan dalga yüksekliği

\bar{H} : Ortalama dalga yüksekliği

$$T^* = 2\pi \left(\frac{-\eta_{m+}}{\ddot{\eta}_{m+}} \right)$$

$$\bar{T}^* = 2\pi \left(\frac{\eta_{m+}}{\ddot{\eta}_{m+}} \right)$$

$\ddot{\eta}_{m+}$: + yönde ki en yüksek sapma anlarında “ η ” nın zamana göre ikinci türevi

η_{m+} : Deniz yüzeyinin ‘+’ yönde ki en yüksek sapsmaları

$$\nu = \left\{ \frac{m_0 m_2}{m_1^2} - 1 \right\}^{1/2} \quad (\text{dalga spektrumunun genişlik parametresi})$$

$$\varepsilon = \left(1 - m_2^2 / m_0 m_4 \right)^{1/2} \quad \text{bir başka spektrum genişlik parametresi (dar aralıklı spektra için } \varepsilon = 2\nu)$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \left[1 + (1 - \varepsilon^2)^{1/2} \right]$$

$$a = \varepsilon / (1 - \varepsilon^2)^{1/2}$$

m_n : Dalga enerji spektrumunun ‘n’ inci momenti

$$\mu: \text{Cavanie, Arhan ve Ezraty'nin boyutsuz dalga periyodu, } \mu = \frac{\bar{T}^*}{T_m}$$

1.4. Dalga (Enerji) Spektrumu

Rüzgar dalgalarının çok sayıda sinüs dalgasının bileşiminden oluştuğu varsayılabılır. Bu varsayıma göre bir yerdeki deniz düzeyinin $\bar{\eta}(t)$ zamanla değişimi **Denklem.(1.27)**'de verilmiştir;

$$\bar{\eta}(t) = \sum_{i=1}^N a_i \cos(\sigma_i t + \phi_i) \quad (1.27)$$

Burada;

a_i = Birey dalga genliği

$\sigma_i = \frac{2\pi}{T_i} =$ Birey dalga açışsal frekansđ (radyan/saniye)

f_i (dalga frekansđ) : $\frac{1}{T_i}$

ϕ_i : Birey dalganđn göreceli faz farkđ (0- 2π arasında değişir)

t: Zaman değişkeni

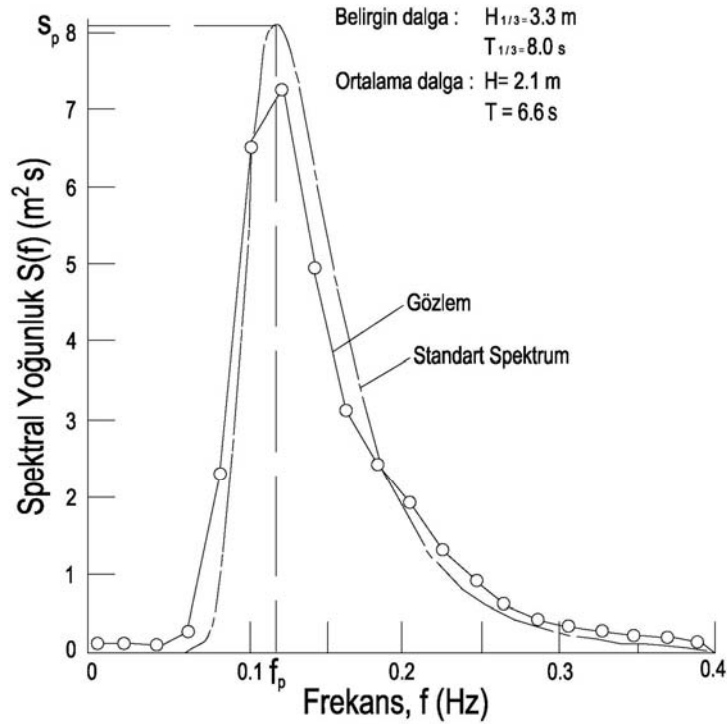
N:Toplam dalga sayısı

Rüzgar dalgalarını oluşturan farklı frekanslarda ki dalgalardan toplam dalga enerjisi hesaplanabilir. Dalga spektrumu $S(f)$ ise toplam dalga enerjisinin değişik frekanslarda ki dalgalara dağılımı olarak tanımlanır.

Tümüyle kabarmış (tam gelişmiş) deniz dalga spektrumu yaklaşık olarak (**Goda,Y.2000**);

$$S(f) = 0.257 H_{1/3}^2 T_{1/3} (T_{1/3} f)^{-5} \exp[-1.03 (T_{1/3} f)^{-4}] \quad (1.28)$$

olarak ifade edilebilir . **Çizim 1.5**'de dalga spektrumu rneği verilmiştir.



Çizim 1.5 Deniz Dalgaları İçin rnek Spektrum(**Goda,Y.2000**)

Dalga spektrumu kullanılarak;

$$\bar{\eta}^2 = \sum_{i=1}^N S(f_i) \Delta f_i \quad (1.29)$$

elde edilir.

Burada;

$$S(f_i) \Delta f_i = \frac{1}{2} a_i^2$$

$S(f_i) = f_i$ frekansındaki enerji yoğunluğu elde

$\Delta f_i = \text{frekans aralığı}$ (ardışık iki frekans arasındaki fark) edilir.

Bu denkleme göre belli bir yerde ölçülen η (deniz yüzeyinin ortalama değerden sapma değeri) değerlerinin varyansı ($\bar{\eta}^2$), dalga enerji spektrumunun çevrelediği alana eşittir.

Dalga spektrumunun farklı momentleri dalga özelliklerinin tanımında kullanılır.

$$m_n = \int_0^{\infty} f^n S(f) df \quad (1.30)$$

Örneğin $n=0$ dalga spektrumunun sıfırncı momenti (alan) (m_0) verir. Belirgin dalga yüksekliği ($H_{1/3}$) ise m_0 tanımı ile birlikte **Denk.(1.31)** ve **Denk.(1.32)**'de verilmiştir.

$$H_{m_0} = H_{1/3} \quad (1.31)$$

$$H_{1/3} = 4m_0^{1/2} \quad (1.32)$$

şeklinde kullanılacaktır.

1.4.1. Model Dalga Spektrumları

Bir fırtınada yaratılan rüzgar dalgalarının yayılma yönleri rüzgar yönünün her iki yanında değişik açılarda olabilir. Dalgaların yayılma açılarında ki değişiklik gözlemlenmediği zaman, dalga spektrumu "bir-boyutlu" olarak adlandırılır. Birey rüzgar dalgaları için yarı kuramsal, yarı gözlemsel, çok sayıda bir-boyutlu spektrum modelleri önerilmiştir. Bu modellerden en fazla kullanılanlar aşağıda verilmiş ve kullanılması önerilmiştir.

1.4.1.1. Pierson - Moskowitz (PM) spektrumu

Tümüyle kabarmış deniz (tam gelişmiş deniz) durumu için önerilir. PM spektrumu veren denklem

$$S(f) = \frac{k_p g^2}{(2\pi)^4 f^5} \exp \left[-\frac{5}{4} \left(\frac{f_m}{f} \right)^4 \right] \quad (1.33)$$

$$k_p = 0.0081$$

$$f_m = \frac{0.877 \cdot 2g}{2\pi U_{19.5}} \text{ (1/s)}$$

f_m : Dalga frekansı

$U_{19.5}$: Deniz seviyesinin 19.5 m üstünde ölçülen rüzgar hızı

Buradan;

$$H_{1/3} = \frac{2}{g} \left(\frac{\alpha}{\beta} \right)^{1/2} U_{19.5}^2 \quad (1.34)$$

ilişkisi ortaya konulmuş ve gözlemsel katsayılar α ve β kullanılarak ;

$$H_{1/3} = 0.0213 U_{19.5}^2 \quad (1.35)$$

verilmiştir. $H_{1/3}$ (m), U (m/sn) olarak alınacaktır.

En büyük birey dalga periyodu ise;

$$T_{maks} = 0.730 U_{19.5} \quad (1.36)$$

olarak tanımlanmıştır.

1.4.1.2. Jonswap spektrumu

Jonswap Spektrumu Kabarma (Feç) alanı uzunluğunun kısa olması sonucu dalga gelişmesinin sınırlı olduğu deniz durumları için önerilmiştir.

$$S(f) = \frac{k_j g^2}{(2\pi)^4 f^5} \exp \left[-\frac{5}{4} \left(\frac{f_m}{f} \right)^4 \right] \gamma^a \quad (1.37)$$

$$k_j = 0.066 \times \frac{2}{x^{0.2}} = 0.033 \left(\frac{(f_m U_w)}{g} \right)^{2/3}$$

γ (1 ile 7 arasında değişmektedir, ortalama olarak 3.3 kabul edilmiştir)

$$\gamma = 3.3$$

$$a = \exp \left[-\frac{(f - f_m)^2}{2\omega^2 f_m^2} \right]$$

$$\omega = 0.07 \quad f \leq f_m$$

$$\omega = 0.09 \quad f > f_m$$

$$x = \frac{g L_F}{U_w^2}$$

$$= \left(\frac{2.84g}{U_w f_m} \right)^{10/3}$$

L_f : Kabarma uzunluğu (km)

U_w : Deniz seviyesinin 10 m üstünde ölçülen rüzgar hızı (m/s)

f : Dalga frekansı (1/s)

f_m : Spektrumda pik değerini oluşturan frekanstır. ($f_m = 2.84 g^{0.7} L_F^{-0.3} U_w^{-0.4}$)

Jonswap spektrumunun içerdiği gözlemsel parametrelerin seçimi bu denklemin kullanılmasında zorluklar yaratmaktadır.

1.4.1.3 Yönel Dalgalar Spektrumu

Bir fırtınada yaratılan dalgalar, ana rüzgar yönünün her iki yanında $\pm\theta$ açı yapan bir yelpaze içinde değişik yönlerde ilerlerler. Dalga spektrumu yayılma açılarındaki değişiklik gözlemlenirse iki boyutlu spektrum (yönel spektrum) adını alır. Genelde yayılma açısı (θ), ± 30 olarak kabul edilir.

Yönel dalga spektrumu $S(f, \theta)$, farklı yönlerde dağılan dalga bileşenlerinin etkileşimini içerir ve dalga enerjisinin dalga frekansına ve yayılma yönüne (θ açısı) göre dağılımını verir.

$$S(f, \theta) = S(f) \cdot G(f, \theta) \quad (1.38)$$

$S(f)$ fonksiyonu, frekansa göre dalga enerji dağılımını ifade eder ve "frekans spektrumu" olarak isimlendirilir.

$G(f, \theta)$ fonksiyonu, yöne göre dalga enerji dağılımını ifade eder ve "yönel dağılım fonksiyonu" olarak isimlendirilir ve

$$\int_{\theta_{\min}}^{\theta_{\max}} G(f, \theta) d\theta = 1 \quad (1.39)$$

ifadesi ile verilir.

f : Frekans

θ = Dalga enerjisi yayılma yönü

$S(f, \theta)$: Yönel spektrum

Yönel yayılma fonksiyonu (S) dalga enerjisinin yönel dağılımını gösterir. Yönel dağılım, S fonksiyonunun en büyük değeri S_{maks} ile (spektrumun pik değerine karşılık) ifade edilir.

$$S = \begin{cases} S_{maks} \cdot (f / f_p)^5 & : f \leq f_p, \\ S_{maks} \cdot (f / f_p)^{-2.5} & : f \geq f_p. \end{cases} \quad (1.40)$$

f_p : Pik spektrum frekansıdır. Bu değer için önerilen ifade;

$$f_p = \frac{1}{1.05T_{1/3}}$$

S_{maks} için önerilen ifade;

$$S_{maks} = 11.5 \left(2\pi f_p \frac{U}{g} \right)^{-2.5}$$

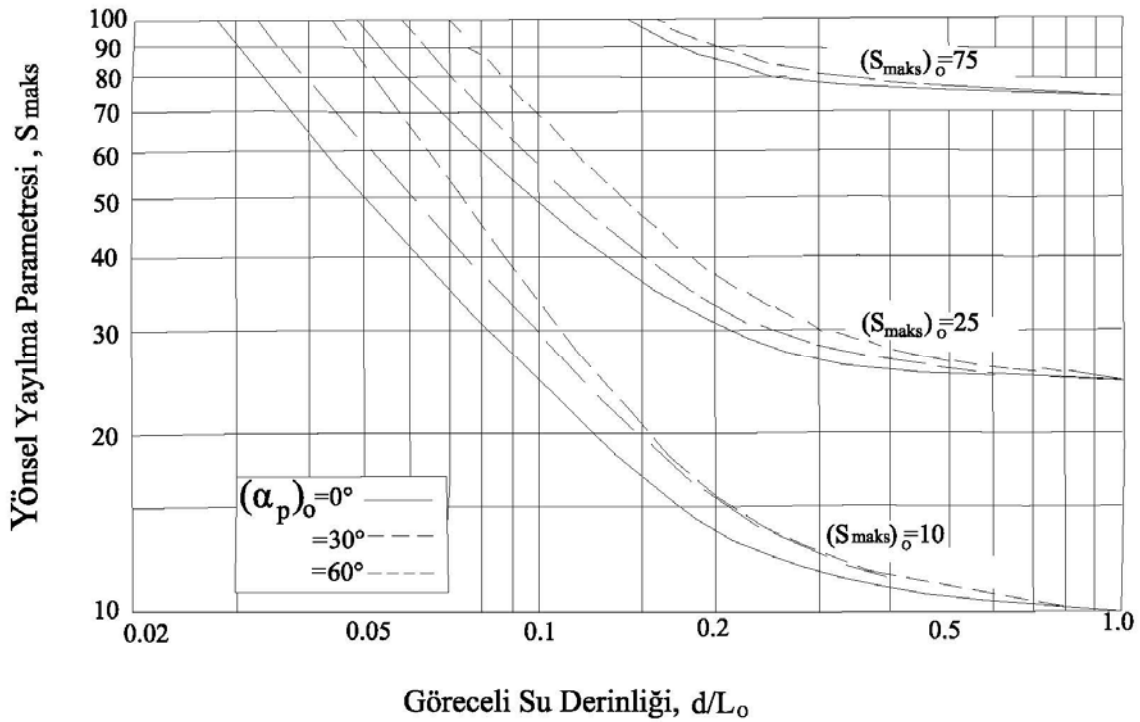
U : Rüzgar hızı (m/s)

Yönel dalgalar spektrumu, özellikle dalga sapmasından ve dönmeden etkilendiği için, sapma ve dönme denklemlerinde kullanılır.

Mühendislik çalışmalarında kabul edilen S_{maks} değerleri aşağıda verilmiştir.

- Rüzgar Dalgaları $S_{maks} = 10$
- Kısa mesafeli soluğan dalgalar $S_{maks} = 25$
(büyük dalga dikliğinde)
- Uzun mesafeli soluğan dalgalar $S_{maks} = 75$
(küçük dalga dikliğinde)

S_{maks} değerinin sığ suda, dalga geliş açısına (α_p) ve göreceli derinliğe (d / L_0) göre değişimi **Çizim 1.6'**da gösterilmiştir.



Çizim 1.6 Sığ Suda Yönel Dağılım Parametre Tahmini (Goda,Y.2000)

1.4.2. Dalga Tahminleri

Uygun yöntemler kullanılarak dalga tahminlerinde bulunmak mümkündür.

Rüzgar Dalgalarının oluşumunda etkin ana parametreler aşağıda açıklanmıştır:

- Rüzgar Hızı , U
- Rüzgar Süresi, t
- Kabarma Alanı Uzunluğu(feç) ve Eni , F
- Su Derinliği, d

Dalga oluşumunda ana etken kabarma alanı uzunluğudur. Genelde kabarma alanı genişliği ihmal edilebilir.

Dalga tahminleri, mühendislik uygulamalarında derin deniz için yapılır. Sığ su dalga tahminleri için farklı yöntemler kullanılır.

1.4.2.1. Rüzgar Verisi Kullanarak Dalga Tahminleri

Karmaşık rüzgar dalgalarını oluşturan birey sinus dalgalarının yayılmasını, gelişmesini ve sönümlenmesini modelleyen yarı kuramsal-yarı gözlemsel denklemleri bilgisayarda sayısal çözerek, belirli noktalarda birey dalgaların yüksekliklerini ve yayılma yönlerini, daha sonrada yönsel spektrumlarını hesaplayan yöntemler şeklinde yapılır.

Dalga tahminlerinde en fazla kullanılan 2 yöntem aşağıda verilmiştir;

- 1) Spektral Yöntemler
- 2) Belirgin Dakga Yöntemi

1) Spektral Yöntemler (OCDI,2002)

Belli bir denge durumuna gelinceye kadar her bir frekans ve yön için spektrum bileşenlerinin var olduğunun kabul edildiği Spektral Bileşen Yöntemleri kullanılır (OCDI,2002).

Spektral Yöntemin, Belirgin Dalga Yönteminden farklı olarak sağladığı yararlar aşağıda

$$\frac{\partial}{\partial t} E(f, \theta, t, x) = -C_G(f) \nabla E(f, \theta, t, x) + \alpha(f, U) + \beta(f, U) E(f, \theta, t, x) + F_3 + F_4 + F_5 \quad (1.41)$$

$E(f, \theta, t, x)$: 2 boyutlu dalga spektrumunun enerji yoğunluğu

$\alpha(f, U)$: Phillip Rezonans Teorisinde ki lineer büyütme faktörü

$\beta(f, U)$: Mile Rezonans Teorisinde ki üstel büyütme faktörü

F_3 : Dalga kırılmasından kaynaklanan enerji yayılımı

F_4 : Dalga yayılması sırasında iç sürtünmeden kaynaklanan enerji kaybı

F_5 : Dalga bileşenleri arasında ki doğrusal olmayan etkileşimden kaynaklanan enerji değişimi

f, θ : dalga frekansı ve açısı

t: zaman

x : Konum vektörü

$C_G(f)$: Grup hızı vektörü

U: Rüzgar hızı

∇ : Diferansiyel operator

2) Belirgin Dalga Yöntemi

S-M-B Yöntemi

Su derinliğinin sınırlayıcı bir etken olmadığı derin deniz dalgalarının tahmini için önerilen SMB yöntemi dalgaların belirgin dalga yüksekliğini ve periyodu fırtına özelliklerine (rüzgar hızı, fırtına süresi ve kabarma alanı uzunluğuna) bağlayan gözlemsel eğrilere dayanmaktadır.

S-M-B Yöntemi, rüzgar alanının sabit olduğu durumlarda kullanılır. Derin deniz belirgin dalga yüksekliği ve periyodu **Çizim 1.7.** kullanılarak hesaplanır. **Çizim 1.7, Denklem.(1.42)** ve **Denklem(1.43)** kullanılarak elde edilmiştir (Wilson 1965) .

$$\frac{gH_{1/3}}{U^2} = 0.30 \left[1 - \frac{1}{\left\{ 1 + 0.004 \left(\frac{gF}{U^2} \right)^{1/2} \right\}^2} \right] \quad (1.42)$$

$$\frac{gT_{1/3}}{2\pi U} = 1.37 \left[1 - \frac{1}{\left\{ 1 + 0.008 \left(\frac{gF}{U^2} \right)^{1/3} \right\}^5} \right] \quad (1.43)$$

$$t = \int_0^F \frac{dF}{gT_{1/3} / 4\pi} \quad (1.44)$$

$H_{1/3}$: Belirgin dalga yüksekliği (m)

$T_{1/3}$: Belirgin dalga periyodu (s)

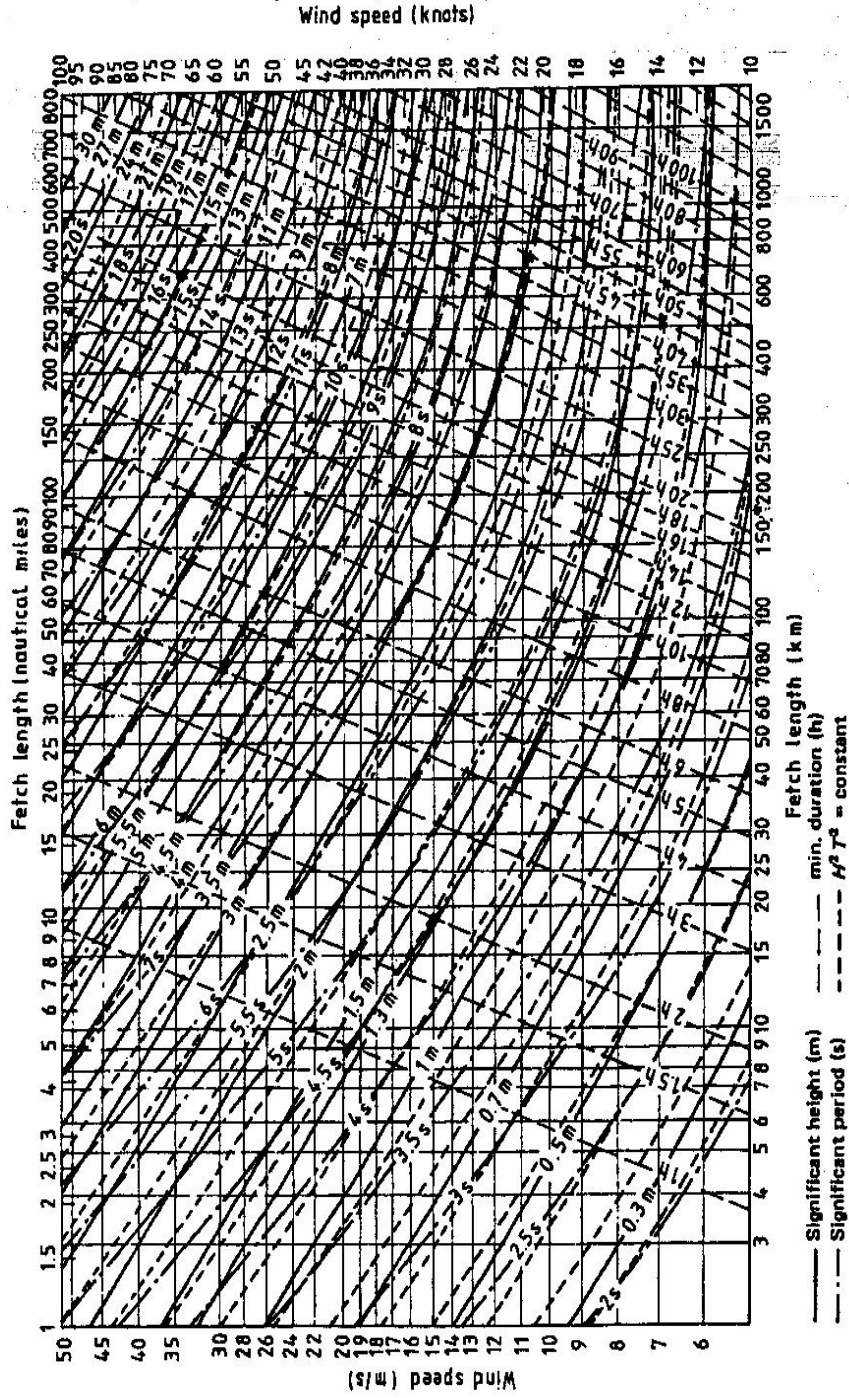
U: Deniz seviyesinden 10 m yukarıda ölçülen rüzgar hızı (m/s)

F : Kabarma alanı uzunluğu (m) (Tasarımda etkin kabarma uzunluğu (F_{etk}) kullanılır)

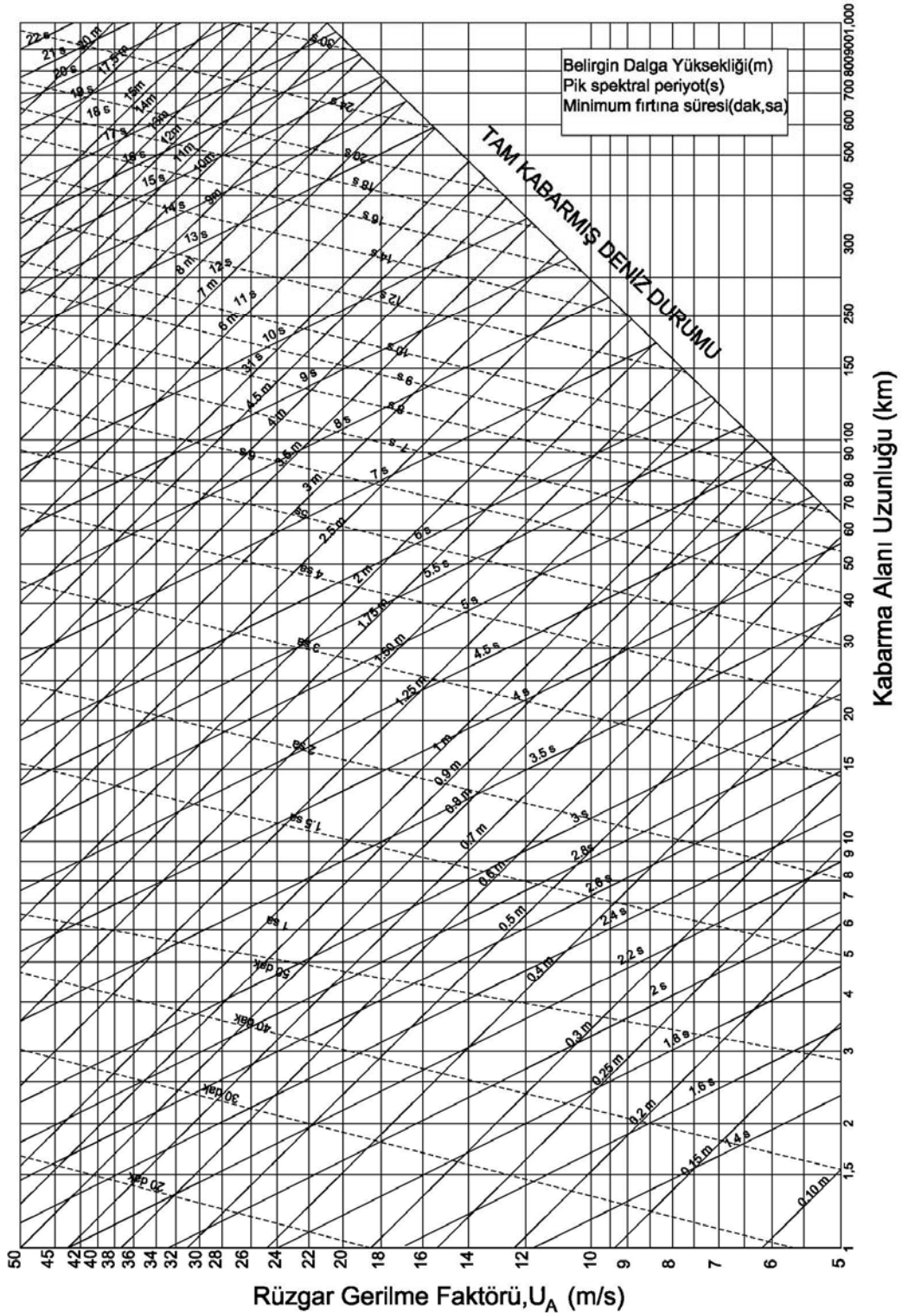
g: Yerçekimi ivmesi (m /s ²) (= 9.81 m /s ²)

t : Minimum esme süresi (saat)

Ayrıca rüzgar hızı kabarma alanı uzunluğu (1500 km kadar) ve rüzgar esme süresinin bütünleşik etkisini veren nomogram (**Çizim 1.7a**) kullanılır.



Çizim 1.7a S-M-B Yöntemi Kullanılarak Dalga Tahmini (OCDI, 2002)



Çizim 1.7b Hasselman Eğrileri

Çizim 1.7b de ise Hasselman eğrileri verilmiştir. Nomogram kullanılırken rüzgar gerilim faktörü

$U_A = 0.71 u^{1.23}$ hesaplanacaktır. Burada U rüzgar hızı (m/s) olarak alınacaktır.

Etkili Kabarma (Feç) Mesafesi

Kabarma alanı genişliğinin, kabarma alanı uzunluğuna oranla daha küçük olması halinde (örneğin uzun koylarda) kabarma alanı uzunluğu karşı kıyıya olan uzaklık olarak belirlenir. Karşı kıyı mesafesinin büyük değişiklik göstermesi durumunda ise **Denklem (1.45)**'de verilen bağıntı yardımıyla etkin kabarma alanı uzunluğu (F_{etk}) hesaplanacaktır.

$$F_{etk} = \frac{\sum F_i \cos^2 \theta_i}{\sum \cos \theta_i} \quad (1.45)$$

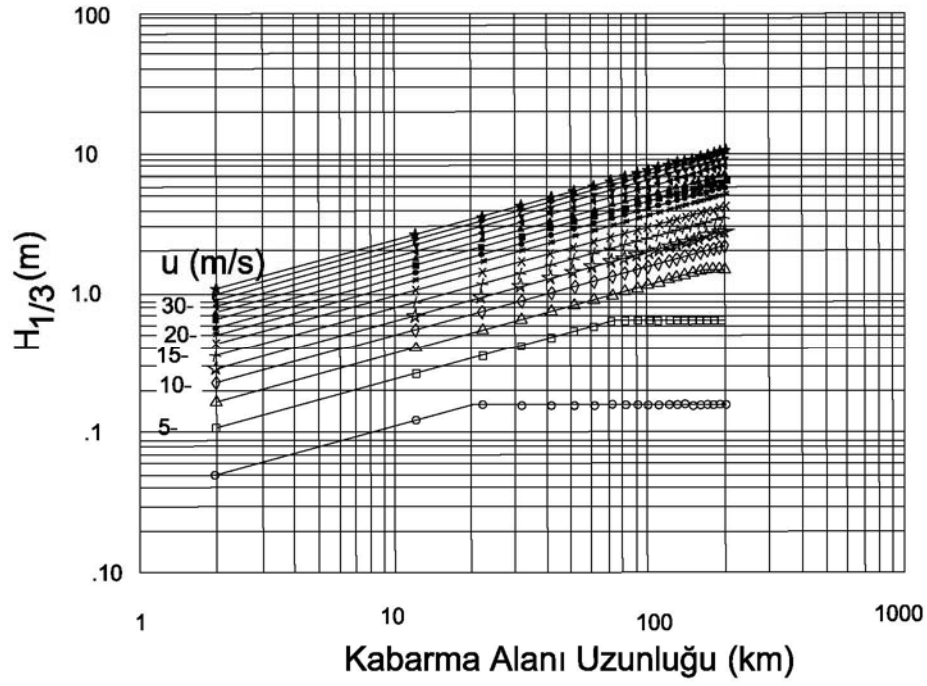
F_{etk} : Etkili kabarma mesafesi (km)

F_i : i nci yönde ki karşı kıyıya olan uzaklık (km)

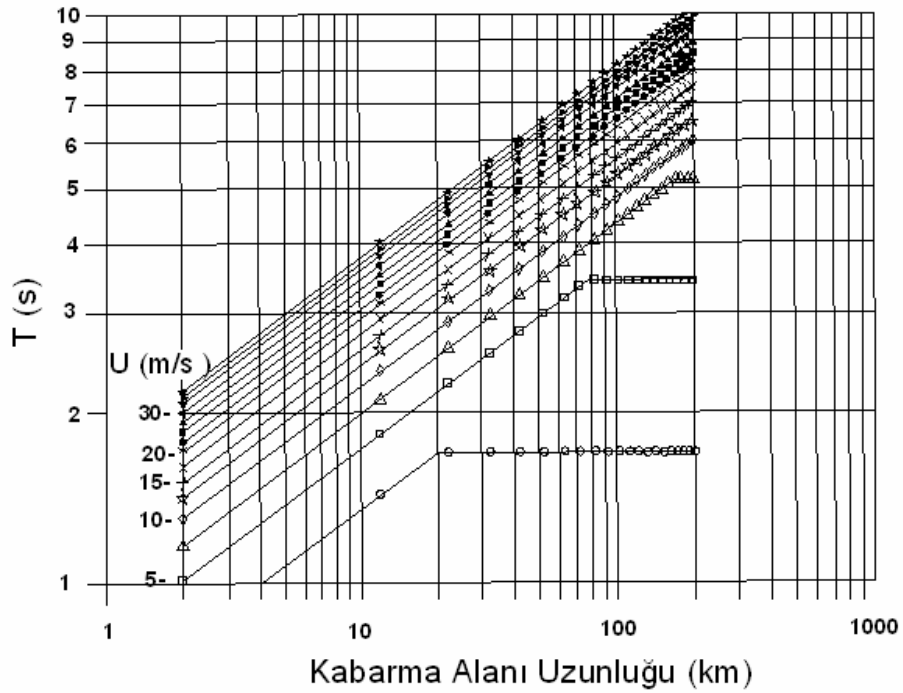
θ_i : Etkin rüzgar yönü ile i nci yön arasında ki açıdır ($^{\circ}$)

Derin deniz dalga tahminleri için kullanılacak daha farklı monogramlar da mevcuttur. Kabarma alanı uzunluğuna (rüzgar esme süresi sınırsız) ve rüzgar hızına bağlı monogramlardan (**CEM,2003**);

- Derin deniz belirgin dalga yüksekliği ($H_{1/3}$) tahmini **Çizim 1.8** kullanılarak
- Derin deniz belirgin dalga periyodu ($T_{1/3}$) tahmini **Çizim 1.9** kullanılarak yapılır.



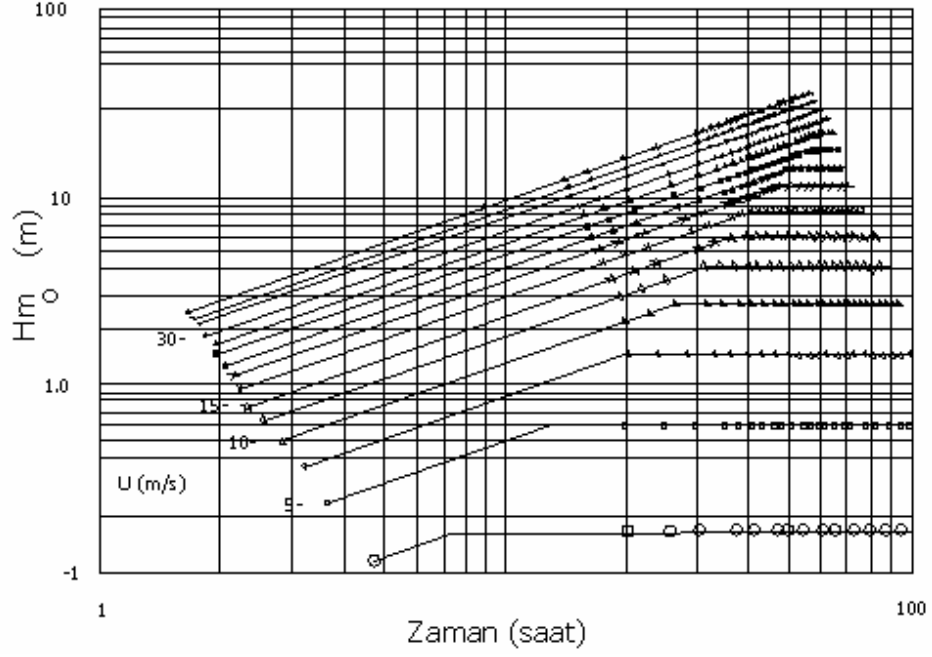
Çizim 1.8 Limitli Kabarma Alanı Uzunluğundaki Dalga Yüksekliği Tahmini (CEM, 2003)



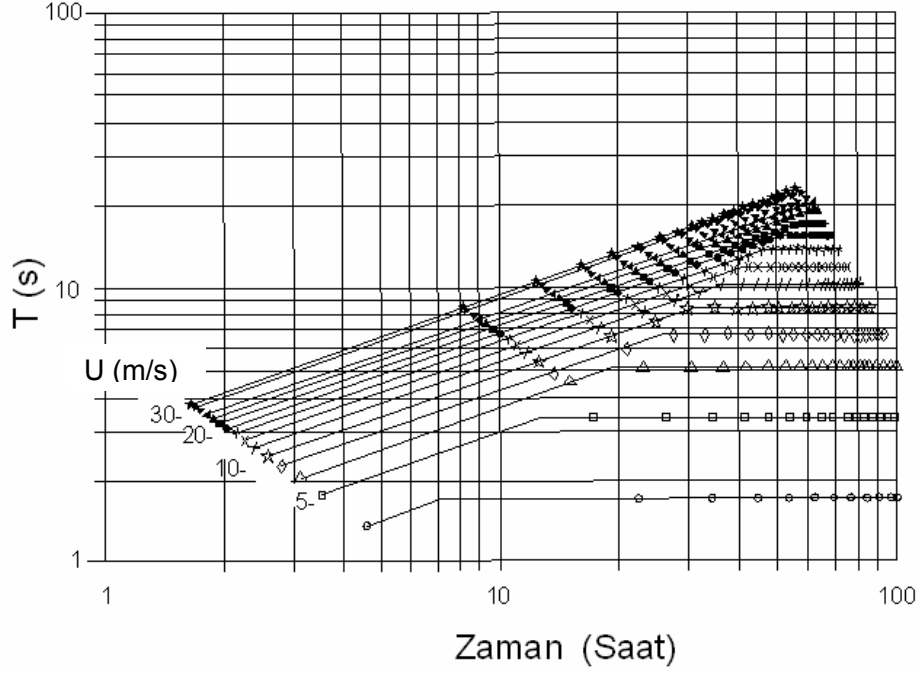
Çizim 1.9 Limitli Kabarma Alanı Uzunluğundaki Dalga Periyodu CEM, 2003)

Rüzgar esme süresi ise (kabarma alanı uzunluğu sınırsız) ve rüzgar hızına bağlı monogramlardan

- Derin deniz belirgin dalga yüksekliği ($H_{1/3}$) tahmini **Çizim 1.10** kullanılarak
- Derin deniz belirgin dalga periyodu ($T_{1/3}$) tahmini **Çizim 1.11** kullanılarak yapılır.



Çizim 1.10 Limitli Esme Süresi İçin Dalga Yüksekliği Tahmini(CEM, 2003)

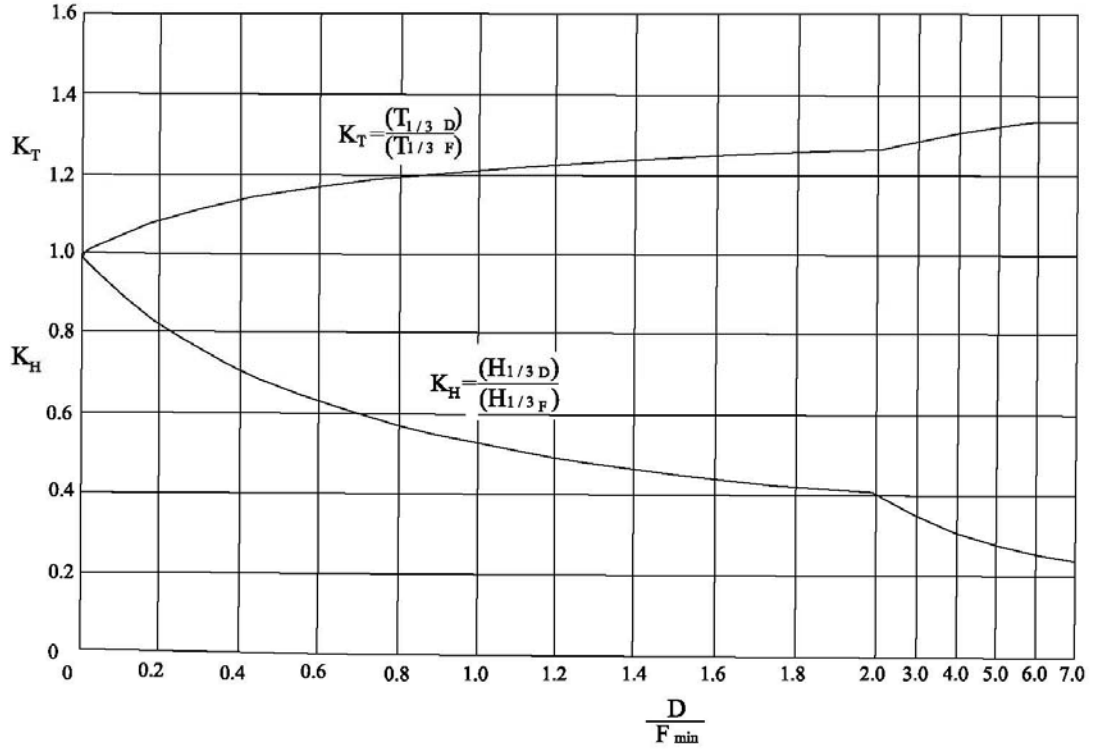


Çizim 1.11 Limitli Esmeye Süresi İçin Dalga Periyodu (CEM, 2003)

1.4.2.2. Soluğan Dalgalar İçin Geriye Dönük Dalga Tahmini

Soluğan dalgalar (Swell Waves) için geriye dönük dalga tahmininde bulunurken “**Bretschneider Yöntemi**” kullanılır. **Çizim 1.12**'de soluğan dalga tahmin diyagramı verilmiştir.

Soluğan dalgalar için mevcut gözlemsel verilerin yetersizliği nedeniyle yapılan dalga tahminlerinde ki doğruluk az olmaktadır. Bu nedenle, soluğan dalgalar için belirlenen dalga tahmin sonuçlarının gerçek değerlerden farklı olabilecekleri unutulmamalıdır. Bulunan bu değerler gerçek ölçüm verileri ile karşılaştırıldıktan sonra kullanılmalıdır. Dalga oluşumu rüzgar süresi ile belirleniyorsa, F_{min} bu rüzgar hızı ve süresine karşılık gelen kabarma alanı uzunluğuna eşit alınır.



Çizim 1.12 Soluğan Dalga Diyagramı (OCDI,2002)

F_{\min} : En küçük kabarma alanı (feç) uzunluğu

SMB yöntemi kullanılıyorsa F_{\min} gerçek kabarma alanı uzunluğuna eşittir.

D: Soluğan dalganın sönümlenme mesafesi

H_F ve T_F : Kabarma alanı sonunda ki belirgin dalga yüksekliği ve periyodu

H_D ve T_D : Sönümlenme alanında soluğan dalga tahminlerinin yapıldığı noktada ki belirgin dalga yüksekliği ve periyodu

Dalga ilerlerken sönümlenmesi için gerekli olan t süresi **Denklem (1.46)** kullanılarak hesaplanır.

$$t = \frac{D}{C_{GD}} = \frac{4\pi D}{gT_D} \quad (1.46)$$

C_{GD} : Derin deniz için, T_D ye karşılık gelen grup hızı(m/s)

1.5 Tasarım Dalgası Seçimi

Bir yörede oluşan belirgin dalga yüksekliklerinin istatistiksel değerlendirilmesi için değişik olasılık dağılımları önerilmiştir. Bunlar arasında, oluşan tüm fırtınalarda yaratılan belirgin dalga yüksekliklerini kullanan “log-normal dağılım” bulunmaktadır. “Deniz durumunun sürekliliği” olarak anılan bu dağılım, tüm dalga olaylarının önemli olduğu sorunların istatistiksel incelenmesinde kullanılmaktadır. Liman içerisinde dalgaların yol açtığı çalkantıların ne sürelerle oluştuğu, bu dağılım kullanılarak hesaplanacaktır.

“En büyük dalga yükseklikleri dağılımı” olarak anılan ikinci tür olasılık dağılımı ise , referans olarak alınan bir zaman süresi (genellikle 1 yıl) içerisinde oluşan en büyük dalga yükseklikleri veri olarak kullanılır. En büyük dalga yüksekliklerinin oluşma olasılıklarını veren bu dağılım, bir tek dalga olayının (yani en yüksek dalganın) önemli olduğu sorunların incelenmesinde kullanılmaktadır. Bu dağılımın en önemli kullanım alanı, bir kıyı ya da deniz yapısı (örneğin dalgakıran) için “tasarım dalga yüksekliğinin” saptanmasıdır. En büyük dalga yükseklikleri olasılık dağılımı için genellikle **Gumbel Tip I** dağılımı kullanılacaktır.

Değişik olasılık dağılımları örneğin, Weibull Dağılımı, Fisher-Tippet Dağılımı, Log-normal Dağılımı, bazı şartnamelerde verilmektedir (**OCDI 2002, BS 6349-1,2000**).

Aşağıda kıyı mühendisliği uygulamalarında en fazla kullanılan dağılımlar açıklanmıştır ve kullanılması önerilmektedir.

1.5.1. Dalga Yükseklikleri Olasılık Dağılımları

1.5.1.1 Log-Normal Dağılım

Log-normal olasılık dağılım denklemi aşağıda verilmiştir:

$$Q(H_{1/3}) = e^{2.3 (H_{1/3}-B)/A} \quad (1.47)$$

$Q(H_{1/3})$: Fırtınalarda yaratılan belirgin dalga yüksekliğinin $H_{1/3}$ değerine eşit ya da daha büyük olma olasılığı

$H_{1/3}$: Belirgin dalga yüksekliği

A ve B dağılım parametreleridir

Denklem (1.47) , Denklem (1.48) şeklinde de yazılabilir.

$$H_{1/3} = A \log Q(H_{1/3}) + B \quad (1.48)$$

Denklem (1.48) kullanılarak $H_{1/3}$ ve $Q(H_{1/3})$ değerleri bir log-normal (yarı logaritmik) çizim kağıdına çizilecektir.

1.5.1.2. En Büyük (Ekstrem) Dalga Yükseklikleri Dağılımı

En büyük dalga yükseklikleri olasılık dağılımı için Gumbel Tip dağılımı kullanılacaktır. Bu dağılımın denklemi aşağıda verilmiştir.

$$P(H_{1/3}) = e^{-e^{-(H_{1/3}-B)/A}} \quad (1.49)$$

$H_{1/3}$: Referans alınan sabit bir sürede (örneğin bir yılda) oluşan en büyük belirgin dalga yüksekliği

$P(H_{1/3})$: Referans süre içerisinde oluşan en büyük belirgin dalga yüksekliğinin $H_{1/3}$ değerine eşit yada bu değerden küçük olma olasılığı A ve B dağılım parametreleridir.

Denklem (1.49) , Denklem (1.50) şeklinde de kullanılarak hesaplar yapılacaktır.

$$H_{1/3} = A \ln \left[\frac{1}{\ln \left(\frac{1}{P(H_{1/3})} \right)} \right] + B \quad (1.50)$$

Tasarım Dalgasının Seçim Ölçütleri

(1) Yineleme Periyodu Ölçütü

Yineleme yılı R_p ve $P(H_{1/3})$ olasılık değeri arasında aşağıda verilen bağıntı kullanılacaktır.

$$R_p = \frac{\tau}{1 - P(H_{1/3})} \quad (1.51)$$

R_p : Yıl cinsinden yineleme periyodu

$1 - P(H_{1/3})$: En büyük dalganın tasarım dalga yüksekliğini aşma olasılığı

$H_{1/3}$: Belirgin dalga yüksekliği

τ : Olaylar arasındaki ortalama zamandır ve genelde bir yıl olarak alınır ($\tau = 1$).

(2) Karşılaşılma Olasılığı Ölçütü

Yapının tasarım ömrü sırasında, tasarım değerinin aşılması olasılığı karşılaşılma olasılığı (encounter probability) diye adlandırılmaktadır.

Karşılaşılma olasılığı (E_p) ile yineleme yılı (R_p) ve yapının tasarım ömrü (t_d) arasındaki ilişki

Denklem (1.52)'de verilmektedir.

$$E_p = 1 - e^{-t_d/R_p} \quad (1.52)$$

1.5.2. Dalga Periyodu

Kimi araştırmacılar dalga periyodunu bağımsız bir değişken olarak ele almakta ve tıpkı dalga yüksekliği için olduğu gibi, dalga periyodunun olasılık dağılımlarını (örneğin en yüksek değer dağılımlarını) elde etmektedir. Ancak, bir fırtınada oluşan belirgin dalga yüksekliği ve periyodu bağımsız değerler değildir. Dalga tahminleri sonucunda elde edilen belirgin dalga yükseklikleri ve periyotları karşılıklı noktalanarak, dalga yüksekliğinin dalga boyuna oranı olarak tanımlanan “dalga dikliğinin” sabit değerleri (örneğin 0.03, 0.04 ve 0.05) için hesaplanan eğrilerden hangisine en iyi uyum sağladığı saptanmalıdır.

1.6. Dalga Değişimleri (Transformasyon)

Derin suda oluşan dalgalar deniz tabanından etkilenene kadar özellikleri değişmeksizin kıyıya doğru hareket ederler. Bu dalgalar kıyıya yaklaştıklarında, azalan derinliğin etkisi ile dalga boyları ve yayılma hızları azalmaya başlar ve yükseklikleri değişir. Buna karşın , dalga periyodu ise derinliğe bağlı olmaksızın dalgalar kıyıya ulaşana kadar aynı değerde kalır.

1.6.1. Dalga Sığılaşması

Düzgün taban eğimine sahip (paralel eş derinlik eğrileri) bir kıyı alanında dalga tepe çizgileri taban eş derinlik eğrilerine paralel şekilde (dalga dik taban eğrilerine dik) kıyıya doğru ilerliyorsa, dalga boyları ve yayılma hızları azalan bu dalgaların yükseklikleri de değişir.

Derin deniz dalga yüksekliğinin su derinliğine bağlı olarak değişmesi, dalga sığılaşma katsayısı (K_s) değeriyle belirtilmektedir.

$$K_s = \left(\frac{C_{g0}}{C_g} \right)^{1/2} \quad (1.53)$$

C_{g0} : Derin deniz dalga grup hızı (m/s)

C_g : Herhangi bir derinlikte ki grup hızı (m/s)

1.6.2. Dalga Sapması

1.6.2.1 Düzenli Dalgalar İçin Sapma Katsayısı Hesaplamaları

Kıyıya belli bir açı altında yaklaşan dalgaların, kıyıya yakın taraflarının taban tesirinden daha önce etkilenecek yavaşlamaları nedeniyle dönerek taban eş derinlik eğrilerine (batimetri çizgileri) paralel duruma gelmeleri olayına sapma (refraction) adı verilir.

Dalga sapmasının uygulamadaki önemli iki sonucu ;

1. Derin denizdeki devinimi bir yönde olan dalgalar, kıyıya değişik bir yönde ulaşabilirler.
2. Deniz tabanı topoğrafyasına ve dalga sapmasına bağlı olarak, dalga yükseklikleri derin deniz değerinden önemli ölçüde daha büyük ya da daha küçük olabilir.

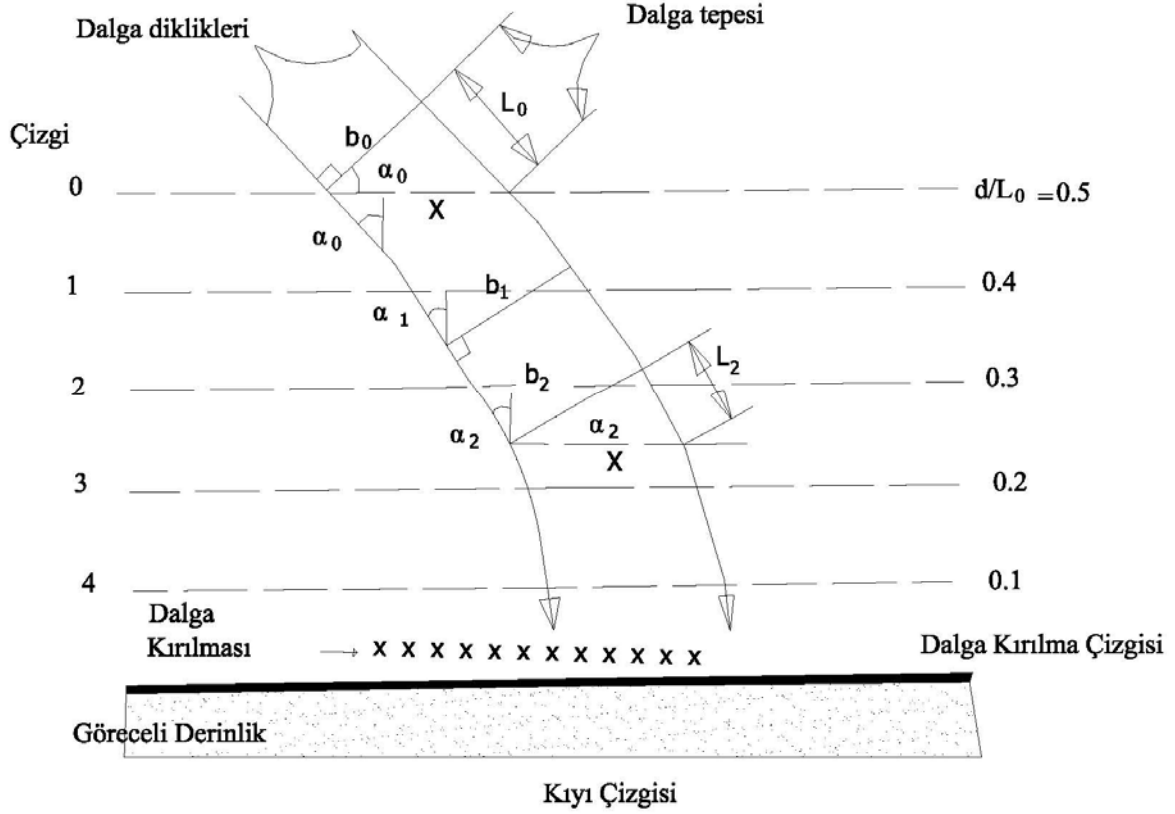
Düzenli dalgalar için yapılan sapma hesaplamalarında; bilgisayar kullanımı gerektiren dalga ışını yöntemleri ya da sonlu fark yönteminin bilgisayar kullanılarak çözülen sayısal dalga ilerleme analiz yöntemleri kullanılabilir.

Derin denizden kıyıya doğru ilerleyen dalgalar için dalga sapması denklemleri dalga tepe çizgilerine dik olarak çizilen ve referans olarak alınan (1) ve (2) dalga dikleri arasında ki mesafeler b_o (derin deniz) ve b (d derinliğinde) alınarak çıkarılmıştır (**Çizim 1.13**) .

α_o : Derin su dalga tepe çizgisinin batimetri (eş derinlik eğrisi) ile yaptığı açı

L_o : Derin deniz dalga boyu

α_1 : Sığ su dalga tepe çizgisinin batimetri (eş derinlik eğrisi) ile yaptığı açı



Çizim 1.13 Dalga Sapması Şeması (Düzgün taban eğimi için)

Düzgün taban eğimi için sapma katsayısı **Denklem (1.54)**'de verilmiştir.

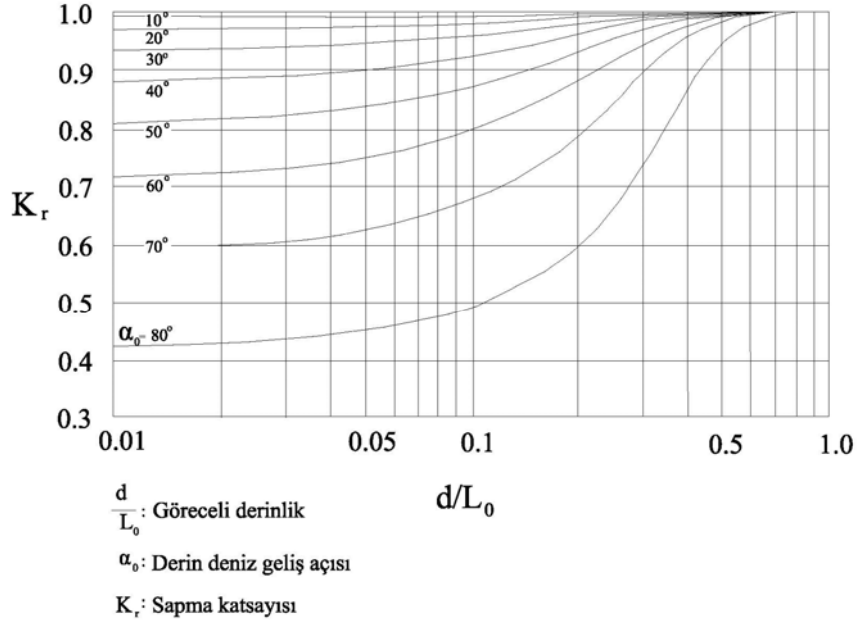
$$K_r = \sqrt{\frac{b_o}{b_1}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_o}{\cos \alpha_1}} \quad (1.54)$$

Snell Yasası: Dalga sapmasında geliş açılarının değişimi tanımlanırken ışığın sapması için de kullanılan Snell kuralı

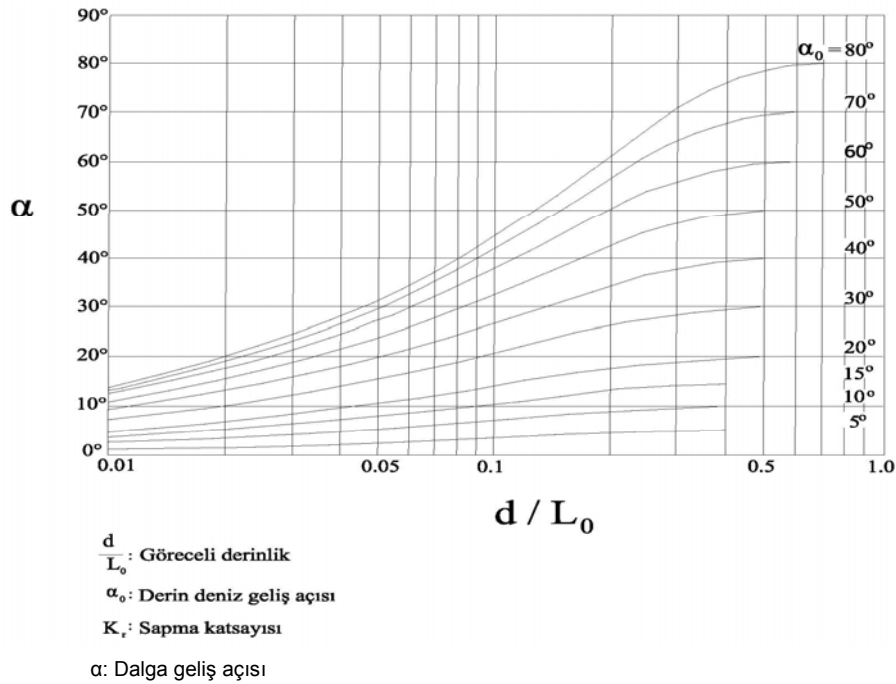
$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_0} = \frac{L_1}{L_0} \quad (1.55)$$

kullanılacaktır.

Çizim 1.14 ve Çizim 1.15 kullanılarak hesaplanan sapma katsayılarını ve dalga yönlerini vermektedir.



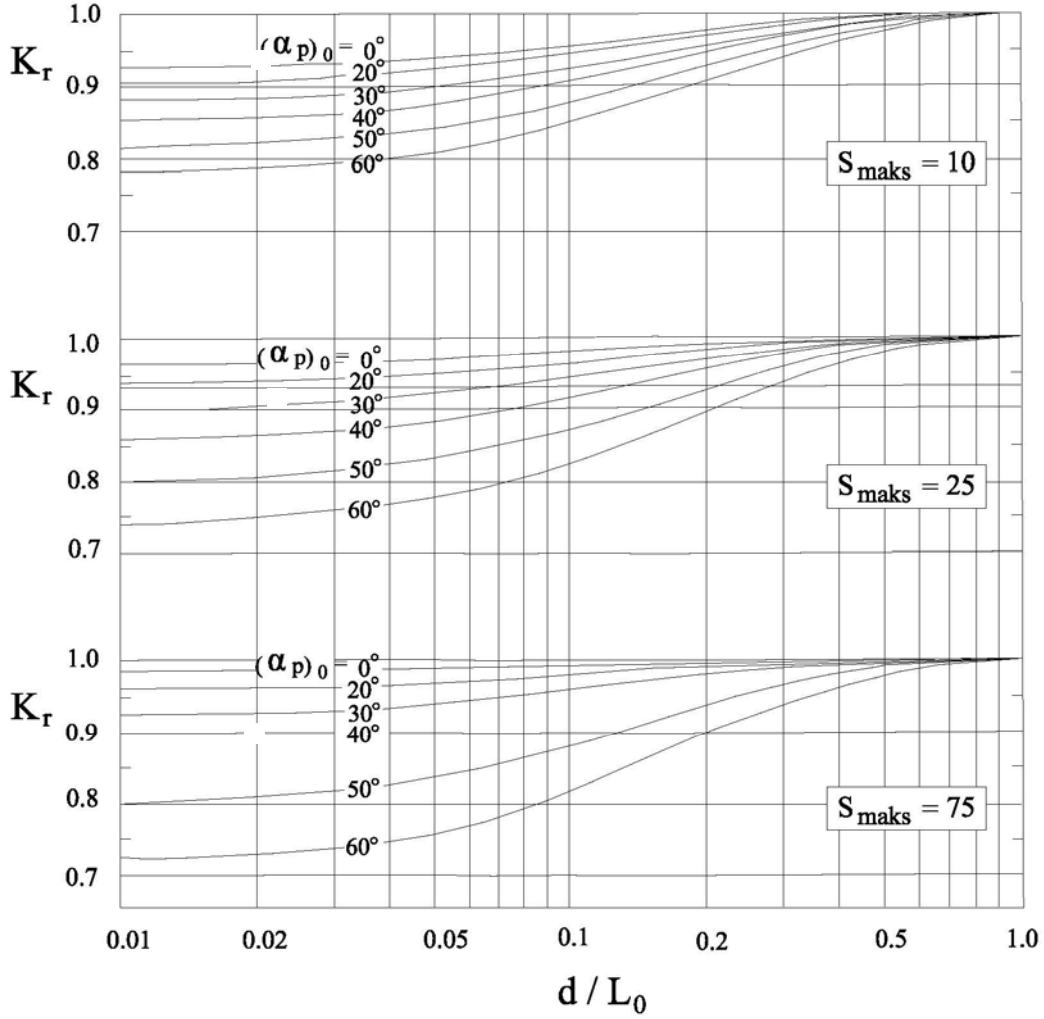
Çizim 1.14 Sapma Katsayısı (K_r) (Düzenli dalgalar, düzgün taban eğimi için)(OCĐI, 2002)



Çizim 1.15 Dalga Geliş Açısının Göreceli Derinliğe Göre Değişimi (Düzenli dalgalar, düzgün taban eğimi için) (OCĐI, 2002)

1.6.2.2. Düzensiz Dalgalar İçin Sapma Katsayısı Hesaplamaları

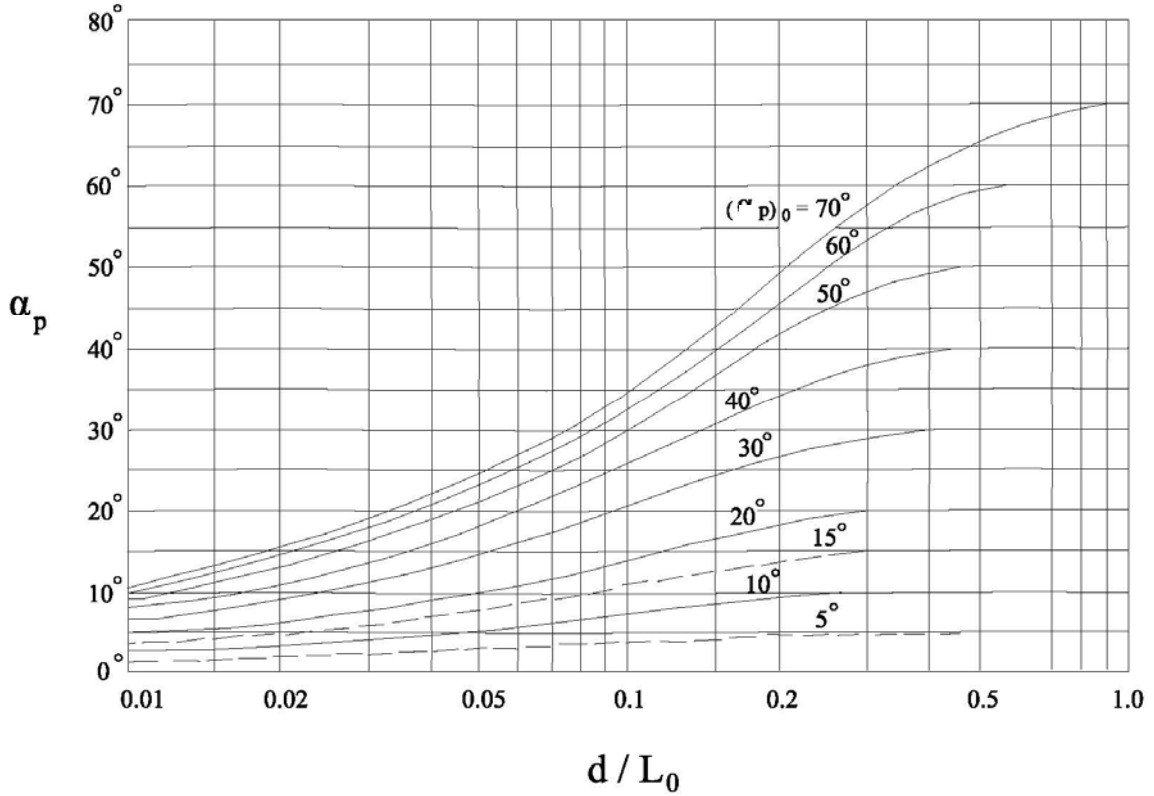
Çizim 1.16 ve Çizim 1.17 kullanılarak düzgün eğimli kıyılarda paralel eş derinlik eğrileri olan bir kıyıya doğru gelen ve derin deniz etkin dalga yönü $(\alpha)_0$ olan düzensiz bir dalganın, göreceli derinlik $\left(\frac{d}{L_0}\right)$ değerlerine göre sapma katsayısı (K_r) değerleri hesaplanır.



$(\alpha_p)_0$: Etkin dalga yönünden gelen dalgaların derin deniz dalga açısı

S_{maks} : Dalga enerjisinin yönel yayılım derecesine ifade eden en büyük değerdir.

Çizim 1.16 Düzensiz Dalgalar için Sapma Katsayıları (K_r) (Düzenli dalgalar, düzgün taban eğimi için) (OCDI, 2002)



Çizim 1.17 Düzensiz Dalgalar için Dalga Geliş Açısının Dalga Sapmasına Göre Değişimi (Düzgün taban eğimi için) (OCDI, 2002)

1.6.3. Dalga Dönmesi

Dalgalar derin sulardan sığ sulara ilerlerken bir dalgakıran veya bir engelle karşılaştığında dalgaların korunan alan içine dalgakıranın ucundan dalga enerjisinin taşınımı dolayısıyla dönerek girmesine denir. Dönme, liman içindeki dalga yüksekliğini etkileyen en önemli parametredir. Dönen dalganın yüksekliğinin (H_d), gelen dalganın dalga yüksekliğine (H_i) oranı dönme katsayısı (K_d) olarak isimlendirilir.

Kısaca;

$$K_d = \frac{H_d}{H_i} \quad (1.56)$$

Dönme diyagramlarında ve hesap yöntemlerinde su derinliğinin liman içinde sabit olduğu kabul edilir. Liman içi su derinliklerindeki değişim büyükse, hatada o derece büyük olmaktadır. Böyle bir durumda liman içindeki dalga yüksekliğinin hesaplanabilmesi için sapmayı da göz önünde bulunduran fiziksel modellerin ya da sayısal modellerin yapılması gerekmektedir.

Tasarımda genellikle düzensiz dalgalar kullanılacağından aşağıda düzensiz dalgalar için dönme diyagramları verilmiştir.

- **Düzensiz dalgalar için dönme diyagramları**

Düzensiz dalgalar için verilen dönme diyagramlarında, liman içi dönme katsayılarını (K_d) vermektedir.

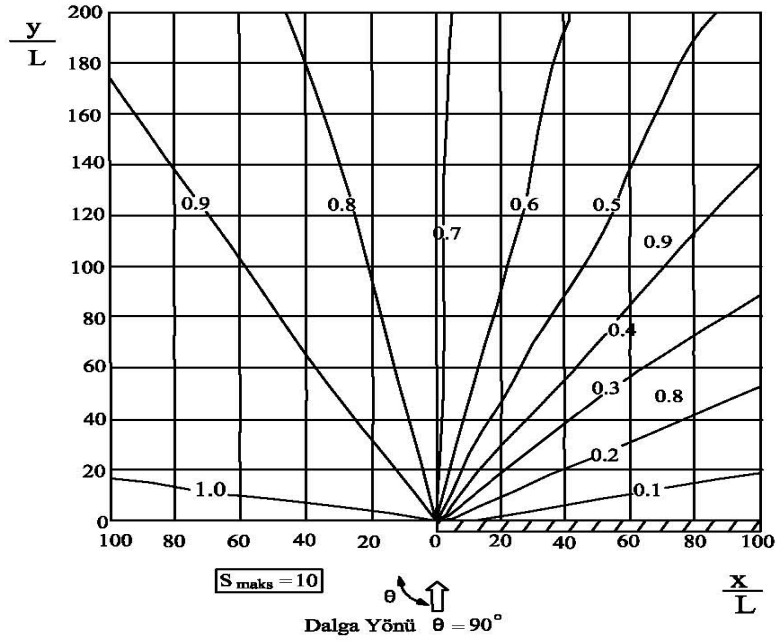
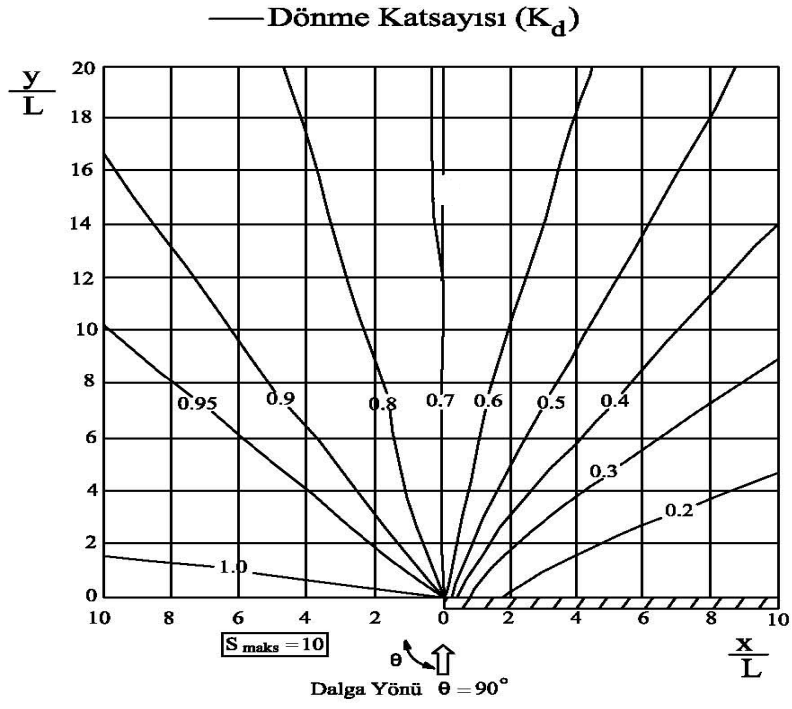
Bu diyagramlarda kullanılan boyutsuz parametreler:

$$K_d = \frac{H_d}{H_i} : \text{Dönen dalga yüksekliği / Liman girişindeki dalga yüksekliği}$$

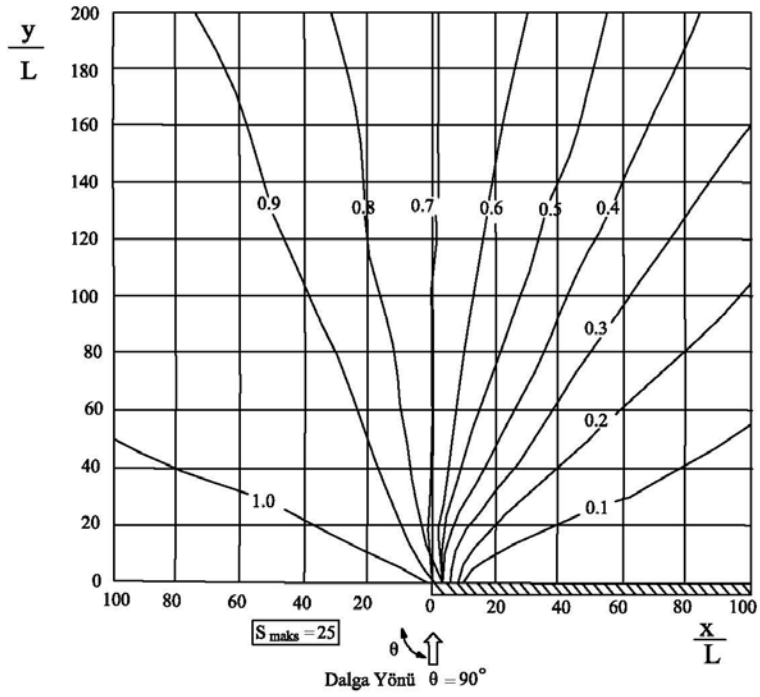
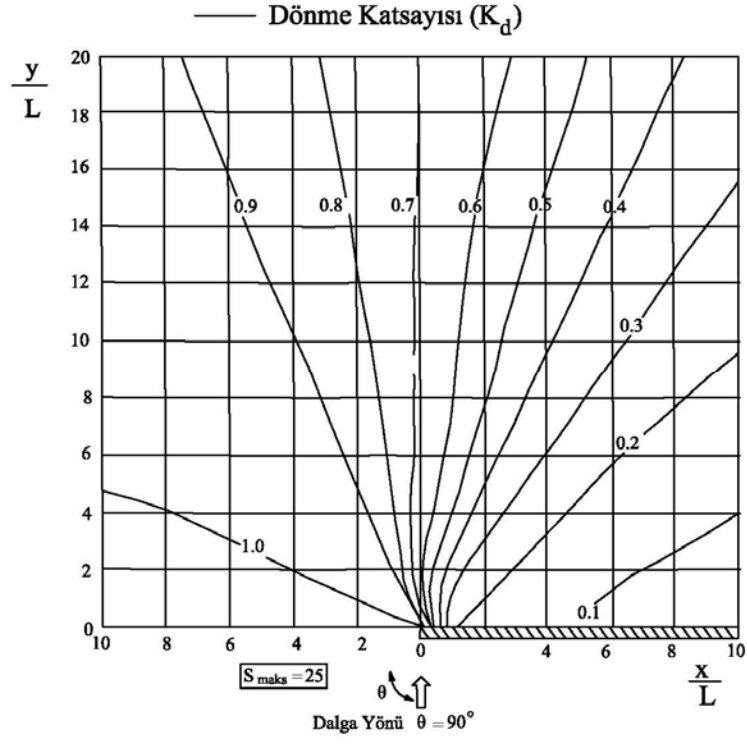
$$\frac{x}{L} : \text{Dalgakıran kafasından gövde boyunca yerleştirilen yatay eksen / Liman girişindeki dalga boyu}$$

$$\frac{y}{L} : \text{Dalgakıran kafasından dalgakıran gövdesine yerleştirilen dik eksen/Liman girişindeki dalga boyu}$$

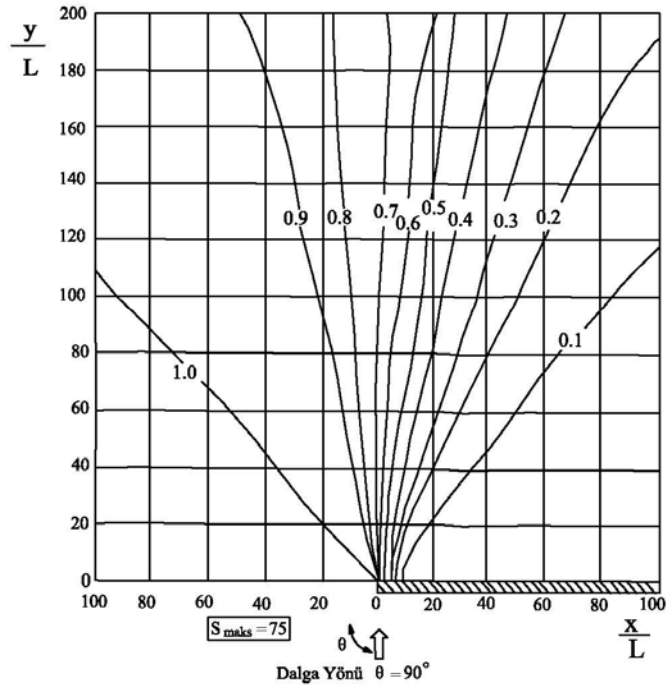
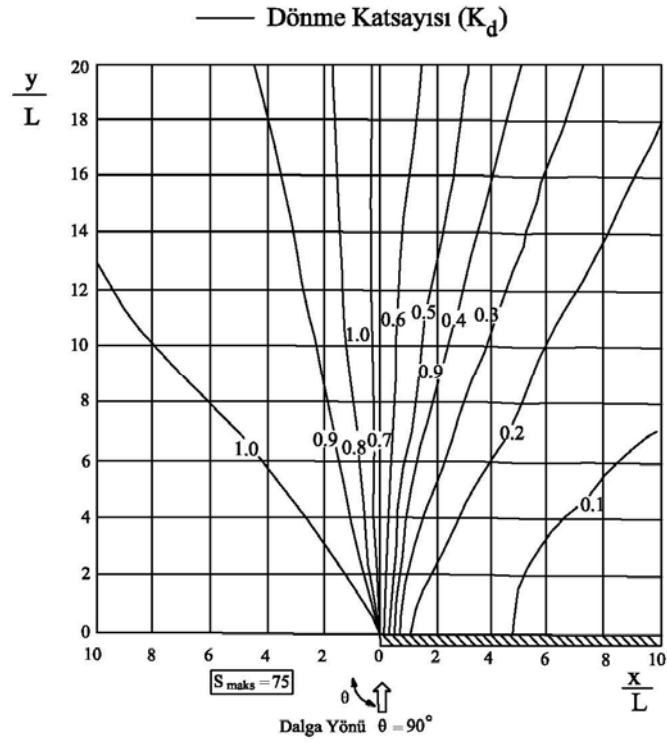
Çizim 1.18 a-b, Çizim 1.19 a-b ve Çizim 1.20 a-b yarı sonsuz bir dalgakırana etkiyen düzensiz dalgaların yönel dağılıma parametreleri $S_{maks} = 10, 25$ ve 75 için belirlenen dönme diyagramlarını göstermektedir. Bu diyagramlarda dalga diki (ortogonal) dalgakıran eksenine 90° açı ile gelmektedir. Farklı geliş açıları için **CEM (2003) Bölüm II-7** deki (K_d) diyagramları kullanılabilir.



**Çizim 1.18 Yarı Sonlu Dalgakırının $S_{maks}=10$ ve $\theta = 90^\circ$ için Dönme Diyagramı
(OCĐI, 2002)**



**Çizim 1.19 Yarı sonlu dalgakıranın $S_{maks}=25$ için dönme diyagramları
(OCDI, 2002)**



**Çizim 1.20 Yarı sonlu dalgakıranın $S_{maks} = 75$ için dönme diyagramları
(OCDI, 2002)**

İki dalgakıran olması durumunda ;

İki dalgakıran kafası arasındaki liman girişi genişliği B olarak tanımlanır. Dönme diyagramlarında dönme katsayıları (K_d), B/L oranına göre verilmiştir. Dalga diki dalgakıran eksenini ile 90° açı yapmaktadır ve yönsel yayılma parametreleri $S_{maks} = 10, 25$ ve 75 dir.

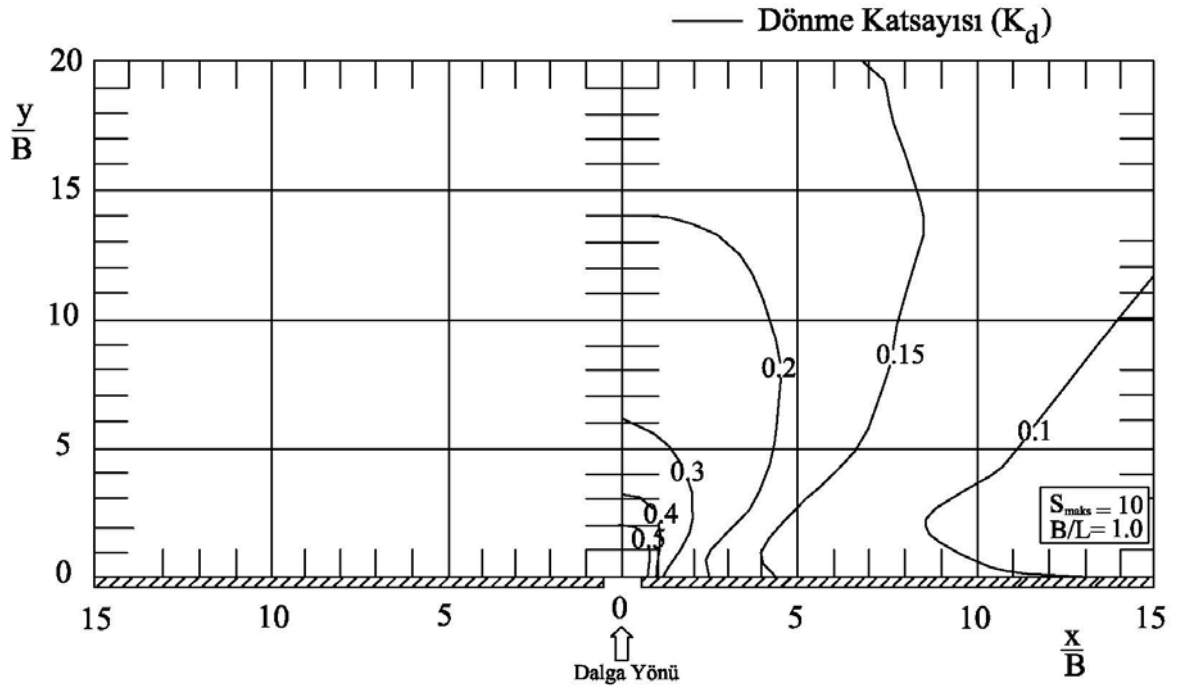
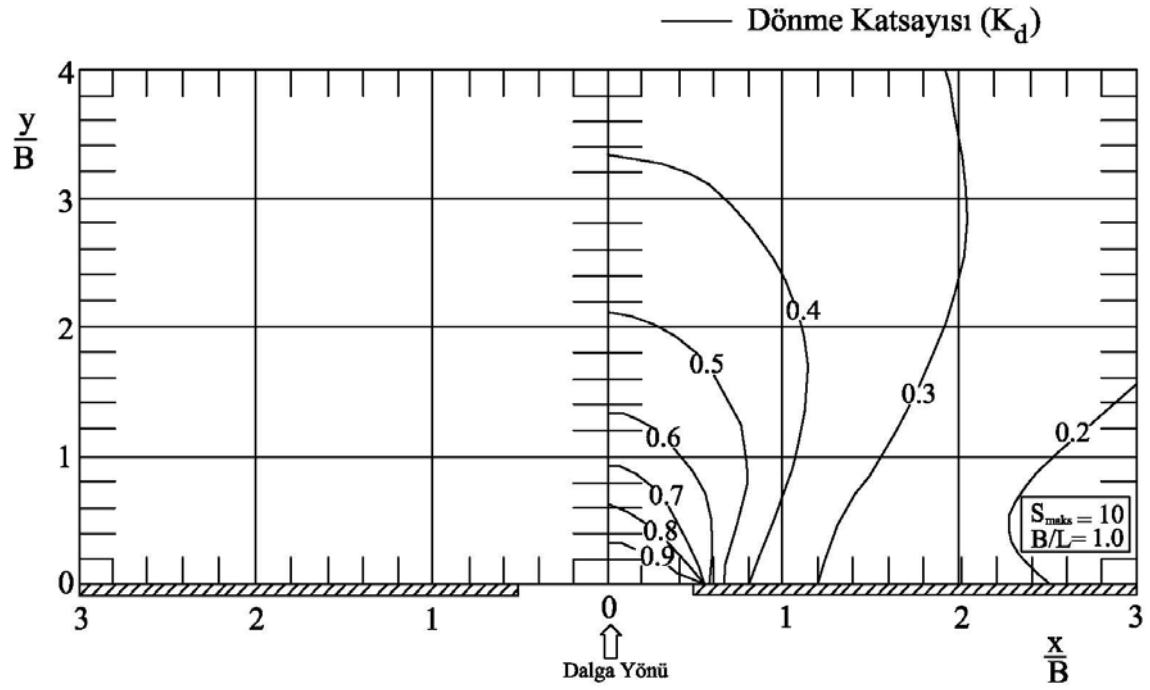
$K_d = \frac{H_d}{H_i}$: Dönen dalga yüksekliği / Liman girişindeki dalga yüksekliği

$\frac{B}{L}$: Liman girişi açıklığı / Liman girişindeki dalga boyu

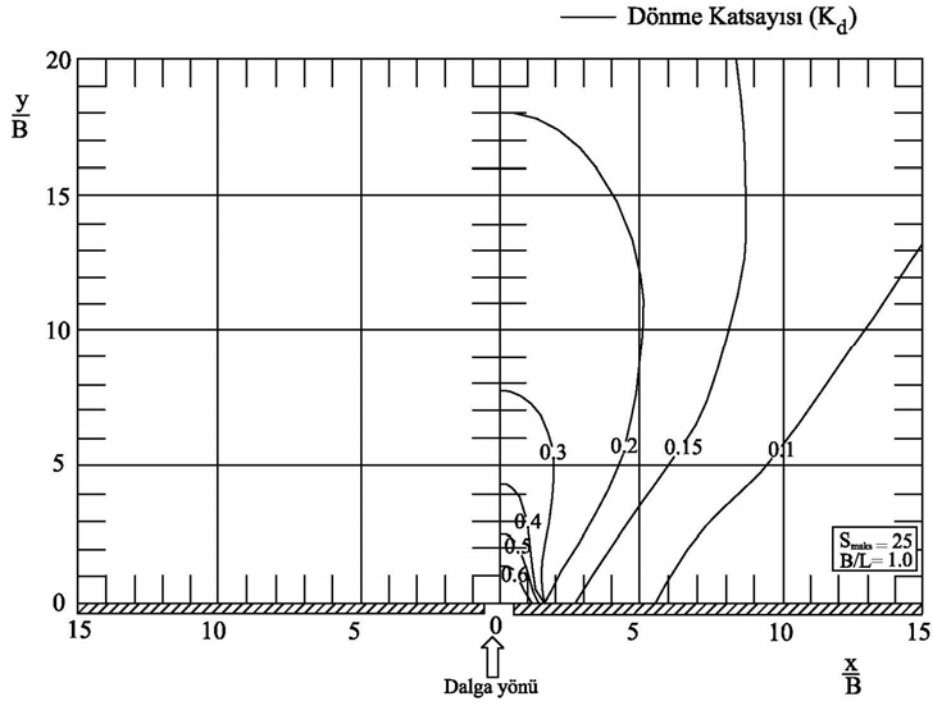
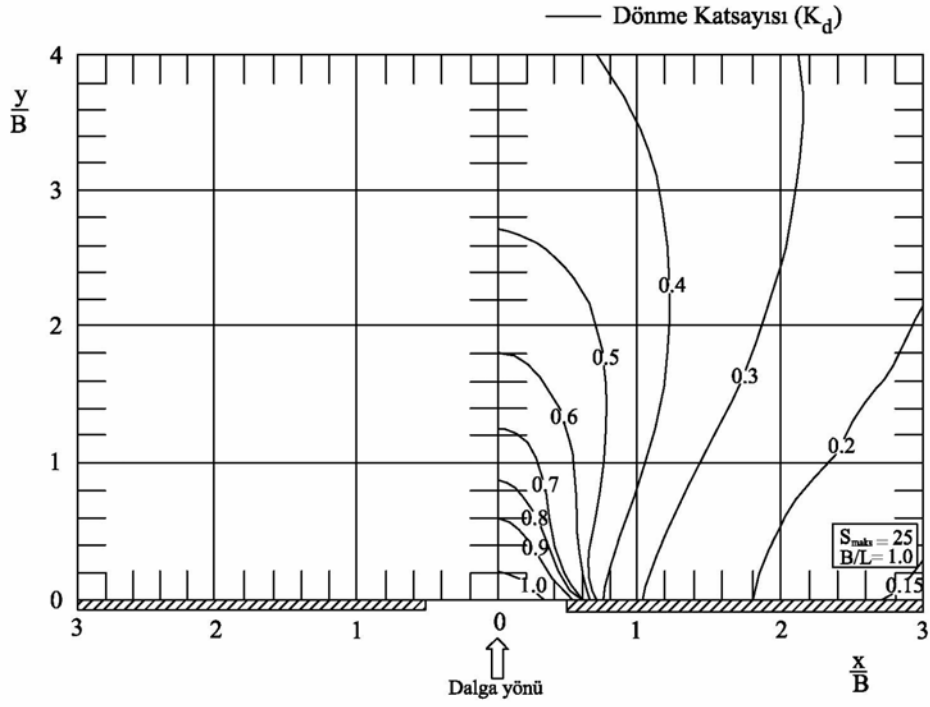
$\frac{x}{B}$: Liman girişinin orta noktasından dalgakıran boyunca yerleştirilen yatay eksen / Liman girişindeki dalga boyu

$\frac{y}{B}$: Liman girişinin orta noktasından dalgakıran eksenine dik yerleştirilen dikey eksen / Liman girişindeki dalga boyu

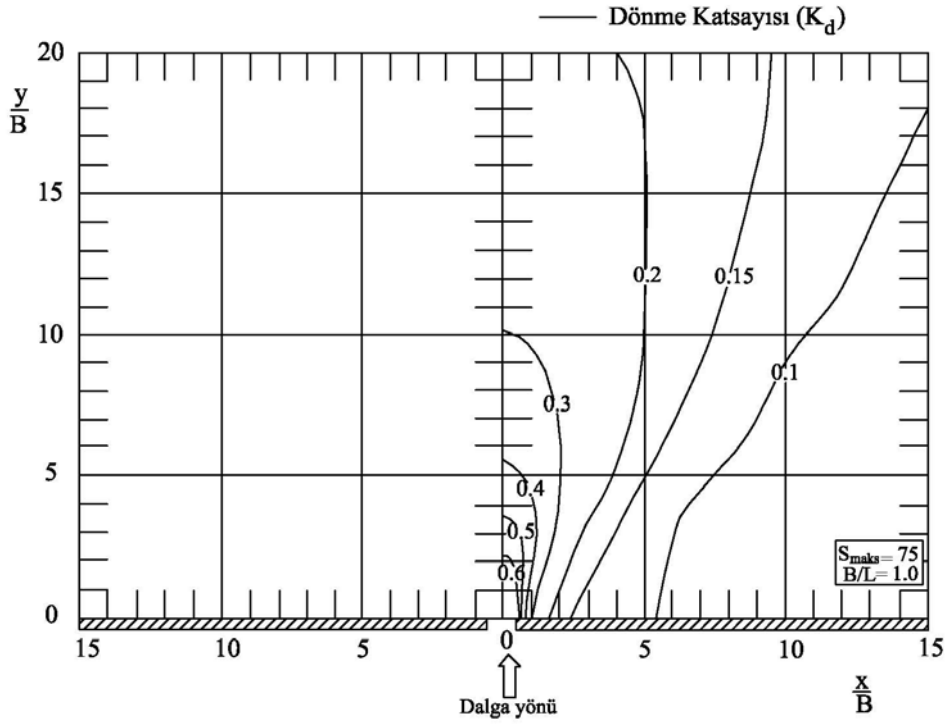
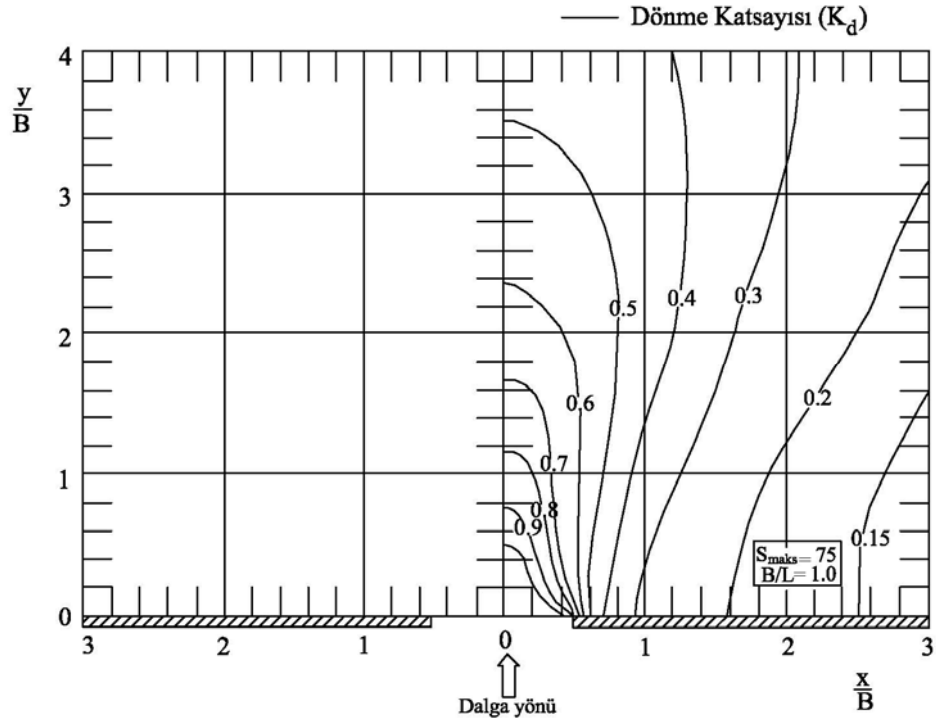
Çizim 1.21 – Çizim 1.32 farklı B/L oranları ve S_{maks} değerleri için düzensiz dalgalarda K_d katsayılarını vermektedir. Dağılım simetrik olduğu için tek yönde verilmiştir.



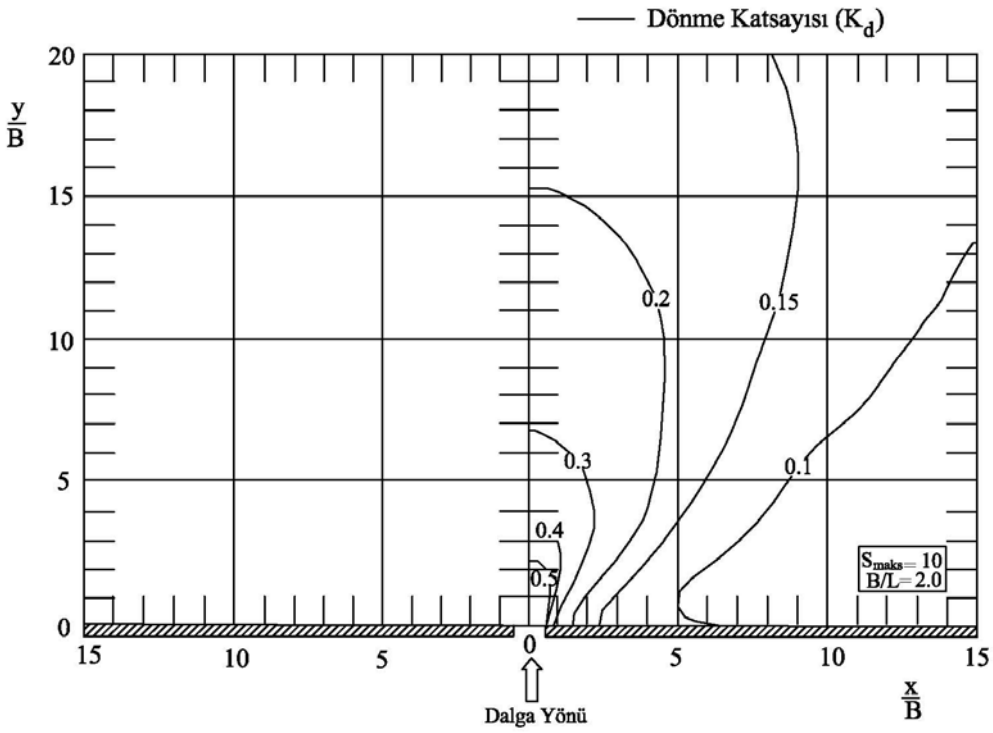
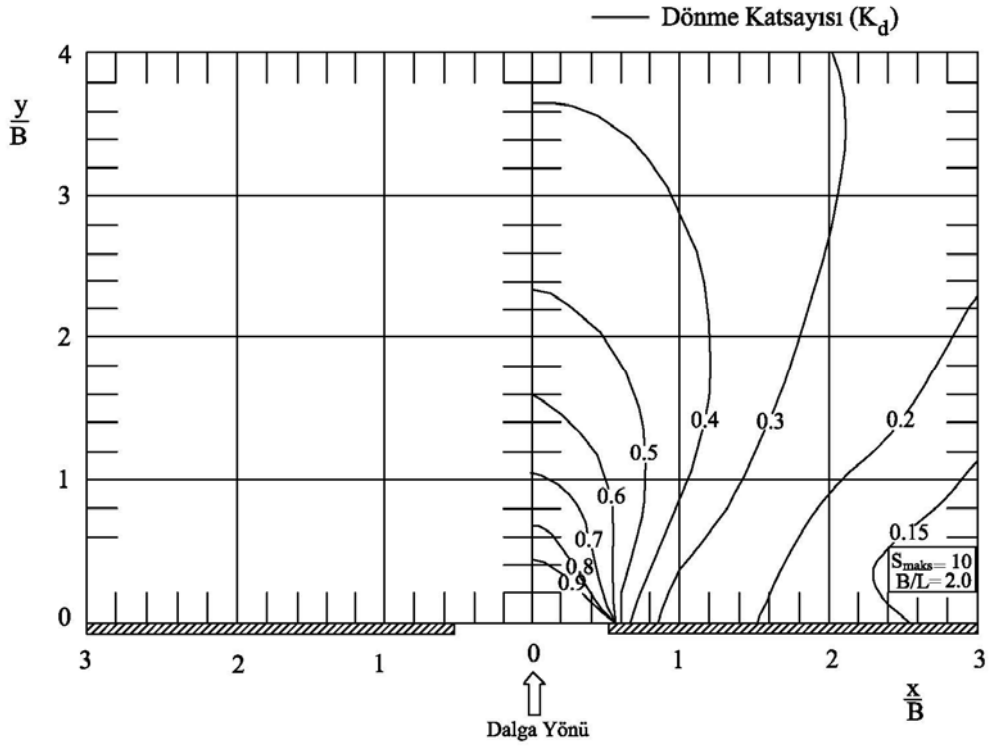
Çizim 1.21 Liman Girişi / Dalga Boyu ($B/L=1.0$) ve $S_{maks} = 10$ değeri için dönme diyagramı
(OC DI, 2002)



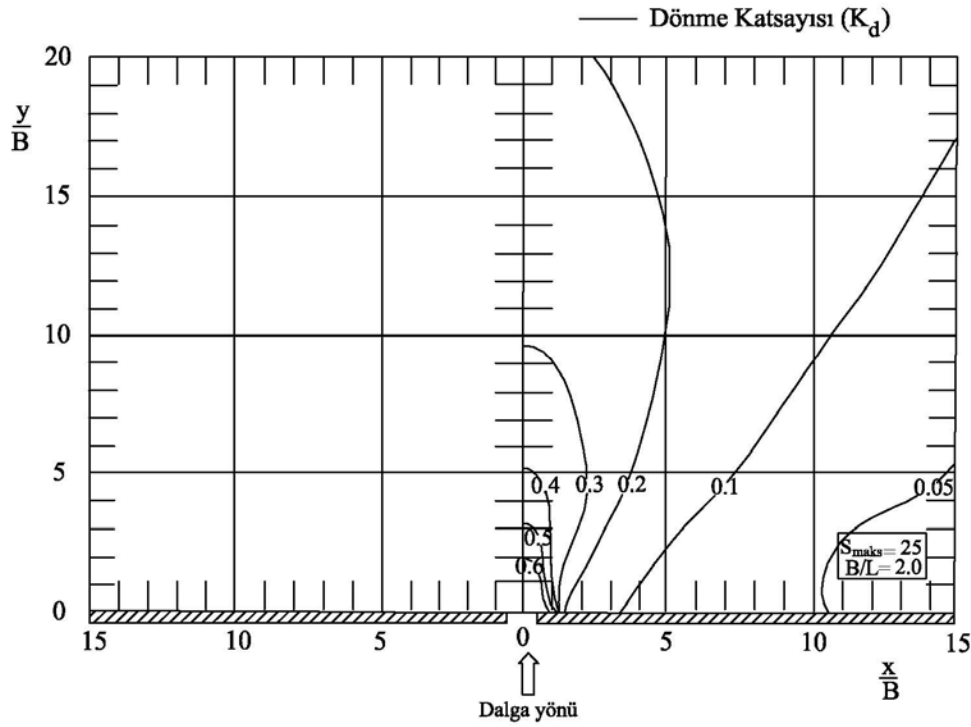
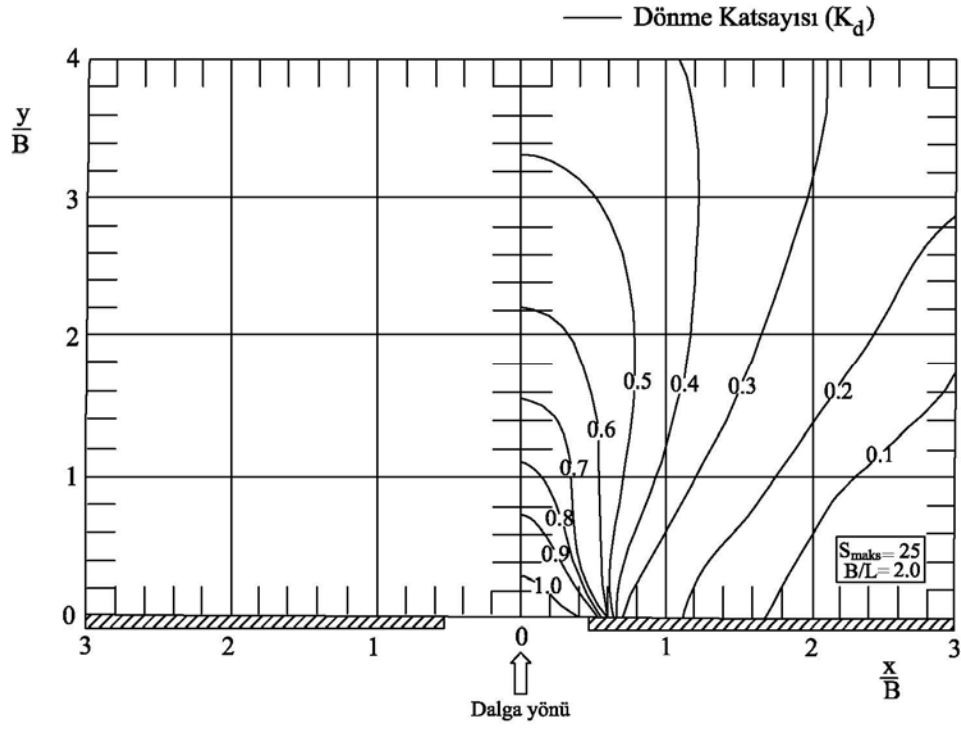
Çizim 1.22 Liman Girişi / Dalga Boyu ($B/L=1.0$) ve $S_{maks} = 25$ değeri için dönme diyagramı (OCDI, 2002)



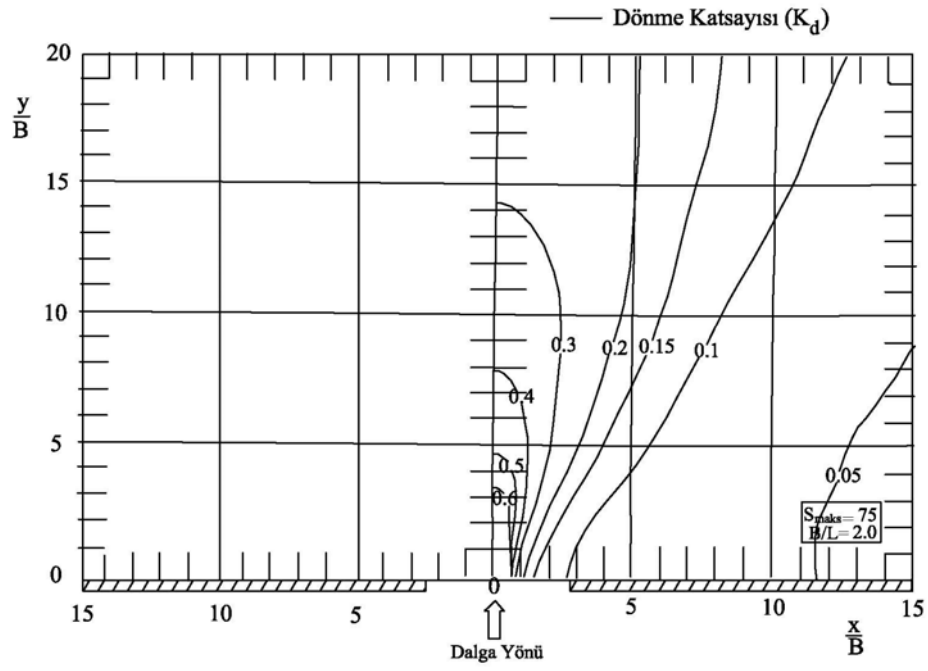
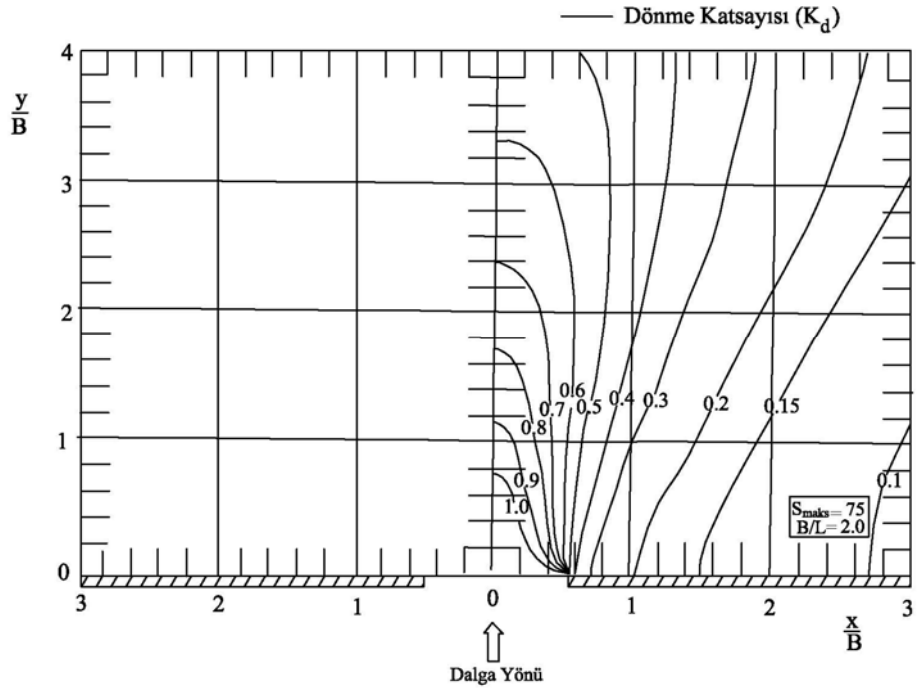
Çizim 1.23 Liman Girişi / Dalga Boyu ($B/L=1.0$) ve $S_{maks} = 75$ değeri için dönme diyagramı (OCDI, 2002)



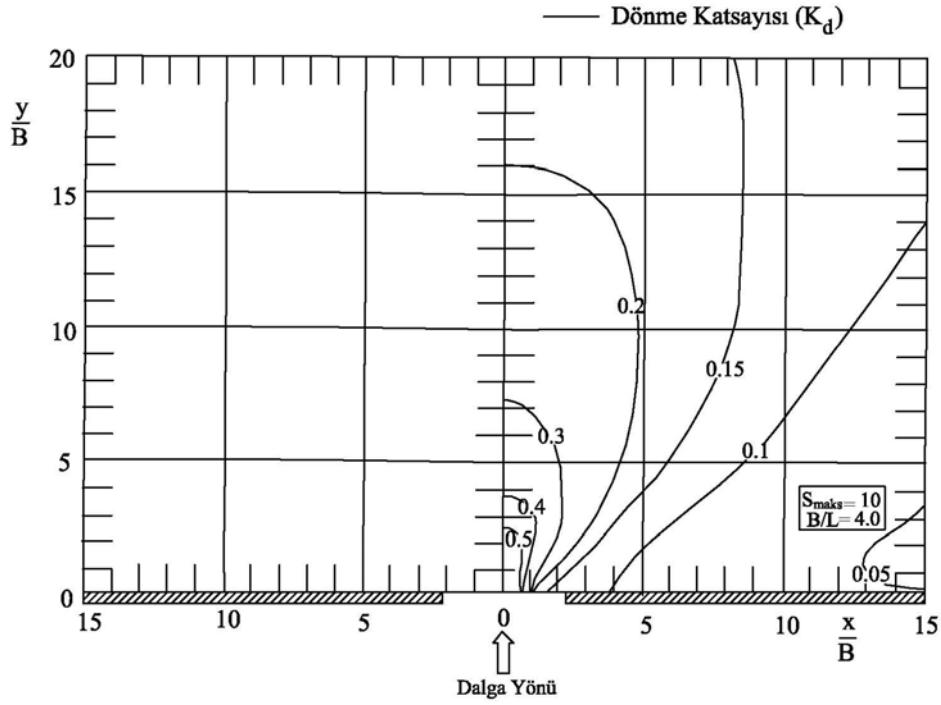
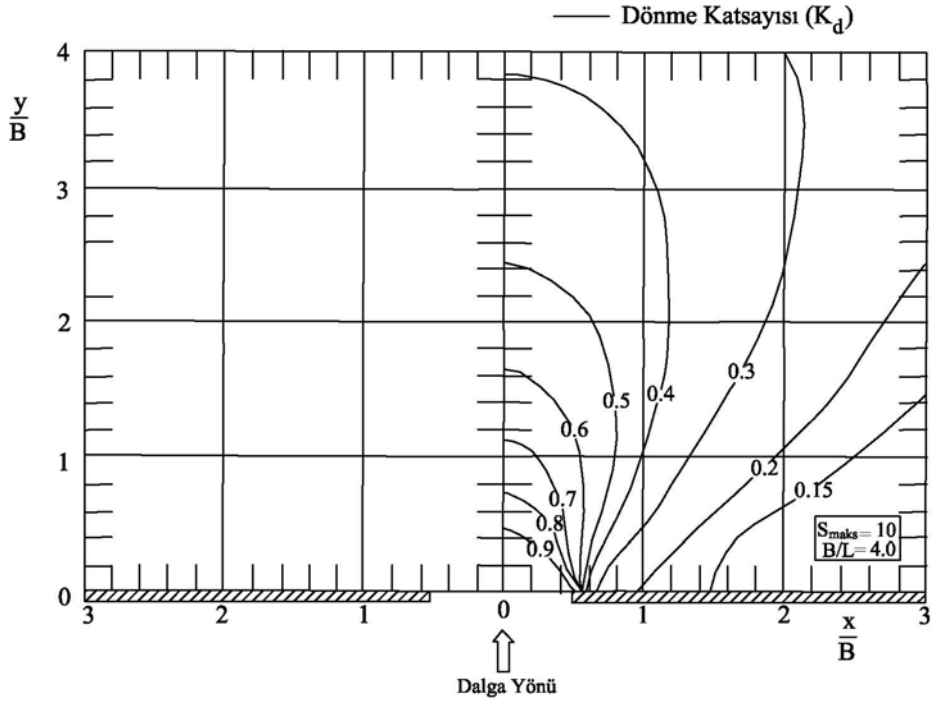
Çizim 1.24 Liman Girişi / Dalga Boyu ($B/L=2.0$) ve $S_{maks}=10$ değeri için dönme diyagramı (OCDF, 2002)



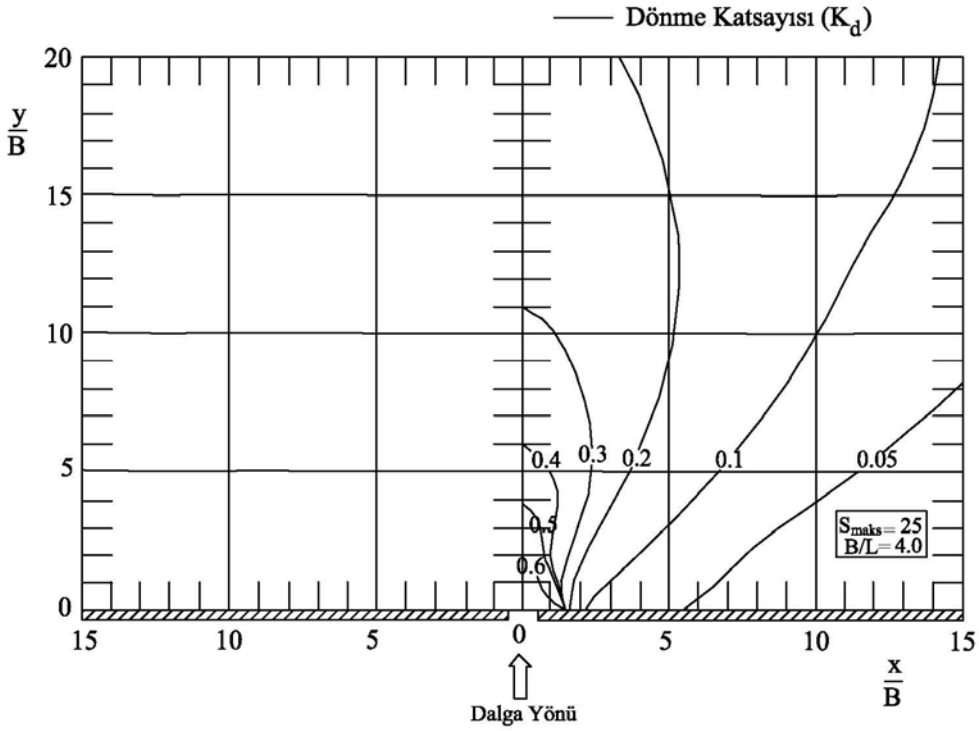
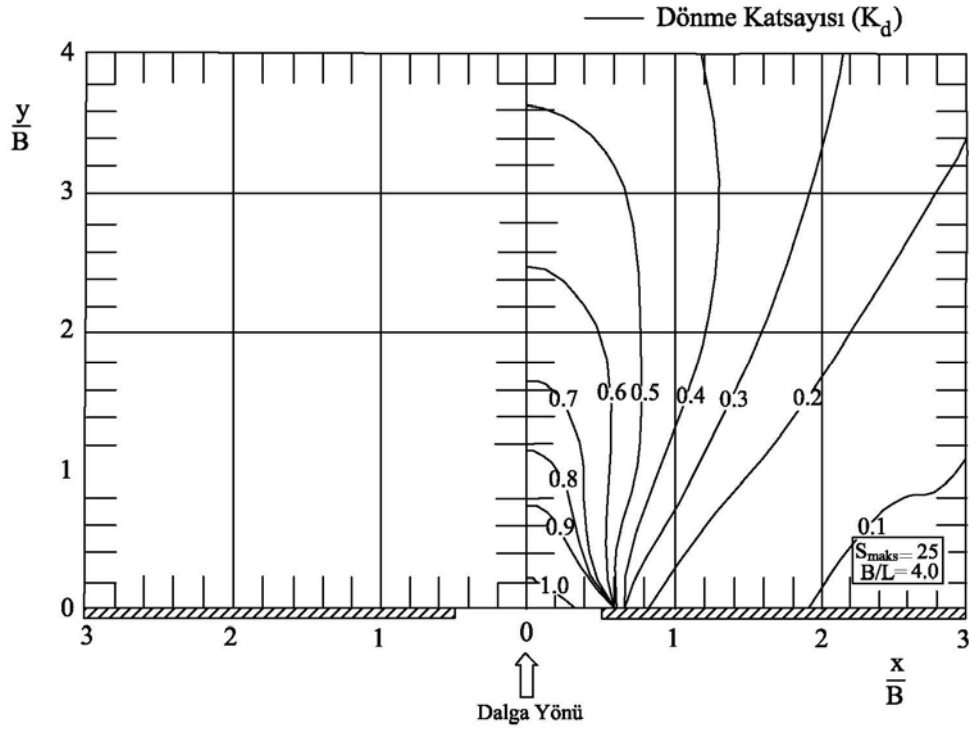
Çizim 1.25 Liman Girişi / Dalga Boyu ($B/L=2.0$) ve $S_{maks} = 25$ değeri için dönme diyagramı
(OCDI, 2002)



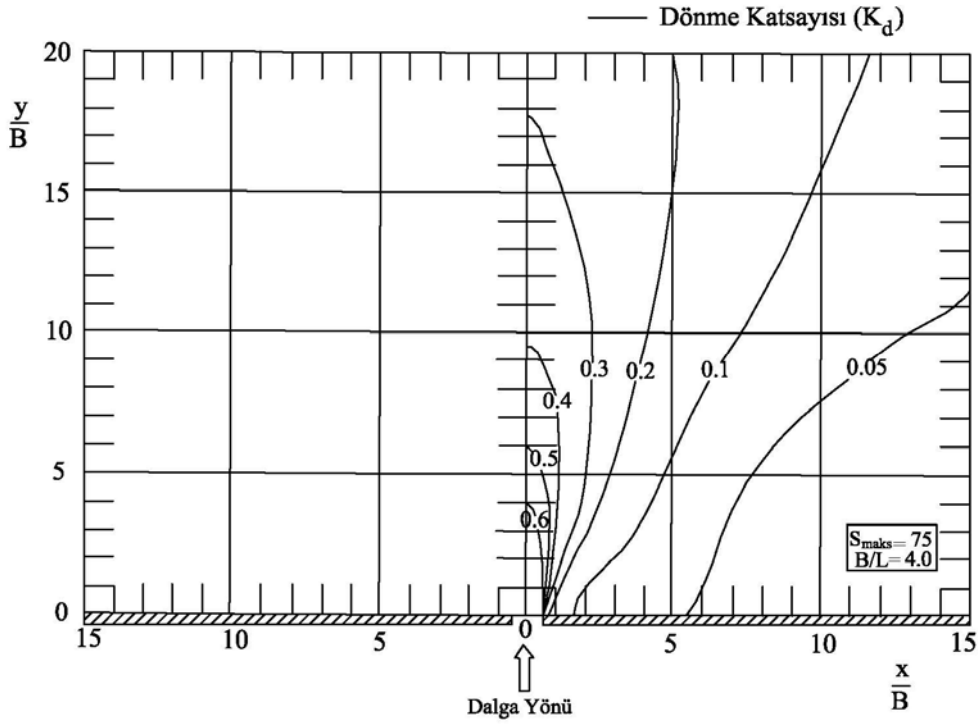
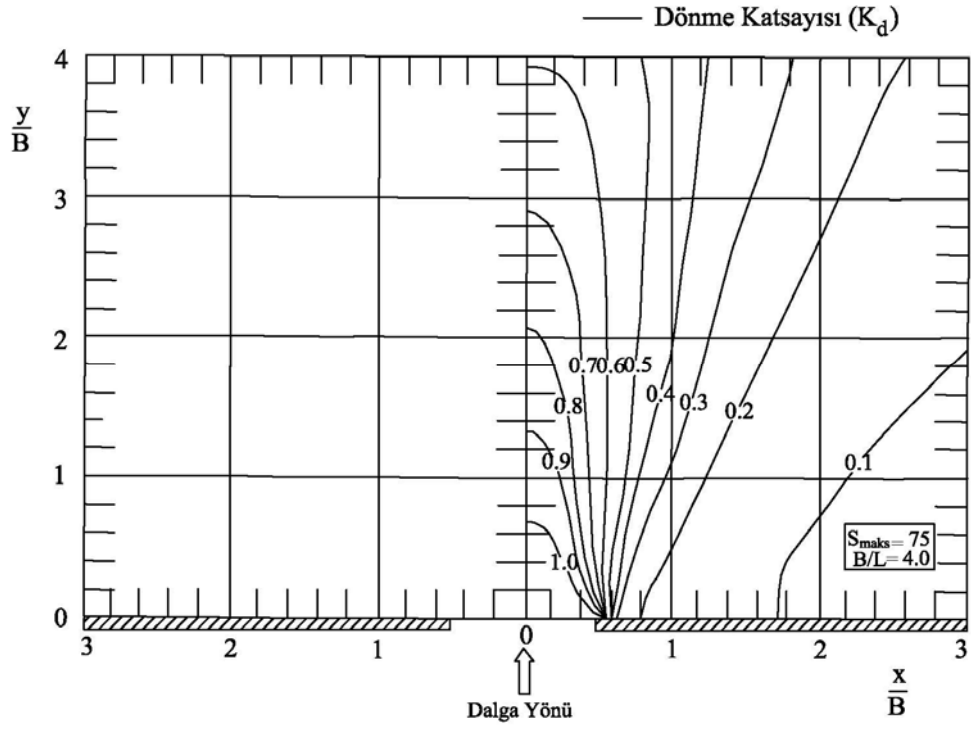
Çizim 1.26 Liman Girişi / Dalga Boyu ($B/L=2.0$) ve $S_{maks} = 75$ değeri için dönme diyagramı (OCDI, 2002)



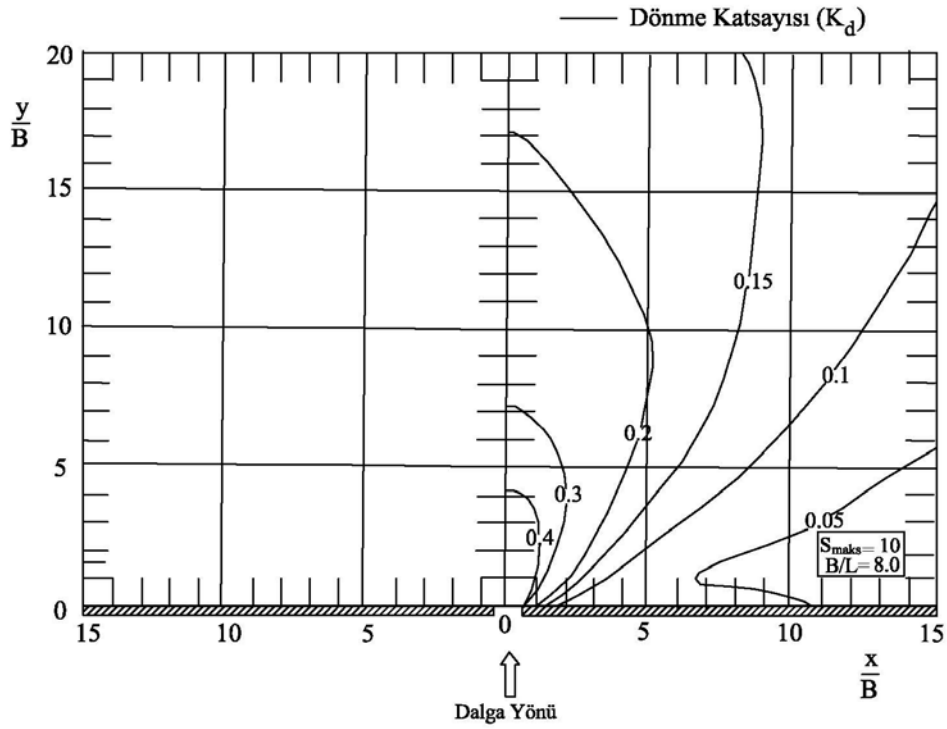
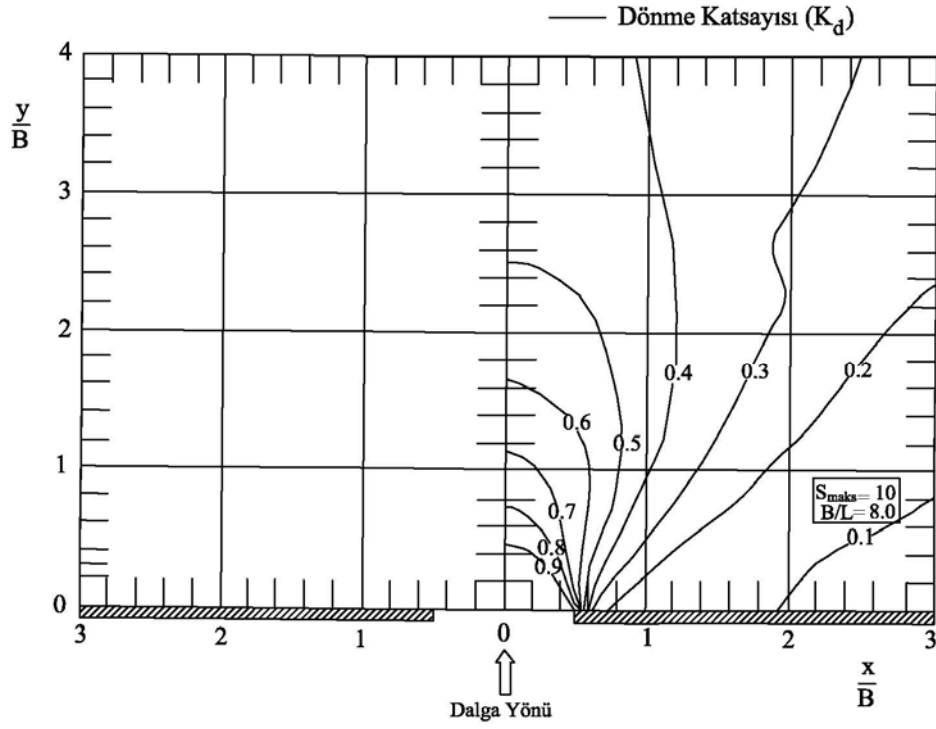
Çizim 1.27 Liman Girişi / Dalga Boyu ($B/L=4.0$) ve $S_{maks} = 10$ değeri için dönme diyagramı (OCDI, 2002)



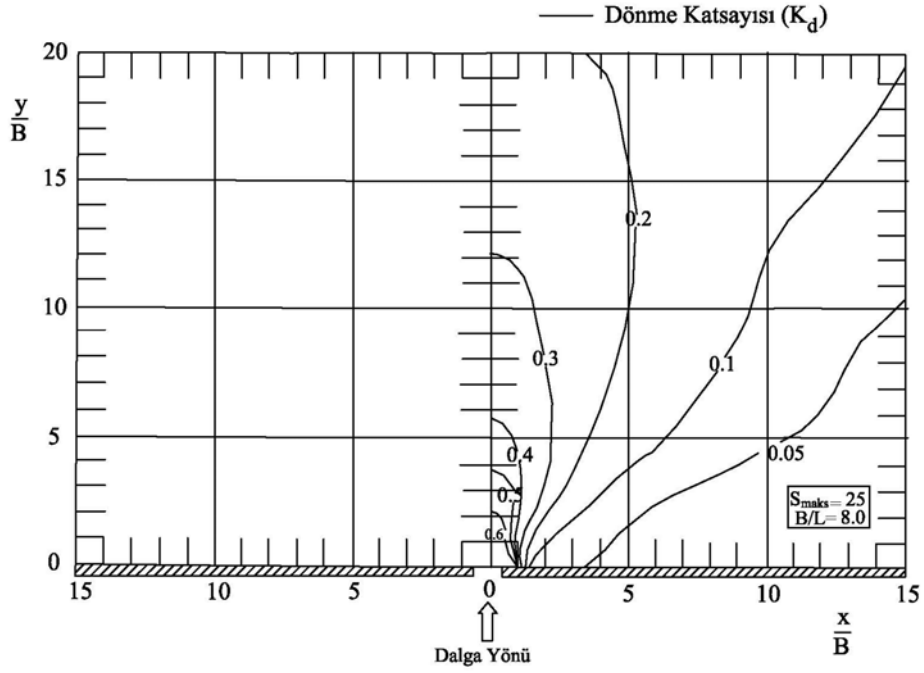
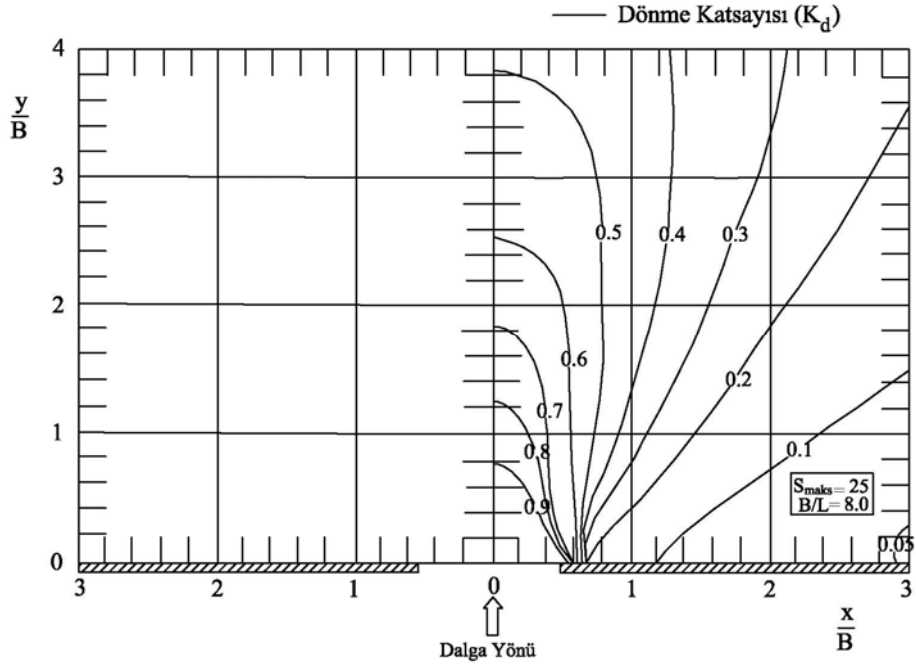
Çizim 1.28 Liman Girişi / Dalga Boyu ($B/L=4.0$) ve $S_{maks} = 25$ değeri için dönme diyagramı (OCĐI, 2002)



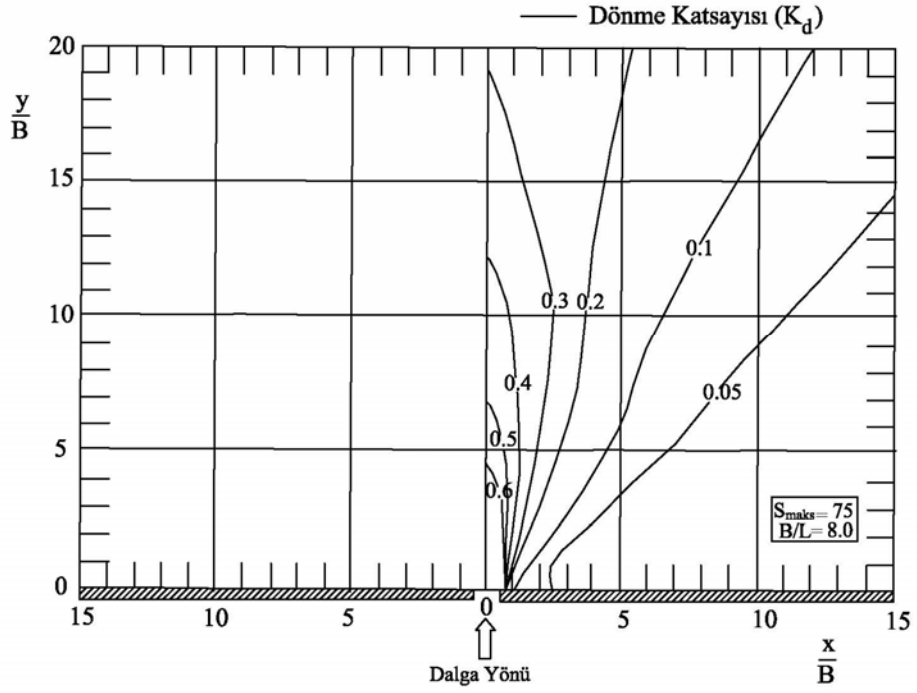
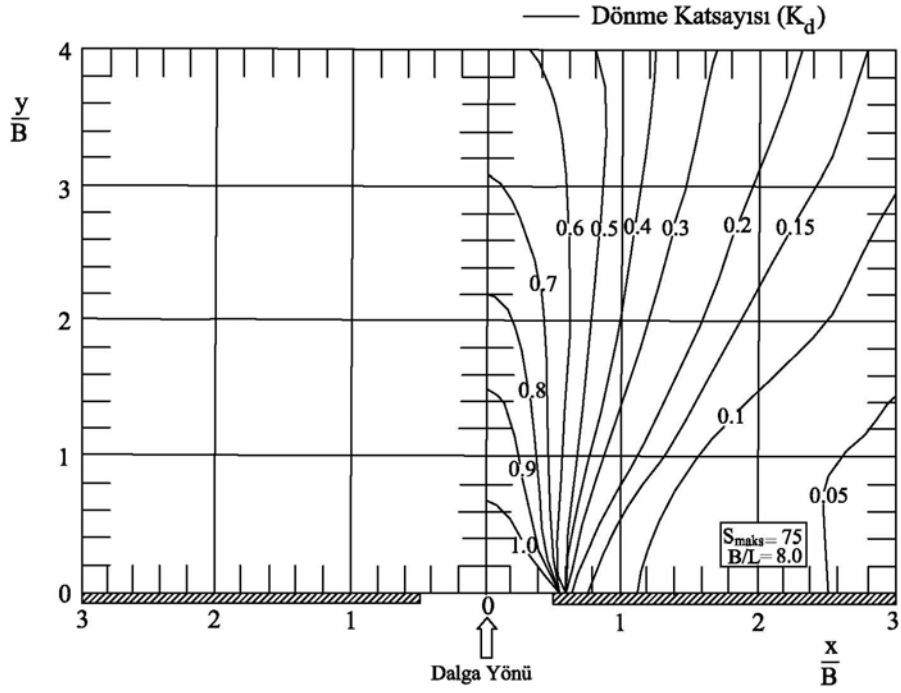
Çizim 1.29 Liman Girişi / Dalga Boyu ($B/L=4.0$) ve $S_{maks} = 75$ değeri için dönme diyagramı (OCĐI, 2002)



Çizim 1.30 Liman Girişi / Dalga Boyu ($B/L=8.0$) ve $S_{maks} = 10$ değeri için dönme diyagramı (OCĐI, 2002)



Çizim 1.31 Liman Girişi / Dalga Boyu ($B/L=8.0$) ve $S_{maks}=25$ değeri için dönme diyagramı (OCDI, 2002)



Çizim 1.32 Liman Girişı / Dalga Boyu ($B/L=8.0$) ve $S_{maks}=75$ değeri için dönme diyagramı
(OCDI, 2002)

Dalga diklerinin dalgakıran eksenine 90° den farklı bir açı ile (θ) gelmesi durumunda **Tablo 1.4** kullanılarak farklı B/L ve S_{maks} (10, 25, 75) değerleri için döndürülmüş dalga eksen açısı θ' bulunur. Bu durum için sapma diyagramlarına B'/L ile girilir. ($B'/L = (B/L)\sin\theta'$). **Tablo 1.4 a-c** de, gelen dalga yönünün ve B/ L oranının bir fonksiyonu olarak döndürülmüş dalga eksen açısı θ' liste halinde verilmiştir.

Tablo 1.4. Dalgakıran ile Dalga Geliş Yönü Arasındaki Açılar

a) $S_{maks} = 10$

Dalgakıran ile dalga geliş yönü arasında ki açı θ'

$B/L \backslash \theta$	15°	30°	45°	60°
1.0	53°	58°	65°	71°
2.0	46°	53°	62°	70°
4.0	41°	49°	60°	70°

b) $S_{maks} = 25$

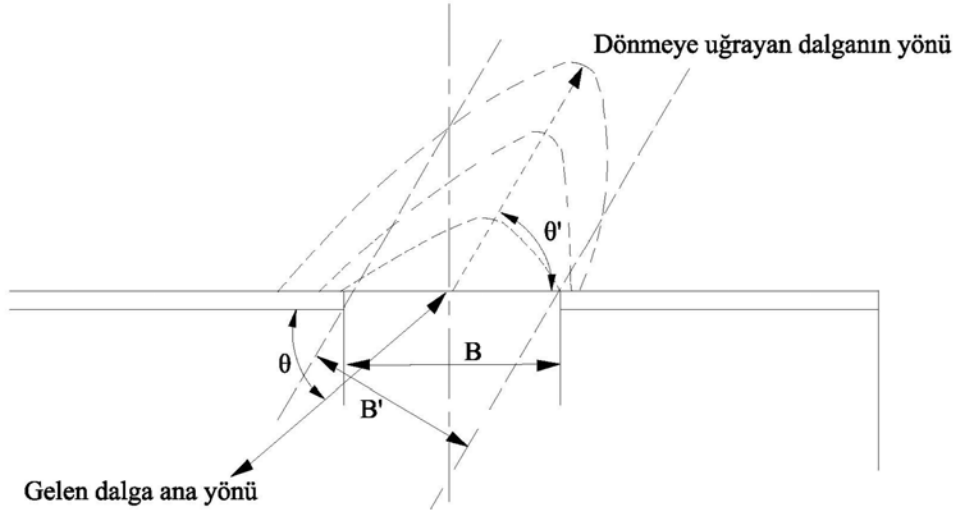
Dalgakıran ile dalga geliş yönü arasında ki açı θ'

$B/L \backslash \theta$	15°	30°	45°	60°
1.0	49°	52°	61°	70°
2.0	41°	47°	57°	67°
4.0	36°	42°	54°	65°

c) $S_{maks} = 75$

Dalgakıran ile dalga geliş yönü arasında ki açı θ'

$B/L \backslash \theta$	15°	30°	45°	60°
1.0	41°	45°	55°	66°
2.0	36°	41°	52°	64°
4.0	30°	36°	49°	62°



Çizim 1.33 Dalgaların liman girişine geliş açısı (θ') (OC DI, 2002)

- Sapma Ve Dönme Ortak Etkisi

Liman içi su derinliğinin sabit olduğu durumlarda, dalga dönmesinden sonra liman içinde oluşabilecek sığlaşma ve sapma ihmal edilebilir. Böyle bir durumda liman içi dalga yüksekliği hesaplarında, ilk olarak sadece liman girişinde ki derin deniz dalga tahminlerinden elde edilen sapma ve kırılma hesaplamaları ile bulunan dalgalar göz önüne alınarak dönme hesaplamaları yapılır. Böyle bir durumda liman içinde yer alan bir noktada, dalga yüksekliğini hesaplamak için;

$$H = K_d K_r K_s H_0 \quad (1.57)$$

denklemini kullanılır.

K_d : Liman içinde belirlenen bir noktada ki dönme katsayısı

K_r : Liman girişindeki sapma katsayısı

K_s : Liman girişindeki sığlaşma katsayısı

H_0 : Derin deniz dalga yüksekliği

1.6.4. Dalga Kırılması

Dalga kırılması , dalga yüksekliğinin dalga boyuna oranının sınır bir değere ulaşmasıyla gerçekleşir. Dalgaların teorik olarak kırılma şartlarının belirlenmesi için 2 yaklaşım uygulanabilir, bunlar;

1.Kinematik Stabilite Kriteri: Kırılma dalga tepesinde ki akışkan taneciklerinin yatay yörüngesel hızlarının dalga yayılma hızını aşması durumu olarak ifade edilir.

2. Dinamik Stabilite Kriteri : Yüzeyde su taneciklerinin sahip olduğu maksimum düşey ivmenin yerçekimi ivmesine eşit olduğu durumdur.

- Derin Suda Dalga Kırılması

Derin suda ilerleyen dalgaların en büyük yükseklikleri, dalga formunun bozulmadığı limit durumu veren en büyük diklikten elde edilir. Eğer limit dalga dikliği aşırsa dalga kırılması meydana gelir ve dalga enerjisinin büyük bir kısmı harcanır. Kısaca derin su dalga kırılması olayı en büyük diklik sınırının aşılması demektir. Teorik çalışmalara göre, derin suda maksimum diklik sınırı;

$$\frac{H_o}{L_o} = 0.142 \approx \frac{1}{7} \quad (1.58)$$

aşıldığında kırılma olayı meydana gelir.

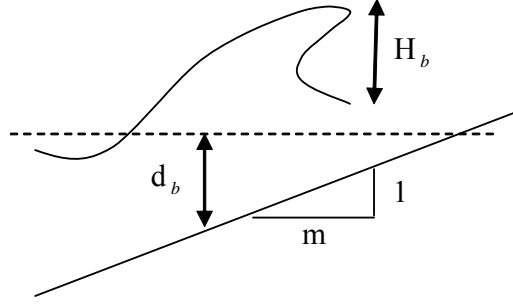
- Sığ Suda Dalga Kırılması

Sığ suda ilerleyen dalgalar, derinliğin azalmasından dolayı taban etkisini hissetmeye başlarlar. Dalga periyodunun değişmeden kalmasına rağmen, dalga boyları kısalır, dalga yayılma hızı azalmaya başlar, dalga tepeleri sıklaşmaya başlar, tabana yakın su taneciklerinin hareketleri yüzeydekilere oranla gecikir, dalga yükseklikleri artmaya başlar, dalga tepelerindeki su partiküllerinin hızları dalga yayılma hızına hemen hemen eşit ve daha büyük olur ve dalga en büyük yüksekliğine ulaştığında dengesi (stabilitesi) bozularak kırılır.

Sığ suda dalga kırılmasıyla ilgili ilk bağıntı, dalgaların sığ suda kırılmadan önce dalga formlarının soliter dalgaya uyduğu kabul edilir, bu tip dalga için kırılma bağıntısı, kırılma indeksi (γ_b) ile verilir. Kırılma indeksi için genelde kabul edilen değer;

$$\gamma_b = \frac{H_b}{d_b} = 0.78 \quad (1.59)$$

bağıntısı ile verilmiştir (Munk, 1949). Çizim 1.34'de dalga kırılma formu ve parametreleri verilmiştir.



H_b : Kırılan dalga yüksekliği

d_b : Kırılma derinliği

m : Taban eğimi

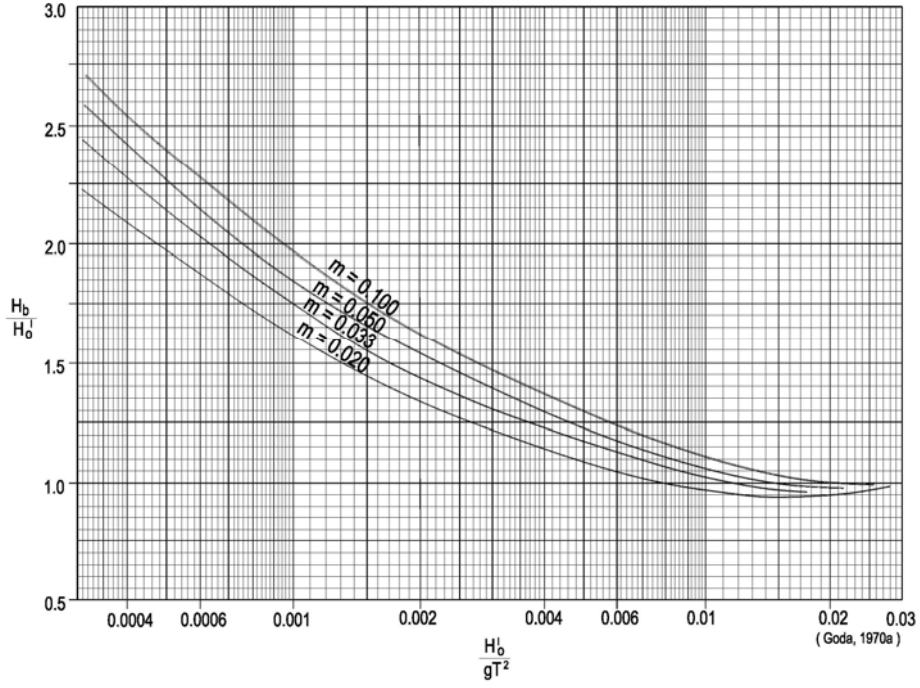
α : Dalga geliş açısı

Çizim 1.34 Dalga Kırılma Formu ve Parametreleri

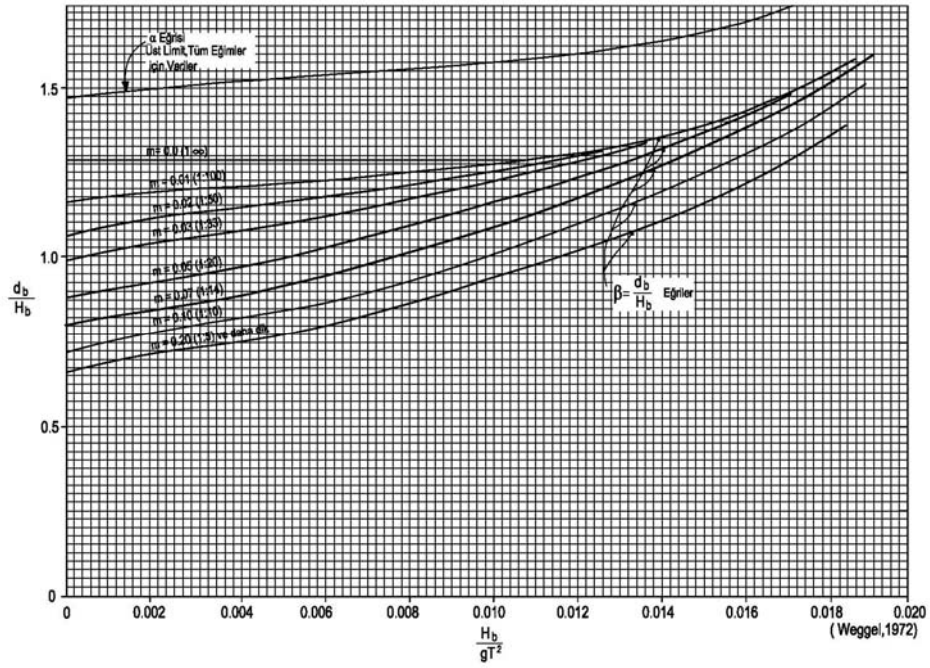
Dalga kırılma indeksi $\left(\gamma_b = \frac{H_b}{d_b} \right)$, taban eğimi (m), dalga dikliği $\left(\frac{H_o}{L_o} \right)$, dalga geliş açısının bir fonksiyonudur.

- Dalga Kırılması (SPM, 1984)

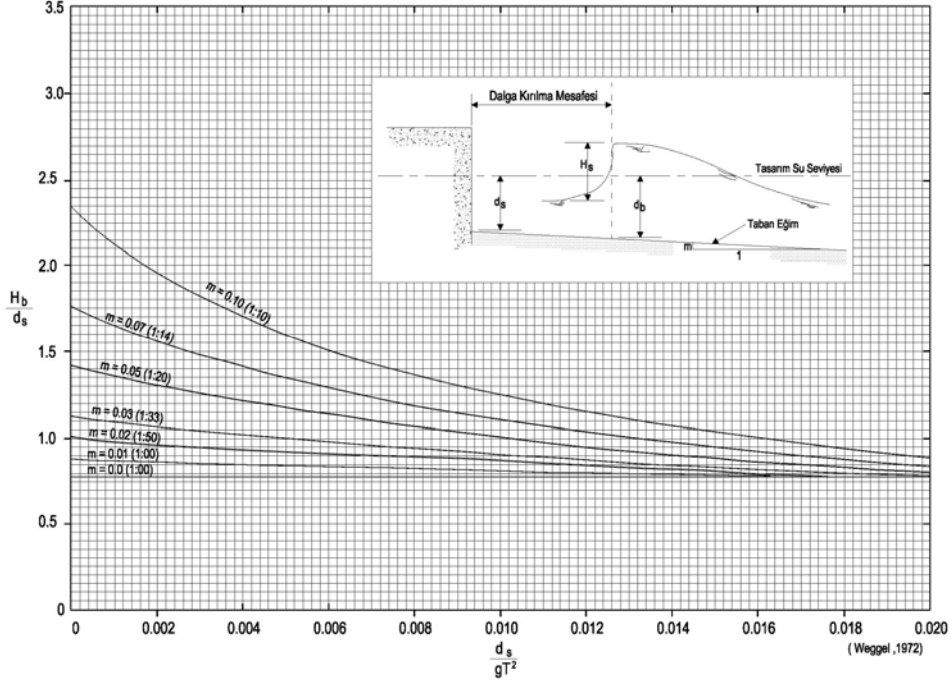
Dalga kırılması hesapları aşağıda verilen çizimler kullanılarak hesaplanacaktır. Bu kırılma eğrileri taşdolgu dalgakıranlar stabilite hesaplarında kullanılacaktır.



Çizim 1.35. Dalga Dikliği ile Dalga Kırılma Boyutsuz Parametresi Arasındaki Bağntı Grafiği



Çizim 1.36. Dalga Kırılma Boyutsuz Parametresi ile Dalga Kırılma Derinliği Boyutsuz Parametresi Arasındaki Bağntı Grafiği



Çizim 1.37. Yapı Önündeki Boyutsuz Tasarım Dalga Kırılma Yüksekliği

- Düzensiz dalgalar için dalga kırılması

Goda tarafından önerilen dalga kırılma yükseklikleri hesapları dik yüzlü dalgakıran tasarımında kullanılacaktır. Mühendislik uygulamalarında en fazla kullanılan düzensiz dalgalar için dalga kırılma denklemleri aşağıda verilmiştir.

1 Goda, Y. 2000

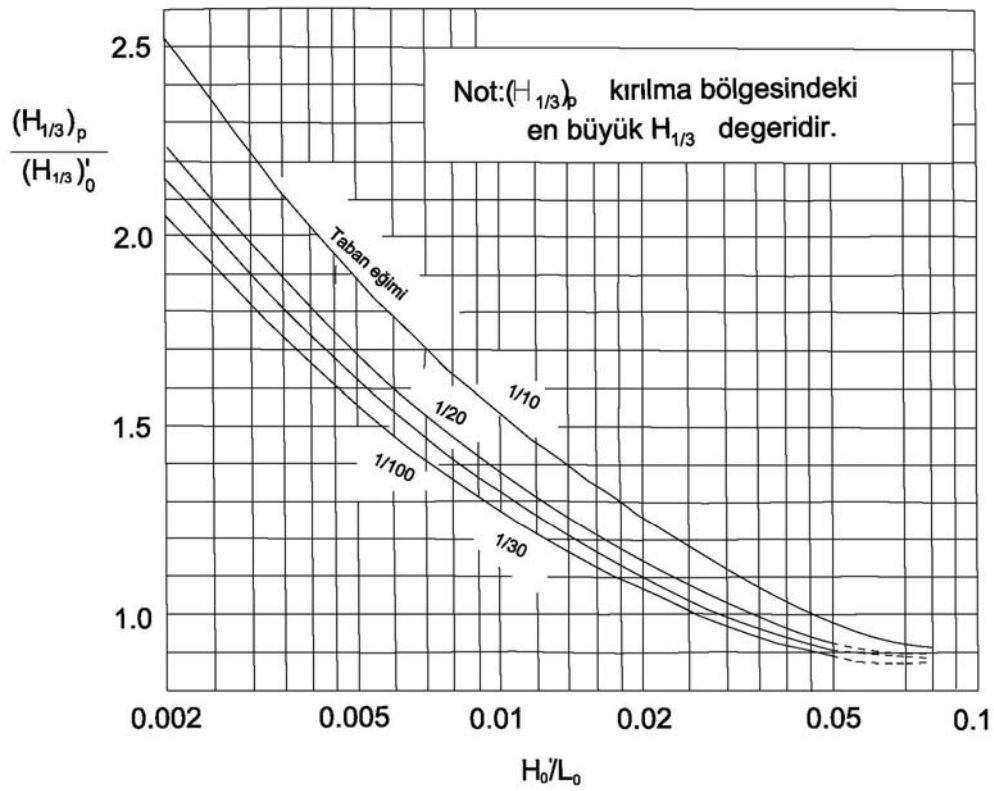
$$H_{1/3} = \begin{cases} K_s H'_0 & d/L_0 \geq 0.2 \\ \min\{(\beta_0 H'_0 + \beta_1 h), \beta_{maks} H'_0, K_s H'_0\} & d/L_0 < 0.2 \end{cases} \quad (1.60)$$

$$\left. \begin{aligned} \beta_0 &= 0.028 (H'_0 / L_0)^{-0.38} \exp[20(\tan\theta)^{1.5}] \\ \beta_1 &= 0.52 \exp[4.2 \tan\theta] \\ \beta_{maks} &= \max\{0.92, 0.32 (H'_0 / L_0)^{-0.29} \exp[2.4 \tan\theta]\} \end{aligned} \right\} \quad (1.61)$$

$$H_{maks} = \begin{cases} 1.8 K_s H'_0 & d / L_0 \geq 0.2 \\ \min\{(\beta_0^* H'_0 + \beta_1^* d), \beta_{maks}^* H'_0, 1.8 K_s H'_0\} & d / L_0 < 0.2 \end{cases} \quad (1.62)$$

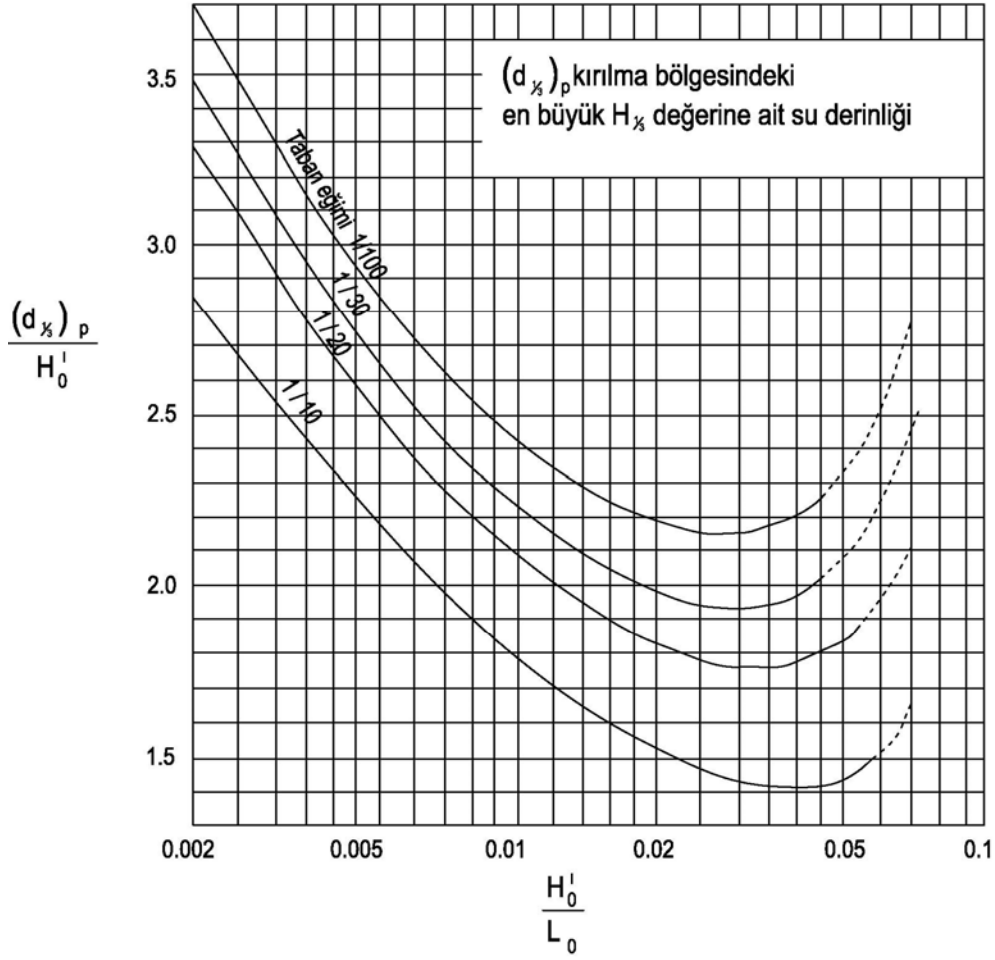
$$\left. \begin{aligned}
\beta_0^* &= 0.052 \left(H_0' / L_0 \right)^{-0.38} \exp \left[20 (\tan \theta)^{1.5} \right] \\
\beta_1^* &= 0.63 \exp \left[3.8 \tan \theta \right] \\
\beta_{\max}^* &= \max \left\{ 1.65, 0.53 \left(H_0' / L_0 \right)^{-0.29} \exp \left[2.4 \tan \theta \right] \right\}
\end{aligned} \right\} \quad (1.63)$$

Farklı taban eğimleri (1/10, 1/20, 1/30, 1/100) için dalga dikliğine (H_0' / L_0) bağlı olarak kırılma bölgesinde oluşabilecek en yüksek belirgin dalganın ($H_{1/3}$)_{maks} derin deniz belirgin dalgasına (H_0) oranı **Çizim 1.38**'da verilmiştir (**Goda, Y.2000**) ($H_0' = H_0 \cdot K_r$)



Çizim 1.38 Dalga dikliğine (H_0' / L_0) bağlı olarak kırılma bölgesinde oluşabilecek en yüksek belirgin dalganın ($H_{1/3}$)_p derin deniz belirgin dalgasına ($H_{1/3}$)₀ oranı (**OCDI, 2002**)

($H_{1/3}$)_p 'in oluşacağı derinlik ($d_{1/3}$)_p **Çizim 1.39** kullanılarak hesaplanacaktır.



Çizim 1.39 $(H_{1/3})_p$ 'in oluşacağı derinlik

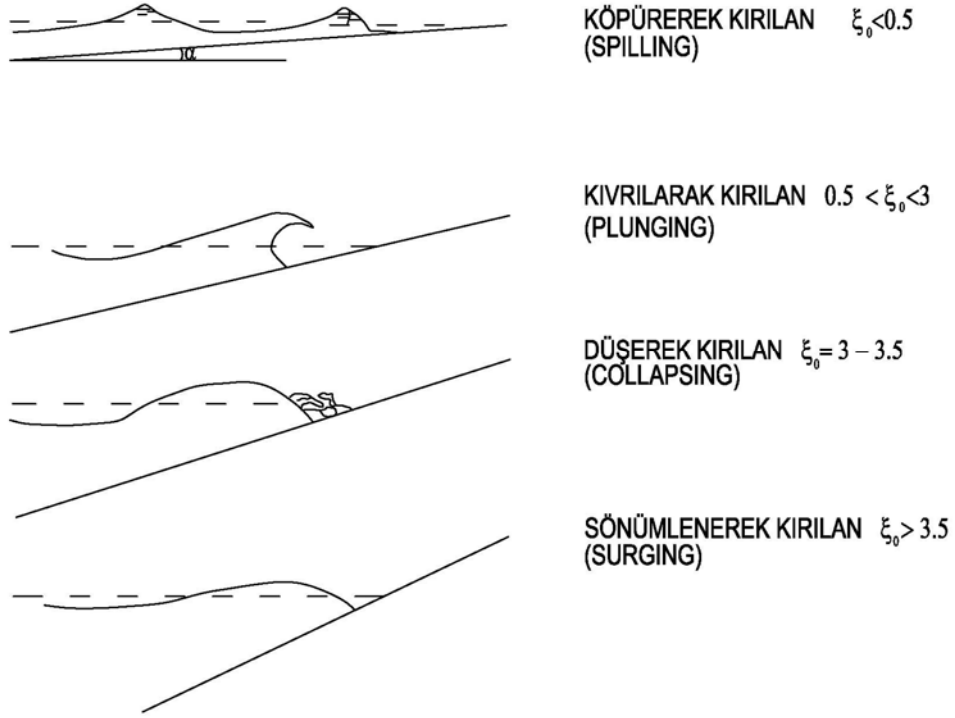
Dalga Kırılma Parametresi (ξ) (Irribarren Sayısı)

Dalga kırılma tipleri derin deniz kırılma benzetim parametresine (ξ_0) göre sınıflandırılır

Derin denizde düzenli dalgalar için ξ_0 tanımı:

$$\xi_0 = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{H_0}{L_0}}} \quad (1.64)$$

kullanılarak köpürerek (spilling), kıvrılarak (plunging), düşerek (collapsing) ve sönümlenerek (surging) kırılan dalga tipleri Çizim 1.40'de sınıflandırılmıştır. Bu parametre dalga tırmanması içinde kullanılacaktır.



Çizim 1.40 Kırılma Tipleri (CEM, 2003)

1. Köpürerek Kırılan Tip (Spilling Kırılma) : $\xi_0 < 0.5$
2. Kivrılarak Kırılan Tip (Plunging Kırılma) : $0.5 < \xi_0 < 3.0$
3. Düşerek Kırılan Tip (Collapsing Kırılma) : $\xi_0 = 3 - 3.5$
4. Surging Kırılma (Sönümlenerek Kırılan Tip) : $\xi_0 > 3.5$

Rüzgar dalgaları için ortalama dalga periyoduna (\bar{T}) ve pik dalga periyoduna (T_p) kullanılarak tanımlanan derin deniz kırılma benzetim parametreleri Denk.(1.65)'de verilmiştir. Dalga kırılma parametresi dalga kırılma ve dalga tırmanması için kullanılacaktır.

$$\xi_{om} = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{s_{om}}} \quad \xi_{op} = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{s_{op}}} \quad (1.65)$$

$$s_{om} = \frac{H_s}{L_m} = \frac{H_s}{\left(\frac{g}{2\pi}\right) T_m^2} \quad (1.66)$$

$$s_{op} = \frac{H_s}{L_p} = \frac{H_s}{\left(\frac{g}{2\pi}\right) T_p^2} \quad (1.67)$$

H_s :Yapı topuğunda ki dalga belirgin yüksekliği

T_m : Ortalama dalga periyodu

T_p : Pik dalga periyodu

L_m : T_m kullanılarak hesaplanan dalga boyu

L_p : T_p kullanılarak hesaplanan dalga boy

ξ_{op} : Pik dalga periyoduna göre belirlenen kırılma benzetim parametresi

ξ_{om} : Ortalama dalga periyoduna göre belirlenen kırılma benzetim parametresi

s_{om} : Ortalama dalga periyoduna karşılık gelen derin deniz dalga dikliği

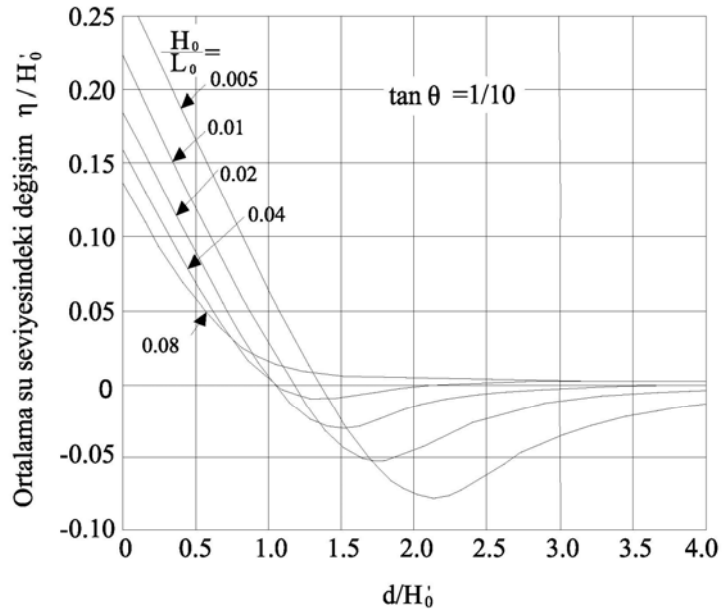
s_{op} : Pik (en yüksek) periyoda karşılık gelen derin deniz dalga dikliği

1.6.5 Su Seviyesi Değişimleri

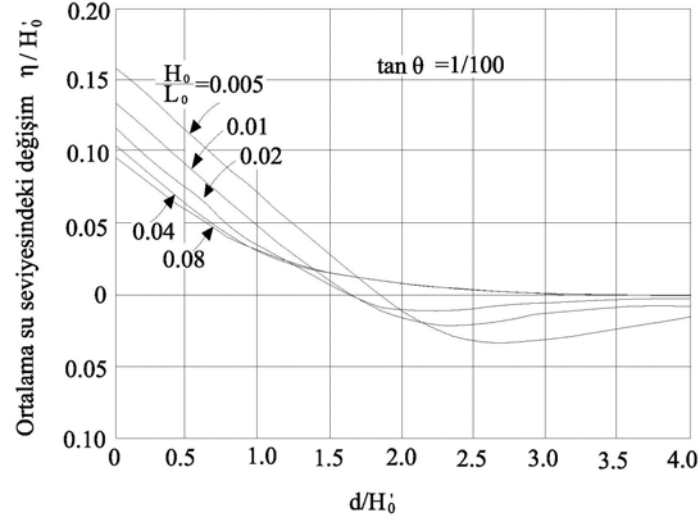
1.6.5.1 Kırılan Dalgalardan Dolayı Ortalama Su Seviyesindeki Artış

Çizim 1.41, **Çizim 1.42** ve **Çizim 1.43** kullanılarak fırtına dalgalarından dolayı su seviyesinde oluşacak değişim (η) hesaplanmalıdır. **Çizim 1.41** ve **Çizim 1.42**'de dalga dikliği (H_0/L_0) ve göreceli su derinliğine (d/H_0) göre ortalama su seviyesindeki göreceli değişim taban eğimleri 1/10 ve 1/100 için verilmiştir.

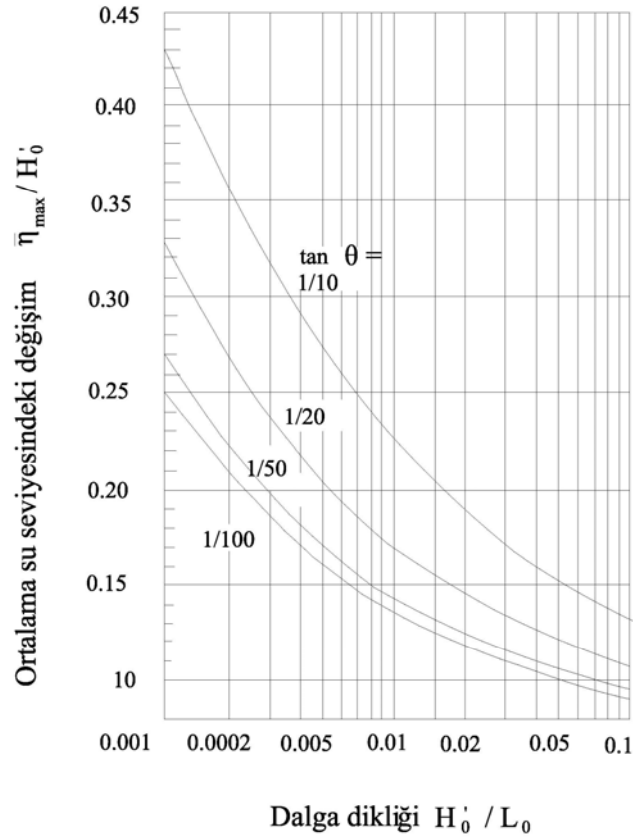
Kıyıda ortalama su seviyesinde oluşabilecek en büyük yükselme değeri (η_{maks}) ise **Çizim 1.43**'de dalga dikliği (H_0/L_0) ve farklı deniz taban eğimleri için verilmiştir.



Çizim 1.41 Ortalama Su Seviyesi Değişimi (η) (Deniz Taban Eğimi 1:10) (OCDI,2002)



Çizim 1.42 Ortalama Su Seviyesindeki Değişim (η) (Deniz Taban Eğimi 1:100)(OCDI,2002)



Çizim 1.43 Kıyıda Ortalama Su Seviyesindeki Maksimum Yükselme (η_{\max}) (OCDI,2002)

1.6.5.2.Rüzgar Kabarması

Sığ koalarda, güçlü bir rüzgar uzun zaman esmeye devam ederse, deniz suyu rüzgar tarafından sürüklenir. Eğer rüzgar denizden kıyıya doğru esiyorsa, deniz suyu kıyı bölgesinde yükselir ve deniz seviyesinde artışa sebep olur. Eğer rüzgar yönüyle kıyı şeridinde dik olan çizgi arasındaki açı α ise, sahil şeridindeki deniz seviyesi artışı η_0 (cm) **Denklem (1.68)**'de verildiği gibi hesaplanır.

$$\eta_0 = k \frac{F}{d} (U \cos \alpha)^2 \quad (1.68)$$

Burada; ,

F : Kabarma alanı uzunluğu (km) (Feç)

U : Sabit rüzgar hızı (m/s)

d : Ortalama su derinliği (m)

k terimi açıklığın karakteristiğine göre değişen bir katsayıdır. **(OCDI,2003)**, Baltık Denizi'nden elde edilen araştırma sonuçlarına göre k değerini, $k = 4,8 \times 10^{-2}$ olarak tanımlamıştır.

Detaylı araştırmalarda rüzgarlardan dolayı deniz seviyesinin yükselme hesapları için kayma gerilmelerini içeren hareket ve süreklilik denklemlerinin sayısal çözümlerinin yapılması gereklidir

1.6.5.3.Atmosfer Basıncı Nedeniyle Su Seviyesi Artışı

Eğer atmosferik basınç yavaş bir şekilde ΔP (hPa) kadar azalır, atmosfer basıncının azaldığı yerdeki su seviyesi atmosfer basıncının düşmediği çevre alanlara bağlı olarak, basınç farkından dolayı artar. Su seviyesinde ki bu artışı bulmak için detaylı hesaplamalar veya numerik modellemeler yapılmalıdır.

2.UZUN DÖNEMLİ DALGALAR

2 UZUN DÖNEMLİ DALGALAR

2.1 Depreşim Dalgası (Tsunami)

Denizin herhangi bir bölgesinde ortama kısa sürede enerji girişi sonucu oluşan depreşim nedeniyle ortaya çıkan dalgalar olup Japonca'da tsunami olarak adlandırılırlar.

Depreşim dalgasının temel parametreleri aşağıda sıralanmıştır;

En yüksek su düzeyi: Depreşim dalgasının tepe noktasının eriştiği en yüksek su seviyesidir. Bu değer gelgit dalgasının eriştiği en yüksek düzeyden itibaren ölçülür.

En düşük su düzeyi: Depreşim dalgasının çukur noktasının ulaştığı ve gelgit dalgasının en düşük düzeyinden itibaren ölçülür.

Dalga yüksekliği: Depreşim dalgasının en yüksek ve en düşük su düzeyi arasındaki farktır.

Dalga Peryodu: Dalganın ardarda gelen iki tepe noktası arasındaki zamansal farktır. Depreşim dalgaları için dakika mertebesinde ifade edilir.

Tırmanma Yüksekliği: Depreşim dalgasının karada ya da yapı üzerinde ilerleyerek tırmandığı en yüksek noktanın yüksekliği ile durgun su düzeyi arasındaki dikey uzaklık tırmanma yüksekliği olarak adlandırılır.

Akım derinliği: Depreşim dalgasının sığ su veya karada akarken oluşturduğu su derinliğidir (su yüzeyi ile taban arasındaki dikey uzaklık olarak da tanımlanır).

İlerleme uzaklığı: Depreşim dalgasının karada ilerlediği en son nokta ile ortalama su seviyesinin kıyı çizgisini oluşturduğu nokta arasındaki yatay uzaklıktır. Genelde kıyının belli bir bölümü için maksimum uzaklık olarak ölçülür.

İlk dalganın kıyıya erişme zamanı: Depreşim dalgasının oluşma zamanı ile ilk dalganın kıyıya ulaştığı an arasındaki zaman farkıdır.

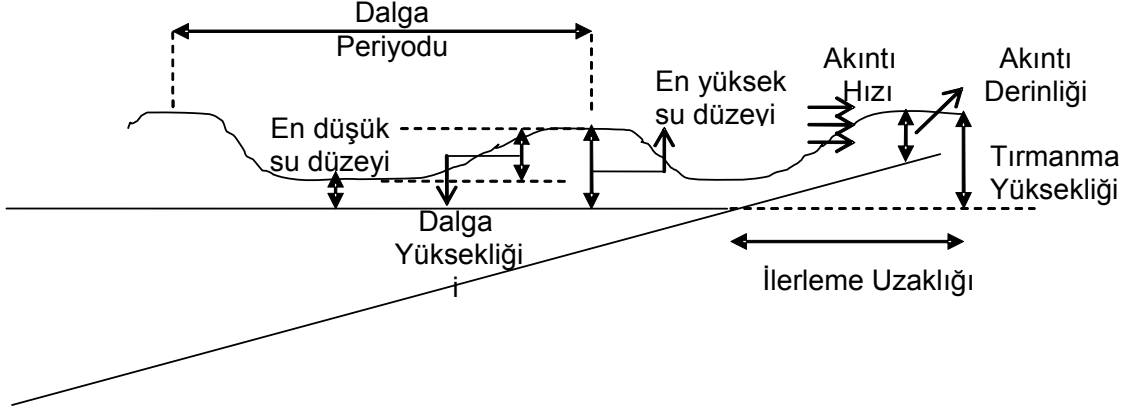
En büyük dalganın kıyıya erişme zamanı: Depreşim dalgasının oluşma zamanı ile en büyük dalganın kıyıya ulaştığı an arasındaki zaman farkıdır.

Kıyı çizgisinin ilk davranışı: Bu terim depreşim dalgasının gözlem noktasına ulaştığı ve su seviyesinin hesaplanan gelgit seviyesinden sapmaya ilk başladığı zamana karşılık gelir. Eğer depreşim dalgası nedeniyle oluşan ilk sapma hesaplanan gelgit seviyesine göre bir artış ise, ilk harekete (karaya doğru) ilerleme; eğer hesaplanan gelgit seviyesine göre bir azalma ise, ilk harekete (denize doğru) çekilme denir. Depreşim dalgasının öncü çökme dalgası olması durumunda kıyı çizgisi önce denize doğru geri çekilir (Çekilme). Depreşim dalgasının öncü yükselme dalgası olması durumunda kıyı çizgisi önce karaya doğru ilerler (İlerleme).

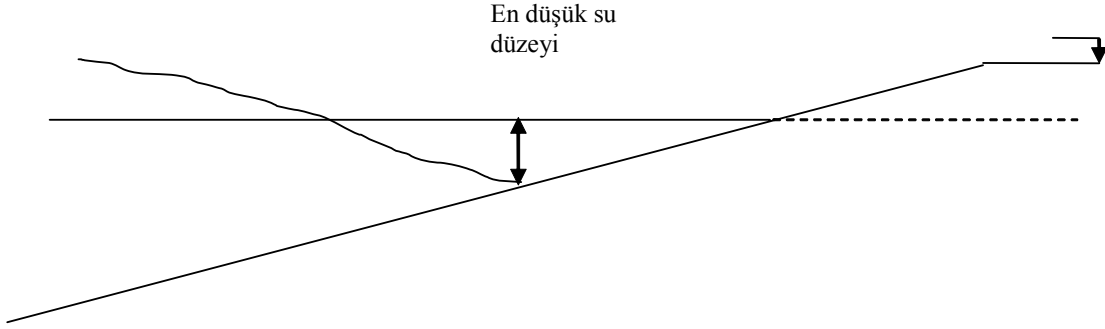
En yüksek akım hızı: Depreşim dalgasının karada ilerleme/gerilemesi sırasında oluşturduğu akım hızı değerlerinin en büyüğü.

Akım derinliği: Depreşim dalgasının karada ilerleme/gerileme esnasındaki derinliği.

Hidrodinamik Yükler: Depreşim dalgasının karada ilerlemesi/gerilemesi esnasında yapılar üzerinde yarattığı yükler.



Çizim 2.1 Depreşim Dalgasının Öncü Yükselme Dalgası Olması Durumu



Çizim 2.2 En Düşük Su Düzeyi

Depreşim Dalgasının Koylar yada Yarı Kapalı Basenlerde Değişmesi

Depreşim Dalgasının bir basen içerisinde uğrayacağı değişimlerden en önemlileri; dalganın kıyıya doğru ilerlerken basenin enkesit alanının küçülmesi durumunda dalga boyunun kısalması, yüksekliğinin ve akıntı hızının artması ve yine basen içerisindeki salınım nedeniyle dalga oluşmasıdır.

Küçük değerli dalgalar dikkate alındığında, enkesit alanındaki değişikliklerin etkisi Green denklemi Denk.(2.1) kullanılarak hesaplanabilir.

$$\frac{H}{H_0} = \left(\frac{B_0}{B} \right)^{1/2} \left(\frac{d_0}{d} \right)^{1/4} \quad (2.1)$$

Burada;

H : Eni B ve su derinliği d olan enkesit için uzun dalgaların yüksekliği (m)

H_0 : Eni B_0 ve su derinliği d_0 olan enkesit için uzun dalgaların yüksekliği (m)

Bu bağıntının uygulanması sırasında k3rfez boyutları, derinlik dağılımı ve kıyı yansımaları nedeniyle farklılıklar oluşacağından modelleme yardımı ile ayrıntılı hesap yapılması 3nerilmektedir

Depreşim dalgasının kıyılardaki etkilerini tanımlayabilecek 5 3nemli parametre şunlardır:

- 1 En y3ksek su d3zeyi
- 2 En y3ksek akıntı hızı
- 3 En y3ksek hidrodinamik y3kler
- 4 En d3ř3k su d3zeyi
- 5 Akıntı derinliği

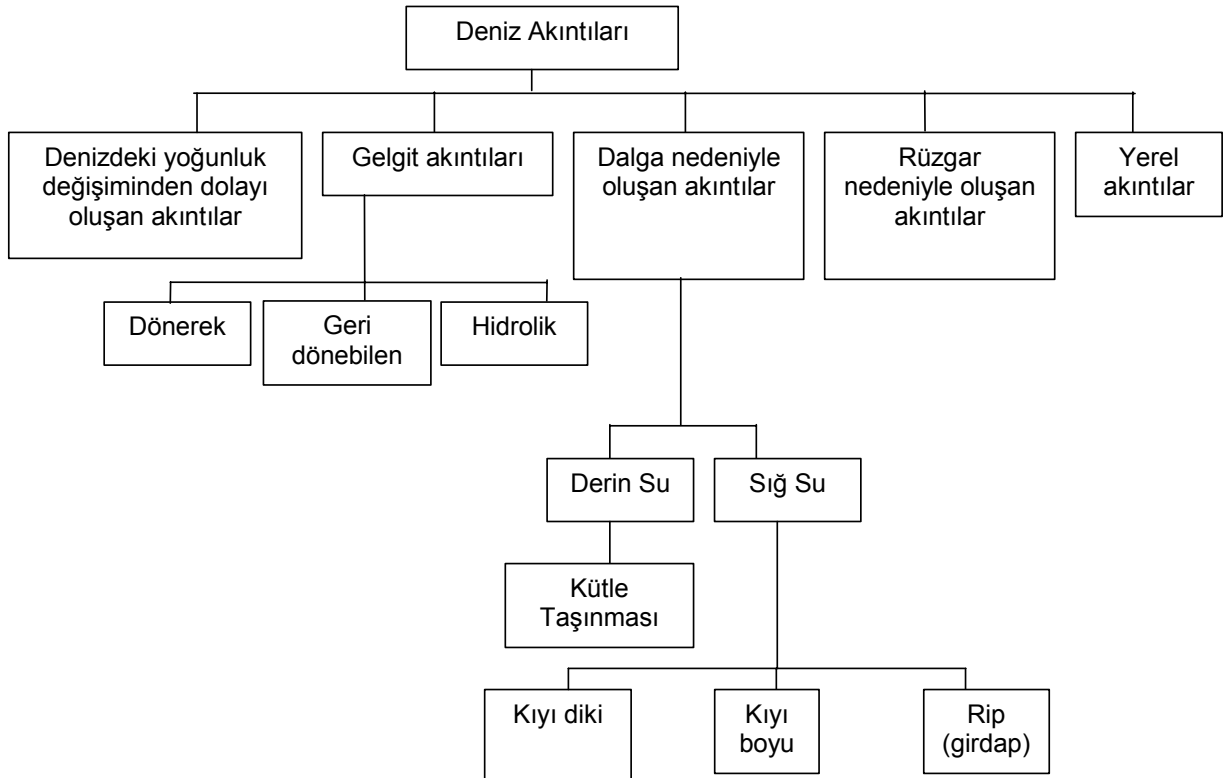
Bu parametrelerden; en y3ksek su d3zeyi, suyun yapılar 3zerinden aşması ve yapıların i3ine girmesini; en y3ksek akıntı hızı, aşınma/birikmeleri; en y3ksek hidrodinamik y3kler, yapıların yıkılmalarını; akım derinliği, y3k3n etki etme alanını; ve en d3ř3k su d3zeyi ise limanlarda suyun 3ekilmesini ve bu sebepten oluşan tekne ve deniz ara3larının tabana oturmasını belirleyen parametrelerdir. Bu parametrelerin herbirinin ayrıntılı incelenmesi ancak modelleme yapılarak m3mk3nd3r (Ayrıntılı bilgi i3in, **Ek Rapor- Yal3ıner ve diğerleri (2007)'ne bakınız**).

3.AKINTILAR

3 AKINTILAR

Kıyı akıntıları, **Çizim 3.1**'de gösterildiği gibi kendi içinde çeşitli gruplara ayrılır:

- denizdeki yoğunluk dağılımıyla ilişkili akıntılar,
- deniz yüzeyindeki rüzgarın etkisiyle oluşan akıntılar,
- gelgit akıntıları ile oluşan akıntılar,
- dalga etkisindeki akıntılar ve taşkın,
- nehir ağzlarında tatlı suyun denizlere karışmasından kaynaklanan yerel akıntılar.

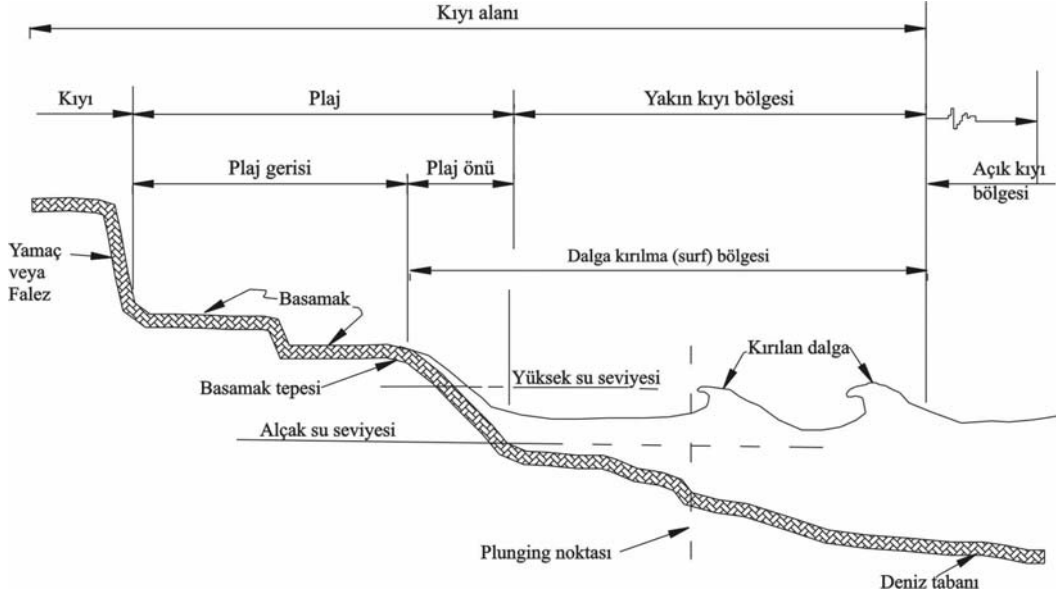


Çizim 3.1 Kıyı Akıntı Çeşitleri

4.KATI MADDE TAŞINIMI VE MORFOLOJİ

4. KATI MADDE TAŞINIMI VE MORFOLOJİ

Kıyı alanı Çizim 4.1’de gösterilen genel karakteristik özelliklerle tanımlanmaktadır.



Çizim 4.1 Tipik bir kıyı profilinde tanımlar (SPM, 1984)

4.1. Katı Madde Taşınımı Çalışmasında İzlenecek Yol

Kıyılarda hareketli taban çalışmalarında aşağıdaki adımlar izlenecektir;

I. Arazi Çalışması

- Batimetri çalışması
- Katı madde özelliklerinin belirlenmesi
- Akıntı ölçümleri
- Dalga iklimi çalışması veya dalga ölçümleri
- Gel-git ölçümleri
- Yerel halktan bilgi toplama (balıkçı vs gibi)

II. Deniz Suyu Ölçümleri

- Sıcaklık ölçümü
- Tuzluluk ölçümü
- Deniz suyu özgül kütlesi (ρ), dinamik viskozitesi (μ) gibi büyüklüklerin hesaplanması

III. Katı Madde Özellikleri

Taban yüzeyinden 5 cm kalınlığında taban malzemesi örnekleri alınır. Örnek sayısı altı veya sekiz olmalıdır. Herbir örnekteki taban malzemesi özellikleri belirlenerek bunların ortalaması kullanılır. Taban malzemesinin granülometrik dağılımı belirlenmelidir.

Kuvars veya benzeri malzeme için $\rho_s=2650 \text{ kg/m}^3$ kullanılır. Farklı malzemeler için özgül ağırlık şişesi yardımıyla taban malzemesinin özgül ağırlığı belirlenecektir.

Eğimli tabanlar için ϕ_i =İçsel sürtünme açısı belirlenecektir.

IV. Hidrodinamik Koşulların Belirlenmesi

Çalışma bölgesinde çevresel etkenler dalga ve/veya akıntının belirgin olması durumuna göre;

A. Sırf akıntı durumu

- Akıntı hızı ve hızların olasılık dağılımları belirlenir (uzun dönem)
- Bir dönemlik gel-git boyunca akıntı hızları ölçümü yapılır. Bunun değerlendirilmesi için akıntı ölçer, sayısal model, Admiralty Grafik, gel-git atlası kullanılabilir. Ortalama hız için akıntı ölçer $0.32 \times$ su derinliğine yerleştirilmesi önerilir.
- Sürüntü debisi hesaplanır.
- Toplam katı madde debisi hesaplanır.
- Erozyon ve kumlanma (yığılma) yapısı belirlenir.

B. Sırf dalga durumu

- Tasarım dalgası belirlenir (uzun dönem)
- Dalga kırılma şartları belirlenir
- Sürüntü debisi hesaplanır,
- Toplam katı madde debisi hesaplanır.
- Dalgadan dolayı oluşan kıyı boyu akıntısının meydana getirdiği kıyı boyu katı madde debisi hesaplanır.

C. Dalga ve akıntı birlikte

- Tasarım akıntısı ve tasarım dalga yaklaşımının mı yoksa akıntı ve dalga kombinasyonunun birleşik olasılık dağılımının mı kullanılacağına karar verilir.

Olasılık yaklaşımı için uzun dönemakıntı ve dalga iklimi çalışması yapılması gereklidir.

- akıntı hız ölçümleri tespit edilir.
- dalga yüksekliği, periyodu hesaplanacaktır.
- Ortalama sürüntü debisi hesaplanır.
- Ortalama toplam katı madde debisi hesaplanır.
- Katı madde hesaplarından tasarım bölgesi için erozyon ve kumlanma bölgeleri belirlenir.

V. Kıyı Çizgisi Değişimi

Katı madde hesabının yapılacağı proje bölgelerinde bölgenin geçmişteki durumu ve arazi ile ilgili bilgiler değerlendirilir. Tasarım bölgesine ait eğer mümkünse fiziksel model kurulabilir. Bunun için doğru model ölçekleri belirlenmelidir, ayrıca tasarım bölgesine ait sayısal modelleme yapılabilir, ancak sayısal modellemede mutlaka kalibrasyon yapılmalıdır. Özellikle kıyı boyu katı madde taşınımının aktif olduğu ve kıyıda yapılması planlanan yapıların zaman içinde kıyı çizgisinde yaratabileceği değişimler sayısal modeller yardımıyla öngörülmelidir.

VI. Koheziv Malzeme

Koheziv malzemelerin taşınımının hesaplanmasında kum gibi koheziv olmayan malzemeler için verilen ifadeler kullanılmamalıdır.

4.2. Taban Malzemesi Özellikleri

Deniz tabanında bulunan malzemeler kil, silt, kum, ince çakıl, kaba çakıl, taş ve kayadan oluşur. Kil ve silt birlikte çamur olarak adlandırılır. Genellikle taban malzemesi çapı dağılımı için Wentworth ölçeği kullanılır (**Çizim 4.2**). Malzeme dağılımı ϕ birim ölçeği ile verilmiştir.

$$\phi = -\log_2 D \quad (4.1)$$

$$D = 2^{-\phi}$$

Granülometrik dağılım taban malzemesinin yapısı hakkında bilgi verir. d_i malzemenin ağırlıkça % i'sinin geçtiği elek çapıdır. Malzemenin geometrik standart sapması;

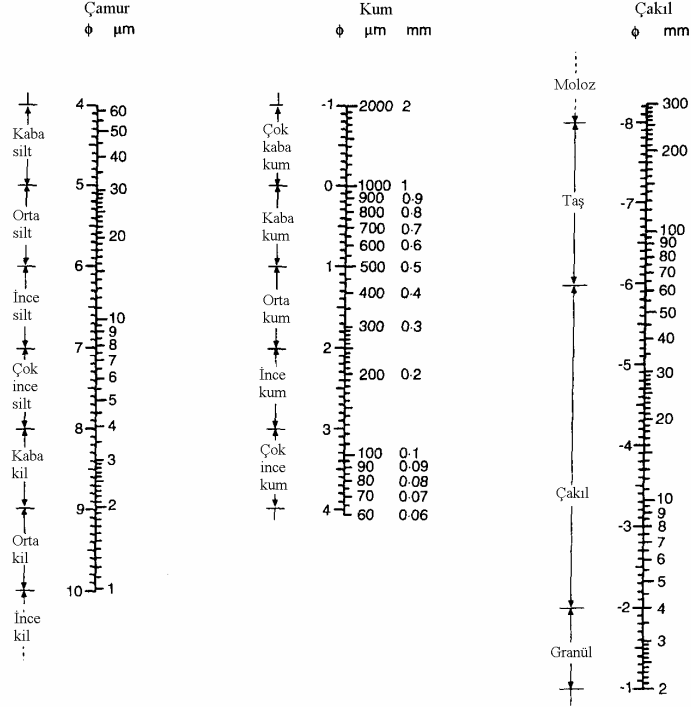
$$\sigma_g = \sqrt{\frac{D_{84}}{D_{16}}} \quad (4.2)$$

bağıntısı ile verilmiştir. Taban malzemesinin sınıflandırılması aşağıdaki gibi verilmiştir.

• $\frac{D_{84}}{D_{16}} < 2$ veya $\frac{D_{90}}{D_{10}} < 2.4$ ise bu durumda taban malzemesi çok iyi sınıflanmıştır.

• $\frac{D_{84}}{D_{16}} > 16$ veya $\frac{D_{90}}{D_{10}} > 35$ ise bu durumda taban malzemesi çok iyi bir karışıma sahiptir.

•Bu iki limit değerin arasında ise kısmen sınıflanmıştır.

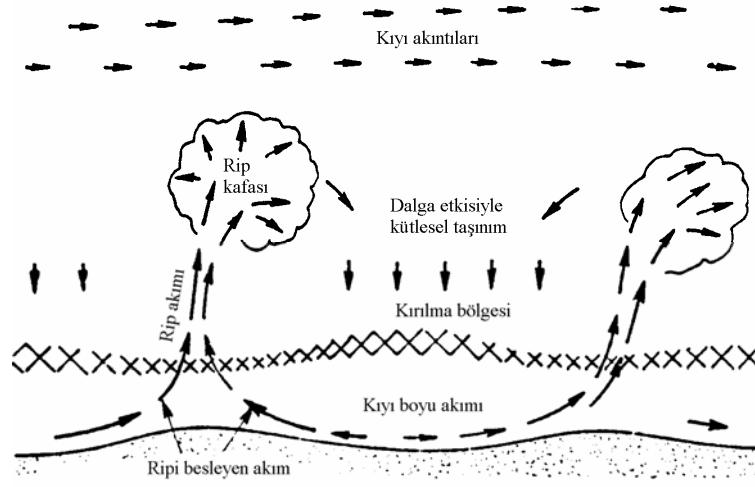


Çizim 4.2 Wentworth ölçeği

4.3 Kıyıboyu ve Kıyıya Dik Katı Madde Taşınımı

4.3.1 Kıyı Akıntı Sistemi

Dalga nedenli en basit akıntı sistemi kıyı ile belli bir açı yaparak kırılan dalgaların surf bölgesi (dalga kırılma bölgesi) içinde meydana getirdiği kıyı boyu akıntılarıdır. Kırılma açısı ve kırılma gradyanı (kıyı boyunca kırılma yüksekliklerinin değişmesi) her iki faktör birlikte kıyı boyu akıntısının oluşumunda etkili ise üniform olmayan akıntı yapısına neden olur ve Çizim 4.3' de görülen yakın kıyı akıntı sirkülasyon sistemi belirlenmelidir. Bu durumu, surf bölgesi ve açık deniz bölgesi arasında giren ve çıkan akımlar belirlenmelidir. Bu gibi sirkülasyon sistemi çoğunlukla surf bölgesinde üniform olmayan kıyı boyu akıntılarını yapılandırır, bu yapı büyük kırılma yüksekliğinin olduğu bölgeden küçük kırılma bölgesine doğrudur. Burada akıntı kıyıya dik rip akımını şekillendirerek açık deniz tarafına döner, kırılma hattını geçerek açık denize doğru yayılır.



Çizim 4.3. Yakın kıyı dalga nedenli akıntılar

Yakın kıyı bölgesinde dalga nedenli bu akıntı sistemleri kıyılarda katı madde taşınımına sebep olacaktır. Kıyı boyu akıntılarının kıyıda neden olduğu katı madde taşınımı "kıyı boyu katı madde taşınımı" olarak isimlendirilmektedir. **Kıyı morfolojisi ve kıyı yapılarının planlanmasında yıl içindeki katı madde bütçesi ($m^3/yıl$) belirlenmelidir.**

4.3.2 Kıyı Boyu Katı Madde Debisi ve Bütçesi

Kıyı boyu katı madde debisi göz önüne alınan kıyı bölgesinde dalga iklimindeki değişimler nedeniyle bir yıllık bir dönemde etkin kıyı boyu katı madde taşınımını belirlemek için katı madde hareketine yol açacak dalgaların yükseklikleri, yönleri ve etki süreleri belirlenmelidir. Böylece H_0 yüksekliğinde α_0 sapma açısına sahip dalganın bir yılda kıyıda etki etme yüzdesi f ise kıyı boyu taşınan katı madde miktarı **SPM (1984)**'e göre;

$$Q_s = 2.03 \times 10^6 f H_0^{5/2} F(\alpha_0) (m^3 / yu) \quad (4.3)$$

hesaplanır,

burada;

$$F(\alpha_0) = \left[(\cos \alpha_0)^{1/4} (\sin 2\alpha_0) \right] \quad (4.4)$$

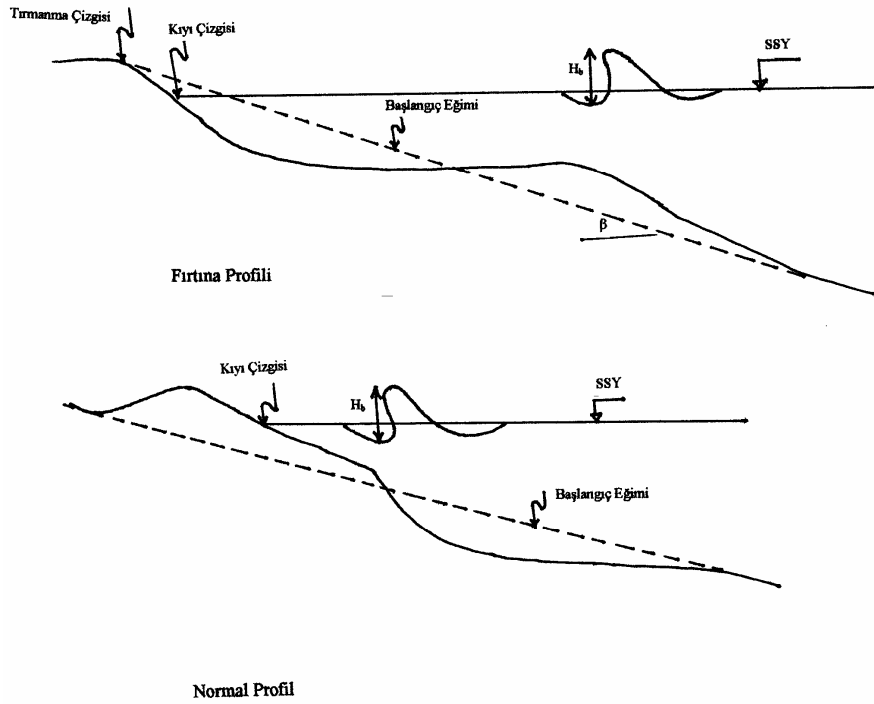
yön terimi olarak tanımlanmıştır. Dalga hesaplamaları sırasında dalgaların belli bir yön etrafında çeşitli açılardan gelebileceği düşünülmelidir. Bu nedenle dalgadıkları kıyıya dik olan dalgaların her yön etrafında $\pm 22.5^\circ$ açı ile geldikleri kabul edilerek, katı madde taşınımı hesabı yapılacaktır. α dalga tepesinin kıyı ile yaptığı açı ya da dalga ortogonalinin kıyı normali ile yaptığı açıdır. **SPM formülü sıradan uygulamalar için uygundur,**

Son yıllarda kumsal kıyılardaki kıyı boyu taşınımını belirleyen ve katı madde özellikleri, kıyı eğimi ile dalga periyodu parametrelerini de dikkate alan ifadeler (Kamphuis, 1991 gibi) de kullanılabilir

Katı madde taşınımı için sol ve sağ katı madde miktarları ile toplam ve net kıyı boyu katı madde miktarı hesaplanacaktır.

4.3.3 Kıyı Profili

Kıyıya dik katı madde taşınımı ile meydana gelen batimetrik değişim sonucunda kıyı kesitinin almış olduğu yapı "kıyı profili" olarak adlandırılmaktadır. Soluğan nedeniyle oluşan kıyı ve kıyının yenilenmesini sağlayan profil "normal profil veya yaz profili" (basamak tipi), fırtına koşulları nedeniyle kıyı erozyona uğramasına yol açan profil ise "fırtına profili veya kış profili" (eşik tipi) olarak adlandırılmaktadır. Bu profiller **Çizim 4.4** 'de verilmiştir.



Çizim 4.4 Kıyı profilleri

4.3.4 Kıyı Çizgisi

Kıyı çizgisi değişiminin belirlenmesi, etkin kıyı alanı yönetimi için önemlidir, çevrenin korunması ve sürdürülebilir gelişme için de gereklidir. Fakat kıyı çizgisi değişimini belirlemek için tasarlanan sayısal modellerde kullanılan verilerin doğru olması gerekmektedir. Bu verilerin yetersizliği ve kıyı yapılarının yanlış projelendirilmesi kıyı alanlarında çoğu geri dönüşü olmayan sorunlar yaratmaktadır. Bu sebeple dalga verilerinin doğru elde edilmesi ve bu verilerin **doğru sayısal modellerde** kıyı çizgisi gelişiminde kullanılması gerekmektedir.

Kıyı boyu katı madde taşınımı nedeniyle kıyı çizgisi boyunca değişim meydana gelebilmektedir. Erozyon ve yığılma nedeniyle kıyı çizgisinde meydana gelecek değişim "Tek Çizgi Teorisi" yardımıyla kabaca hesaplanabilmektedir. Ancak bu teoride uzun dönemde kıyıya dik katı madde

taşınımı dikkate alınmamaktadır. Kıyı profilinin şekli tek çizgi teorisi yardımıyla aşağıdaki denklem ile çözülebilir.

$$\frac{\partial y}{\partial t} = -\frac{1}{d_p} \left(\frac{\partial Q}{\partial x} + q_y \right) \quad .(4.5)$$

Burada;

x : Kıyı boyunca dikkate alınan eksen

y : Kıyıya dik eksen

t : Zaman

Q: Kıyı boyu katı madde debisi

q_y: Kıyı boyunca tanımlanan kum kaynağı (akarsu kaynağı gibi)

d_p :Kapama derinliği (kıyı profilinin topuk derinliği)

Q: Kıyı boyu katı madde debisi (SPM (1984),CEM (2003), Kamphuis (1991), vs. gibi ifadelerden hesaplanmaktadır.)

Tek çizgi teorisi için sayısal yöntemlerle yapılan çözümlerde mevcuttur. **Denk.(4.5)** ifadesinin sayısal çözüm şemasına bağlı olarak sayısal ağ boyutları ve zaman adımı doğru seçilmelidir. Böylece kıyı çizgisinin yıl içindeki değişimi belirlenebilmektedir. **Sayısal çözümün kalibrasyonu ve doğruluğu kesinlikle raporlanmalıdır.**

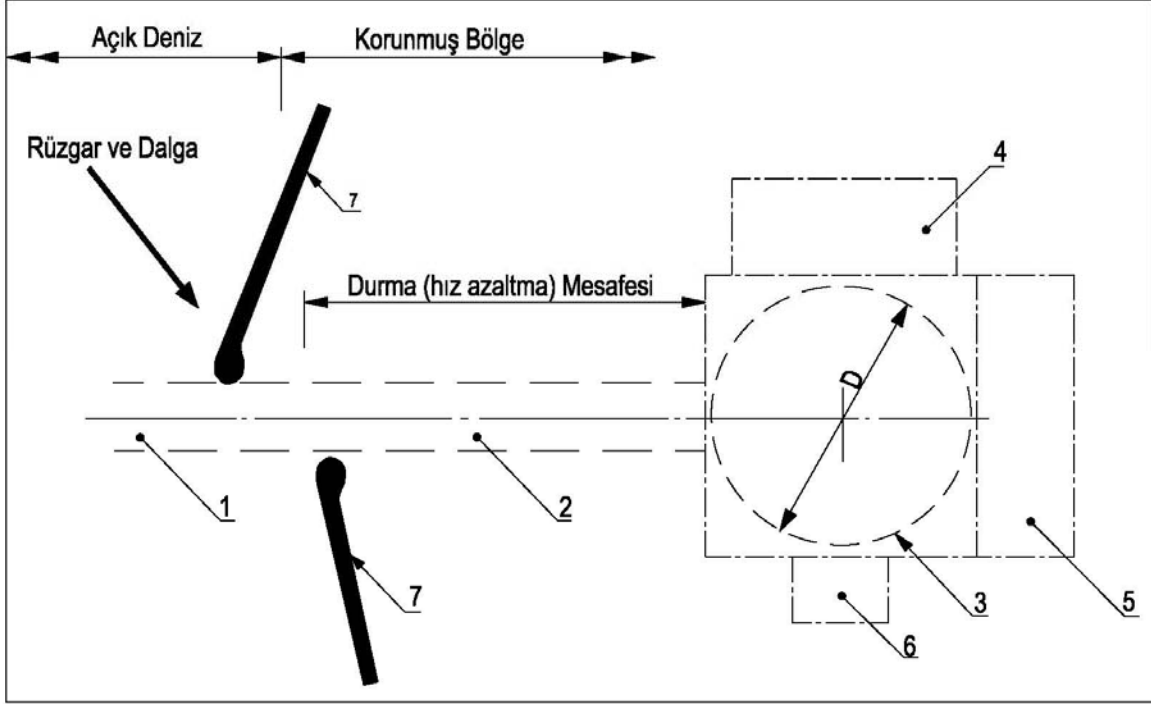
BÖLÜM B

PLANLAMA

1.SU ALANLARININ TASARIMI

1. SU ALANLARININ TASARIMI

Liman alanının seçiminden sonra bu alana ait meteorolojik, geoteknik ve oşinografik bilgilerin belirlenecektir. Limanlarda su alanında planlanması gereken bazı alanlar **Çizim 1.1**'de gösterilmiştir. Bunlar, (1) Dış ulaşım kanalı (2) İç ulaşım kanalı (3) Manevra dairesi (4) Demirleme alanı (5) Yanaşma alanı (6) Özel amaçlı alan (7) Dalgakıranlar'dır.



Çizim 1.1. Su alanının planlanacak elemanları

Planlama ve tasarım kriterleri genellikle limana gelmesi beklenen gemi büyüklüğüne dayanmaktadır. Örneğin geminin dalga, akıntı ve rüzgar etkisinde manevra kabiliyeti, dalga etkisindeki düşey hareketleri, yanaşma yapısı önünde boyuna ve düşey doğrultulardaki hareketleri düşünülmelidir. Planlama aşamasında limanın doğal dengeye (fiziksel ve ekolojik) etkisinin araştırılması gereklidir.

1.1. Ulaşım Kanalı

Ulaşım kanalı derin sudan liman içindeki manevra dairesine bağlantıyı sağlayan su yolu olarak tariflenmektedir. Üç tasarım parametresi vardır. Bunlar; doğrultu, genişlik ve derinliktir.

1.1.1 Doğrultu

Kanallarda eğriliğin olması durumunda gemilerin manevra kabiliyetleri, hızları, gemi su çekiminin su derinliğine oranı ve seyir desteği dikkate alınmalıdır. Aşağıdaki belirtilen prensipler ulaşım kanalının doğrultusunun belirlenmesinde uygulanmaktadır.

- (i) Dalga, rüzgar ve akıntı koşullarının dikkate alındığı mümkün olan en kısa uzunluk seçilmelidir.

- (ii) Gemiler enlemesine durumda minimum akıntı ve rüzgar etkisinde kalmalıdır.
- (iii) Hakim dalga doğrultusu ile ulaşım kanalı eksenindeki minimum açıyı 30°'den küçük olmalıdır.

Kanalda minimum eğrilik olmalı mümkünse liman girişinde eğrilikten kaçınılmalıdır. Römork yardımına ihtiyaç duyulmadığında, kanalın eğriliği tasarım gemisinin manevra kabiliyetine bağlıdır.

Ulaşım kanalının planlanması için daha detaylı kriterler için OCDI (2002) ve PIANC (1995) kullanılmaktadır..

1.1.2 Kanal genişliği

Kanalın doğrusal kısmının genişliği için PIANC (1995 ve 97) tarafından verilen bağıntı kullanılacaktır.

$$W=W_{BM}+\sum W_i+2W_B \quad (1.1)$$

Burada W_{BM} temel kanal genişliği, W_i genişlik ve W_B ise şev açıklığını göstermektedir. İki geminin yan yana geçmesi durumunda iki hat arasında W_P ayırım genişliğinin ilave edilmesi de gerekmektedir.

$$W=2(W_{BM}+\sum W_i+W_B)+W_P \quad (1.2)$$

Kısmi manevra ve küçük hızlı gemiler için (PIANC (1997)) **Tablo 1.1**'deki değerleri kullanılacaktır.

Akıntı hızının 2.9 m/s geçmesi durumunda kanal genişliğinin belirlenmesinde gemi simülatörlerinin kullanılması tavsiye edilmektedir.

OCDI (2002)'e göre ise ulaşım kanalının genişliği **Tablo 1.2**'de verilmiştir. **Tablo 1.1**'de d su derinliği, D deminin dolu su çekimi ve B ise gemi genişliği dir.

Tablo 1.1 Doğrusal Ulaşım Kanalda Kanal Genişliği (PIANC,1997)

Genişlik Bileşenleri	Şart	Genişlik (m)
Temel Genişlik (WBM)	1.25D<d<1.5D d<1.25D	1.6B 1.7B
İlave Genişlik (Wi)		
• Enine rüzgar	15-33 kn 30-48 kn	0.4B 0.8B
• Enine akıntı	0.2-0.5 kn 0.5-1.5 kn 1.5-2.0 kn	0.2B 0.7B 1.0B
• Boyuna akıntı	1.5-3.0 kn >3 kn	0.1B 0.2B
• Etkin dalga yüksekliği	1-3 m >3 m	1.0B 2.2B
• Navigasyon desteği	VTS (Trafik kontrol mükemmel) İyi	0 0.1B – 0.2B
• Deniz dibi karakteristikleri	Yumuşak Sert	0.1B 0.2B
• Yük riski	Orta Yüksek	0.5B 1.0B
• Ayırım mesafesi (WP)	8-12 kn 5-8 kn	1.6B 1.2B
• Şev açıklığı (WB)	Eğimli kenar Dik, sert şev	0.5B 1.0B
• Tekne Hızı (Knot)	Hızlı >12 Orta Hızlı 8-12 Yavaş 5-8	0.1B 0.0 0.0

Tablo 1.2 Ulaşım Kanalı Genişliği (OCDI, 2002)

Araştırmacı	Çift yönlü	Tek yönlü
Keinosuke Honda	7.2B – 8.2B	4.6B – 5.1B
Akira Iwai	8B – 10B	5B – 6B
UN Conference on Trade and Development	7B + 30 (m)	5B
PIANC ve IAPH	4.2B – 14.2B	1.9B – 7.2B
Gregory P. Tsinker	6.2B – 9.0B	3.6B – 6.0B

1.1.3 Ulaşım Kanal Derinliği

Kanal derinliği birçok faktöre bağlıdır, bunlar;

1) Tasarım gemisinin su çekimi (yani tam yüklü en büyük su çekimli gemi), D

2) Squat (geminin hızlanması nedeniyle batması), trim (geminin manevra kabiliyetinin artırılması için baş ve kıç kısmına farklı yüklemeye sonucunda su çekiminin değişimidir)

Squat için bir seri formül vardır, bunlardan bazıları özel koşullarda uygulanmaktadır. CEM (2001), PIANC (1995) gibi yayınlarda bu ifadeler bulunmaktadır. Squat için bir çok bağıntı verilmiştir. Aşağıda verilen bağıntı kullanılabilir.

$$S = 2.4 \frac{\nabla}{L_{BP}^2} \frac{Fr^2}{\sqrt{1 - Fr^2}} \quad (1.3)$$

Burada $F_r = \frac{V}{\sqrt{gd}}$, L_{BP} gemi boyu ve ∇ geminin deplasman hacmidir. Geminin deplasman hacmi $\nabla = C_b L_{BP} B D$ ifadesi ile hesaplanabilir, bu ifadede C_b blok katsayısı (alacağı değerler gemi tipine göre değişmektedir), L_{BP} gemi uzunluğu (burada gemi boyu geminin başının yazın tuzlu su hattı ile kesiştiği düşey ile geminin dümeni arasındaki yatay mesafenin metre cinsinden ölçüsüdür), B gemi genişliği, D su çekimidir (**Tablo 1.1, Tablo 1.2 ve Tablo 1.3**). S_{maks} , kanalı kullanacak en büyük gemi için hesaplanır.

3) Dalga yüksekliği H_s , dalga hareketi nedeniyle kanal derinliğine eklenecek derinliktir Dalga yüksekliğinin yarısı olarak alınır($a = H_s/2$).

4) Su seviyesi gel-git seviyesiyle (T) de ilişkilidir. Deniz atlaslarında referans seviyesi (CD: Chart Datum), genellikle en büyük gel-git'de en düşük su seviyesidir. T referans seviyesine (SSS) eklenecek gelgit yüksekliğidir.

5) Güvenlik açıklığı zemin türü ve tarama gözönüne alınarak bulunur. Tarama seviyesindeki değişimler ve taramadan sonra yeniden meydana gelen kumlanma etkileri dahil edilmelidir. CEM (2001) yumuşak tabanlı zeminler için 0.6 m, sert tabanlı zeminler için 0.9 m değerlerini tavsiye etmiştir. Taramada karşılaşılabilecek düzensizlikler için 0.3-0.9 m, bakımın azaltılması için yine 0.6-0.9 m ilave derinlikler önerilmektedir.

Görüldüğü çok sayıda belirsizlikleride içeren etkin faktör kanal derinliğinin belirlenmesinde ortaya çıkmaktadır ve bunları ayrı ayrı ele almak gerekmektedir. Bu amaçla aşağıdaki ifade kullanılarak kanal derinliği belirlenecektir.

$$d = D + T + S_{maks} + a + m \quad (1.4)$$

burada; d istenen su derinliği (tanımlanan bir referans seviyesine göre), D tasarım gemisinin su çekimi, T referans seviyesinin üzerindeki gel-git yüksekliği (bu derinliğin altında girişe izin verilmez), S_{maks} squat ve trim nedeniyle maksimum su çekmesi, a dalga nedeniyle düşey hareket (pratikte $H_s/2$ alınmaktadır), m güvenlik açıklığıdır.

1.1.4 Diğer Tasarım Özellikleri

Ulaşım kanallarında dikkate alınabilecek diğer tasarım özellikleri aşağıdaki gibi olabilir.

- (i) Manevra alanı
- (ii) Demirleme alanı
- (iii) Liman ağzı

(iv) Liman ağız genişliği gemi trafiğine, akıntı, dalga, gemi büyüklüğüne, su derinliğine bağımlı olarak değişmektedir.

(v) Liman içi ulaşım kanalının genişliği

Bu bölgedeki kanalda akıntı ve dalga için yapılan ilave genişliklerin dikkate alınmayacağı aşıkardır. Enlemesine akıntı etkisindeki gemilerin limana girmesi durumunda dalgakıranın arkasında ilave bir alana ihtiyaç duyulmaktadır. Dıştaki kanal içeride daraltılmadan önce 2–3Ls kadar uzatılır, burada Ls ortalama gemi boyudur.

1.2 Liman İçi Manevra Alanları

Gemilerin istenen durma mesafesi sınırlıdır ve ulaşım kanalı ile manevra alanları içinde sağlanır. Liman sınırları içerisinde gerekli yavaşlama ve durma mesafesi; örneğin göreceli olarak korunmuş su alanları (hiç ya da çok az akıntı olması) gibi aşağıdaki faktörlerle belirlenmektedir;

- a) Geminin giriş hızı
- b) Römorkların bağlanma zamanı ve bunların manevra pozisyonları
- c) Durma mesafesi

İç ulaşım kanalı manevra dairesi ile sonlanır, buradan gemiler küçük yada büyük olsunlar römorklarla elleçlenecekleri basenlere çekilirler. **Manevra dairesinin çapı en büyük geminin boyunun (L) iki katından büyük olmalıdır. Römorkör hizmetinin olmadığı küçük limanlarda bu 3L'den büyük olur.** Akıntının olduğu örneğin nehir limanlarında geminin sürüklenmesine karşın bu büyütülebilir.

1.3. Liman içi yanaşma yerleri boyutları

Limn basenleri gemilerin yanaşmaları ve ayrılmalarını emniyetle yapabilecekleri kadar yeteri genişliğe sahip olmalıdır. Yanaşma yerlerinde gerekli su derinliği sağlanmalıdır. Yanaşma yerinin doğrultusunun belirlenmesinde dalga, rüzgar ve akıntı (açık deniz veya akarsu) şartları rol oynamaktadır. Başlıca gemi tip ve boyutlarına göre yanaşma yeri temel boyutları ön tasarım için **Tablo 1.3'**de verilmiştir.

Tablo 1.3 Başlıca Gemi Boyutlarına göre yanaşma yeri boyutları (OCDI. 2002)

1. Yük Gemileri

Gemi Tonajı (DWT)	Yanaşma Yeri Uzunluğu (m)	Yanaşma Yeri Derinliği (m)
1,000	80	4.5
2,000	100	5.5
3,000	110	6.5
5,000	130	7.5
10,000	160	9.0
12,000	170	10.0
18,000	190	11.0
30,000	240	12.0
40,000	260	13.0
55,000	280	14.0
70,000	300	15.0
90,000	320	16.0
100,000	330	17.0
150,000	370	19.0

2. Konteyner Gemileri

Gemi Tonajı (DWT)	Yanaşma Yeri Uzunluğu (m)	Yanaşma Yeri Derinliği (m)
30,000	250	12.0
40,000	300	13.0
50,000	330	14.0
60,000	350	15.0

3. Yolcu Gemileri

Gros Ton (GT)	Yanaşma Yeri Uzunluğu (m)	Yanaşma Yeri Derinliği (m)
20,000	220	9.0
30,000	260	9.0
50,000	310	9.0
70,000	340	9.0

4. Tankerler

Gemi Tonajı (DWT)	Yanaşma Yeri Uzunluğu (m)	Yanaşma Yeri Derinliği (m)
1,000	80	4.5
2,000	100	5.5
3,000	110	6.5
5,000	130	7.5
10,000	170	9.0
15,000	190	10.0
20,000	210	11.0
30,000	230	12.0
50,000	270	14.0
70,000	300	16.0
90,000	300	17.0

1.4 Kapalı limanlarda dalga nedenli salınım

Dalgalar liman sınırları içinde yerel olarak üreyebilir, veya liman içine dışarıdan girebilir. Dalga geçmesi (yada iletimi) dikkate alındığında liman tasarımı iki şartı sağlamalıdır;

- (i) Yanaşma yerindeki gemide uygun yükleme ve boşaltma koşullarını yerine getirecek operasyonlar (elleçme, bağlanma vs) gerçekleştirilmelidir.
- (ii) Yanaşma yerindeki gemi emniyetle bağlı konumda kalabilmelidir.

OCDI (2002) ise elleçleme için limit dalga koşullarını **Tablo 2.4'**deki gibi vermiştir.

Tablo 1.4 Elleçleme için limit dalga koşulları (OCDI, 2002)

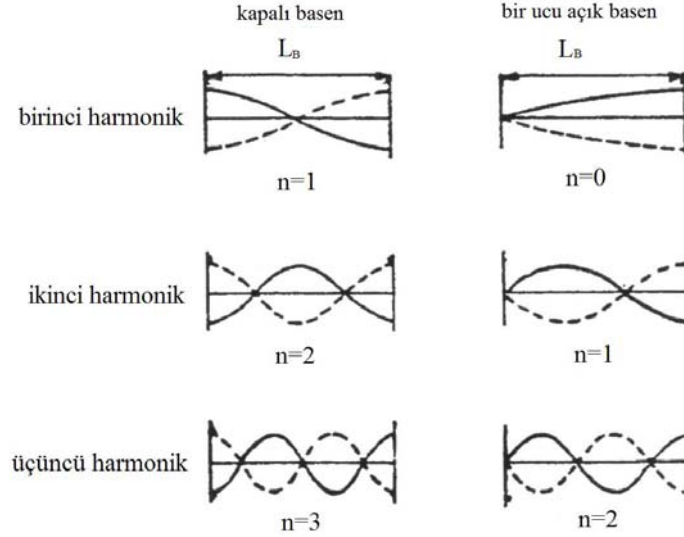
Gemi boyutu	Limit dalga yüksekliği ($H_{1/3}$)
Küçük boyutlu gemi < 500 GT	0.3 m
Orta ve büyük boyutlu gemi (500<GT<50000)	0.5 m
Çok büyük gemi > 50000 GT	0.7 – 1.5 m

Liman içindeki dalgaların periyodu liman baseninin doğal periyodunu yakalaması durumunda rezonans meydana gelecektir. Bu durum daha büyük dalgaların oluşmasına neden olur ve bağlı gemiler batma tehlikesiyle karşı karşıya kalırlar. Bu nedenle liman geometrisine karar verilirken rezonans koşuluna dikkat edilmelidir.

Eğer basen derinliği az çok üniform ve dikdörtgen kesite sahipse T_n doğal salınım frekansı aşağıdaki gibi hesaplanır (Çizim 1.3).

$$\text{Kapalı Basen } T_n = (2L_B / n) \times 1 / \sqrt{gd} \quad n=1,2,\dots \quad (1.5)$$

$$\text{Açık Basen } T_n = (4L_B / (1 + 2n)) \times 1 / \sqrt{gd} \quad n=1,2,\dots \quad (1.6)$$



Çizim 1.2 Basen Salınımları

Liman içi rezonans durumlarının hesaplanması için **Bruun (1981)**'e bakınız.

1.5 Yanaşma Düzeni ve Gemi Bağlama Yöntemleri

Liman içinde meydana gelen uzun periyotlu salınımlar (periyotları 25-300 s arasında olan) gemilerin doğal periyodunu yakaladığında batmalarına neden olurlar. Ayrıca iyi bir bağlama sistemi geliştirilmediğinde gerek elleçleme gerekse dalga etkisiyle gemi ve yanaşma yapısı hasar görebilmektedir. Genelde üç tip bağlama tipi mevcuttur;

- Şamandıraya bağlama şekli

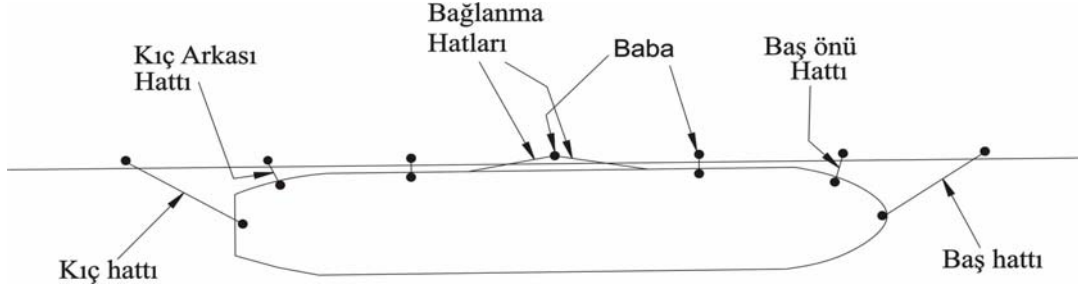
Bölüm 2.5'de verilmiştir.

- Gemilerin T-tipi iskeleye bağlanma şekilleri

Bölüm 2.5'de verilmiştir.

- Sürekli rıhtım boyunca bağlanma şekli

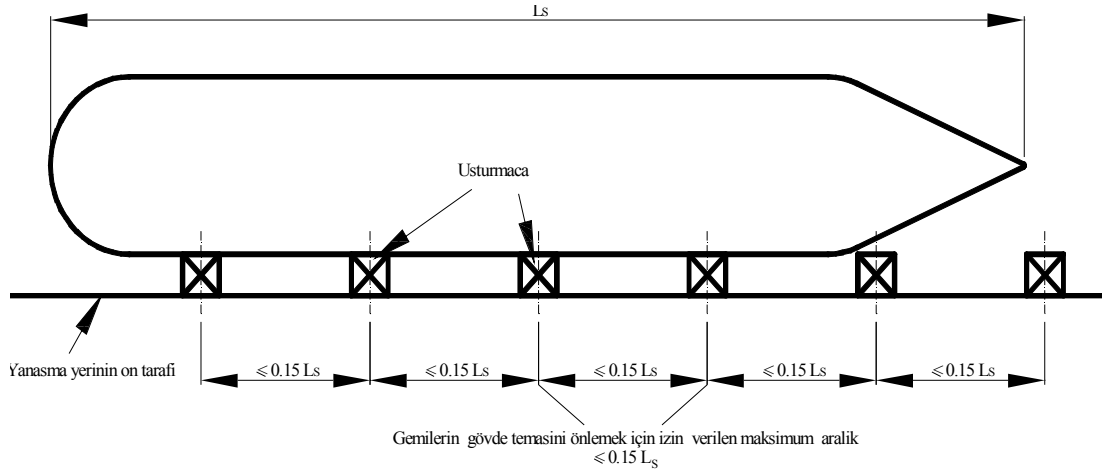
Çizim 1.3'de sürekli bir rıhtım boyunca yanaşma ve bağlanma düzeni gösterilmiştir. Mümkün olduğunca minimum bağlanma halatı ile maksimum yüke karşı dayanabilen bir düzen istenmektedir. Herhangi bir bağlanma düzeni rıhtımı kullanan gemi tipi ve boyutları için uygun olacak biçimde babanın direncine, aralarındaki mesafeye bağımlı olarak tasarlanır. Genellikle rıhtımdaki babalar merkezden 30m mesafede yerleştirilmektedir.



Çizim 1.3 Sürekli Rıhtım Halinde Bağlanma (BS 6349, 1994)

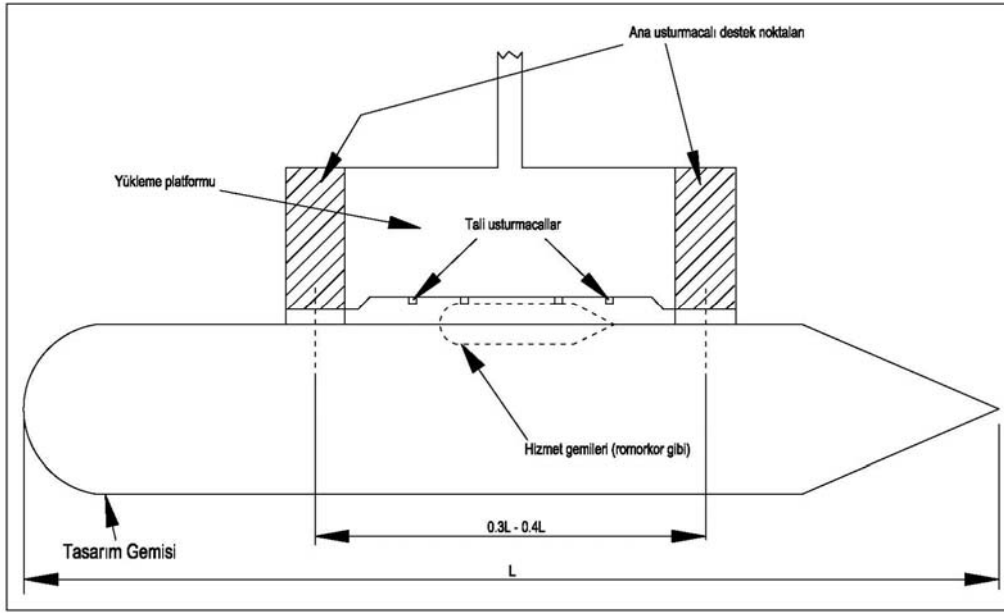
1.5.1. Gemi yanaşma ve usturma düzenleri

Çizim 1.4'de sürekli bir rıhtımda usturmaçaların yerleşim düzeni gösterilmiştir. Usturmaçalar yanaşma enerjisini alacak ve gemi gövdesinin zarar görmesini engelleyecek biçimde yerleştirilmelidir. Şekilde gösterilen L_s rıhtımı kullanacak en küçük geminin boyudur.

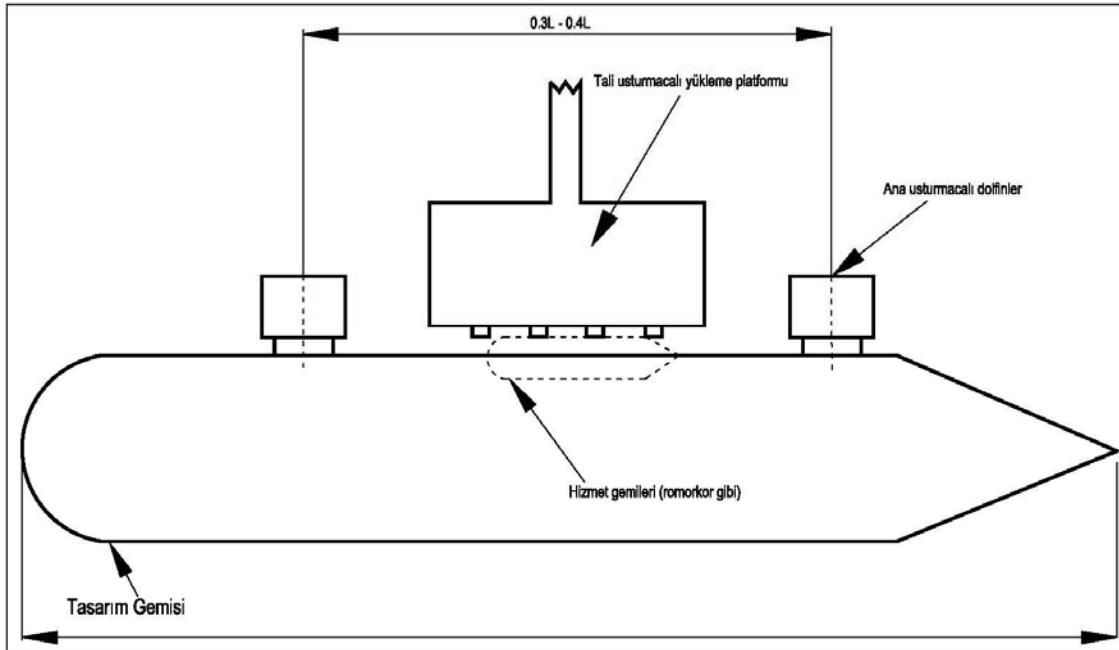


Çizim 1.4 Sürekli Rıhtımda Usturma Düzeni (BS 6349, 1994)

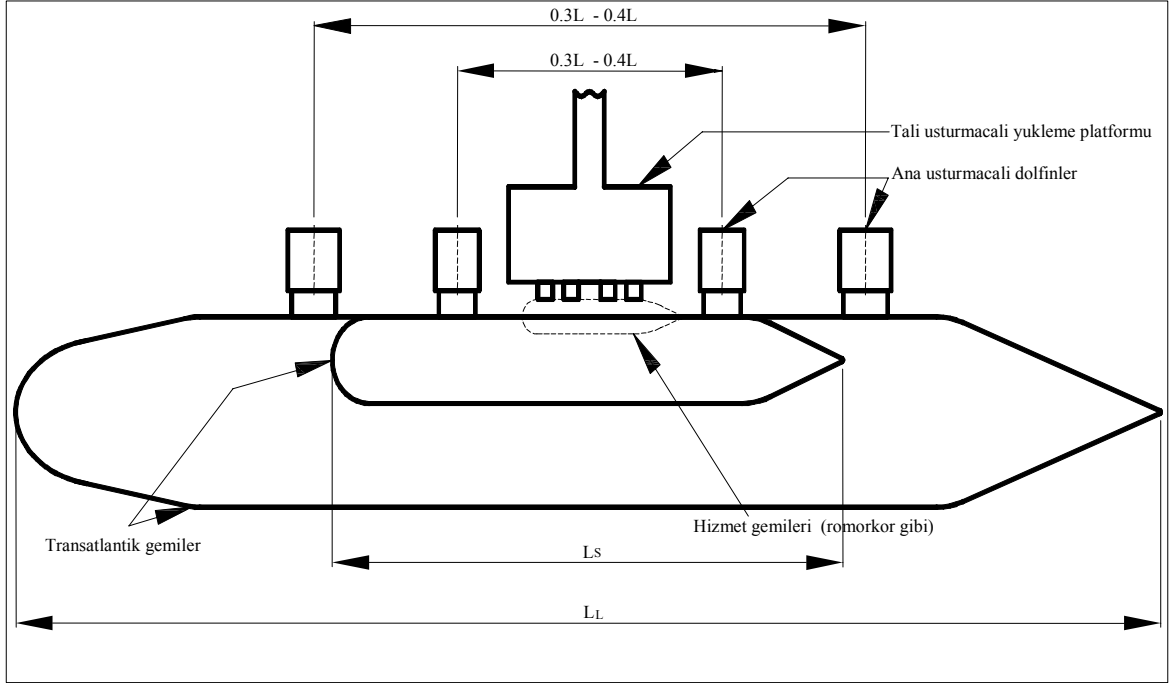
Çizim 1.5'de T tipi iskelede, gemi boyutuna bağlı olarak gemiler iki veya daha fazla usturmaçaya yaslanır. Usturmaçalar yükleme platformunun en güçlü konumuna yerleştirilir veya **Çizim 1.6'**da görülen yaslanma dofinleri tasarlanır. **Çizim 1.7'**de görüldüğü gibi ana usturmaçaların yerleştirilmesinde yanaşacak gemi boyunun **0.3 ile 0.4** katı kadar mesafelerde yerleştirilir. Operasyonlarda kullanılan römork'lar için tali usturmaçalarda yerleştirilir.



Çizim 1.5 T tipi iskelede usturma düzeni (BS 6349, 1994)



Çizim 1.6 Yaslanma Dofinli usturma düzeni (BS 6349, 1994)



Çizim 1.7 Çoklu Yanaşma Dolfinli Usturmaça Düzeni (BS 6349, 1994)

2.TERMİNAL PLANLAMASI

2. TERMİNAL PLANLAMASI

2.1 Konteyner Terminalleri Planlaması

2.1.1 Konteyner Tip ve Boyutları

International Standards Organization (ISO) konteynerin resmi standart büyüklükleri hakkında bilgileri vermiştir. Konteynerler için en yaygın kullanılan birim TEU'dur (Twenty feet Equivalent Unit). **Tablo 2.1**'de tipik konteyner boyutları gösterilmiştir.

Tablo 2.1 Standart Konteyner Boyutları

Uzunluk		Genişlik		Yükseklik		Malzeme	Konteyner'in ağırlığı (t)	Maksimum kargo ağırlığı (t)	Maksimum toplam ağırlık (t)	İç hacim (m ³)
ft	m	ft	m	ft	m					
20	6.10	8	2.44	8.5	2.59	Alimiyyum	1.9	18.4	20.3	33.0
20	6.10	8	2.44	8	2.44	Çelik	2.0	18.3	20.3	31.0
20	6.10	8	2.44	8.5	2.59	Çelik	2.2	18.1	20.3	33.0
20	6.10	8	2.44	8.5	2.59	Çelik	2.3	28.2	30.5	33.0
40	12.19	8	2.44	8	2.44	Alimiyyum	2.8	27.7	30.5	63.3
40	12.19	8	2.44	8.5	2.59	Alimiyyum	3.4	27.1	30.5	67.0
40	12.19	8	2.44	9.5	2.90	Alimiyyum	3.9	26.6	30.5	75.0
40	12.19	8	2.44	8	2.44	Çelik	3.4	27.1	30.5	63.0
40	12.19	8	2.44	8.5	2.59	Çelik	3.6	26.9	30.5	67.0
40	12.19	8	2.44	8.5	2.59		3.8	28.7	32.5	67.0
40	12.19	8	2.44	9.5	2.90		3.9	28.6	32.5	75.0

ISO kontenerlerinin dışındaki diğer tip daha büyük konteynerler;

- Oversize (veya uzun boylu) 40 ft'den uzun
- High cube (veya yüksek kutu) 8 ft 6 inch'den yüksek
- Overwidth (veya büyük genişlikli) 8 ft'den geniş

Boyut farklılığının yanında ayrıca özel amaçlı konteyner tipleri de mevcuttur (ISO standartlarında veya ISO standartlarında olmayan), bunlar:

- Soğutmalı,
- Tank konteynerler,
- Döşeme veya Flat,

Bunların hepsi terminalde ayrı yerlere konulmalı dolayısıyla planlama çalışmasında dikkate alınmalıdır.

Bir TEU için gerekli alan elleçleme sistemine, depolama alanının planına, depolama alanındaki yol sistemine ve istif yüksekliğine bağlıdır. Tipik değerleri **Tablo 2.2**'de verilmiştir.

Tablo 2.2 Bir TEU için gerekli depolama alanı (Thoresen, 2003)

Elleçleme şekli	İstif Yüksekliği	Her bir konteyner sırasında iç yollar dahil A (m ² /TEU)				
		1	2	5	7	9
Forklift	1	65				
FLT	1	72	72			
RS	2		36			
	3		24			
	4		18			
SC (Straddle Carrier)	1	30				
	2	16				
	3	12				
RTG	2			21	18	15
RMG	3			14	12	10
	4			11	9	8
	5			8	7	6

2.1.2 Planlama

Terminal düzeni belli ölçüde seçilen elleçleme sistemine bağlıdır. Terminal planının geliştirilebilmesi için aşağıdaki elemanların boyutlarının belirlenmesi gerekmektedir

- Rıhtım uzunluğu ve rıhtım kreni sayısı,
- Apron alanı (rıhtım ve rıhtım ile depolama alanı arasındaki alanların toplamı),
- Depolama alanı,
- Konteyner transfer alanı,
- Hizmet binaları (CFS, ofis, kapı ve tamir binaları)

Depolama alanının kapasitesinin belirlenmesi için 20ft ve 40ft'lik konteynerlerin oranları bilinmelidir çünkü yüzey alanı buna bağlıdır.

Ön planlama çalışmaları genellikle amprik ifadeler kullanılarak yapılmaktadır, ancak uygulama planları için simülasyon modelleri yardımı ile optimum terminal planlaması yapılabilir.

Rıhtım Uzunluğu

Yanaşma yeri sayısının ve dolayısıyla rıhtım uzunluğunun belirlenmesi için ilk yaklaşık hesap rıhtım üretkenliğine dayanmaktadır. Rıhtım uzunluğu yanaşma yeri sayısına bağlı olarak hesaplanabilmektedir (veya kuyruk teorisi kullanılabilir).

Yanaşma yeri sayısı;

$$N=C_i/c_b \quad (2.1)$$

Burada, c_b her bir yanaşma yerinde yılda elleçlenen ortalama TEU sayısı (TEU/yıl), C_i yılda boşlar dahil elleçlenecek toplam konteyner sayısıdır.

Rıhtım uzunluğu aşağıdaki ifade ile bulunur.

$$L_q = 1.1N(\overline{L_s} + 15) + 15 \quad (2.2)$$

burada L_s gemi boyu, N yanaşma yeri sayısıdır. Gemilerin rıhtımda birbiri ardına bağlanacakları düşünüldüğünde 15 m aralıklarla yanaşacaklardır. Tek yanaşma yeri planlandığında limanı kullanacak en büyük gemi boyu, birden fazla yanaşma yeri planlandığında ise ortalama gemi boyu dikkate alınmalıdır.

Planlamada sırasında gemi boyutlarının yeterince bilinmemesi halinde rıhtım uzunluğu ve derinlikleri **Bölüm 1.3**'de verilen konteyner rıhtım uzunluk ve derinlikleri tablosu kullanılabilir belirlenmelidir.

Apron Alanı

Apron genişliği, güvenli ve düzgün kargo elleçlemesini sağlamak için, rıhtım kullanımı ve boyutuna, ambar yada depoların yapısı ve kullanımına göre planlanmalıdır.

Apron eğimi, kargo elleçlemesinin düzgün biçimde olması için, yağış miktarı ve alan kullanımı dikkate alınarak tasarlanır. Genellikle eğim, denize doğru %1 ile %2 arasında kullanılır ancak küçük rıhtımlarda daha dik eğim kullanılabilir. Genelde dik eğimler, kar yağışı altındaki alanlarda, karın kaldırılmasını kolaylaştırmak için kullanılır.

Apronların kaplama tipi taban altındaki zemin koşulları, çevredeki kaplama koşulları, kargo elleçleme tipi, vb. gibi faktörlerin göz önüne alınmasıyla belirlenir. Kargo elleçleme çalışmalarını ve araç trafiğini engelleyen, aşırı oturmayı önleyici tedbirler alınır. Kaplama yapısının tasarımında, tasarım yükü; kamyon ile tekerlekli vinç, forklift ve straddle carrier gibi elleçleme ekipmanlarının tekerlek yükleri yanısıra kargo tipleri ve kargo elleçleme tarzıda göz önüne alınarak seçilir.

Konteyner terminallerinde, apron genişliği kullanılan elleçleme ekipmanlarına bağlı olarak 15-50m arasında değişmektedir.

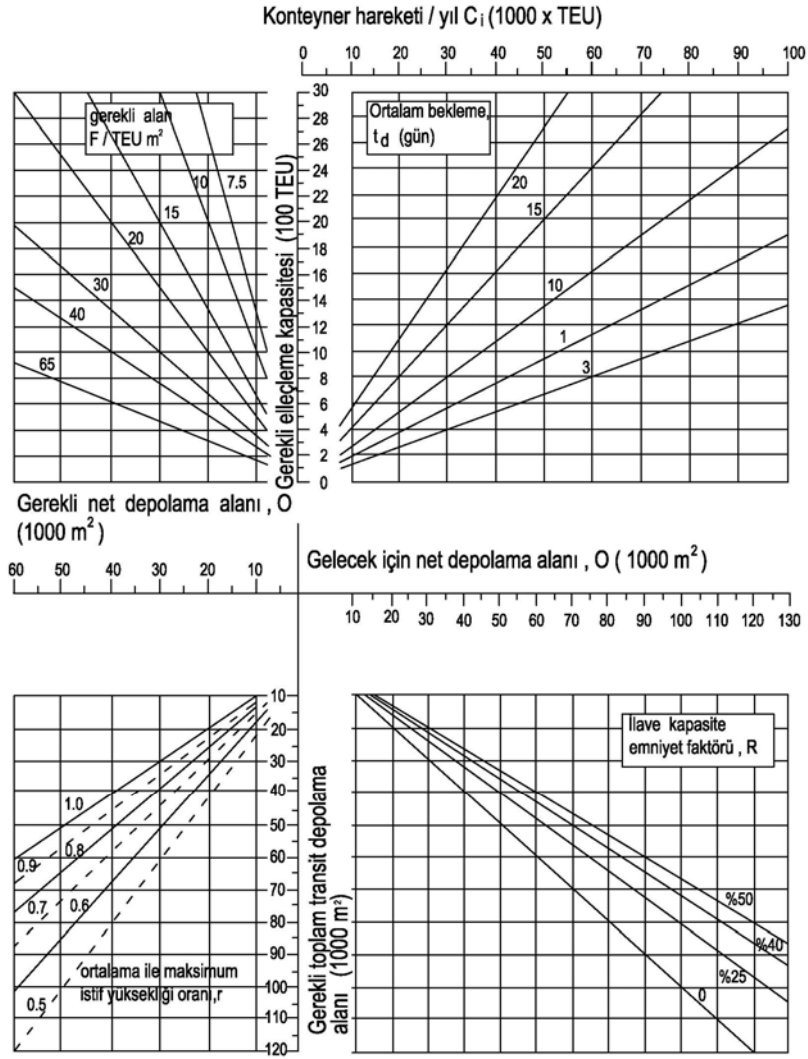
Konteyner Depolama Alanı

Apronun arkasında kalan, geri saha depolama alanı, liman girişi (kapı), park, ofisler ve gümrük hizmet alanlarından oluşmaktadır. Depolama alanı içerisinde ise konteynerler ihracat, ithalat, soğutmalı, tehlikeli yük ve boşlar olmak üzere genellikle farklı gruplar halinde istiflenirler. Bunlara ilave olarak bir de "Container Freight Station (CFS)" vardır. Apron'un gerisinde kalan depolama, transfer ve ofisler dahil toplam alan;

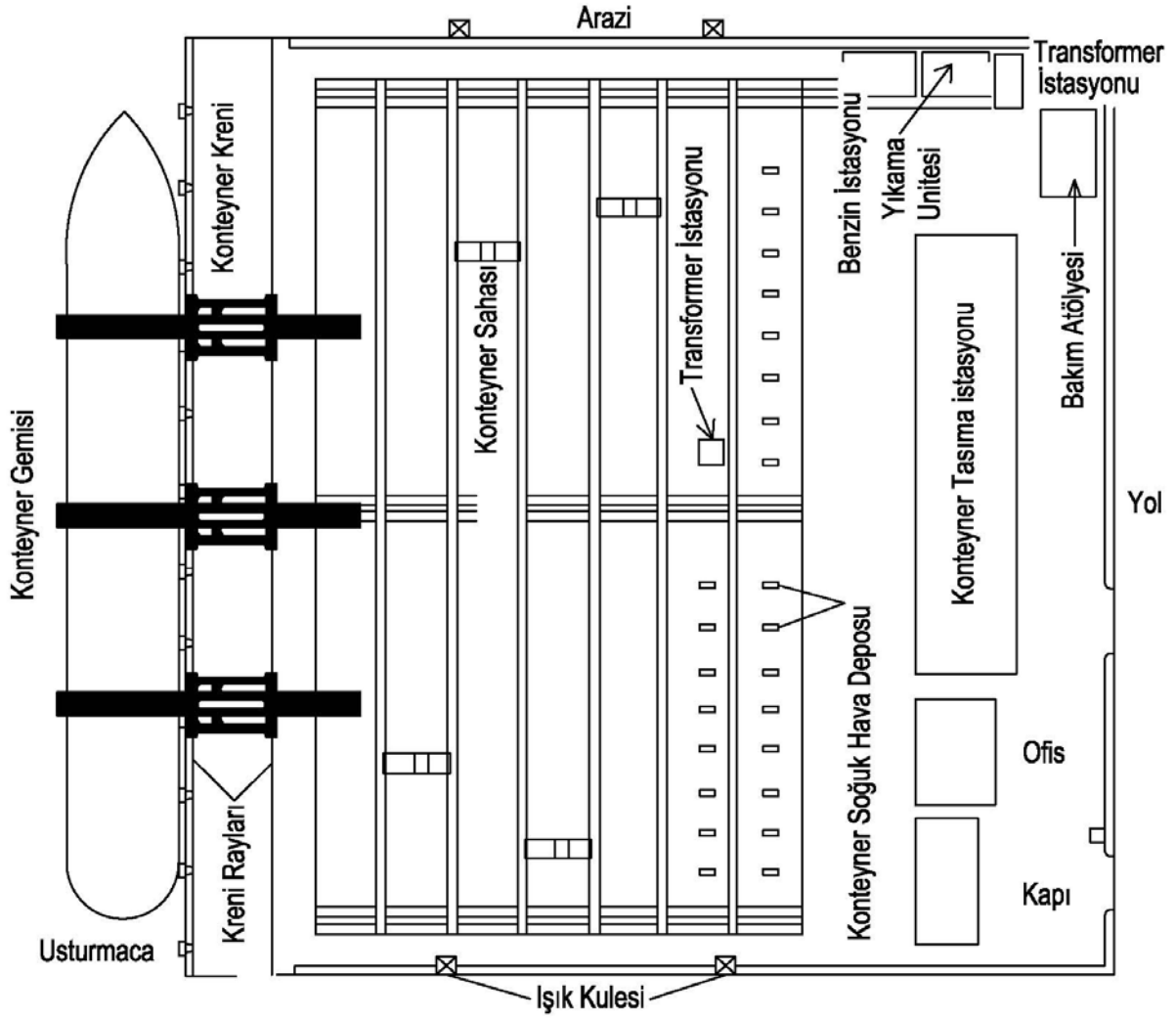
$$O_T = O_{PY} + O_{CFS} + O_{EC} + O_{ROP} \quad (2.3)$$

olarak planlanır burada, konteynerlerin depolandığı alan (O_{PY}), CFS alanı (O_{CFS}) konteyner içi istifleme yada boşaltma amacıyla ayrılan alandır, boş konteyner, konteyner bakımı ve tamir alanı (O_{EC}), kapı, ofis binaları, gümrük hizmetleri ve park amaçlı alan (O_{ROP}) dir.

Ön planlama için **Çizim 2.1**'den bir yılda hareket eden konteyner sayısına (C_i) göre konteyner depolama alanı hesaplanabilir. Örnek olarak konteyner terminali işletme planı **Çizim 2.2**'de verilmiştir.



Çizim 2.1 Konteyner Depolama Alanı İçin Tasarım Grafiği



Çizim 2.2 Tipik Konteyner Terminali İşletme Planı

Konteyner Transfer Alanı ve Binalar

a) Kapı ve Transfer Alanları;

Konteynerleri getiren veya alacak kamyonlar terminale kapıdan girerler. Burada üç fonksiyon tanımlanır.

- (i) Yükle ilgili idari formaliteler, gümrük işlemleri
- (ii) Kutuların kontrolü (muhtemel hasar için)
- (iii) Konteyner transfer alanında kamyon sürücülerine koynerlerin yerleştirilmesi için bilgi verilmesi.

b) Transfer alanında mevcut diğer tesisler;

1) Bakım Atölyesi

Bakım atölyesinin ölçüsü, konteyner hasarı oranı, kargo yükleme araçlarının ve makinelerinin tipi ve sayısı ve muayenenin içerik ve derecesi gibi bazı faktörlere dayanır.

2) Ofis Binası

Konteyner terminalinin esas fonksiyonlarını yöneten ve bilgisayar merkezlerinin bulunduğu terminal ofis binası yönetim bölümü genellikle, kargo yükleme operasyonlarını verimli olarak kontrol etmek için yerleştirilir.

3) Terminal Kapıları

Terminal kapıları, dokümanları alıp vermek, konteyner hasarlarını muayene etmek, konteyner ağırlığını ölçmek ve diğer güvenlik kontrolleri gibi ihtiyaçlar için kullanılır. Terminal kapıları yol şerit sayısı genellikle, kuyruk modelleri ile hesaplanır.

4) Diğer Tesisler

Diğer çeşitli tesisler aşağıdakiler gibi olabilir;

- Yıkama Tesisleri
- Kargo Yükleme Ekipmanları İçin Yakıt Tesisleri
- İşçiler İçin Dinlenme Evleri
- Su Kaynağı
- Su Drenajı
- Elektrik Güç Kaynağı
- Soğutmalı Konteyner Alanı, vb.

2.2 Genel Kargo ve Çok Amaçlı Terminaller

Genel kargo terminalleri geleneksel olarak kırkambar (parçalı) yükleri ve daha sonra üniteleştirilmiş genel kargonun elleçlenmesi için kullanılmaktadır.

Çok amaçlı terminal, modern genel kargo terminalinde düzenleme ve kullanılan ekipmanlarda yapılan bazı değişiklikler ile elde edilebilmektedir. Çok amaçlı terminallerin çoğu kırkambar (parçalı) yük ile konteyner ve Ro-Ro terminalinin birleşmesiyle oluşmaktadır

Yanaşma yeri uzunluğu

Yanaşma yeri uzunluğu **Bölüm 2.1.2**'de tanımlandığı gibi belirlenir. Planlamanın ilk safhasında bir genel kargo yanaşma yerine yük girdisi, bir işçi takımının ortalama verimi, takım sayısı ve bir yıldaki efektif çalışma saati sayısı dikkate alınmalıdır. Detaylı tasarımda istatistiksel modeller kullanılmalıdır.

Apron

Standart apron genişlikleri **OCDI (2002)** tarafından **Tablo 2.3**'deki gibi verilmiştir.

Tablo 2.3 Apron Genişliği Standart Değerleri (OCDI, 2002)

Yanaşma yeri su derinliği (m)	Apron genişliği (m)
4.5' dan az	10
4.5 ile 7.5 arasında	15
7.5' dan fazla	20

Genel kargo rıhtımlarında, elleçleme için vinç çalışma alanı, geçici depolama alanı, ulaşım yolları dikkate alınmalıdır. Apron alanının hemen arkasında planlanan transit sundurma ve açık depolama alanlarına yapılacak elleçlemede, elleçleme ekipmanlarının tipide apron alanının planlanmasında dikkate alınması gereken bir faktör olarak dikkate alınmalıdır.

2.3 RO/RO ve Feribot Terminalleri

Feribot ve Ro/Ro Gemileri için terminal planlarındaki temel elemanlar aşağıda verilmiştir.

- Tırların bindirilmesi veya indirilmesi genellikle geminin başından veya kıçından olur. Bu durum rıhtım konfigürasyonunu da belirlemektedir.
- Güverteye alınabilen maksimum sayıdaki tır (feribot tipine bağlı olarak diğer araçlar da) düzenli bir biçimde park etmek zorundadırlar. Ancak yüksüz tırlar da park alanına ihtiyaç duyarlar.
- Bir Ro/Ro terminali gemilere en uygun servisi sağlayacak Çizimde geliştirilmelidir, buna değişik gemi hatları da dahil edilmelidir. Yanaşma yeri sayısı bekleme yapılmasından kaçınılarak belirlenir. Yükleme/boşaltma kapasitesi ortalama servis süresine göre tahmin edilerek belirlenmektedir.

- Feribot terminalleri terminal binalarına ve gemiye bağlantı sağlayan köprülere ilaveten yolcu hizmetlerine ihtiyaç duymaktadır.
- Bir feribot hattı, gemi sayısı, seyir süresi ve yanaşma süresi dikkate alınarak planlanmalıdır. Böylece yanaşma yeri sayısı belirlenir.

Feribot terminallerinin planlanmasında trafik tahminlerinin doğru yapılması gerekmektedir. Bunun için;

a) Feribotu kullanacak araçlar

- (i) yolcu araçları
- (ii) kamyon ve traylerler
- (iii) otobüsler

b) Yolcunun terminalden indi bindisini sağlayacak araçlar

- (i) özel araçlar
- (ii) taksiler
- (iii) otobüsler

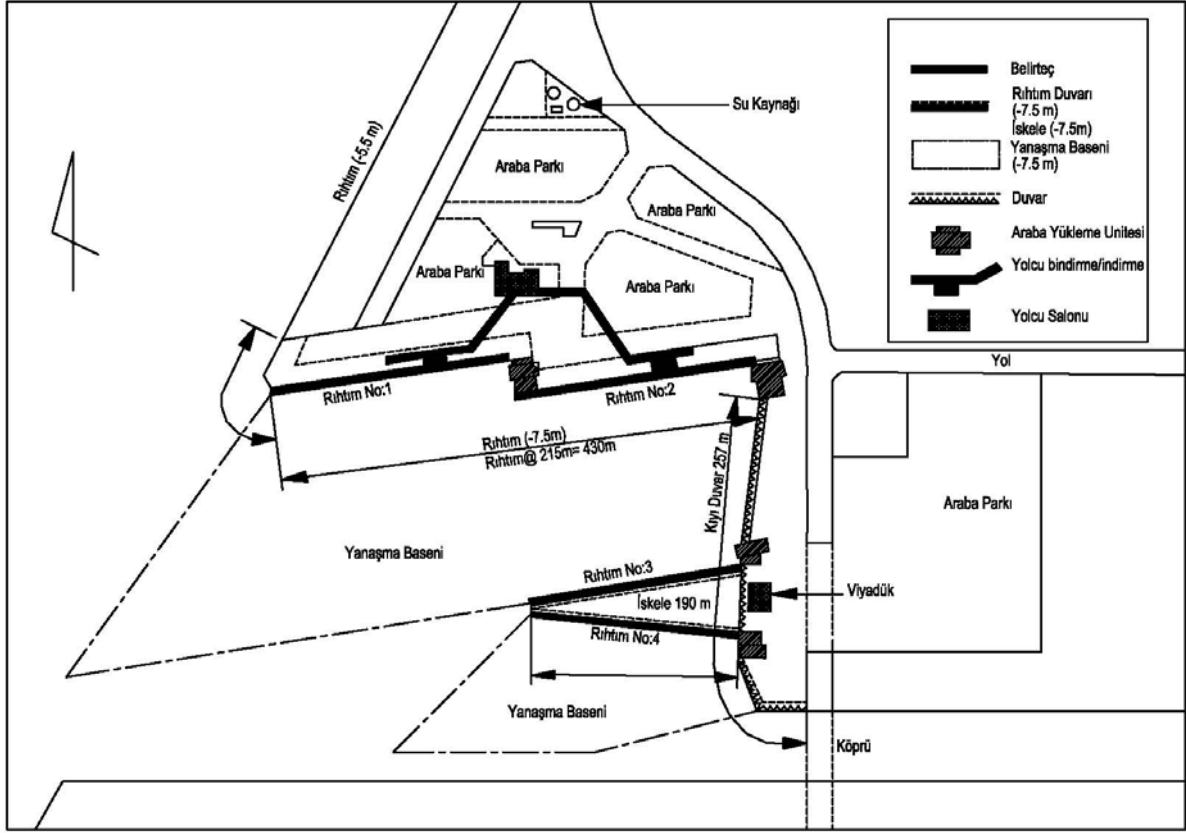
dikkate alınmalıdır.

Yanaşma yeri sayısı elleçlenecek gemi sayısına bağlıdır. Her bir gemi yükleme/boşaltmasını bir rampa boyunca yapmaktadır ve burada geminin karadaki alanla bağlantısı sağlanmalıdır. Müsade edilebilecek rampanın indirildiği rıhtımın maksimum eğimi 1:8'dir. Yanaşma alanı su alanına doğru meyillidir. Yanaşma yeri hızlı bir Çizimde yanaşma ve ayrılmayı sağlamak ve yükleme/boşaltma sırasında geminin sadece çok küçük hareketlerine müsade etmek için bağlama sistemi dolfin ve usturmaça sistemleriyle donatılmalıdır. Usturmaçalar geminin hasar görmesini engelleyecek biçimde planlanmalıdır.

Feribot terminal binalarında;

- bilet satın alma,
- bekleme salonları,
- kafeterya ve/veya restaurant, dükkanlar,
- bagaj odası, tuvalet, telefon, diğer yolcu hizmetleri,
- uygun aydınlatma ekipmanları,
- alarm tesisatı ve diğer iletişim ekipmanları

gibi yolcu hizmetleri için bir binaya ihtiyaç vardır (**OCDI, 2002**). Gemiye biniş ve inişler, araçların yükleme ve boşaltılmasından ayrılmalıdır, bu özellikle terminal binası ve araç arasında doğrudan bir köprü kurularak yapılabilir. Terminal planlaması, yolcu başına düşecek alan $1m^2$ 'den az olmayacak biçimde düşünülmelidir. **Çizim 2.3**'da örnek ro-ro liman planı verilmiştir.



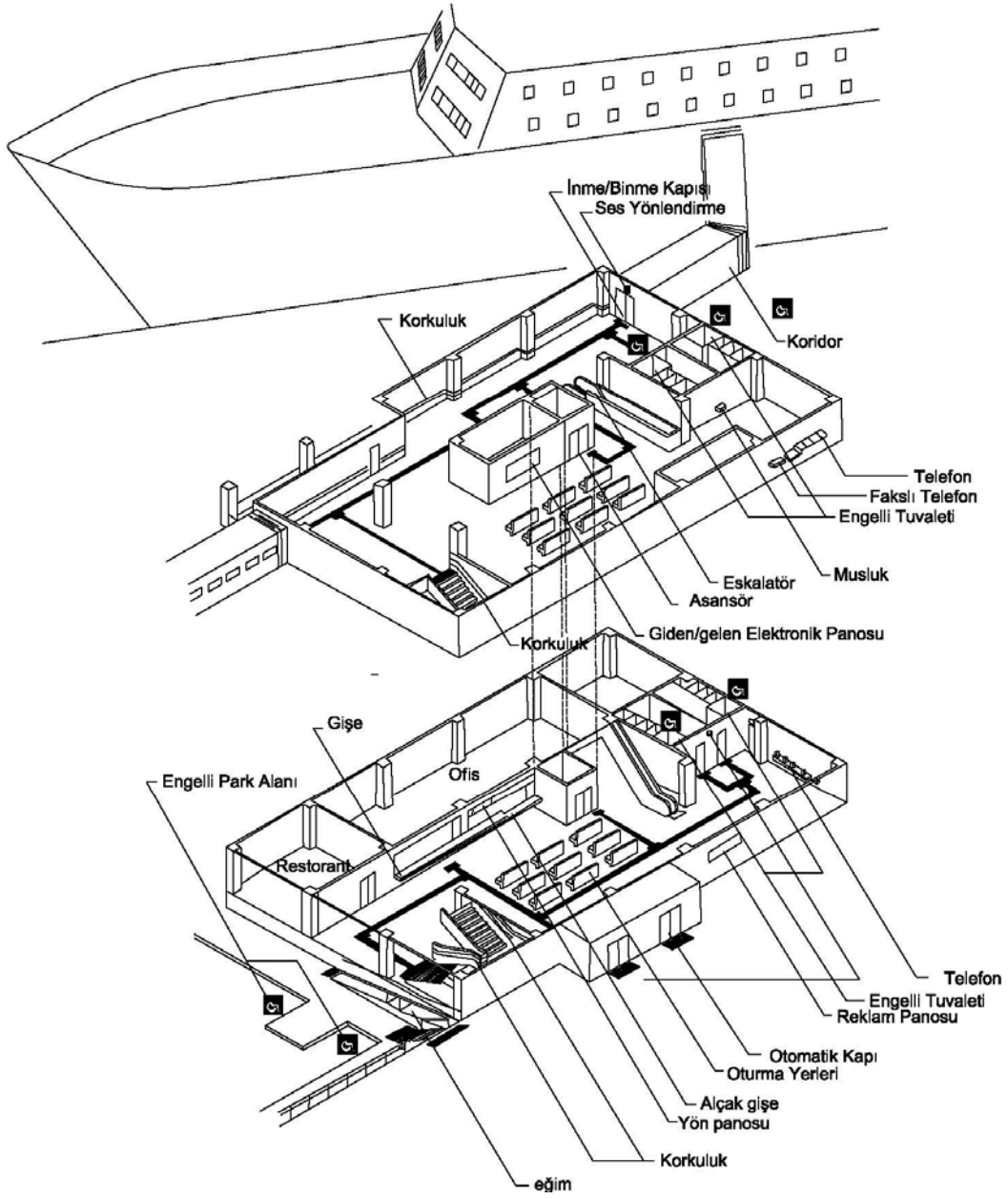
Çizim 2.3 Örnek RO-RO Terminali İşletme Planı

2.4. Yolcu İnme/Binme Tesislerinin Planlanması

Yolcuların inme/binmeleri için sabit ve hareketli tesisler planlanabilir. Bu tip tesisler elverişli ve güvenli işlemlere sahip olmalıdırlar. Yolcuları tehlikeye düşürecek nedenlere sahip olmamalıdır. Gemi hareketlerine ve rüzgar etkilerine karşın stabil olmalıdırlar.

- İnme/binme tesislerinin genişliği 75 cm ya da kullanım koşullarına göre daha fazla planlanmalıdır, ancak yaşlı ve özürülülerin kullanımı söz konusu olduğunda genişlik 1.2 m veya daha fazla olacak şekilde tercih edilmelidir.
- Rampa eğimleri % 12 yada daha azdır, ancak yaşlı ve özürülülerin kullanımı söz konusu ise eğim % 8 ile % 5 arasında yada daha az olacak biçimde planlanmalıdır.
- Geçiş yollarının her iki tarafında yan duvarlar yada parmaklıklar ve onların üzerinde tutacakları olmalıdır, taban yüzeyleri kaymayan malzemeden yapılmalıdır.
- Parmaklıklar düşmeye karşı koruma sağlamakla birlikte yolcular için yeterince güvenli olmalıdırlar, bunun için parmaklık yüksekliği 1.1m yada daha fazla olmalıdır, ayrıca çocuklar ile tekerlekli sandalye kullananların güvenliği için çaprazlar ya da ağ gibi ilave önlemler planlanmalıdır.
- Merdiven basamak yükseklikleri güvenli olacak biçimde planlanmalıdır.
- Bu yolların planlanmasında tekerlekli sandalye kullananlar ve özürülü insanlar için yeterli tedbirler alınmalıdır.
- Üstü kapalı geçişlerin yükseklikleri 2.1 m yada daha fazla olmalıdır.
- Geçiş yollarının uzunluğunun 60 m'den fazla olması durumunda acil çıkış kapıları planlanmalıdır, acil çıkış kapıları arasındaki mesafeler 60m'den fazla olmamalıdır ve acil çıkışlara yöneltten işaretlendirmeler konulmalıdır.
- Hareketli inme/binme tesisleri için müsade edilecek düşey mesafe için gel-git aralığı, su çekimindeki değişim, gemi hareketleri gibi tasarım kriterleri dikkate alınmalıdır.

Örnek olarak yolcu binası **Çizim 2.4**'de verilmiştir.



Çizim 2.4 Örnek Yolcu Binası

2.5 Sıvı Yük Terminalleri

Sıvı dökme yükler; ham petrol, petrol ürünleri, kimyasal ürünler, sıvılaştırılmış gaz ve bitkisel yağlar gibi ürünlerden oluşur.

Petrol veya gazın önemli özelliği yanıcı ve patlayıcı olmalarıdır. Sonuç olarak bu ürünlerin taşıma, yükleme/boşaltma ve depolanmasında kesin olarak güvenlik önlemleri alınmalıdır. Tipik ortadoğu petrolünün rölatif yoğunluğu 0.85 dir. LNG için yoğunluk 0.45 ve 0.50 arasında ve LPG için ise 0.58-0.60 arasındadır.

Yükleme rıhtımlarında, ürünün boşaltılması gemideki pompalar ile yapılmaktadır. Eğer terminaller yeteri kotta ise ürün gemiye kazibe ile iletilmektedir

Terminallerin şekli, boyutları, yerleştirilmeleri ve düzenlenmeleri bu terminallerin fonksiyonları tarafından belirlenmektedir. Bunlar;

- Taşıma ve depolama
- Rafineriden temin ve dağıtım
- Her iki durumun birlikte olması

Planlamada ürünlerin farklılıklarında dikkate alınmalıdır. Rafinerilere ait terminallerde miktar, ithal edilen ham petrolün orijini ve üretilen ürünlerin özellikleri dikkate alınır.

Petrol terminalleri aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır;

- (i) Depolama alanlı konvansiyonel korunaklı liman yanaşma yeri genellikle bir iskele ve dolfinlerden veya çoklu şamandıra bağlantısından oluşmaktadır.
- (ii) Açık deniz terminalleri bir (SPM) veya daha fazla şamandıra sistemi ile karadaki depoları bağlayan denizaltı boru hatlarından oluşmaktadır.

Yükün sıvı formda oluşu boru hatları ve bağlama şamandıraları ile açık denizde yükleme/boşaltmanın yapılabilmesini sağlayabilmektedir. Ham petrol ve petrol ürünleri durumunda yükleme/boşaltma, denizaltı boru hatları ve Yüzer Tek Nokta Bağlama (YTNB) ile yapılabilir.

Yanaşma yapısının tipine bağlı olarak tavsiye edilen limit dalga yükseklikleri **Tablo 5.8**'de verilmiştir.

Tablo 2.4 İskeleler ve YTNB için Dalga Yüksekliği Limitleri

	Solugan olmadığı durumda yanaşma (m)	Solugan olduğu durumda yanaşma (m)	Yükleme boşaltma esnasında (m)
İskele	1.5-2.0	1.0-1.5	2.0-3.0
SPM	2.0-3.0	2.0-3.0	4.0-6.0

Yanaşma Yapılarının Planlanması

- **Sürekli bağlanma şekli**

Her bir yanaşma yeri için sürekli rıhtım düzeni dikkate alındığında emniyet nedenlerinden dolayı, **yanaşmış durumdaki iki gemi arasındaki minimum mesafe, en büyük geminin genişliğine yaklaşık eşit olmalıdır**. Sıvı yük gemilerinde bulunan manifold sistemi genellikle geminin tam ortasında bulunmadığından, **gemi merkezinin 15 m kadar önünde bazen de 10 m arkasında olabileceği düşünülmelidir**. Bu nedenle 2 ardışık yanaşma yerinde merkezden merkeze minimum mesafenin (= en uzun geminin uzunluğu + 1x en büyük gemi genişliği + 2x 15m) olarak alınması tavsiye edilmektedir.

- **Şamandıraya bağlama şekli**

- (i) Geminin baştan şamandıraya bağlanması, bu durumda gemi serbestçe şamandıranın etrafında dönebilmektedir.
- (ii) Geminin baştan ve kıçtan şamandıraya bağlanması yada demir atmasıdır.
- (iii) Geminin yanaşma yerine baştan ve kıçtan bağlanması ve gemi ile yanaşma yeri arasına usturma sistemini yerleştirilmesidir.

Demirleme alanları ile ilgili olarak **Tablo 2.5** ve **Tablo 2.6**'da verilen kriterlere uyulmalıdır (**Çizim 2.5**). Şamandıralara bağlanma şekli **Çizim 2.5**'de verilmiştir (**OCDI,2002**).

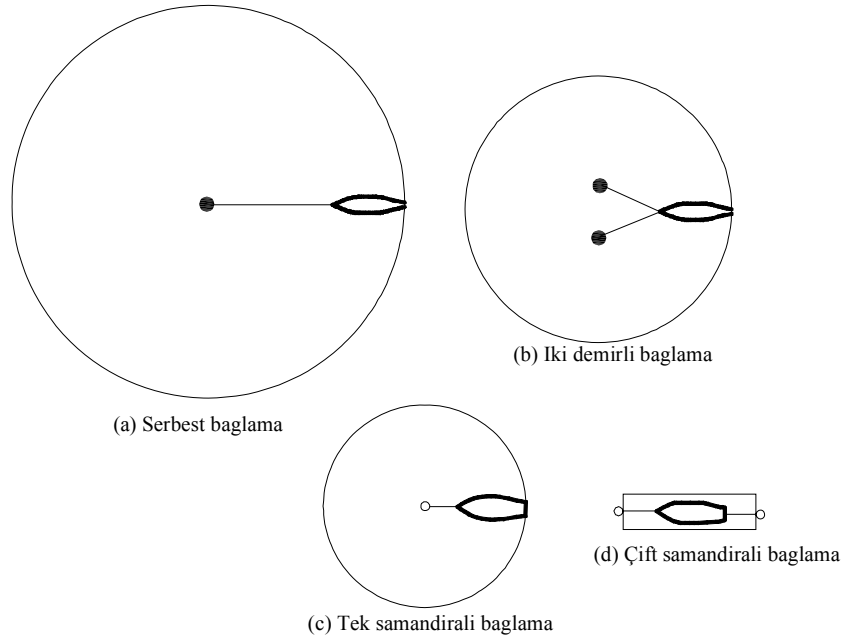
Tablo 2.5 Demirleme alanları (OCDI, 2002 ve Thoresen, 2003)

Basenin kullanım amacı	Demirleme yöntemi	Deniz tabanı veya rüzgar hızı	Yarıçap
Açık denizde bekleme veya yük elleçleme	Bir merkez etrafında dönebilecek biçimde tek demirlemeyle bağlanma	İyi demirleme	*L + 6d
		Kötü demirleme	L + 6d + 30m
	Çift demirleme	İyi demirleme	L + 4.5d
		Kötü demirleme	L + 4.5d + 25m
	Tek demirleme Thoresen, 2003	20 m/s	L + 3d + 90m
		30 m/s	L + 4d + 145 m

*L: Tasarım gemisinin boyu

Tablo 2.6 Şamandıra kullanılan basen alanları (OCDI, 2002)

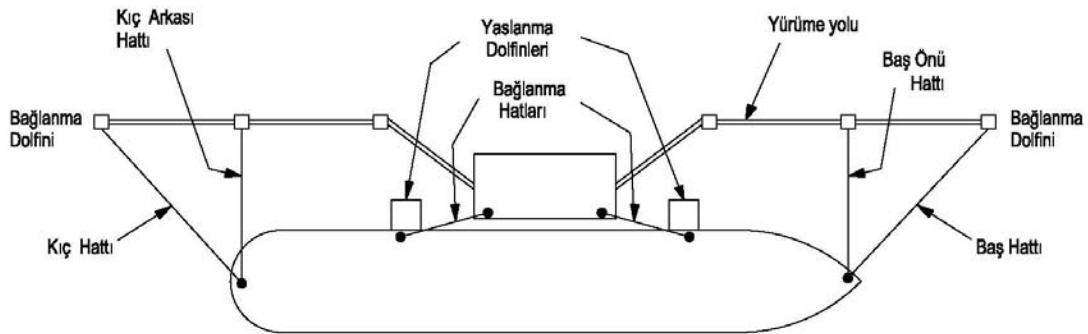
Bağlanma yöntemi	Alan
Tek şamandıra	(L + 25m) yarıçaplı daire alanı
Çift şamandıra	(L + 50m)xL/2 boyutlarında dikdörtgen



Çizim 2.5 Herbir gemi için şamandıralara bağlanma alanı için temel tasarım (OCDI, 2002)

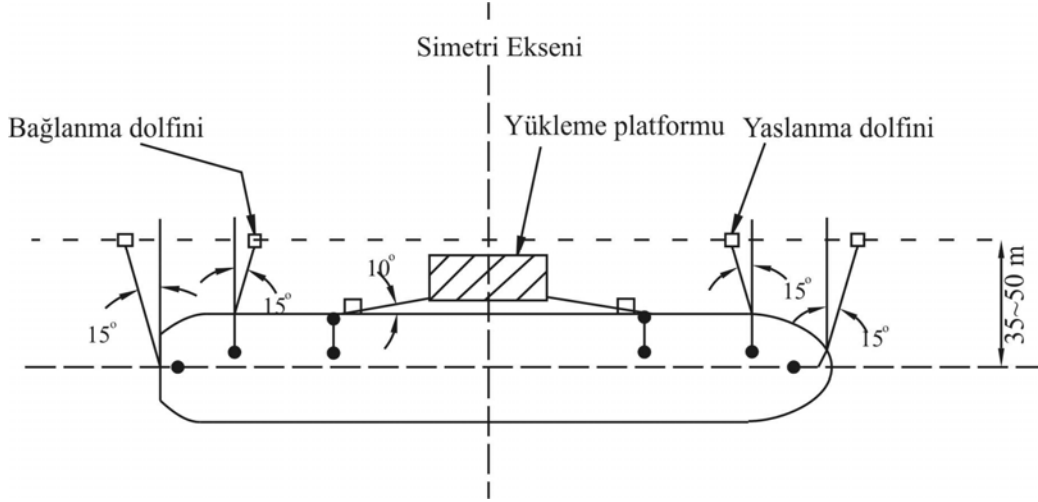
- **Gemilerin T-tipi iskeleye bağlanma şekilleri**

Çizim 2.6'da bir geminin **T tipi** iskeleye bağlanma ve yaslanma dolfinlerine normal yanaşma durumu gösterilmiştir. Gemi bağlanma düzeni mümkün olduğunca simetrik olmalıdır. Normal bağlanmada halat geminin **boyuna eksenini** ile **450'lik açı** yapmaktadır. Gemi gövdesinden bağlanan halatlar ise **boyuna eksen ile 100'lik açı** yapmaktadır. Gemiye göre daha düşük kotta bulunan bağlanma babaları **düşeyde 250' den daha fazla açı** yapmayacak şekilde planlanmalıdır.



Çizim 2.6 T tipi iskelede bağlanma (BS 6349, 1994)

Çizim 2.7'de bir yükleme platformuna bağlanan tankerin yanaşma düzeni gösterilmiştir. Tankerin yanaşma yükleri yanaşma ve bağlanma hatları ile en iyi çizimde sönmülmelidir.



Çizim 2.7 Yükleme platformuna bağlanan tankerin bağlanma düzeni (BS 6349, 1994)

Sıvı yük terminallerinde “emniyet ve güvenilebilirlik”, “teknik” olduğu kadar “operasyonel emniyet ve güvenilebilirliği” içermektedir. Teknik emniyet ve güvenilebilirlik aşağıdaki gibi dikkate alınabilir.

- korunaklı yanaşma yeri
- liman baseninde çalkantı oluşmaması
- giriş kanalında ani kumlanma olmaması

Operasyonel emniyet ve güvenilebilirlik ise şunları içermektedir:

- fırtına sıklığı
- uzun süreli düşük su seviyesi
- düzenli görüş problemleri
- gece seyir sınırlamaları
- gel-git sınırlamaları
- iyi işleyen liman servislerinin mevcudiyeti
- romörkör hizmetinin varlığı
- vd.

Emniyet dikkate alındığında, terminal ve rafinerinin çevresinin tehlikelere karşı korunması gereklidir. LPG ve LNG'nin özelliğinden dolayı, dökülme sonucunda oluşan problemler petrol terminallerindekinden daha ciddi olabilmektedir, çünkü sıvı gaz daha çabuk buharlaşmaktadır. Böylece yangın tehlikesi doğabilir ve yüksek ısı yayılımı söz konusu olabilir. Bu nedenle bir terminal planlaması yapılırken, farklı güvenlik mesafeleri dikkate alınmak zorundadır.

Terminaldeki muhtemel bir sızıntı ve akma ürünün patlamasına veya yanmasına neden olur. Buhar bulutları gelişebileceğinden belirli mesafeler dikkate alınmaktadır. Bu sınırlar içerisinde kontrolsüz ateşleme kaynakları olmamalıdır.

Terminalde ısının yayılarak insanlara fiziksel zarar verebileceği için muhtemel ateş kaynaklarına belli mesafeler dikkate alınmalıdır.

Yine toksit ürünlerin üretilmesi veya kullanılması durumunda, muhtemel sızma veya akma olması belirli yoğunluktaki buhar bulutlarının oluşmasına ve insanlara fiziksel zarar vermesi söz konusu olacağından belirli mesafeler dikkate alınmalıdır.

2.6. Kuru Dökme Yük Terminalleri

Kuru dökme yükler aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır;

- Birinci derecede yük (major) : demir cevheri, kömür, tahıl, fosfat vb.
- İkinci derecede yük (minor) : şeker, pirinç, tuz, balık, alçı taşı, talaş, hindistan cevizi vb.

Bazı kuru yüklere ait özellikler **Tablo 2.7**'de verilmiştir.

Tablo 3.7 Kuru yük özellikleri

Yük	İstif faktörü (m ³ /ton)	İçsel sürtünme açısı (°)
Kömür	1.08-1.39	30-45
Demir cevheri	0.33-0.47	30-50
Boksit	0.84-0.92	28-49
Alüminyum	0.70-0.84	35
Çimento	0.61-0.64	
Fosfat	0.92-0.98	30-35
Potas	0.94-1.04	32-35
Süper fosfat	0.84-1.00	30-40
Mısır	1.25-1.41	30-40
Çavdar	1.40	30
Buğday	1.18-1.34	25-30
Şeker	1.11-1.25	40
Soya fasulyesi	1.23-1.28	30

Kuru yük için yükleme ve boşaltma terminalleri hem yer, hem boyut hem de elleçleme sistemi açısından birbirlerinden çok farklı olabilir. Bu terminallerde konveyör bantlarının ayaklarının rıhtım boyunca olmaları durumunda yavaşlama yerlerinin başka amaçla kullanılmamasına neden olmaktadır. Ayrıca oldukça ağır olan bu sistemler için geoteknik koşulların yeteri düzeyde olması sağlanmalıdır.

Terminalin depolama alanı ise yükün tipine bağlı olarak kapalı silolarda, sundurmalarda, havuzlarda ve açık havada yüksek kümeler şeklinde depolamaya müsait olmalıdır. Kuru dökme yük genellikle gevşek formda yüklenir, bu da rıhtımda ve terminalde taşıma teknolojisinin belirlenmesini sağlamaktadır.

Eğer hava şartları malzemenin kalitesini etkiliyorsa bu durumda kapalı depolama gereklidir. Kuru yük terminallerinde toz problemi söz konusudur ve çevrenin toza karşı korunmasını sağlayacak önlemler alınmalıdır (sprinkler sistemleri gibi).

3.BALIKÇI LİMANLARI

3.BALIKÇI LİMANLARI

3.1 Balıkçı Limanlarının Tipleri

Balıkçı limanları servis verdikleri amaçlara göre aşağıdaki gibi sınıflandırılırlar

i)Basit Yanaşma Yerleri

Sınırlanmış bir bölgede balıkçılara hizmet edilir, genellikle balıkçılık yapılan alan kısa mesafeler içinde kalmaktadır. Verimliliğin artırılabilmesi için, yanaşma yerleri rampa ve rıhtımlarla birlikte tutulan balıkların elleçlemesine yarayan basit hizmetlerle donatılmalıdır. Bakım ve onarım için bazı hizmet ve servislerin gelişmiş olması gerekir.

ii)Kıyı Balıkçı Limanları

Bunlar 20 m uzunluğa kadar küçük kıyı balıkçı tekneleri için barınak vazifesi görürler. Balıkçılık kısmen daha geniş bir alanda yapılır. Seyirler bir kaç günlük dönemleri kapsayabilir. Bu tekneler birinci tip yanaşma yerlerinde barınan teknelere göre daha fazla ekipmanı içerir. Bu nedenle korunmaları ve servis almaları gerekir.

iii)Açık Deniz Balıkçılık Limanları

Bu limanlarda barınan teknelerin uzunlukları 25m'den 40m'ye çıkmaktadır. Balık avlama alanı bir kaç yüz mil uzaklığa kadar artmaktadır ve seyirler bir kaç günden bir kaç haftaya kadar uzamaktadır. Teknelerin güvertelerinde avlanma takımları, buz konteynerleri ve soğutma sistemleri ve diğer mekanik, elektronik ekipmanlar yerleştirilmiştir. Limanlar tamir, bakım ve destek servislerine sahiptirler

iv)Uzak Deniz Balıkçılık Limanları

Bu tip limanlar modern balıkçı teknelerine hizmet veren barınaklardır. Bu tekneler açık denizde uzun mesafelerde avlanmaya çıkmaktadırlar. Uzun deniz seyirlerinden sonra, limanda boşaltma ekipmanlarına ihtiyaç duyarlar. Bazen avlanmadan önce servis hizmeti verilir ve avlanma bölgesinde uzun süre kalabilmeleri için tekneler koruma sistemleri ile techiz edilir. Balıkların güverte üzerinde işlenebilmesi amacıyla derin dondurucu, konserveleme gibi donanımlar yerleştirilmiştir.

3.2 Yer Seçimi

Liman yerleşimi için potansiyel konumlar hidrolik, meteorolojik ve zemin araştırmaları da içerecek biçimde geliştirilirler. Ön tasarım ve maliyet tahminleri çeşitli alternatiflerin karşılaştırılması yapılarak gerçekleştirilmelidir. Ekonomik analizde beklenen avlanma hacmi; balıkçı filosu, avlanma alanının uzaklığı ve balık pazarı göz önüne alınarak belirlenmelidir. Aynı zamanda çalışacak iş gücü de dikkate alınmalıdır. Gelecekteki gelişmeler dikkate alındığında, balıkçı teknelerinin özellikleri gözönüne alınarak liman içinde derinleştirme ile teknik ve ekonomik fizibil deniz ürününün sağlanabileceği bir yer seçimi yapılmalıdır.

3.3 Balıkçı Tekneleri

Balıkçı tekneleri, kullanılan avlanma takımlarına, yöntemine, yakalanacak olan balık cinsine (yüzeğe yakın, hızlı hareket eden ve tabana yakın yavaş hareket eden) ve balık endüstrisi ile ilgili yatırımlara bağımlıdır. Avlanmayla ilişkili olarak teknelerin sayısı ve karakteristikleri balıkçı limanı tarafından temin edilen gerekli hizmetlere bağımlıdır.

Balıkçı teknelerini dört katagoride tanımlamıştır. ;

i)**Küçük tekneler**; 30 GRT. Denizde bir gün kalmaktadırlar. Bu teknelerde soğutma ekipmanları yoktur.

ii)**Orta ölçekteki tekneler**; 30-150 GRT. Denizde bir hafta kalmaktadırlar. Soğutma ekipmanları vardır.

iii)**Derin deniz tekneleri**; 150 GRT'den büyüktürler. Soğutma ekipmanları vardır (dondurucular). Denizde bir ay kalabilmektedirler. Bu tekneler 200 GRT'ye kadar çıkmaktadırlar.

iv)**Endüstriyel tipte tekneler**

Bu teknelerin tipik boyutları **Tablo 3.1**'de verilmiştir. Bir yılda balığa çıkma dönemi iklim koşullarına, balıkçılık yönetmeliklerine, yerel koşullara, tamir ve bakıma bağımlıdır.

Yanaşma yeri kullanım oranları tekne boyutuna bağılı olarak 0.4 ile 0.7 arasında değişmektedir. Yanaşma yerleri elleçleme (boşaltma) ve bekleme rıhtım ve/veya iskeleleri olarak planlanmalıdır. Boşaltımda kullanılacak yanaşma yeri sayısı bu yanaşma yerinde her hangi bir anda serbestçe boşaltma yapabilmesi amacıyla toplam tekne sayısının %15'i dikkate alınarak belirlenebilir.

Tablo 3.1 Tipik Tekne Boyutları

Tekne kategorisi	Uzunluk (m)	Su çekimi (m)	Genişlik (m)
i _a	<7	<1.0	<3.5
i _b	7-10	1.0-1.5	3.5-4.0
ii	10-20	1.5-2.5	4.0-6.0
iii _a	20-30	2.5-3.5	6.0-7.0
iii _b	30-60	3.5-5.0	7.0-10.0
iv	60-170	5.0-8.5	10.0-24.0

3.4 Planlama

3.4.1 Ulaşım kanalı

Ulaşım kanalı ticari limanların su alanlarının (**Bölüm 1.1**) planlanmasında verilmiştir.

3.4.2 Basenler ve yanaşma yapıları

Basen genişliği

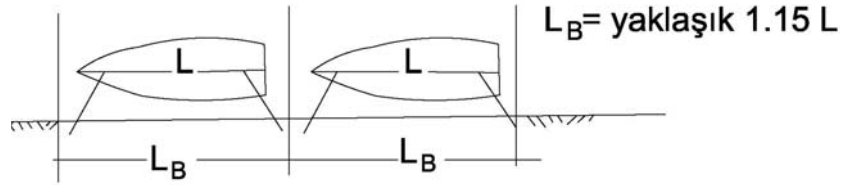
Basen genişlikleri diğer tekneler rıhtımlara bağlı iken dahi, kolay manevranın yapılabileceği ve büyük teknelerin dönmelerini (romörk yardımı olmaksızın) sağlayacak biçimde geniş olmalıdırlar.

Rıhtımlarda kabul edilebilir dalga hareketleri

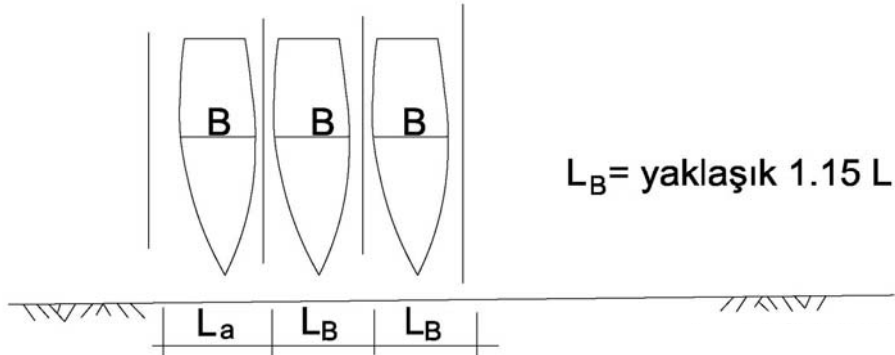
Yanaşma yerlerindeki kabul edilebilir dalga etkisi; Dalga yüksekliği, periyodu ve teknelerin dalgaya göre paralel ya da dik olarak yanaşmasına bağlıdır.

Yanaşma Düzenleri

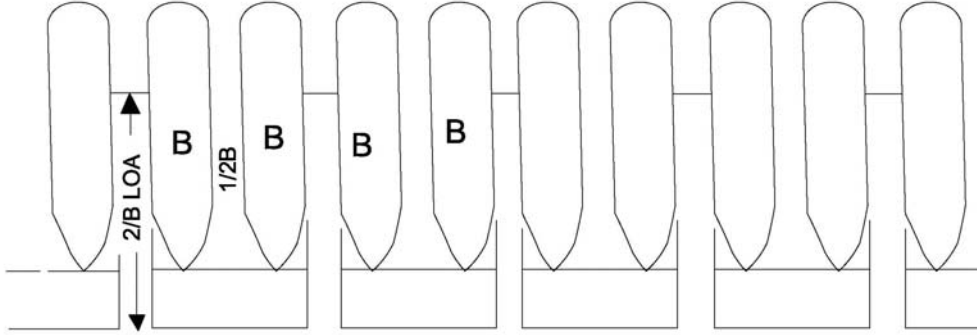
Bazı tipik yanaşma düzenleri **Çizim 3.1**, **Çizim 3.2** ve **Çizim 3.3**'de gösterilmiştir.



Çizim 3.1 Paralel Yanaşmada Rıhtım Uzunluğu. (L_B : Yanaşma yeri uzunluğu, L: Tekne Boyu, B:Tekne Genişliği)



Çizim 3.2 Dik Yanaşmada Rıhtım Uzunluğu. (L_B : Yanaşma yeri uzunluğu, L: Tekne Boyu, B:Tekne Genişliği)



Çizim 3.3 Parmak İskeleli Rıhtım Uzunluğu. . (L_B : Yanaşma yeri uzunluğu, L: Tekne Boyu, B:Tekne Genişliği)

Rıhtım Uzunluğu

Boşaltma için istenen rıhtım uzunluğunu aşağıdaki faktörlere bağlı olarak seçilmelidir.

- Limanda konaklayacak tekne sayısı
- Yanaşma için bir tekneye gerekli rıhtım uzunluğuna ve yanaşma şekli,
- Boşaltma için harcanan zaman, konaklama ve denizde kalma süresi,
- Balık mevsimi ve pik periyotlar,
- Yerli teknelerin dışındaki teknelerin limanı kullanması,
- Liman içindeki teknelerin bir araya gelmesi.

3.4.3 Apron

Boşaltma rıhtımlarının genişliğini belirlemek için göz önüne alınacak faktörler;

- Balıklar mümkün olduğunca en az yağmur ve güneş ışığının etkisi altında kalmalıdır.
- Operasyon mekanik olarak yapılıyorsa, servis kamyonları bu operasyonlara engel olmamalıdır.
- Forklift veya kamyon gibi hareketli taşıma ekipmanları kullanıldığında, dönme ve geçme için uygun alanlar bırakılmalıdır.
- Genelde taşıma rıhtıma dik ise, istenilen genişlik paralel taşımacılıktan daha az olmalıdır.

Ön tasarım için rıhtım apron genişliği için aşağıdaki verilen değerler kullanılabilir;

- El ile yapılan operasyonlar için (gemi vinç yardımı var veya yok) 1.5 m-4 m
- Kıyıya yerleştirilmiş kren ve konveyörler veya raylı sistemlerle operasyon için 4 m-8 m
- Forklift ve/veya kamyon ile operasyon için 8 m-20 m

3.4.4 Tekne Bakım ve Onarımı

Tekne tamir ve bakımı için bir konvansiyonel kızak veya basit kaldırma ekipmanı olmalıdır. Bakım ve onarım hizmetlerinin kapasitesi bir yılda gemi başına 5-15 gün olarak tespit edilir. Bu hizmetin etkinliğine ve iş gücüne bağlıdır.

3.4.5 Binalar ve Diğer Hizmetler

Hizmet alanlarının ön boyutlandırılması için aşağıdaki değerler kullanılabilir;

- Yıkama ve ayırma 15-30 ton/m²/yıl
- Sergileme ve satma 1-15 ton/m²/yıl
- Tartma ve düzenleme 7-15 ton/m²/yıl
- Soğuk depolama 2-3 gün kapasiteli
- Paketleme 6-12 ton/m²/yıl
- Geçiş koridorları 8-16 ton/m²/yıl
- Yardımcı hizmetler zemin katta tüm binanın %15-20'i kadar alan

Planlamada dikkate alınabilecek hizmet binaları aşağıdaki gibidir;

- (i) Market Binası veya Sundurması
- (ii) iBuz Fabrikası
- (iii) iSoğuk Hava Deposu
- (iv) Ofisler, Kantin ve Bekleme Salonları
- (v) Diğer Hizmetler
 - Tamir
 - Yangın savunma
 - Destek hizmet depoları
 - Yakıt istasyonu
 - Av malzeme sundurması (bakım ve tamir)
 - Atık ve atık su arıtma
 - Drenaj
 - Yol ve park alanları

4.YAT LİMANLARI

4. YAT LIMANLARI

4.1 Genel

Yat limanları (marinalar) yatçıların teknelerini barındırabildikleri, yakıt gıda ve içme suyu gibi temel ihtiyaçlarını temin ettikleri yerlerdir. Yatçılık çok sayıda disiplini içermektedir. Yat limanı planlamasına başlamadan önce bu disiplinlerle ilgili çalışmalar yapılmalıdır. Teknelerin konaklamaları, seyirleri sırasındaki ihtiyaçları için gerekli servislerin verilmesi gerekmektedir.

4.2 Tekne Tipleri ve Boyutları

Tekneler boylarına ve yelkenli olup olmadıklarına göre sınıflandırılmaktadırlar. Bu sınıflandırmaya göre **Tablo 4.1**, **Tablo 4.2** ve **Tablo 4.3**'de tipik tekne boyutları tanımlanmıştır. **Çizim 4.1** ve **Çizim 4.2** da mega yatlar için genişlik, su çekimi ve uzunluk arasındaki ilişki verilmektedir.

Tablo 4.1 Teknelerin Tipik Tasarım Parametreleri

Uzunluk (m)	Su çekimi (D) (m)		Genişlik (B) (m)	
	motorlu	yelkenli	motorlu	yelkenli
0-5	0.80	1.40	2.20	1.80
5-9	1.00	2.00	3.60	3.00
9-12	1.20	2.40	4.10	3.40
12-15	1.040	2.080	4.80	3.90
15-20	1.660	3.40	5.30	4.40

Tablo 4.2 PIANC (1995) Tarafından Teknelerin Sınıflandırılması.

Sınıf	Loa (m)	Alt Sınıflar
I	Loa<5	Motorlu tekne/Yelkenli, Motor/yelkenli
II	5<Loa<8	Yaşam mahalli tekne, Yaşam mahalsiz tekne Yaşam mahalli- yelkenli, Yaşam mahalsiz-yelkenli Yaşam mahalli/motor/yelken, Yaşam mahalsiz/ motor/yelken
III	8<Loa<15	Motorlu tekne, Yelkenli, Motor/yelken
IV	Loa>15	Motorlu tekne, Yelkenli, Motor/yelken

4.3 Ulaşım Kanalı ve Liman Girişi

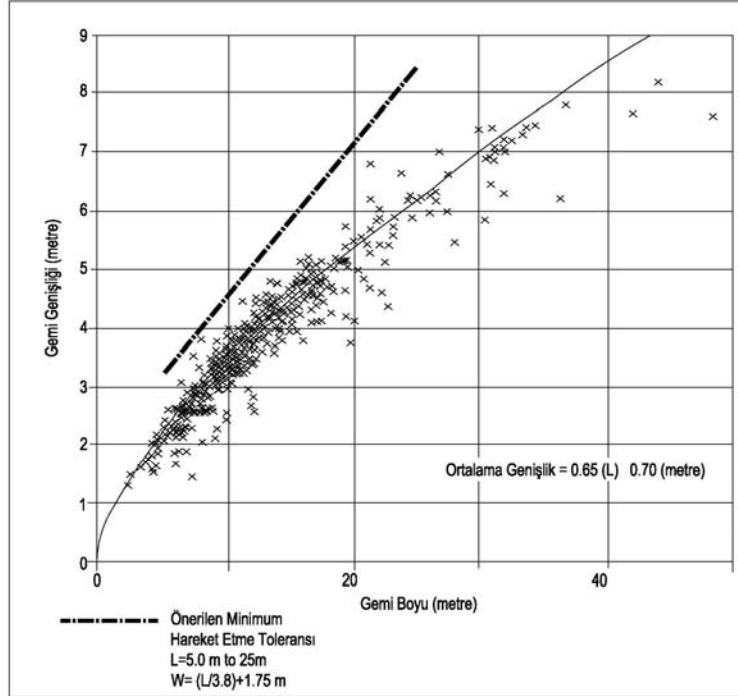
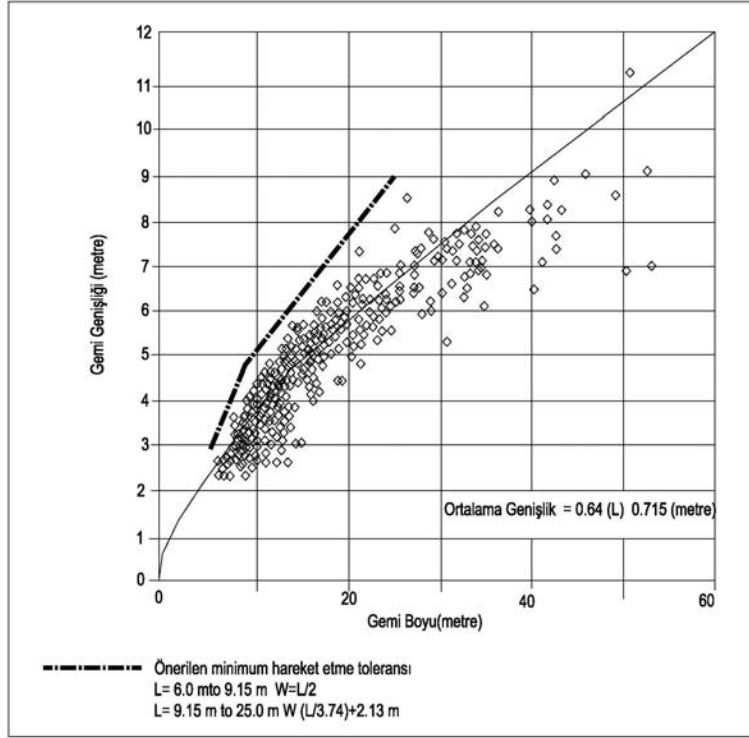
Limana giriş şartları çok dikkatli biçimde göz önüne alınmalıdır. Yerleşim planı hazırlanırken ulaşım kanalı dalga etkisine ve kumlanmaya karşı yeterince korunaklı biçimde tasarlanmalıdır.

Limana giren ve çıkan tekne trafiğinin istisnai şartlar altında bile (sis, karanlık, rüzgar gibi) emniyetli olması için ulaşım kanalı belirli bir minimum genişliğe sahip olmalıdır. Hernekadar liman girişi boyutlarında ulaşım kanalı boyutları belirleyici olsada normal şartlar altında liman

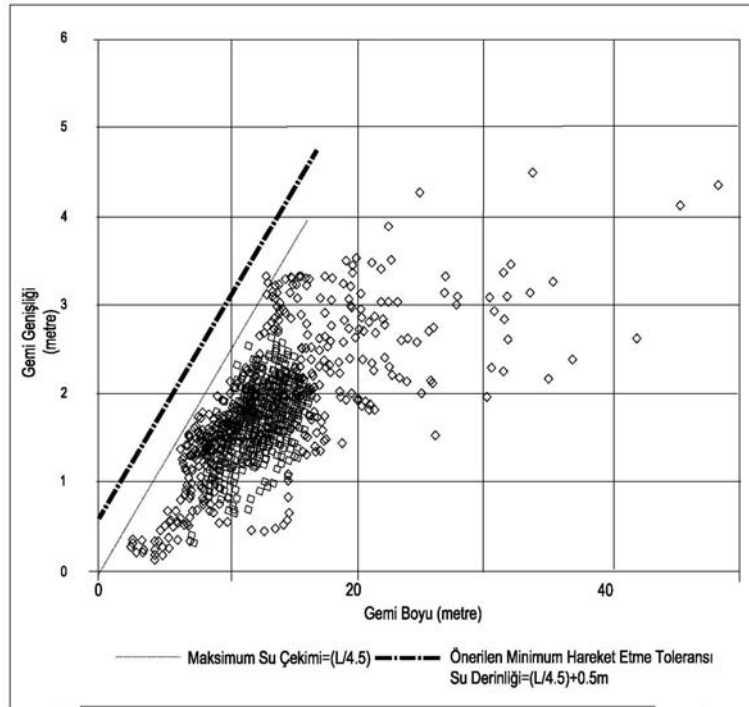
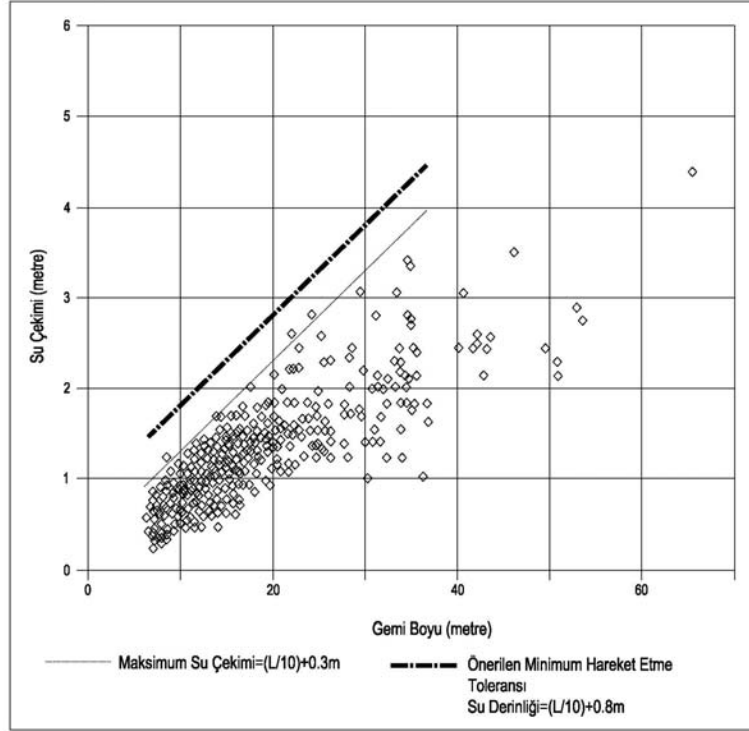
girişinin minimum genişliği 20-25 m veya yaklaşık olarak limanı kullanan **en büyük tekne genişliğinin 4.5-5 katı civarında olmalıdır**. Bu durum, ancak teknelerin düşük hızla seyir yapmaları halinde yeterlidir. Eğer girişte tekneler birbirlerini sıklıkla geçiyorlarsa ilave genişlik gerekmektedir.

Tablo 4.3 Gezinti Tekneleri için Tipik Standart Boyutlar (OCDI, 2002)

Tip	Toplam uzunluk (m)	Genişlik (m)	Su Çekimi (m)	Kütle (kg)
Gezi Teknesi	7.0	2.8	1.5	2,300
	7.5	2.9	1.6	2,600
	8.0	3.0	1.6	2,900
	8.5	3.1	1.7	3,200
	9.0	3.2	1.8	3,600
	9.5	3.4	1.8	4,100
	10.0	3.5	1.9	6,700
	10.5	3.6	1.9	7,200
	11.0	3.7	2.0	7,800
	11.5	3.8	2.0	8,400
	12.0	3.9	2.1	9,100
	12.5	4.1	2.2	9,800
	13.0	4.2	2.3	10,700
	13.5	4.4	2.3	11,500
	14.0	4.5	2.4	12,500
15.0	4.8	2.6	14,800	
16.0	5.1	2.8	17,500	
Küçük tekne	3.5	1.6	0.9	60
	4.0	1.7	1.0	80
	4.5	1.8	1.1	110
	5.0	1.9	1.2	150
	5.5	2.0	1.3	250
	6.0	2.1	1.3	330
	6.5	2.2	1.4	440
	7.0	2.3	1.6	600
7.5	2.5	1.7	820	
Motorlu tekne	6.0	2.6	0.6	1,800
	7.0	2.8	0.7	2,100
	8.0	3.0	0.7	2,800
	9.0	3.6	1.1	7,600
	10.0	3.8	1.1	8,700
	11.0	4.0	1.1	10,000
	12.0	4.1	1.1	11,600
	13.0	4.3	1.1	13,400
	14.0	4.7	1.1	15,600
	15.0	4.9	1.2	18,300
	16.0	4.9	1.2	21,500
17.0	5.1	1.2	25,600	
18.0	5.4	1.2	29,800	



Çizim 4.1 Teknelerin genişlik ve su çekimi ilişkisi (Mellor D.C.,1992)



Çizim 4.2 Teknelerin Uzunluk ve Su Çekimi İlişkisi (Mellor D.C.,1992)

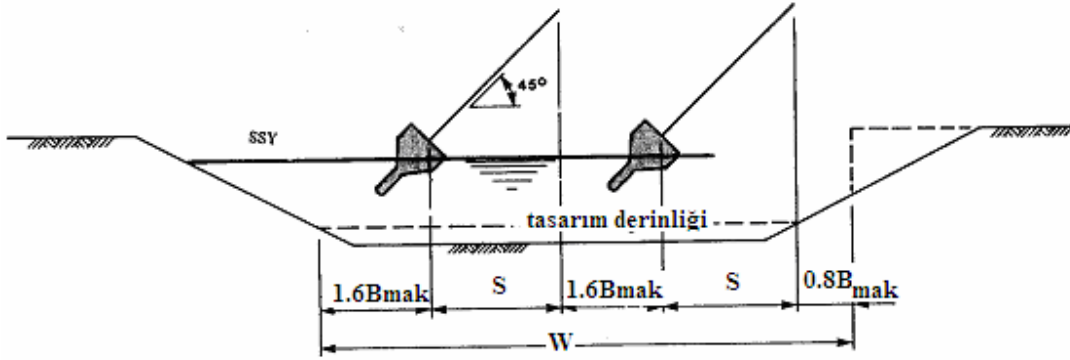
Yat limanlarının ulaşım kanallarının genişliği **Çizim 4.3**'da görüldüğü gibi yelkenlilerin seyirlerinde dikkate alınarak (4.1) bağıntısında verilmektedir. Ön planlama için ulaşım kanalının manevraya müsaade edecek kadar geniş olması gerektiği ve bu amaçla, motorlar için **2L**, yelkenliler için **2.5L** değerleri alınmaktadır. Ayrıca korunmuş bölgelerde bu değerlerin sırasıyla **1.75** ve hatta **1.5**'a kadar indirilebilir.

$$W = n \cdot S + 2.4 + 1.6(n-1)B_{maks} \quad (4.1)$$

burada

- W = Navigasyon kanalının en alçak su seviyesinde genişliği,
n = bir sırada seyir eden tekne sayısı,
B_{maks} = en büyük tasarım teknesinin genişliği,
S = yelkenlinin direk yüksekliğinin izdüşüm uzunluğu

dir.



Çizim 4.3 Bir yat limanına ait ulaşım kanalı.

Kanal derinliği genellikle düşük su seviyesinden ölçülerek hesaplanmalıdır. Ulaşım kanalı su derinliği ticari limanlardaki kriterler dikkate alınarak hesaplanacaktır. Ancak yaklaşık olarak 2-3 knot hızla giden küçük bir tekne için squat genellikle 0.3-0.5 m civarında alınmalıdır. Aynı squat değeri, manevra dairesinin tasarımında da kullanılmaktadır.

4.4 Manevra Dairesi

Manevra dairesinin çapı için verilen kriterlerden biri; limanı kullanacak en büyük tekne boyunun **2-2.5 katı** olduğu, diğeri ise seyirin bütün yıl boyunca devam ettiği yat limanlarında 50 m çapında bir manevra dairesinin yeterli olduğudur. Bu daire içinde squat 0.2 m civarında alınmalıdır.

4.5 Liman İçi Yerleşim

Yat limanlarında teknelerin yanaşması için genellikle sabit yada yüzen iskeler kullanılmaktadır.

Sabit iskeleler ekseriyetle derinliğin 5-6 m'yi geçmediği su yüzeyindeki salınımların 1 m'yi aşmadığı durumlarda inşaa edilirler. İskele döşemesinin üst kotu tasarım su seviyesi **Tablo 4.4**'de verilmektedir.

Tablo 4.4. Tekne Genişliğine Göre İskele Üst Kotu (m)

Tekne Boyu (m)	İskele Üst Kotu (m)
<7.5	0,8
>7.5 ve <12	1,2
>12	1,5

Su seviyesinin 0.5-1.5 m arasında değiştiği yerlerde yüzen iskele sistemi kullanılabilir. Ancak gel-git 1.5 m'yi aşarsa bu sistem de uygun bir çözüm olmamaktadır.

Yüzen iskele sisteminin üst kotu hareketli yükün olmadığı durum için ortalama olarak su yüzeyinden 0.5 m'den yukarıda olmalıdır. Bu iskeler rıhtıma mafsallı bağlantı köprüsü ile bağlanmaktadır. Bu rampanın eğimi genellikle ¼ dür. Genişlikleri ise 1.2 m, tutma korkulukları 1.10 m olarak alınabilir. İskele üzerine golf arabaları gibi küçük taşıtların çıkmasının planlandığı durumlarda, bağlantı köprülerinin genişlik, eğim ve yerleşimleri bu duruma uygun olarak tasarlanmalıdır.

Yat limanları için yerleşim planı ve boyutlandırması **Çizim 4.4**'deki gibi verilmektedir.

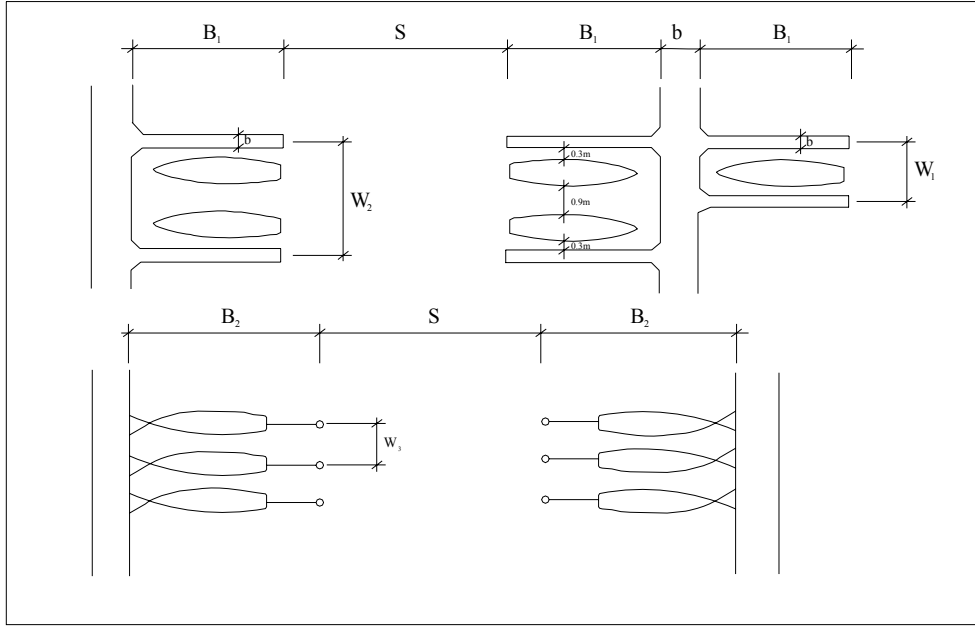
4.6 Park Alanı

Yat limanındaki araba parkının boyutları, limanda kalan tekne sayısına bağlı olarak planlanmalıdır.

4.7 Travel Lift

Modern limanlarda genellikle travel lift (vinç) kullanılır. Kaldırma amaçlı vinç basen yada rıhtıma dik iki iskele üzerinde hareket etmektedir. Su derinliklerinin uygun olduğu durumlarda travel lift baseni, rıhtım dış hattından içeri giren bir havuz şeklinde de oluşturulabilir. Dikdörtgen basenin genişlikleri 6.0 ile 8.5 m arasında değişebilmektedir. Uzunluğu ise en uzun teknenin uzunluğunun % 75'i kadar alınabilmektedir. Ancak travel lift basenlerinin ölçülendirilmesinde, kullanılacak vinçlerin her iki yöndeki aks açıklıkları, boyları ve kaldırma kapasiteleri dikkate alınmalıdır.

Çekek hizmetleri için kızak sistemleri de tercih edilebilmektedir. Travel lift imkanlarının kısıtlı olduğu durumlarda, su derinliklerinin de uygun olması halinde eğimli kızak rampaları düzenlenerek, teknelerin karaya alınır. Bu tür kızaklarda genel olarak taban eğimi 1:7~1:12 arasında alınabilir. Kızak tabanı genel olarak beton plaklarla kaplanabilir. Kızak içine lastik tekerli treyler girmesi mümkün olabildiği gibi bazı hallerde ray döşenerek özel imal edilmiş çekek arabalarının kullanılabilir. Kızak bulunan çekek alanlarında, rampa gerisinde manevra ve halat-ırgat sistemi için yeterli alan bırakılmalıdır.



İskele genişlikleri;

b ana iskele : 1.5-3.0 m

b' tali iskele : 1.0-1.5 m

Tekne uzunluğu	Yanaşma yeri uzunluğu	Karşılıklı iskeleler arası mesafe	İskeleler arası mesafe
L	$B_1=(0.7\sim 1.2)L$ $B_2=(1.5\sim 2.0)L$	$S=(1.5\sim 2.0)L$	$W_1=(\text{Maksimum genişlik})+b+(0.3\sim 0.6\text{m})$ $W_2=(2\times\text{Maksimum genişlik})+b+(1.5\sim 2.0\text{m})$ $W_3=(\text{Maksimum genişlik})+(1.0\sim 2.0\text{m})$
Not: Gezi yatlarının demirlenmesi sırasında bu değerler rüzgar nedeniyle yelken direklerinin temasından kaçınmak için dikkatlice hesaplanmalıdır.			

Çizim 4.4 Tekne bağlanma düzeni ve boyutlar (OCDI, 2002)

4.8 Hizmet Yapıları

Bir yat limanı kara sahasında bulunması gereken birim ve hizmetler Yat Turizm Yönetmeliği'nde detaylı olarak tanımlanmıştır. Bu yönetmeliğe uygun olarak kara tesislerinin yerleşimi ve boyutları planlanmalıdır.

Atelyeler :

Liman içinde bakım onarım, tamir işlerinin yürütülmesi için gerekli atelyeler gerektiği takdirde yapılmalıdır. Çekme alanının büyüklüğüne ve verilecek hizmet çeşidine göre atelye sayısı ve boyutları belirlenmelidir.

Yatçı Depoları :

Yatçıların özel eşyalarının geçici saklamak üzere kullanacakları depolar küçük odalar şeklinde planlanmaktadır. Limanın tekne kapasitesine bağlı olarak sayısı belirlenmelidir.

İdari Bina:

İdari bina, liman yönetimi ile ilgili tüm birimleri içerdiği gibi, resmi kurumların ofislerini de kapsamalıdır. Bu yapı içinde teknecilerin bilgi alacakları, resepsiyon, meteoroloji, danışma gibi bölümler ayrılmalı, ilk yardım ve sağlık odası, fax-telefon-internet ofisleri de düşünülmelidir.

Diğer :

Yat limanı içinde teknecilere hizmet vermek üzere, banka-döviz büroları, marketler, tekne malzemeleri satış alanları ve yat klübü şeklinde düzenlenmiş sosyal alanlar planlanabilir.

İçme Suyu :

Teknelerin içme suyu genellikle iskele ve rıhtım boyunca yerleştirilmiş servis kutularından sağlanmaktadır. Servis kutularının yerleşimi hizmet verilecek tekne sayısına göre belirlenmeli uygun basınç ve miktarda su verebilecek su deposu ve içmesuyu hattı tasarlanmalıdır.

Yangın suyu hattı içme suyu hattından ayrı olarak planlanmalıdır. Liman içinde ortalama olarak 30~50 metre aralıklarla yangın hidrantları bulunmalıdır.

Güç Kaynağı:

Teknelerin güç ihtiyaçları tekne tipine bağlı olarak değişmektedir. Liman içindeki tekne yerleşimine göre servis kutularının dağılımı yapılmalı ve tekne ihtiyacına uygun güçte elektrik temin edilmelidir. Herbir tekne 6 m'lik bir kablo ile servis kutularına ulaşabilmelidir.

Atıksu:

Yat limanlarında atıklar genel olarak mobil sistemlerle toplanmaktadır. Atıksuların toplanması Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne uygun olarak yapılmalıdır..

Limana sahasından toplanan evsel atıksuların bertarafı ilgili yürürlükteki yönetmeliklere uyum sağlamalıdır. Limanın bulunduğu bölgede kentsel alan atıksu şebekesinin bulunduğu durumlarda bu şebekeden yararlanmak mümkün olabilir. Şebeke bulunmayan bölgelerde toplanan atıksuyun liman sahası içinde arıtılması ve daha sonra uygun bir biçimde bertaraf edilmesi için gerekli altyapı tasarlanmalıdır.

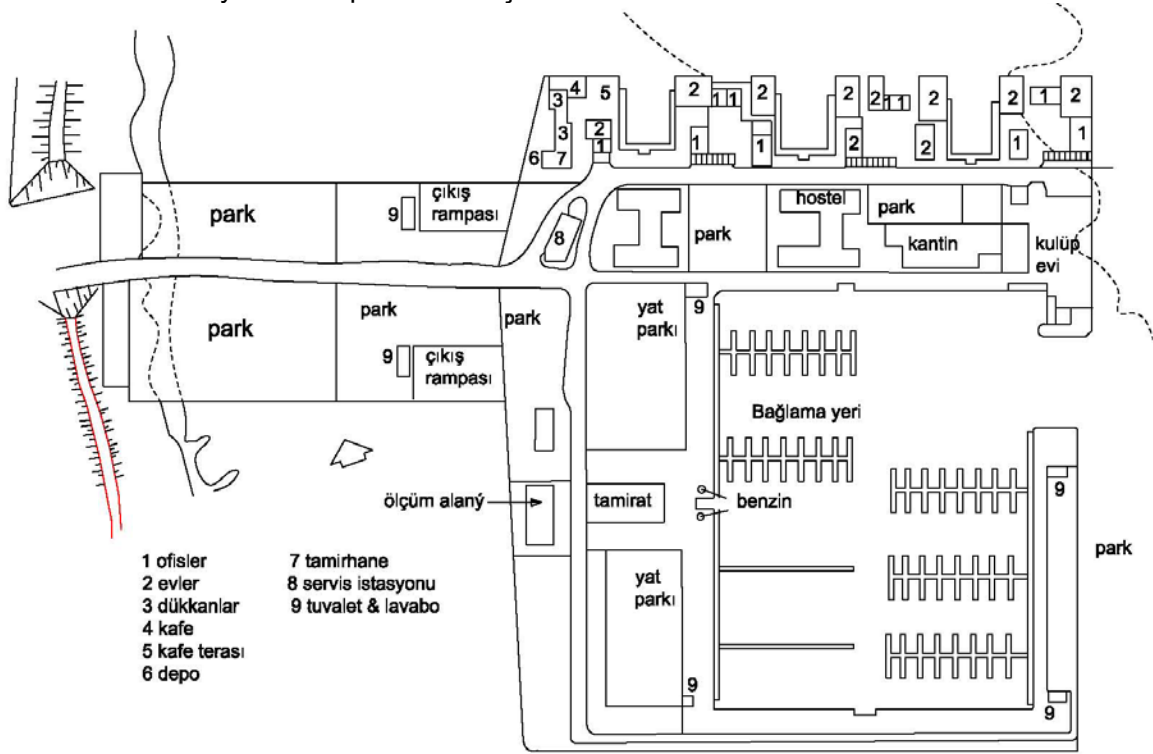
Akaryakıt :

Teknelere akaryakıt satışının öngörüldüğü limanlarda, akaryakıt pompaları ve tanklarının emniyet nedeniyle genel olarak limanın ücra bir köşesine yerleştirilmesi arzu edilir. Bu amaçla tekne ve yaya trafiğinden az etkilenen bir alanda akaryakıt iskelesi ve rıhtımı oluşturulabilir.

Sentine suyu:

Limanlarda sentine suyu alımı hizmeti verilmelidir. Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne uygun olarak gerekli tesisler liman sahası içinde planlanmalıdır.

Çizim 4.5'de örnek yat limanı planı verilmiştir.



Çizim 4.5. Örnek Yat Limanı İşletme Planı

BÖLÜM C

TASARIM

1.GENEL

1.GENEL

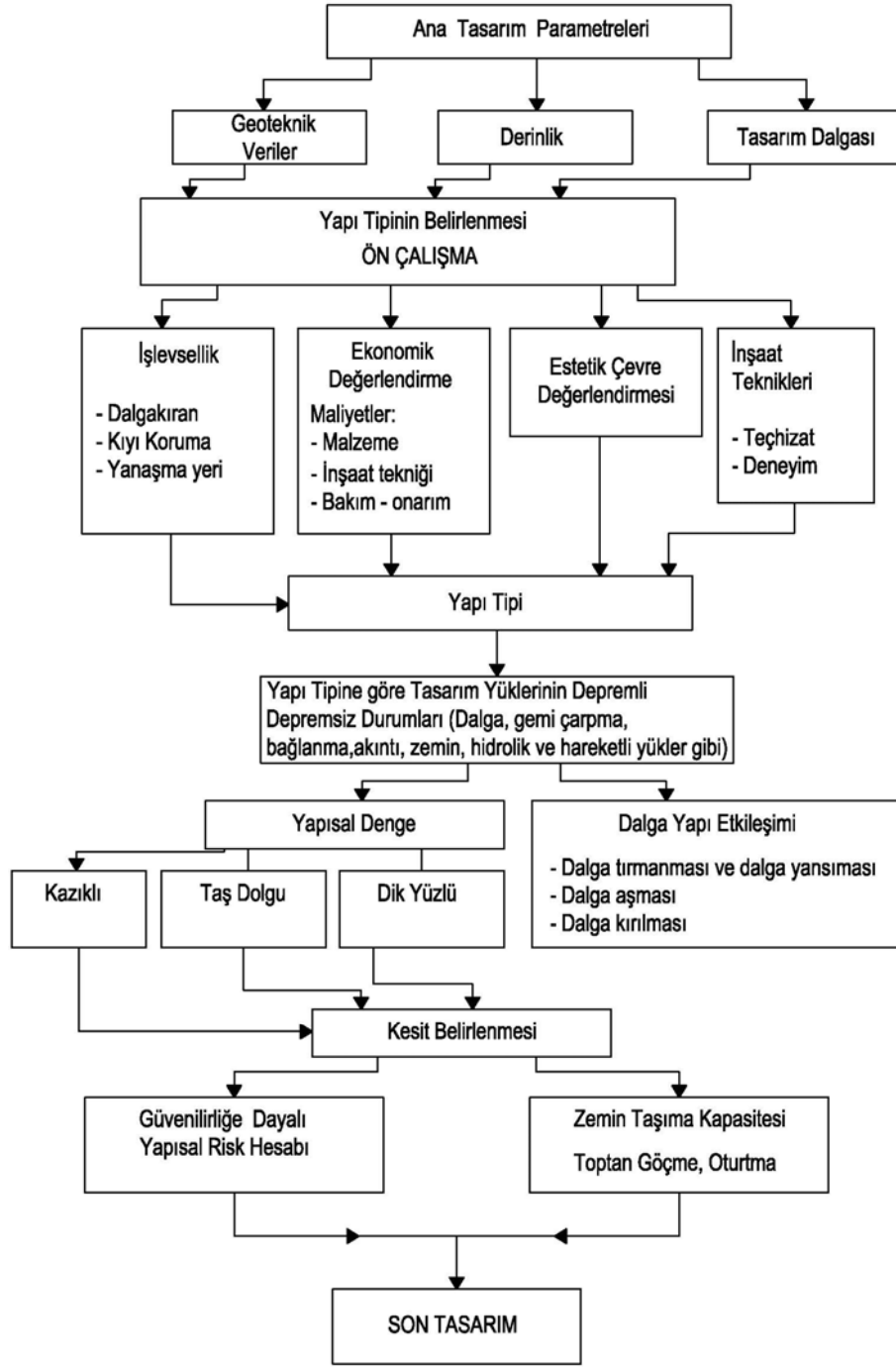
Kıyı yapıları Kıyı Mühendisliği problemlerine çözümler sunan yapılar olarak tasarlanırlar. Kıyı yapıları işlevlerine göre genelde 3 sınıfta incelenebilir;

- 1) Dalgakıranlar
- 2) Kıyı Koruma Yapıları
- 3) Yanaşma Yapıları

Kıyı yapıları yapı tiplerine göre 4 ana sınıfa ayrılabilir ;

- 1) Taş Dolgu Yapılar : Dalgakıran, mahmuz, kıyı tahkimatı gibi
- 2) Dik Yüzeyli Yapılar : Kıyı duvarları, keson tipi dalgakıranlar.
- 3) Kazıklı Yapılar : İskele, bağlanma, yanaşma yapıları gibi.
- 4) Yüzer İskeleler

Kıyı yapılarının tasarım ana şeması **Çizim 1.1**'de verilmiştir.



Çizim 1.1 Kıyı Yapıları Tasarım Akış Şeması

2.DALGAKIRAN TASARIMI

2. DALGAKIRAN TASARIMI

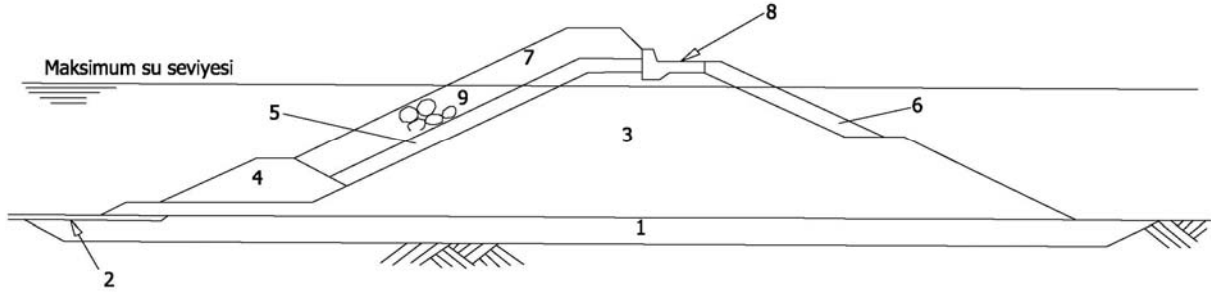
2.1 Taş Dolgu Dalgakıranlar

Dalgakıranlar tüm deniz vasıtalarının güvenilir olarak barınacakları ve liman işlevlerinin güvenilir bir şekilde yürütülmesine olanak sağlayan korunmuş su alanları yaratmak için tasarlanan yapılardır. Aynı zamanda kıyı koruma yapıları ve kıyı stabilize yapıları olarak tasarlanırlar. Dalgakıranların en sık karşılaşılan tipleri taş dolgu ve kompozit olanlarıdır.

2.1.1 Taş Dolgu Dalgakıranlar için Yapısal Tanımlar ve Hasar Tipleri

a) Yapısal Tanımlar

Taş dolgu dalgakıranlar eğimli yüzeye sahip ve farklı büyüklüklerdeki taş tabakalardan oluşan bir yapıdır. Taş dolgu dalgakıranlar dalgaları kırarak ve yansıtarak dalgakıran arkasındaki su haznesini dalgalara karşı koruyan yapılardır. Taş dolgu dalgakıranlara ilişkin yapısal tanımlar **Çizim 2.1**'de verilmiştir.



Tanımlar:

- 1) Yastık Tabakası
- 2) Topuk Önü Koruma
- 3) Çekirdek
- 4) Topuk
- 5) Filtre
- 6) Liman Tarafı Koruma Tabakası
- 7) Koruma Tabakası
- 8) Kronman Duvarı
- 9) Koruyucu Tabakada 2 Sıra Taş

Çizim 2.1 Taş Dolgu Dalgakıranlara İlişkin Yapısal Tanımlar(BS 6349:Part 7,1991)

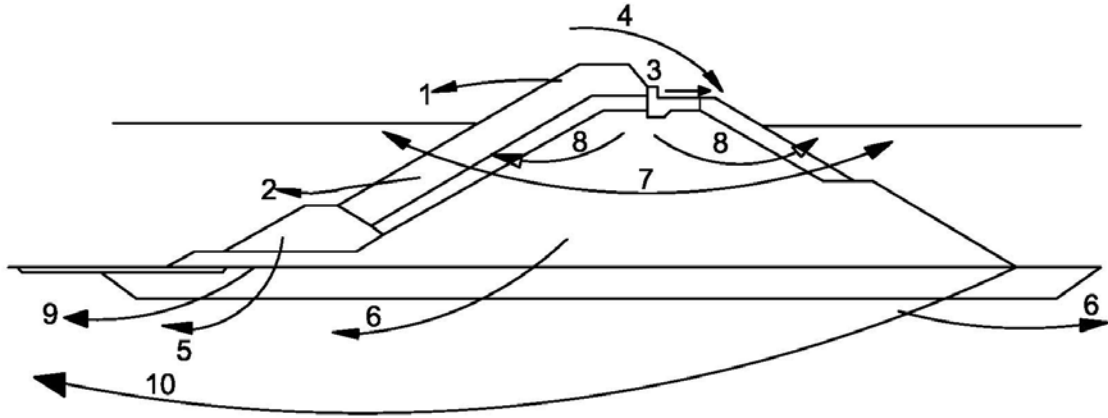
Ülkemizde taş dolgu dalgakıranlar, taş ocaklarından elde edilen ve dalga kuvvetlerine dayanıklı farklı büyüklüklerdeki taşlardan inşa edilmelidir. İstenilen özellik ve büyüklüğün sağlanamadığı durumlarda (örneğin, taş büyüklüğünün 15 tondan fazla olması durumu) tasarımda farklı tipleri olan beton bloklar kullanılır.

Dalga kuvvetleri taş dolgu dalgakıranlarda iki tür hasarın meydana gelmesine neden olurlar: Bunlar sırasıyla

- 1) Koruyucu tabaka da yer alan kaya veya betondan yapılan yapay blokların hareketi, (**hidrolik dengede (stabil) olmayan**) .
- 2) Koruyucu tabakada yer alan kaya veya yapay blokların kırılması (**betonun yapısal bütünlüğü**)

b) Hasar Tipleri

Dalgakıranda meydana gelebilecek hasar tipleri **Çizim 2.2**'de verilmiştir. Dalgakıran hasarlarını önleyici yapı detayları sırasıyla verilecektir.



Tanımlar:

- 1) Koruyucu tabaka su üstü seviyesi hasarı
- 2) Koruyucu tabaka su altı seviyesi hasarı
- 3) Kronman duvarı hasarı
- 4) Liman tarafı koruyucu tabaka hasarı(dalga aşması sonucu)
- 5) Topuk oyulması
- 6) Gövdenin toptan göçmesi
- 7) Çekirdek malzemesi kaybı
- 8) Çekirdek tabakası oturması (boşluk su basıncı)
- 9) Deniz tabanı oyulması
- 10) Zeminin toptan göçmesi

Çizim 2.2 Dalgakıranda Meydana Gelebilecek Hasar Tipleri (BS 6349:Part 7,1991)

2.1.2 Tasarım Dalgası Seçimi

- **Bölüm A'da Bölüm 1.5** Tasarım Dalgası Seçimi konusuna bakınız.

2.1.3 Dalga Yapı Etkileşimi

Kıyı yapı tasarımında dalgaların yapıya,

- a) Kırılmadan
- b) Kırılarak
- c) Kırılmış

olarak gelmeleri göz önüne alınmalıdır. Taş dolgu dalgakıran tasarımında göz önüne alınacak dalga yapı etkileşimleri sırasıyla verilmiştir.

2.1.3.1 Dalga Yansıması

a) Kıyı yapıları, gelen dalga enerjisini yansıtırlar. Dalga yansıması, gelen dalgalar ile yansıyan dalgalar arasındaki etkileşimden dolayı denizde yarattıkları düzensizlik nedeniyle bir takım problemlere (liman girişinde seyir zorlukları, liman içinde çalkantı artması gibi) neden olurlar. Yansıyarak büyüyen dalgalar koruyucu yapıların topuklarında deniz tabanında erozyona neden olur. Ayrıca, kıyı yapılarından yansıyan dalgalar yakın kıyılarda da erozyon oluşturabilirler.

YÜKSEL PROJE

b) Dalga aşmasının olmadığı geçirimsiz, düz dik duvarlar gelen dalga enerjisinin nerdeyse tamamını yansıtırlar. Geçirimli, yumuşak eğimli, taş dolgu yapılar ise enerjinin büyük bir kısmını emer ve küçük bir kısmını yansıtırlar. Dalga enerjisini emen yapılar liman basenlerinde kullanılır.

Dalga yansımaları veren yansımaya katsayısı (C_r) ile **Denklem 2.1**'de verilmiştir.

$$C_r = \frac{H_{sr}}{H_s} \quad (2.1)$$

H_{sr} : Yapı önünde yansıyan belirgin dalga yüksekliği (m)

H_s : Yapı önüne gelen belirgin dalga yüksekliği (m)

2.1.3.1.1 Dalga Aşmasının Olmadığı Eğimli Yapılardan Yansımaya

Taş dolgu dalgakıranlarda dalga aşmasının olmadığı durumlarda oluşan yansımaya katsayısının hesaplanması için 2 farklı yaklaşım kullanılır.

1) Dalga aşması olmayan geçirimsiz düz eğimli dalgakıranlarda yansımaya katsayısı **Tablo 2.1** ve **Denklem 2.2** kullanılarak hesaplanacaktır:

$$C_r = \frac{a\xi^2}{(b + \xi^2)} \quad (2.2)$$

a ve b: Yansımaya katsayıları

ξ : Irribarren katsayısı, kırılma parametresi **Denklem (1.65)**

ξ_{om} : Ortalama dalga periyoduna göre belirlenen kırılma benzetim parametresi **Denklem (1.66)**

ξ_{op} : Pik dalga periyoduna göre belirlenen kırılma benzetim parametresi **Denklem (1.67)**

Tablo 2.1. Yansımaya Katsayıları (CEM, 2003)

Yazar	Yapı	a	b
Seiling (1983) $2.5 \leq \xi \leq 6$	Geçirimsiz, düzgün, düz eğimli, düzenli dalgalar	1.0	5.5
Allsop ve Hettiarachchi (1988)	Dolos, düzenli dalgalar (ξ) Eğim 1:1.5 , 1:2 , 1:3	0.56	10.0
	Tetrapodlar, düzensiz dalgalar(ξ_{om}) Eğim 1:1.33 , 1:1.5 , 1:2	0.48	9.62
Allsop (1990) $3 \leq \xi_{om} \leq 6$	Düz ve geçirimsiz	0.96	4.8
	Geçirimsiz eğim üzerine 1 tabakalı kaya ya da taş alt tabakalı (P=1)	0.64	7.22
Benoit ve Teisson (1994) $2.7 \leq \xi_{om} \leq 7$	Geçirimsiz eğim üzerine 2 tabakalı kaya ya da taş alt tabakalı (P=1)	0.64	8.85
	2 Tabakalı koruyucu tabaka $H_s : 0.03 - 0.09m$, $T_p = 1.3s$, $d=0.4m$ Eğim 1:1.33, 1:1.5, 1:2	0.6	6.6
Davidson (1994)	Kaya eğim (1:1.1) üzerindeki ölçümler		
	Su derinliği d(m) $d > 3.25$	0.65	25
	$2.5 \leq d \leq 3.25$	0.60	35
	$d < 2.5$	0.64	80

2) Van Der Meer (1988) dalga yansımaya model verileri kullanılarak dalga aşmasının olmadığı taş dolgu eğimli yapılar için **Denklem (2.3)** kullanılacaktır.

$$C_r = 0.071(P)^{-0.082} (\cot \alpha)^{-0.62} (s_{op})^{-0.46} \quad (2.3)$$

α : Yapı veya taban eğimi

P: Geçirgenlik (Tanımlanmaması halinde 0.4 alınabilir)

s_{op} : Pik (en yüksek) periyoda karşılık gelen derin deniz dalga dikliği **Denklem (1.67)**

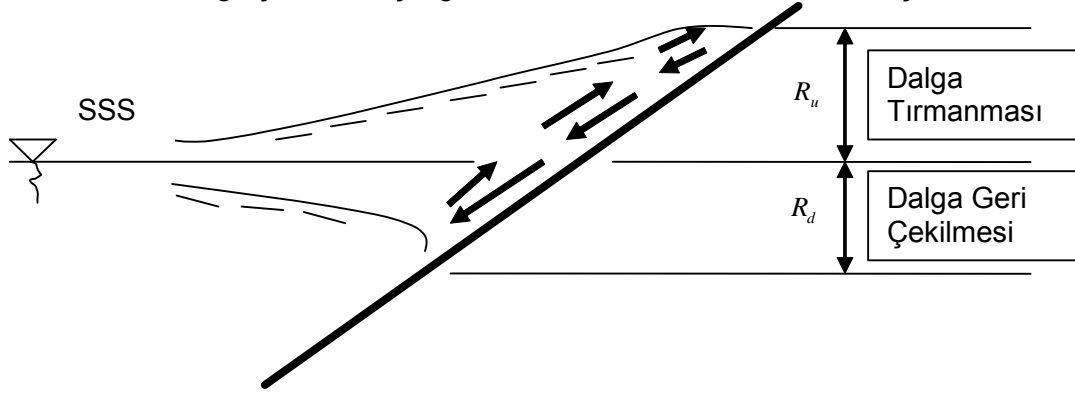
Taş dolgu dalgakıranlarda yansımaya katsayısı genel olarak **0.3** ile **0.6** arasında değişir. Doğal kumsalda ise yansımaya katsayısı **0.05** ile **0.2** arasındadır (**OCDI,2002**).

2.1.3.2 Dalgakıran Eğimi Üzerinde Dalga Tırmanması ve Geri Çekilmesi

Eğimli kıyı yapılarında kırılan dalgalar yapı üzerinde tırmanır ve geri çekilir.

Dalga tırmanması yapı yüksekliği hesaplamalarında, dalga aşmasını en düşük seviyede tutacak değeri yapı kret kotunu belirler.

Dalga tırmanması ve dalga çekilmesi için genel tanımlar **Çizim 2.3** 'de verilmiştir.



Çizim 2.3 Dalga Tırmanma ve Çekilmesi (Geçirimsiz Yapı Yüzeyi)

Dalga Tırmanması (R_u): SSS seviyesi ve dalganın tırmandığı en üst nokta arasındaki dik mesafedir.

Dalga Geri Çekilmesi (R_d): SSS seviyesi ve dalganın geri çekildiği en düşük nokta arasındaki dik mesafedir.

2.1.3.2.1 Dalga Tırmanması

(A) Geçirimsiz Eğimli Yüzeylerde Düzensiz Dalgalar için Dalga Tırmanması

- Battjes (1994)

$$\frac{R_{ui\%}}{H_s} = (A\xi + C)\gamma_r\gamma_b\gamma_h\gamma_\beta \quad (2.4)$$

$R_{ui\%}$: Gelen dalganın % i sinin aştığı R_u değeri

ξ : Kırılma parametresi (ξ_{om} veya ξ_{op}) **Denklem (1.66 veya 1.67)**

$\gamma_r, \gamma_b, \gamma_h, \gamma_\beta$: R_u değerini azaltma katsayıları

γ_r : Yüzey pürüzlülüğü azaltma katsayısı (Düzensiz yüzeyler için $\gamma_r=1$;

1 sıra taş koruma için, D taş çapı ; ($H_s/D = 1.5 - 3.0$) $\gamma_r = 0.55 - 0.6$

2 sıra taş koruma için; ($H_s/D = 1.5 - 6.0$) $\gamma_r = 0.50 - 0.55$

γ_b : Topuk azaltma katsayısı (Topuksuz yüzeyler için $\gamma_b=1$)

γ_d : Sığ suda dalga yüksekliği dağılımının Rayleigh dağılımından farklılaştığı zaman azaltma katsayısı (Rayleigh dağılımı için ($\gamma_d=1$))

γ_β : Dalga geliş açısı (yönsel dağılımın etkisinde içerilmiştir) azaltma katsayısı (Yapıya dik gelen dalgalar için $\gamma_\beta=1$)

A,C : ξ ve i değerlerine bağlı bir parametredir.

Düzgün ve geçirimsiz eğimler için A ve C katsayıları **Tablo 2.2'** de verilmiştir.

Tablo 2.2. A ve C Katsayıları

ξ	R_u	ξ Limitleri	A	C
ξ_{op}	$R_{u2\%}$	$\xi_p \leq 2.5$	1.6	0
		$2.5 < \xi_p < 9$	-0.2	4.5
	$R_{u33\%}$	$\xi_p \leq 2.0$	1.35	0
		$2.0 < \xi_p < 9$	-0.15	3.0

$R_{u2\%}$: Gelen dalganın %2' sinin aştığı R_u değeri

$R_{u33\%}$: Gelen dalganın %33' ünün aştığı R_u değeri

- **Waal ve Van Der Meer (1992)**

$$\frac{R_{u2\%}}{H_s} = \begin{cases} 1.5\xi_{op} & 0.5 < \xi_{op} \leq 2 \text{ limitleri için} \\ 3.0 & 2 < \xi_{op} < 3-4 \text{ limitleri için} \end{cases} \quad (2.5)$$

- **CEM (2003)**

Geçirimsiz yüzey üzerine en az 2 sıra taş kaplamalıdır.

$$\frac{R_{ui\%}}{H_s} = \begin{cases} A\xi_{om} & 1 < \xi_{op} \leq 1.5 \text{ limitleri için} \\ B(\xi_{om})^C & \xi_{op} > 1.5 \text{ limitleri için} \end{cases} \quad (2.6)$$

Denklem (2.6) 'de kullanılan katsayılar **Tablo 2.3** 'den alınır.

Geçirimli Eğimli Taş Kaplamalı Yüzeylerde Dalga Tırmanması (CEM, 2003)

$$\left. \begin{aligned} \frac{R_{ui\%}}{H_s} &= A\xi_{om} & 1.0 < \xi_{om} \leq 1.5 \\ \frac{R_{ui\%}}{H_s} &= B(\xi_{om})^C & 1.5 < \xi_{om} \leq (D/B)^{1/C} \\ \frac{R_{ui\%}}{H_s} &= D & (D/B)^{1/C} \leq \xi_{om} < 7.5 \end{aligned} \right\} \quad (2.7)$$

Denklem (2.7)'de kullanılan katsayılar **Tablo 2.3'**den alınır.

Tablo 2.3 Geçirimli ve Geçirimsiz Taş Kaplamalı Eğimlerde Kullanılacak Katsayılar (CEM, 2003)

%i	A	B	C	D ¹
0.1	1.12	1.34	0.55	2.58
2.0	0.96	1.17	0.46	1.97
5	0.86	1.05	0.44	1.68
10	0.77	0.94	0.42	1.45
33(belirgin)	0.72	0.88	0.41	1.35
50 (ortalama)	0.47	0.60	0.34	0.82

1 : Yalnız geçirimli eğimler için

Farklı eğimlere sahip basamaklı yüzeylerde dalga tırmanması genelde deneysel sonuçlara dayanmaktadır. Waal ve Van Der Meer (1992) denklemleri bu amaçla kullanılabilir. (Detaylı bilgi için **CEM VI-5**'e bakınız) Dalga tırmanma değerleri için ayrıca **OCDI 2002**' ye bakınız.

2.1.3.2.2 Dalga Geri Çekilmesi

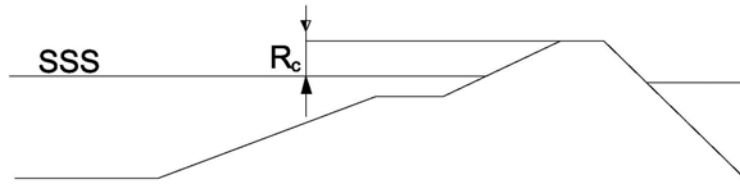
Düzgün ve geçirimsiz yüzeyler için dalga geri çekilmesi (R_d) aşağıda verilmiştir.

$$\frac{R_{d2\%}}{H_s} = \begin{cases} 0.33\xi_{op} & 0 < \xi_{op} \leq 4 \text{ limitleri için} \\ 1.5 & \xi_{op} > 4 \text{ limitleri için} \end{cases} \quad (2.8)$$

$R_{d2\%}$: Gelen dalganın % 2' sinin geri çekildiği R_u değeri

2.1.3.3 Yapı Üzerinden Dalga Aşması (Aşan Su Miktarı)

Dalga aşması, dalga tırmanmasının (R_u) , kret kotunu (R_c) geçmesi durumunda oluşur. Kret kotu tanımı **Çizim 2.4**'de verilmiştir. İzin verilen dalga aşma miktarı yapı tipine ve işlevine bağlıdır. Genelde yapılar izin verilen dalga aşmasının sınır değerleri için tasarlanmalıdır.

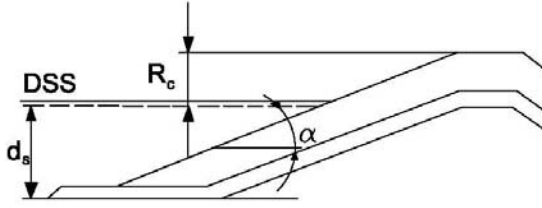


Çizim 2.4 Kret Kotu Tanımı (CEM ,2003) İzin Verilen Ortalama Dalga Aşma Miktarı

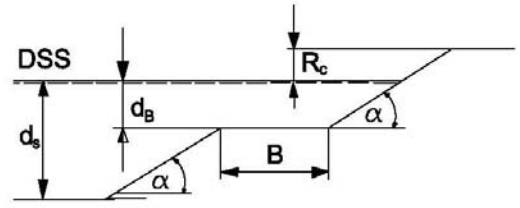
Dalga aşması miktarı zamana bağlı ortalama birim debi (q) ($m^3 / s - m$) olarak verilir.

Dalga aşmasının geometrik parametreleri **Çizim 2.5**'de verilmiştir.

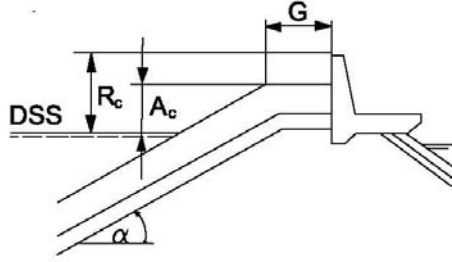
a) Düzgün Eğim



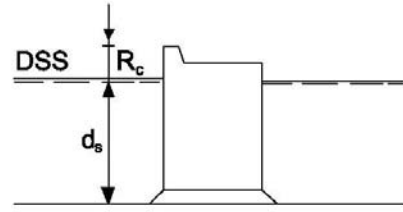
b) Basamaklı Eğim



c) Taş Dolgu Dalgakıran



a) Dik Duvar



d_B : Topukta ki su derinliği (m)

Çizim 2.5 Dalga Aşması ile İlgili Yapısal ve Geometrik Parametreler (CEM,2003)

Dalga aşması, kıyı yapısı arkasında bulunan korunmuş kullanma alanlarında tehlikeli durum veya hasar yaratabilir. Bu durum için kritik dalga aşma birim debileri **Tablo 2.4**'de verilmiştir.

Tablo 2.4. Dalga Aşma Kritik Değerleri (CEM, 2003)

		TRAFFİK EMNİYETİ		YAPISAL EMNİYET		
		ARAÇLAR	YAYALAR	BİNALAR	DOLGU KIYI DUVARI	KAPLAMALI KIYI DUVAR
10^0		Tüm hızlarda emniyetsiz	Çok tehlikeli	Yapısal Hasar	Tamamen koruması halinde bile hasar	Kaplamalı yürüme yolunda bile hasar
10^{-1}						Korunmamış arka şevde hasar
10^{-2}					Korunmamış krette hasar	
10^{-3}				Kıyı duvarları, dalgakıranlarda tehlikeli		
10^{-4}			Düşey yüzü ve Dalgakıranlarda tehlikeli			
10^{-5}					Hasar yok	
10^{-5}		Yüksek hızda emniyetsiz	Rahatsız edici ancak Tehlikeli değil			
10^{-6}				Islak ancak rahatsız edici değil		
10^{-7}		Her hızda emniyetli		Hasar yok		

Dalga aşması miktarı tanımlamalarında iki tip matematiksel model kullanılır:

$$1. Q = ae^{-(bR)} \quad (2.9)$$

$$2. Q = aR^{-b} \quad (2.10)$$

Q : 1 m için tanımlanmış boyutsuz ortalama dalga aşması debisi

R : Boyutsuz kret kotu

Tablo 2.5' de boyutsuz ortalama dalga aşma debisi için kullanılması önerilen örnek modeller verilmektedir .

Tablo 2.5 Dalga Aşma Debi Örnek Modelleri (CEM, 2003)

Araştırmacı	Yapı Tipi	Dalga Aşma Modeli	Boyutsuz Debi (Q)	Boyutsuz Kret Kotu (R)
Bradbury ve Allsop (1988)	Taş dolgu	$Q=a R^{-b}$	$\frac{q}{gH_s T_{om}}$	$\left(\frac{R_c}{H_s}\right)^2 \left(\frac{s_{om}}{2\pi}\right)^{0.5}$
Aminti ve Franco (1988)	Taş,tetrapod,küp	$Q=a R^{-b}$	$\frac{q}{gH_s T_{om}}$	$\left(\frac{R_c}{H_s}\right)^2 \left(\frac{s_{om}}{2\pi}\right)^{0.5}$
Pedersen	Taş dolgu	$Q=R$	$\frac{qT_{om}}{L_{om}^2}$	$3.2 \times 10^{-5} \frac{H_s^5 \tan \alpha}{R_c^3 A_c B}$

Tablo 2.5'de verilen modellerin denklemleri sırasıyla verilmiştir.

- Dalga Aşma Debi (q) Denklemleri

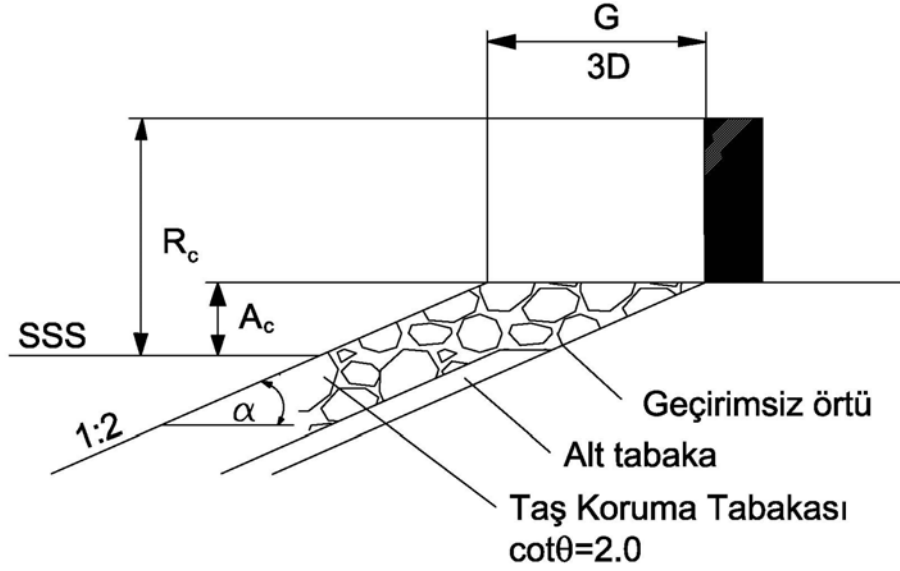
Düzensiz (rüzgar dalgaları) ve yapıya dik gelen dalgalar için;

1) Bradbury ve Allsop (1988)

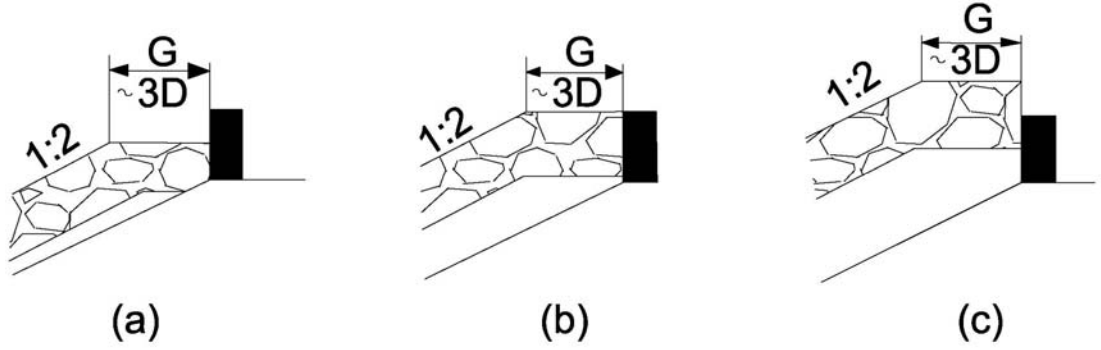
Bu denklem taş korumalı düzgün geçirimsiz ½ eğimli kronman duvarlı yapılar için verilmiştir:

$$\frac{q}{gH_s T_{om}} = a \left[\left(\frac{R_c}{H_s} \right) \sqrt{\frac{s_{om}}{2\pi}} \right]^{-b} \quad (2.11)$$

Çizim 2.6 ve **Çizim 2.7'** de yapıların geometrik özellikleri **Tablo 2.6'**da denklem katsayıları verilmiştir.



Çizim 2.6 Yapıların Genel Geometrik Özelliklerinin Tanımı (CEM, 2003)



Çizim 2.7 Kronman Duvarının Korunma Çizimleri (CEM, 2003)

Tablo 2.6 Denklem Katsayıları

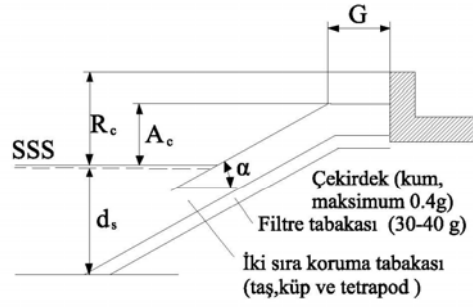
Kesit	G/H_s	G/R_c	A_c/R_c	$a \cdot 10^9$	b
a	0.79-1.7	1.07	0.71	1.6	3.2
b	0.79-1.7	1.07	1.00	0.37	2.9
c	0.79-1.7	0.83	1.00	1.3	3.8

2) Aminti ve Franco (1988)

Bu denklem taş korumalı düzgün, geçirimsiz eğimlerde (1/1.33 ve 1/2) kullanılması için verilmiştir:

$$\frac{q}{gH_s T_{om}} = a \left[\left(\frac{R_c}{H_s} \right) \sqrt{\frac{S_{om}}{2\pi}} \right]^{-b} \quad (2.12)$$

Çizim 2.8'da, yapının geometrik özellikleri, Tablo 2.7'de denklemde kullanılacak katsayılar verilmiştir.



Test aralığı
 $H_s = 0.136m$
 $T_{om} = 1.33s$
 $S_{om} = 0.05s$
 $d_s / H_s = 2.9$
 $\cot \alpha = 1.33, 2.0$
 $R_c / H_s = 0.6-2.0$
 $A_c / H_s = 0.6, 0.75, 1.05$
 $G/H = 1.1, 1.85, 2.6$
 3, 5 ve 7 taş çapına
 denk gelecek genişlik

Çizim 2.8 Yapının Geometrik Özellikleri (CEM, 2003)

Tablo 2.7 Farklı koruyucu tabakalar için gerekli denklem katsayılarını göstermektedir.

Tablo 2.7 Denklem Katsayıları (CEM, 2003)

Koruyucu Tabaka	\cot	G/H_s	$a \cdot 10^8$	b
Kaya	2.00	1.10	17	2.41
		1.85	19	2.30
		2.60	2.3	2.68
	1.33	1.10	5.0	3.10
		1.85	6.8	2.65
		2.60	3.1	2.69
Küp	2.00	1.10	8.3	2.64
		1.85	15	2.43
		2.60	84	2.38
	1.33	1.10	62	2.20
		1.85	17	2.42
		2.60	1.9	2.82
Tetrapod	2.00	1.10	1.9	3.08
		1.85	1.3	3.80
		2.60	1.1	2.86
	1.33	1.10	5.6	2.81
		1.85	1.7	3.02
		2.60	0.92	2.98

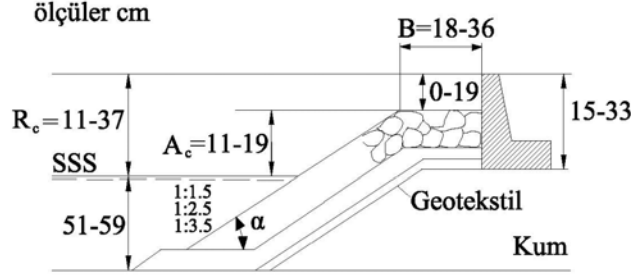
3) Pedersen ve Burcharth (1992) Denklemi

Bu denklem taş dolgu (geçirgen) eğimli kronman duvarlı yapılarda kullanılması için verilmiştir.

$$\frac{qT_{om}}{L_{om}^2} = 3.2 \times 10^{-5} \left(\frac{H_s}{R_c} \right)^3 \frac{H_s^2}{A_c B \cot \alpha} \quad (2.13)$$

Geçirgenlik $P=0.4$ alınmıştır.

Geometrik özellikler ve test parametre aralığı **Çizim 2.9**'da verilmiştir.



Test aralığı

$$H_s = 0.10 - 0.18_m$$

$$T_{om} = 1.07 - 1.94_s$$

$$T_{op} / T \cong 1.13$$

$$\xi_{om} = 1.1 - 5.1$$

$$S_{om} = 0.02 - 0.06$$

$$R_c / H_s = 0.7 - 3.6$$

$$H_s / A_c = 0.5 - 1.7$$

$$A_c / B = 0.3 - 1.1$$

$$\cot \alpha = 1.5 - 3.5$$

Her test için dalga sayısı 5000 den büyük

Çizim 2.9 Geometrik Özellikler (CEM, 2003)

2.1.4 Taş Dolgu Dalgakıran Tasarım Yöntemleri

Koruyucu tabakadaki taş elemanlarının kullanıldığı tasarım denklemleri aşağıda verilen koşullar için geçerlidir.

- Koruyucu tabakada 2 sıra taş kullanılacaktır
- Tasarım yapıya dik gelen dalgalar için yapılacaktır.
- Dalga kesit tasarımı model deneyleri yapılarak kesinleştirilecektir.

2.1.4.1 Hudson (1974)

Taş dolgu dalgakıranlar için tasarım formülleri dalgakıran gövde ve kafası için aşağıda verilmiştir.

$$W = \frac{\gamma_s H^3}{K_D \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \right)^3 \cot \alpha} \quad \text{veya} \quad \frac{H}{\Delta D_{50}} = (K_D \cot \alpha)^{1/3} \quad (2.14)$$

W: Ortalama taş büyüklüğü ağırlığı , $W = M_{50} g$

M_{50} : Ortalama taş büyüklüğü kütlesi , $M_{50} = \rho_s D_{50}^3$

H: Tasarım dalga yüksekliği (m)

D_{50} : Taşların %50 sinin ağırlığının daha az olduğu taşın çapıdır

$$\Delta = \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} \right) - 1$$

ρ_s : Taşın özgül kütlesi (t/m^3), $\left(\rho_s = \frac{\lambda_s}{g} \right)$ (Malzeme ile ilgili bölüme bakınız)

ρ_w : Suyun özgül kütlesi (t/m^3), $\left(\rho_w = \frac{\lambda_w}{g} \right)$ (İnşaat bölgelerindeki su özelliklerine göre alınmalıdır)

α : yapı eğimi

K_D : Denge katsayısı

2.1.4.1.1 Hudson (1974) Formülünde Koruma Tabakasında Kullanılacak Taş İçin Gerekli K_D Değerleri

Hudson formülünde koruma tabakasında kullanılacak taş için gerekli K_D değerleri gövde kesiti ve kafa kesiti için **Tablo 2.8** ,**Tablo 2.9** ve **Tablo 2.10**'da verilmiştir.

Tablo 2.8 K_D Değerleri Tasarım Dalgası $H = H_s$, Eğim Açılı $1.5 \leq \cot \alpha \leq 3.0$ (SPM 1977)

Taş Şekli	Yerleştirme	Hasar ⁴			
		0 - 5% Kırılan Dalga ¹	Kırılmayan Dalga ²	5-10% Kırılmayan Dalga	10-15% Kırılmayan Dalga
Düzensiz (smooth rounded)	Düzensiz	2.1	2.4	3.0	3.6
Pürüzlü (rough angular)	Düzensiz	3.5	4.0	4.9	6.6
	Özel ³	4.8	5.5		
Pürüzlü (rough angular)					

Tablo 2.9 K_D değerleri tasarım dalgası $H = H_{1/10}$ (SPM 1984)

Taş Şekli	Yerleştirme	Hasar ⁴ D= %0-5	
		Kırılan Dalga ¹	Kırılmayan Dalga ²
Düzensiz(smooth rounded)	Düzensiz	1.2	2.4
Pürüzlü (rough angular)	Düzensiz	2.0	4.0
Pürüzlü (rough angular)	Özel	5.8	7.0

¹ Yapı önünde kırılan dalga

² Yapı önündeki derinlikte kırılmayan dalga (yapı eğimi üzerinde kırılan dalga)

³Taşların uzun ekseni boyunca özel olarak yerleştirilme

⁴Hasar yüzdesi (D), **1984 SPM'de** şu şekilde tanımlanır : Belirli bir dalga yüksekliğinde, dalgakıran üzerinde birim alanda yer değiştiren taş sayısının birim alandaki toplam taş sayısına oranıdır.

Dalgakıran **kafa kesiti** için K_D değerleri **Tablo 2.10**'da verilmiştir.

Tablo 2.10 Dalgakıran Kafası için K_D değerleri tasarım dalgası $H = H_{1/10}$ (SPM 1984)

Taş Şekli	Yerleştirme	Hasar ⁴		Yapı Eğimi Cot α
		Kırılan Dalga	Kırılmayan Dalga	
Düzensiz (smooth rounded)	Düzensiz	1.1	1.9	1.5 - 3.0
Pürüzlü (rough angular)	Düzensiz	1.9	3.2	1.5
		1.6	2.8	2.0
		1.3	2.3	3.0
Pürüzlü (rough angular)	Özel	5.3	6.4	5.0

Not: SPM (1977) tasarım dalgası için $H_D=H_S$, SPM (1984) ise tasarım dalgası $H_D=H_{1/10}$ kullanılması önerilmektedir.

Dalgakıran ön tasarımında tasarım dalgası için belirgin dalga yüksekliği ve SPM(1984) de kullanılan K_D değerleri kullanılması öngörülmektedir. Dalga kırılma koşulu olarak $\frac{d_s}{gT^2}$ hesaplanarak **Çizim**

1.37'den kırılan dalga yüksekliği (H_b) bulunacaktır. Kırılma koşuluna denk gelen K_D değeri kullanılarak taş büyüklüğü hesaplanacaktır. Dalga kırılma durumu dışında ise tasarım dalgası $H_{1/10}$ kullanılacaktır. Her iki durumdada SPM (1984) de önerilen K_D değerleri kullanılacaktır. Stabilité için fiziksel model yapılmalıdır.

2.1.4.1.2 Koruyucu Topuk Olması Durumunda Hudson (1974) Formülünde Koruma Tabakasında Kullanılacak Kúp ve Antifer Elemanlar için Gerekli K_D Değerleri

Kúp ve antifer bloklar için ayrı ayrı olarak, çeşitli yapı eğimleri ve dalga kırılma koşulları için ayrıntılı olmak üzere elde edilen denge katsayıları gövde kesiti ve kafa kesiti için sırasıyla **Tablo 2.11** ve **Tablo 2.12**'de (**ODTÜ,1998**) verilmiştir.

Tablo 2.11 Taş dolgu dalgakıranların koruma tabakalarında kúp yada antifer bloklar kullanılması, koruyucu topuk yapılması durumlarında, çeşitli dalgakıran eğimleri için düzensiz dalga koşulları altında gövde kesiti için önerilen denge katsayıları (K_D katsayıları)

GÖVDE KESİTİ ¹ Hasar D= %0-5				
Cot α	KIRILMAYAN DALGA KOŞULLARI		KIRILAN DALGA KOŞULLARI	
	KÚP	ANTİFER	KÚP	ANTİFER
1.5	4.5	5	3.5	4
2.0	6.5	7	5	5.5
2.5	7.5	8	6	6.5
3.0	8.5	9	7	7.5
3.5	9.5		8	

Tablo 2.12 Taş dolgu dalgakıranların koruma tabakalarında kúp yada antifer bloklar kullanılması, koruyucu topuk yapılması durumlarında, çeşitli dalgakıran eğimleri için düzensiz dalga koşulları altında kafa kesiti için önerilen denge katsayıları (K_D katsayıları)

KAFA KESİTİ ¹ Hasar D= %0-5				
Cot α	KIRILMAYAN DALGA KOŞULLARI		KIRILAN DALGA KOŞULLARI	
	KÚP	ANTİFER	KÚP	ANTİFER
1.5		4		3.5
2.0	5	5.5	4	4.5
2.5	6	6.5	5	5.5
3.0	7	7.5	6	6.5
3.5				

¹ Kúp ve antifer için önerilen denge katsayılarının kullanım koşulları;

Koruma tabakasındaki bloklar % 46 gözeneklilik sağlayacak biçimde en az 2 tabaka olmak üzere düzenli olarak yerleştirilmelidir.

- Koruma tabakasının deniz tabanı ile birleştiği bölgede (dalgakıran eteğinde) , tasarım dalgası zemin ve su derinliği özelliklerine göre seçilecek uygun büyüklükteki taşlar kullanılarak koruyucu topuk yapılmalıdır.
- Küp yada antifer bloklar, denize dayanıklı beton ile donatısız olarak imal edilmeli, sağlam ve çatlaksız olmalı ve suya doymun iken yüzeyi kuru olduğundaki özgül ağırlığı en az 2.4 ton/m³ olmalıdır.
- Küp ve antiferler özel olarak yerleştirilmelidir.(Bakınız yapım şartnamesi)
- Kilitleme özelliği bakımından küp yerine antifer kullanılması önerilmektedir.

2.1.4.1.3 Hudson (1974) Formülünde Koruma Tabakasındaki Gövdede ve Kafada Kullanılacak Tetrapod Elemanlar için Gerekli K_D Değerleri

**Tablo 2.13 Dalgakıran Gövdesi için K_D değerleri tasarım dalgası $H = H_{1/10}$,
D = %0 - % 5 hasar, (SPM 1984)**

Koruyucu Tabaka	Yerleştirme	Tabakalar	Kırılan Dalga	Kırılmayan Dalga	Yapı Eğimi
Tetrapod	Rastgele	2	7.0 ¹	8.0	1.5
					2.0
					3.0

**Tablo 2.14 Dalgakıran Kafası için K_D değerleri tasarım dalgası $H = H_{1/10}$,
D = %0 - % 5 hasar, (SPM 1984)**

Koruyucu Tabaka	Yerleştirme	Tabakalar	Kırılan Dalga	Kırılmayan Dalga	Yapı Eğimi
Tetrapod	Rastgele	2	5.0 ¹	6.0	1.5
			4.5	5.5	2.0
			3.5	4.0	3.0

¹ Sadece ön tasarımlar için geçerli olup uygulama projesinde deneylerle test edilmesi gereklidir.

Kafa için hesaplanan taş büyüklüğü değerleri **Bölüm 2.1.5.1**'de hesaplanan taş büyüklüğü değerleri ile karşılaştırılmalıdır.

Not:

- Koruma tabakasındaki kullanılacak diğer beton elemanların K_D değerleri için **SPM (1984)** ve **CEM (2003)** bakılmalıdır.
- Kullanılacak olan taş ağırlıkları $0.75W < W < 1.25W$ arasında olacak ve taşların %75'i ortalama taş ağırlığı (W) den büyük olacaktır.

2.1.4.2 Van der Meer (1988)

2.1.4.2.1. Van der Meer (1988) formülünde koruma tabakasında kullanılacak taş büyüklüğü için hesaplama yöntemi

Plunging Kırılma (Kıvrılarak Kırılan Dalga) $\xi_m < \xi_{mc}$ için;

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 6.2 S^{0.2} P^{0.18} N_z^{-0.1} \xi_m^{-0.5} \quad (2.15)$$

Surgung Kırılma (Sönümlenerek Kırılan Dalga) $\xi_m > \xi_{mc}$ için;

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 1.0 S^{0.2} P^{-0.13} N_z^{-0.1} (\cot \alpha)^{0.5} \xi_m^P \quad (2.16)$$

$$\xi_m = s_m^{-0.5} \tan \alpha \quad (2.17)$$

$$\xi_{mc} = \left(6.2 P^{0.31} (\tan \alpha)^{0.5} \right)^{1/(P+0.5)} \quad (2.18)$$

s_m : Dalga dikliği , $s_m = H_s / L_{om}$, $0.005 \leq s_m \leq 0.06$ için geçerli

L_{om} : Ortalama dalga periyoduna karşılık gelen derin deniz dalga uzunluğu

ξ_{mc} : Kritik kırılma parametresi değeri

H_s : Dalgakıran önündeki tasarım belirgin dalga yüksekliği (m)

D_{n50} : Taşların %50 sinin ağırlığının daha az olduğu taşın çapıdır

M_{50} : Ortalama taş büyüklüğü kütlesi $M_{50} = \rho_s D_{n50}^3$

$$\Delta = \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} \right) - 1$$

ρ_s : Taşın özgül kütlesi (t/m^3), $\left(\rho_s = \lambda_s / g \right)$ (Malzeme ile ilgili bölüme bakınız)

ρ_w : Suyun özgül kütlesi (t/m^3), $\left(\rho_w = \lambda_w / g \right)$ (İnşaat bölgelerindeki su özelliklerine göre alınmalıdır)

S : Hasar Seviyesi $S = \frac{A_e}{D_{n50}^2}$, A_e : Hasara göre kesit alanı (m^2) (**Tablo 1.15**)

P : Geçirimsizlik (Permabilite) Katsayısı $0.1 \leq P \leq 0.6$ (önerilen $P = 0.4$ dür)

N_z : Dalga sayısı ($N_z \leq 7500$)

α : Yapı eğimi

Tablo 2.15 İki tabakalı taş dolgu için aşınmış alan (S) parametresine göre hasar seviyeleri

Birim	Eğim	Hasar Başlangıcı	Orta hasar	Tam Hasar
Taş	1 : 1.5	2	3-5	8
Taş	1 : 2	2	4-6	8
Taş	1 : 3	2	6-9	12
Taş	1 : 4 - 1 : 6	3	8-12	17

Van der Meer denklemleri kullanılarak yapılacak tasarım detayları için CEM, 2003'e bakınız.

2.1.4.2.2 Van der Meer (1988) formülünde koruma tabakasında kullanılacak beton eleman büyüklüğü için hesaplama yöntemi

Koruyucu tabakalarda beton elemanlarının kullanıldığı tasarım denklemleri beton elemanların şekillerine göre verilmiştir. Bu denklemler 1:1.5 eğimli koruyucu tabakada rastgele yerleştirilmiş 2 sıra küp;

- Dalga aşması gözlenmeyen eğimler
- Düzensiz ve dik gelen dalgalar için geçerlidir.

1. Beton Küp (Van der Meer 1988)

Yapı önünde kırılmayan dalgalar , kırılma benzetim parametresi $3 < \xi_m < 6$ için geçerlidir.

$$\xi_m = s_m^{-0.5} \tan \alpha \quad (2.19)$$

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = (6.7N_{od}^{0.4} / N_z^{0.3} + 1.0) s_m^{-0.1} \quad (2.20)$$

H_s : Dalgakıran önündeki tasarım belirgin dalga yüksekliği (m)

ρ_s : Betonun özgül kütlesi (t/m³)

ρ_w : Suyun özgül kütlesi (t/m³)

$$\Delta = \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} \right) - 1$$

s_{om} : Derin deniz dalga dikliği , $s_m = \frac{H_s}{L_{om}}$

L_{om} : Ortalama dalga periyoduna karşılık gelen derin deniz dalga boyu

N_z : Yapı dengesinin sağlandığı dalga sayısı ($N_z \leq 7500$)

D_n : Koruyucu tabakada yerdeğiştiren küp sayısı

N_{od} : Koruyucu tabakada genişliği D_n olan alanda yer değiştiren küp sayısı

Brorsen, Burcharth ve Larsen kırılmayan dalgalarda, $\frac{H_s}{\Delta D_n}$ ve K_D değerleri için **Tablo 2.16** kullanır.

Tablo 2.16 $H_s / \Delta D_n$ ve Bu Değere Karşılık Gelen K_D Değerleri (CEM, 2003)

Hasar Seviyesi	$\frac{H_s}{\Delta D_n}$	K_D	
		Eğim 1:1.5	Eğim 1:2
*Hasar başlangıcı , S = 2	1.8 - 2.0	3.9 – 5.3	2.9 – 4.0
Orta hasar, S = 3-5	2.3 – 2.6	8.1 – 12	6.1 – 8.8

* Hasar başlangıcı S=2 Hudson denklemi tanımında kullanılan hasarsız (D=0) duruma denk gelmektedir.

Orta hasar S = 3-5 ise yaklaşık olarak (D= 0-%5)'e denk gelmektedir.

2. Tetrapod (Van der Meer 1988b)

Yapı önünde kırılmayan dalgalar ve kırılma parametresi aralığı $3.5 < \xi_m < 6$ için geçerlidir.

$$\frac{H_s}{\Delta D_n} = (3.75N_{od}^{0.5} / N_z^{0.25} + 0.85) s_{om}^{-0.2} \quad (2.21)$$

H_s :Dalgakıran önündeki tasarım belirgin dalga yüksekliği (m)

$$\Delta = \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} \right) - 1$$

ρ_s : Beton yoğunluğu (t/m³)

ρ_w : Su yoğunluğu (t/m³)

s_{om} : Dalga dikliği , $s_m = \frac{H_s}{L_{om}}$

L_{om} : Ortalama dalga periyoduna karşılık gelen derin deniz dalga boyu

N_z : Dalga sayısı

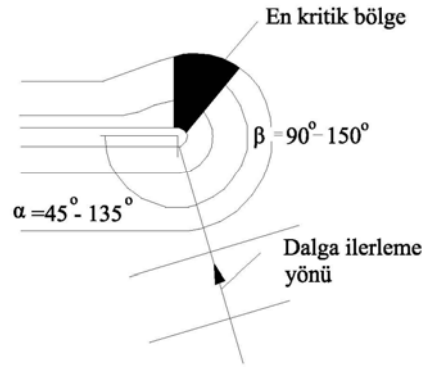
D_n : Tetrapod ile aynı hacimde ki küpün eşdeğer kenar uzunluğu

N_{od} : Koruyucu tabakada genişliği D_n olan alanda yer değiştiren tetrapod sayısı

Tasarım detayları için CEM,2003'e bakınız.

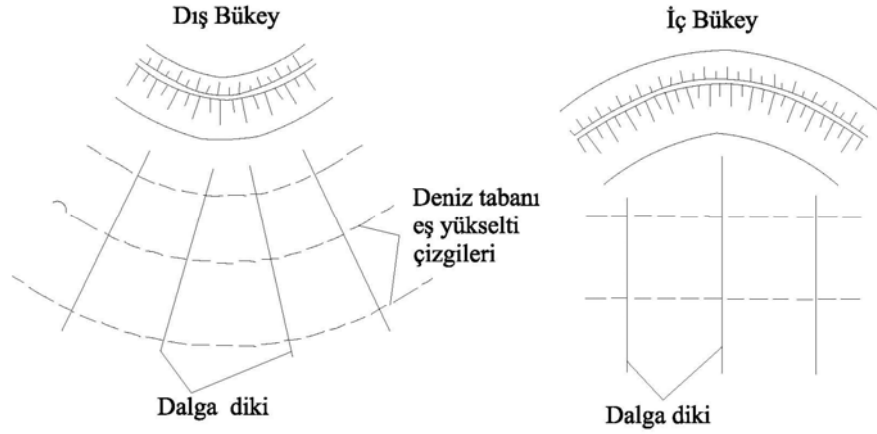
2.1.5 Dalgakıran Kafası (Müzvar) Dengesi (Stabillite) Denklemleri

Hudson dalgakıran kesit hesabında dalgakıran gövdesi ve dalgakıran kafası için farklı denge (stabillite) katsayıları (K_D) önermiştir. Van Der Meer ise dalgakıran gövdesi ve dalgakıran kafası kesit hesapları için farklı denklemler önermemiştir. Ancak, benzer dalga koşulları altında taş dolgu dalgakıranların baş kısımları gövde kısımlarına göre daha çok hasar görür. Bunun temel nedeni ise dalgakıran kafası etrafında dönen dalgaların oluşturduğu yüksek akıntı hızlarıdır. Bu hız dalga dönmesi nedeni ile zaman zaman daha büyük değerler alabilir. Bu nedenle dalgakıran kafasında daha büyük taş ağırlıklarını veren K_D değerleri önerilir. (Çizim 2.10)'da dalgakıran kafasında en kritik bölgeler gösterilmiştir.



Çizim 2.10 Yapı kafasında hasar görebilecek kritik alanlar (Burcharth 1993)

Ayrıca yapının kurp kısımları (veya köşe kısımları) gövde kısmına oranla daha fazla dalga etkisine maruz kalır. Derin sularda inşa edilen yapılar maliyeti arttırdıklarından, yapının dış bükey ve köşe kısımları genellikle deniz tabanı yükselti eğrilerini takip ederler. Çizim 2.11-a'da görüldüğü gibi sapma bazen dalga yüksekliğini arttırabilir. Bu durum dalga tırmanması ve dalga aşması ile sonuçlanabilir. Daha keskin olan dış bükey köşelerde, komşu birey taş veya blokların sağlayacağı yanal destek azalır. İç bükey kısımlar veya kurplar enerji yoğunlaşmasından dolayı gövde kısmına göre daha büyük dalgalara maruz kalırlar (Çizim 2.11-b). Sonuç olarak, dalga tırmanma ve aşma değerleride artar. Dalgakıran kafası ile ilgili nicel bilgiler sınırlı sayıdadır. **Bu nedenle dalgakıran kafası dengesi fiziksel model yardımıyla test edilmelidir.**



a) Sapma nedeniyle dalga enerji yoğunlaşması

b) Yansıma nedeniyle dalga enerji yoğunlaşması

Çizim 2.11 Dış bükey ve iç bükey kurplar ve köşeler (CEM,2003)

Dalgakıran kafasında kullanılacak taş ağırlığı için yapılacak hesaplar aşağıda verilen formüller yardımıyla yapılacaktır.

2.1.5.1 Taş Dolgu Dalgakıran Kafa Dengesi (Carver Ve Heimbaugh , 1989)

Genelde düzenli dalgalar, kırılan ve kırılmadan gelen dalgalar ve aşmanın olmadığı durumlar için geçerlidir.

Geliş açısı : $0^{\circ}, 45^{\circ}, 90^{\circ}, 135^{\circ}$

$$\frac{H}{\Delta D_{n50}} = A\xi^2 + B\xi + C_c \quad (2.22)$$

$$\xi = \frac{\tan \alpha}{(H/L)^{1/2}} \quad (2.23)$$

H : Tasarım dalga yüksekliği (H_s)

D_{n50} : Taşların %50 sinin ağırlığının daha az olduğu taşın çapıdır

$$\Delta = \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} \right) - 1$$

ρ_s : Taşın özgül kütlesi (t/m^3)

ρ_w : Suyun özgül kütlesi (t/m^3)

L : Yapı topuğundaki dalga boyu

α : Yapı eğimi

A, B, C_c : Deneysel katsayılarıdır ve **Tablo 2.17**'de verilmektedir.

Tablo 2.17 Katsayılar (CEM,2003)

Armor Tipi	A	B	C _c	Eğim	ξ
Taş	0.272	-1.749	4.179	1 : 1.5	2.1 - 4.1
Taş	0.198	-1.234	3.289	1 : 2.0	1.8 - 3.4

2.1.6 Dalgakıran Filtre Tasarımı

Taş dolgu dalgakıranlarda, filtre tabakası, çekirdeği oluşturan malzemeleri korumak veya dalgalar ve akıntıların sebep olduğu zemin aşınmasını önlemek için yapılır. Çakıl veya değişik boyutlarda küçük taşlar veya geotekstil ve tanelenmiş malzeme birleşimi kullanılarak bir veya birden fazla katmanlı filtre tabakaları yapılabilir.

Tanelenmiş filtre tasarım koşulları, düzenli ve sıkışmış küreler arasında ki boşluğun geometrisine bağlıdır. Tane büyüklük dağılımı aşağıda belirtilen geometrik filtre tasarım koşullarını sağlamalıdır.

Koruma Koşulu

Dalgakıran kesitinde kullanılan filtre tabakası, çekirdek malzemesinin kaybını önlemek için kullanılır. Filtre tabakası koşulu aşağıda verilen şekilde kullanılacaktır.

$$\frac{d_{15(\text{filtre})}}{d_{85(\text{çekirdek})}} < (4 - 5) \quad (2.24)$$

$$\frac{W_{50(\text{filtre})}}{W_{50(\text{çekirdek})}} < (15 - 20) \quad (2.25)$$

$d_{85(\text{çekirdek})}$: %15 inin alt tabakaya geçtiği taş çapı

$d_{15(\text{filtre})}$: %85 inin alt tabakaya geçtiği taş çapı

Geçirgenlik Koşulu

Gelen dalga enerjisinin sönmülmesi için filtre tabakasında yeterli geçirgenliğin sağlanması gerekmektedir. Kabul edilen geçirgenlik kriteri :

$$\frac{d_{15(\text{filtre})}}{d_{15(\text{çekirdek})}} > (4 - 5) \quad (2.26)$$

İç Denge Koşulu

Filtre malzemesinin gradasyonu geniş ise, iç dengeyi sağlayan ince taneli malzemelerde dalga etkisi altında yıkanma olabilir ve iç denge bozulabilir. İç dengeyi sağlamak için aşağıda ki bağıntı kullanılacaktır ;

$$\frac{d_{60(\text{filtre})}}{d_{10(\text{çekirdek})}} < 10 \quad (2.27)$$

2.1.7 Dalgakıran Geometrik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tasarım sırasında aşağıda verilen yapı geometrik özellikleri belirlenmelidir.

- Kret yüksekliği ve genişliği
- Taş dolgu dalgakıranlarda beton kronman duvar
- Koruyucu birey taş veya blok tabaka kalınlığı ve alt tabakalar

- Ana filtre tabakasının taban yüksekliği
- Topuk (Filtre tabakası dengesi için)
- Dalgakıran kafası ve liman tarafı koruma tabakası
- İkincil filtre tabakası

Kronman tabakası, beton bloklarla tasarlanan dalgakıranların filtre tabakası, taş büyüklüğü koruma tabakasında kullanılması gereken taş büyüklüğü esas alınarak hesaplanır.

2.1.7.1 Kret Kotu

Dalgakıran, jetty veya kıyı koruma gibi taş dolgu yapılarda, dalga aşmasının yapının arkasında bir hasara neden olmaması koşuluyla, dalga aşmasına izin verilir. Dalga aşması, kret yüksekliğinin dalga tırmanması değerinden küçük olması durumunda oluşur (2.1.3.2 Dalgakıran Eğimi Üzerinde Dalga Tırmanması ve Geri Çekilmesi) Koruyucu birey taş veya blok tabakası düz ve az geçirgen ise en büyük dalga tırmanması değeri dahada yükselir.

2.1.7.2 Kret Genişliği

Kret genişliği, izin verilen dalga aşması değerine bağlıdır, ancak tek parametre bu değildir. Dalga aşması için genel kural, en küçük kret genişliğinin 3 adet koruyucu birey taş yada bloğun genişliğine eşit olmasıdır ve kret genişliği **Denklem (2.28)** kullanılarak hesaplanır.

$$B = nk_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_a} \right)^{1/3} \quad (2.28)$$

B : Kret genişliği

n : Taş sayısı (en az 3)

k_{Δ} : Tabaka katsayısı (**Tablo 2.18**)

W : Koruyucu birey taş yada blok birim ağırlığı

γ_a : Koruyucu birey taş yada blok birim malzemesinin özgül ağırlığı

Dalga aşmasının olmadığı durumlarda, kret genişliği çok önemli değildir, fakat yapı üzerinde herhangi bir inşa yada bakım yapılabilmesi için gerekli minimum genişlik sağlanmalıdır.

Tablo 2.18 Çeşitli koruyucu tabaka birey taş yada blok için tabaka katsayısı ve boşluk oranı (CEM,2003)

Koruyucu tabaka birey taş yada blok	n	Yerleştirme	Tabaka Katsayısı (k_{Δ})	Boşluk Oranı(%P)
Ocağaşı (düz) ¹	2	Rastgele	1.02	38
Ocağaşı (pürüzlü) ²	2	Rastgele	1.00	37
Ocağaşı (pürüzlü) ²	≥ 3	Rastgele	1.00	40
Ocağaşı (paralel yüzlü) ³	2	Özel	-	27
Ocağaşı ⁴	Sınıflandırılmış	Rastgele	-	37
Küp	2	Rastgele	1.10	47
Tetrapod ¹	2	Rastgele	1.04	50

¹ Hudson (1974)

² Carver ve Davidson (1983)

³ Tabaka kalınlığı, paralel yüzlü taşların uzun boyutunun 2 katıdır. Gözeneklilik, düzeltilmiş küplerin düzgün bir Çizimde yerleştirilerek tek tabaka üzerinde yapılan testlere göre belirlenir.

⁴ En küçük tabaka kalınlığı küp biçiminde W_{50} riprap boyutunun 2 katıdır. Sınıflandırılmış tabaka kalınlığının ≥ 1.25 küp biçiminde W_{50} riprap boyutu (CEM 2003, sayfa VI-5-123)

2.1.7.3.1 Koruyucu Tabaka Taban Kotu

Su derinliğinin 1.5 H'den (H, koruyucu birey taş veya blok birim ağırlığının bulunması için kullanılan düzensiz tasarım dalga yüksekliğidir) daha büyük olduğu durumlarda, filtre tabakasındaki koruyucu birey taş veya bloklar minimum sakin su seviyesi altına (SSS) 1.5 H kadar uzatılır (**Çizim 2.12**). Su derinliğinin 1.5 H den az olması durumunda ise **Çizim 2.13** kullanılır. Bu durumda koruma tabakası deniz ve liman tarafında deniz tabanına kadar uzatılır.

Yapı başı ve kara tarafı koruyucu tabakası, ikincil koruyucu tabaka ve alttabakaların tasarımları **Çizim 2.12** ve **Çizim 2.13** kullanılarak yapılacaktır.

2.1.8 Taş Dolgu Yapılarda Kronman Duvarı Hesabı

Taş dolgu yapılarda kullanılan kronman duvarının 4 amacı vardır:

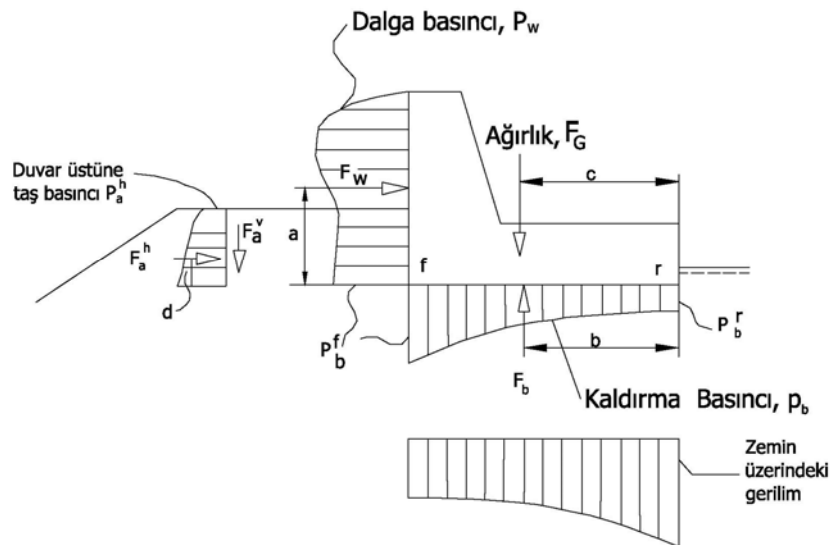
1. Kreti güçlendirmek
2. Dalga aşmasını saptırarak yapının kara tarafındaki eğimi üzerindeki etkisini azaltmak
3. Kret yüksekliğini arttırmak
4. Yapım ve bakım işlemleri için yol sağlamak.

Beton başlık üzerinden dalga aşması yapının kara tarafında ki koruyucu birey taş yada blok tabakasına hasar verebilir. Başlığın genişliği ve şekli dalga aşmasının yapıya zarar vermesini engelleyecek şekilde tasarlanmalıdır (Zerniak ve Collins 1977; Lillevang 1977, ve Jensen 1983) .

• Beton Kronman Duvara Etkiyen Dalga Kuvvetleri

Dalga tırmanmasının duvara ulaşması neticesinde, beton başlıkta dalga yükü oluşur. Bu yük sadece dalga özelliklerine bağlı olmayıp, yapının deniz tarafında ki geometrisini de bağlıdır.

Düzensiz dalgaların üst yapının bütününde oluşturdukları dalga kuvvetleri belirsiz bir olaydır. Basınç dağılımları ve bunlardan kaynaklanan kuvvetler **Çizim 2.14**'da gösterilmiştir.



Çizim 2.14 Kronman duvara etkiyen kuvvetler (CEM,2003)

Bu çizimde;

p_w : Duvarın ön yüzüne dik olarak etkiyen basınçtır ve büyük düşey hızlardan ve ivmelerden etkilenir. F_w ise sonuçta oluşan dalga basıncını gösterir.

p_b : Suyun kaldırma basıncı

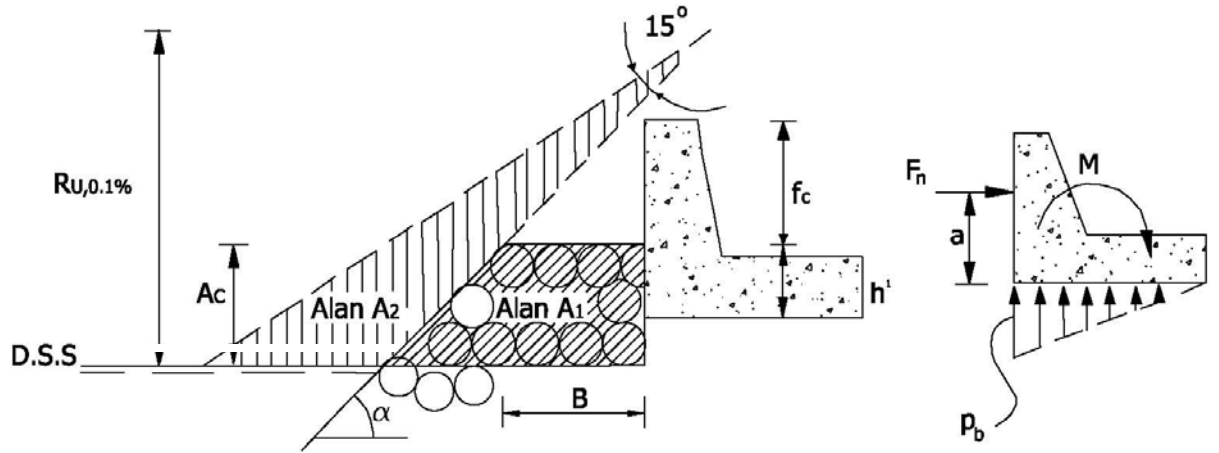
F_b : Kaldırma kuvveti

Duvar üzerinde taban P_a^h olup oluşturduğu yatay ve dik kuvvetler (F_a^h) ve (F_a^v) olarak gösterilir.

Kaldırma basıncı dağılımının yarattığı kaldırma kuvveti F_b olarak verilmiştir.

Köşe noktaya (f) etkiyen kaldırma basıncı (p_b^f) duvarın ön kısmına etkiyen basınca eşittir. Arka noktaya (r) etkiyen kaldırma basıncı (p_b^r), r noktasına etkiyen hidrostatik basınca eşittir.

- **Beton Başlık Üzerine Etkiyen Yatay Dalga Kuvveti, Kaldırma Basıncı ve Dönme Momenti Hesabı (Pedersen 1996) aşağıda verildiği şekilde yapılacaktır.**



Çizim 2.15 Kronman Duvarına Gelen Dalga Kuvvetleri (CEM,2003)

$$F_{h,0.1\%} = 0.21 \sqrt{\frac{L_{om}}{B}} \left(1.6 p_m y_{eff} + A \frac{p_m}{2} h' \right) \quad (2.30)$$

$$M_{0.1\%} = a \times F_{h,0.1\%} = 0.55 (h' + y_{eff}) F_{h,0.1\%} \cdot \quad (2.31)$$

$$p_{b,0.1\%} = 1.00 A p_m \quad (2.32)$$

$F_{h,0.1\%}$: %0.1 oluşma olasılığına karşılık gelen yatay dalga kuvveti

$M_{0.1\%}$: %0.1 oluşma olasılığına karşılık gelen döndürme momenti

$p_{b,0.1\%}$: %0.1 oluşma olasılığına karşılık gelen dalga kaldırma basıncı

L_{om} : Ortalama dalga periyoduna karşılık gelen derin deniz dalga boyu

B : Duvar önünde ki koruyucu birey taş yada blok tabakası banket genişliği

$$p_m = \rho_w g (R_{u,0.1\%} - A_c)$$

$R_{u,0.1\%}$: Gelen dalganın %0.1 aşma olasılığına karşılık gelen dalga tırmanması

$$R_{u,0.1\%} = \begin{cases} 1.12H_s \xi_m & \xi_m \leq 1.5 \\ 1.34H_s \xi_m^{0.55} & \xi_m > 1.5 \end{cases}$$

$$\xi_m = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{H_s}{L_{om}}}}$$

α : Yapı eğimi

A_e : Ortalama su seviyesi ile koruyucu tabaka kreti arasındaki dik mesafe

$A = \min \{A_2 / A_1, 1\}$, A_1 ve A_2 şekilde gösterilen alanlardır

$$y_{eff} = \min \{ y / 2, f_c \} \quad (2.33)$$

$$y = \begin{cases} \frac{R_{u,0.1\%} - A_c}{\sin \alpha} \frac{\sin 15^\circ}{\cos(\alpha - 15^\circ)} & y > 0 \\ 0 & y \leq 0 \end{cases} \quad (2.34)$$

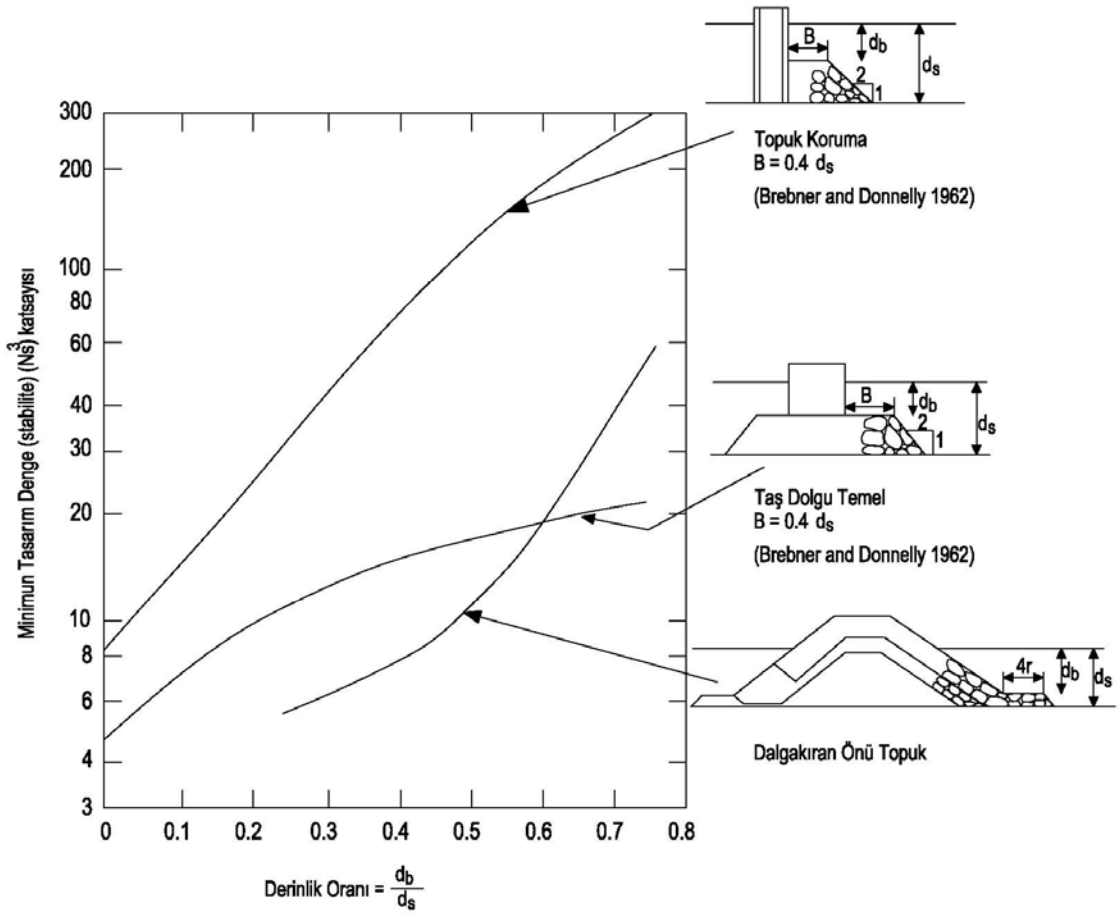
h' : Koruyucu tabaka tarafından korunan duvar yüksekliği

f_c' : Koruyucu tabaka tarafından korunmayan duvar yüksekliği

2.1.9 Topuk Koruma

Dalgakıran topuk önü korunaksız bırakılırsa, dalga etkisi altında oyulma ve yapıyı etkileyecek hasar meydana gelebilir.

Dik gelen düzenli dalgalar için topuk koruma denge hesapları aşağıdaki **Çizim 2.16** ve **Denklem (2.35)** kullanılarak hesaplanacaktır.



Çizim 2.16 Topuk Koruma Stabilite Sayısı (CEM,2003)

$$N_s = \frac{H}{\Delta D_{n50}} \quad (2.35)$$

H: Dalgakıran önü dalga yüksekliği

$$\Delta = \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} \right) - 1$$

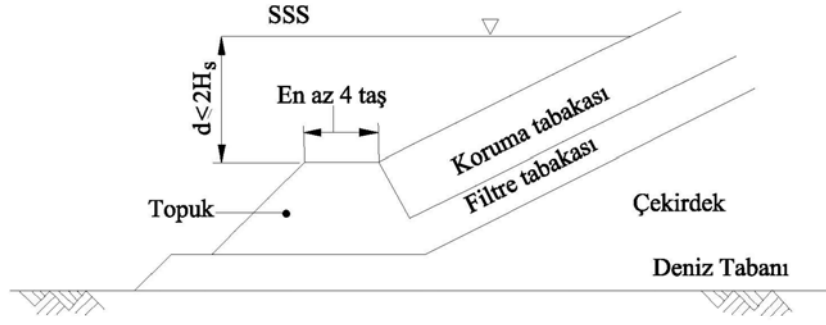
N_s : Stabilite katsayısı

ρ_s : Taş yoğunluğu

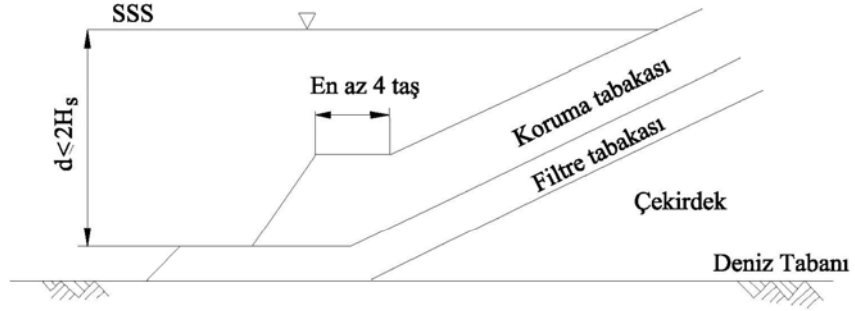
ρ_w : Su yoğunluğu

D_{n50} : Taşların %50 sinin ağırlığının daha az olduğu taşın çapıdır

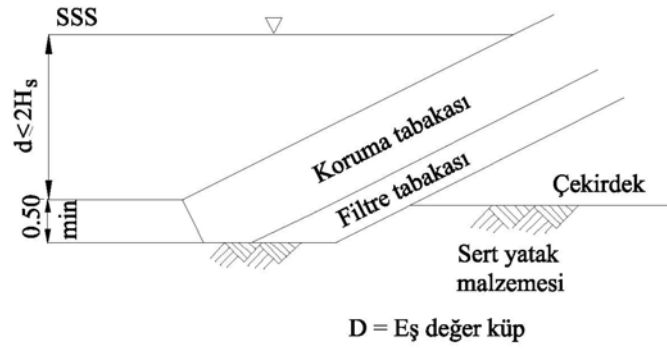
Dalgakıran topuk koruması için uyulması gereken asgari koşullar devam eden sayfalarda verilmiştir.



(a) Derin deniz durumu



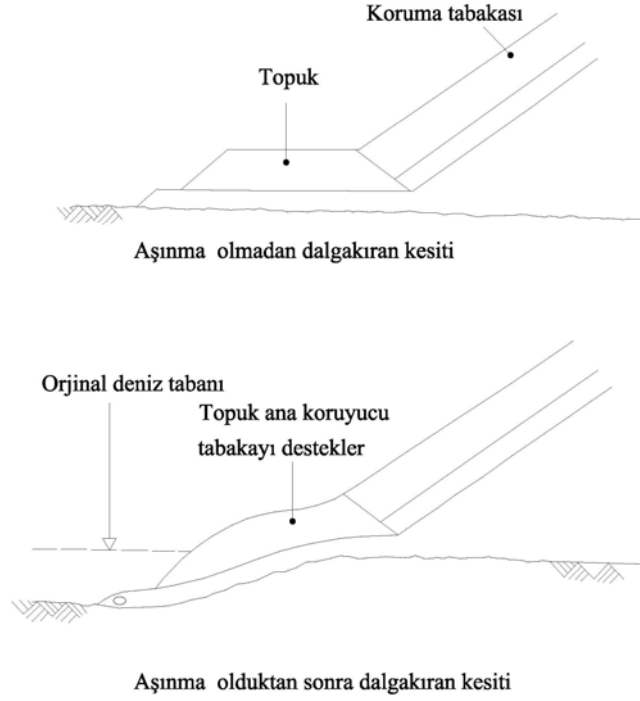
(b) Sığ su durumu durumu



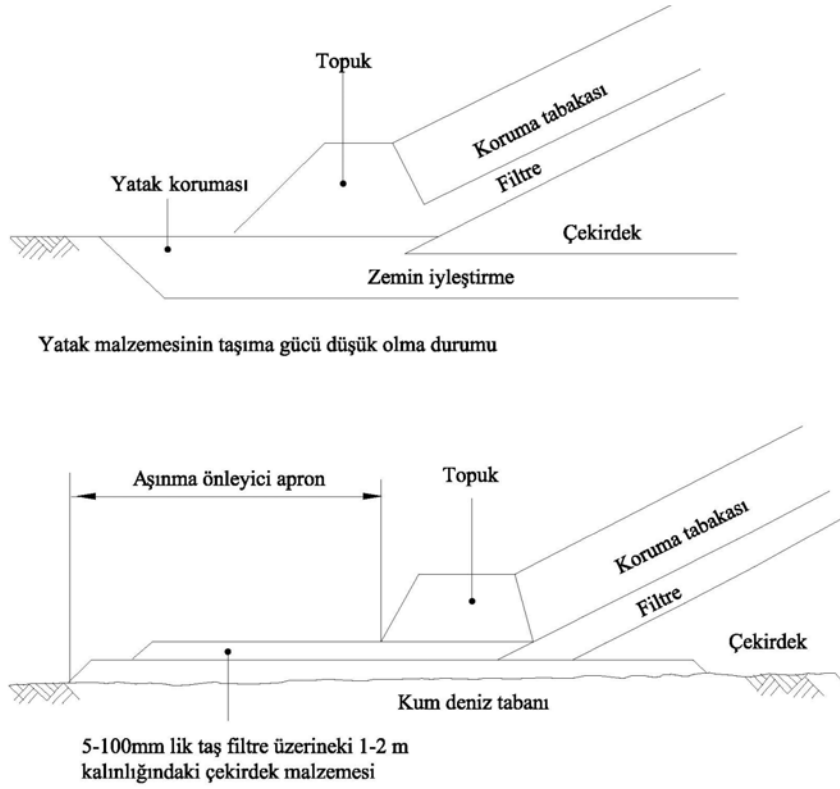
(c) Yatak malzemesinin taş olma durumu

$d = SSS$

Çizim 2.17 Topuk koruması için asgari koşullar (BS 6349:Part 7:1991)



Çizim 2.18 Aşınma Olmadan ve Olduktan Sonra Dalgakıran Kesiti (BS 6349,Part 7:1991)



Çizim 2.19 Yatak Malzemesinin Taşıma Gücünün Düşük Olma Durumu (BS 6349,Part 7:1991)

2.2 Dik Yüzlü Dalgakıranlar

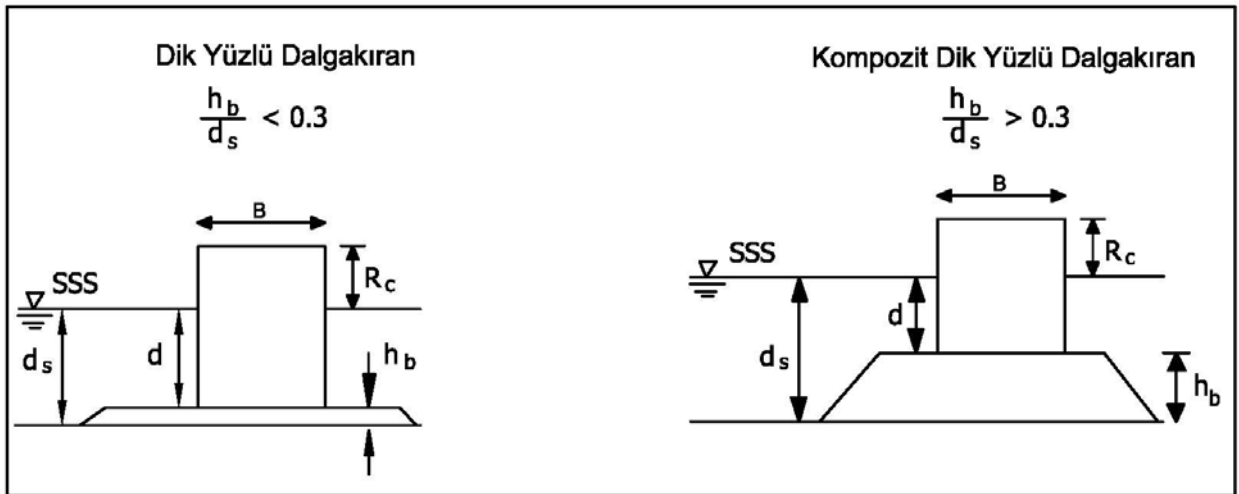
2.2.1 Dik Yüzlü Dalgakıranlar için Yapısal Tanımlar ve Hasar Tipleri

A) Yapısal Tanımlar

Dik yüzlü dalgakıranların tasarımında yapım su derinliğinde ki (d_s) tasarım dalga özellikleri; belirgin dalga yüksekliği (H_{si}) ve belirgin dalga periyodu (T_s) kullanılır. Dik yüzlü dalgakıranlar, topuk yüksekliğinin (h_b), yapım su derinliği (d_s) oranına göre (**Çizim 2.20**);

1. Dik yüzlü dalgakıran, $\frac{h_b}{d_s} < 0.3$
2. Kompozit dalgakıran, $\frac{h_b}{d_s} > 0.3$

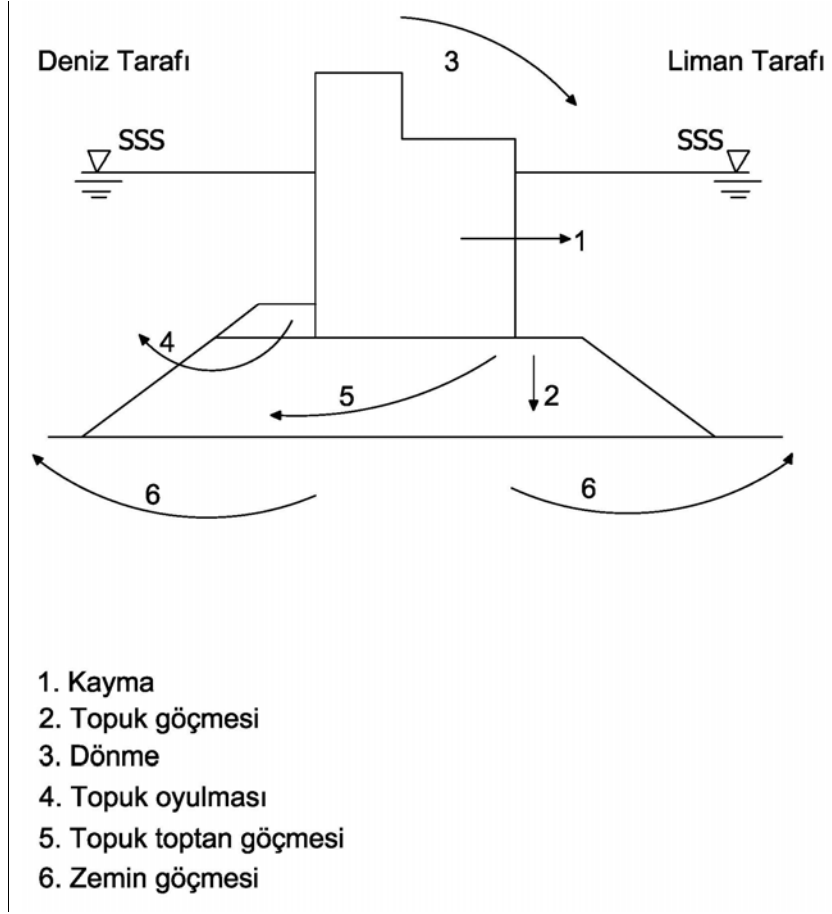
olarak adlandırılır. **Çizim 2.20**'de "d" topuk üstü su derinliği, R_c ise kret kotudur.



Çizim 2.20 Dik Yüzlü ve Kompozit Dalgakıranlar (CEM,2003)

B) Hasar Tipleri

Yapının farklı yıkılma durumları **Çizim 2.21**'de verilmiştir.



Çizim 2.21 Yapının Farklı Yıkılma Durumları (BS 6349,Part 7:1991)

2.2.2 Dalga Yapı Etkileşimi

2.2.2.1 Dik Yüzeyden Yansıma

Aşağıda verilen çizimler düzensiz dalgaların yapıya dik gelmesi durumundaki yansıma denklemlerini vermektedir;

$$C_r = \begin{cases} 0.79 + 0.11 \frac{R_c}{H_s} & \frac{R_c}{H_s} \leq 1.0 \\ 0.90 & \frac{R_c}{H_s} > 1.0 \end{cases} \quad (2.36)$$

Burada, C_r yansıma katsayısı H_s ise tasarım dalgasıdır.

2.2.2.2 Dik Yüzlü Dalgakıranlarda Dalga Aşması

Dalga aşması, dalga tırmanmasının (R_u), kret kotunu (R_c) geçmesi durumunda oluşur. İzin verilen dalga aşma miktarı yapı tipine ve işlevine bağlıdır. Genelde yapılar izin verilen dalga aşmasının sınır değerleri için tasarlanmalıdır. Minimum tasarım değerleri için **Tablo 2.4** ' e bakınız.

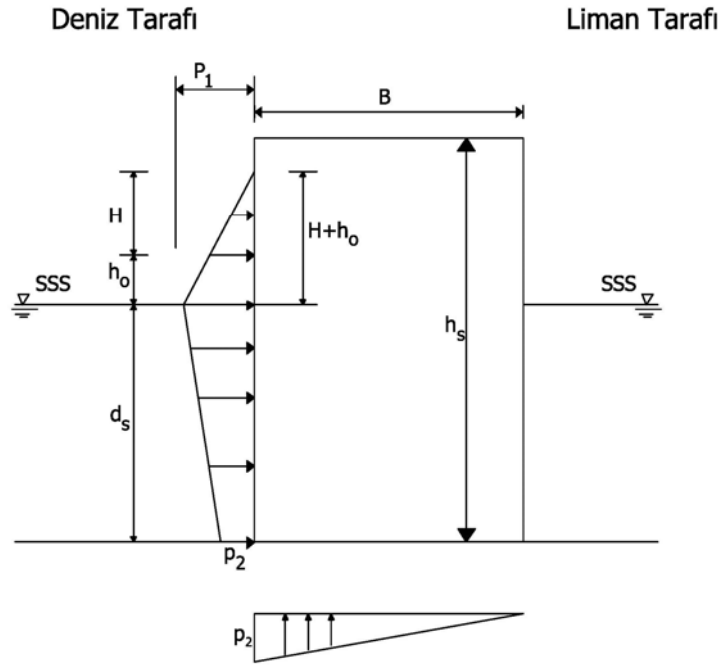
2.2.3 Dik Yüzlü Dalgakıran Tasarım Yöntemleri

Tasarım ilkeleri;

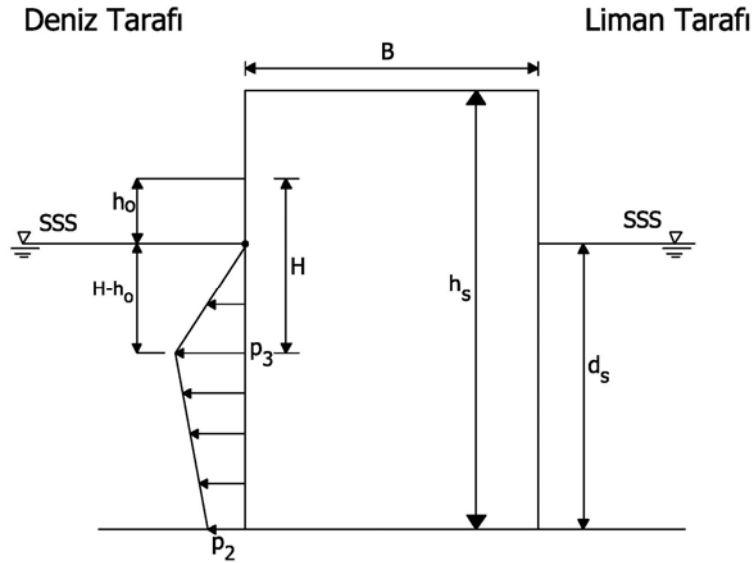
1. Yapı üzerinden dalga aşması limiti, dalgakıran arkasında ki korunaklı su alanında izin verilen çalkantı düzeyine göre belirlenmelidir.
2. Yapının üzerine gelen dalga yükleri, dalga yansıması, yapım su derinliğinde tasarım dalgalarının kırılmaması veya tasarım dalgalarının kırılması durumuna göre hesaplanır.
3. Yapının denge hesapları; dik yüzlü üst yapı ve topuk için ayrı ayrı yapılır.

2.2.3.1 Sainflou Metodu (1928)

Bu metod **kırılmayan düzenli dalga durumları için geçerlidir**. Yapıya dik gelen ve %100 yansıyan düzenli dalgalar için yapı üzerinde deniz tarafındaki net basınç dağılımı **Çizim 2.22** ve **Çizim 2.23**'de dalga tepesi ve dalga çukuru için verilmiştir. Deniz ve liman tarafında oluşacak hidrostatik basıncın birbirini dengelediği kabul edilmiştir.



Çizim 2.22 Dalga Tepesi Olması Durumunda Net Basınç Dağılımı



Çizim 2.23 Dalga Çukuru Olması Durumunda Net Basınç Dağılımı

Yapı üzerinde ki en büyük dalga kuvveti yapıya gelen dalganın tepesinin yapı üzerine geldiği durumda oluşur. Dalga çukurunun oluşma durumunda ise en büyük emme kuvveti oluşur.

Basınç denklemleri:

$$p_1 = (p_2 + \rho_w g d_s) \frac{H + h_o}{d_s + H + h_o} \quad (2.37)$$

$$p_2 = \frac{\rho_w g H}{\cosh(2\pi d_s / L)} \quad (2.38)$$

$$p_3 = \rho_w g(H - h_o) \quad (2.39)$$

$$h_o = \frac{\pi H^2}{L} \coth \frac{2\pi d_s}{L} \quad (2.40)$$

H : Tasarım dalga yüksekliği (Düzensiz dalgalar kullanıldığı zaman tasarım dalgası olarak belirgin dalga yüksekliği kullanılır. Japonya da $H = H_{1/3}$, diğer ülkelerde ise $H = H_{1/10}$ kullanılır)

d_s : Yapım su derinliği (m)

B: Yapı su genişliği (m)

h_s : Yapı yüksekliği (m)

h_o : Sainflou yöntemine göre su seviyesindeki yükselme (m)

p_1 : Durgun su seviyesinde ki dalga basıncı (su seviyesinin dalga tepesine kadar tırmandığı durumda)

p_2 : Düşey duvar tabanında ki dalga basıncı

p_3 : Durgun su seviyesinde ki dalga basıncı (su seviyesinin dalga çukuruna kadar çekildiği durumda)

h_o : Durgun su seviyesinin dalga etkisi ile yükselme miktarı (m)

ρ_w : Suyun özgül kütlesi

d_s : Su derinliği (yapı önü su derinliği)

L : Yapı önünde ki dalga boyu

Yapı altında p_2 den kaynaklanan ve üçgen olarak dağılan bir kaldırma gücü oluşur. Dalga çukurunun olduğu durumda p_2 'nin tabanda yarattığı yük ihmal edilir. Yapıya etkiyen kuvvetler içerisinde, yapının net ağırlığıda (yapı ağırlığı - suyun kaldırma kuvveti) hesaba katılacaktır.

Dalga aşmama durumu için yapı yüksekliğinin en az;

$$h_s = d_s + h_o + H \quad (\text{m})$$

olması gerekir.

Yapı yüksekliği (h_s) nin; $h_s < d_s + h_o + H$ olması durumunda ise dalga aşması olur. Dalga kuvveti ise **Çizim 2.22** ve **Çizim 2.23**'de verilen tüm basınç alanınının taban ve h_s yüksekliği arasında kalan alanı göz önüne alınarak hesaplanır. Net basınç dağılımı bu durum gözetilerek hesaplanır.

Dönme ve kayma güvenlik katsayıları en az 1.2 olarak alınacaktır. Kayma güvenlik katsayısı hesabında beton ve taş arasında sürtünme katsayısı $\mu=0.6$ olarak alınacaktır.

Kaymaya karşı güvenlik katsayısı;

$$F.S. = \frac{\mu \sum (Mg - U)}{\sum p} \quad (2.41)$$

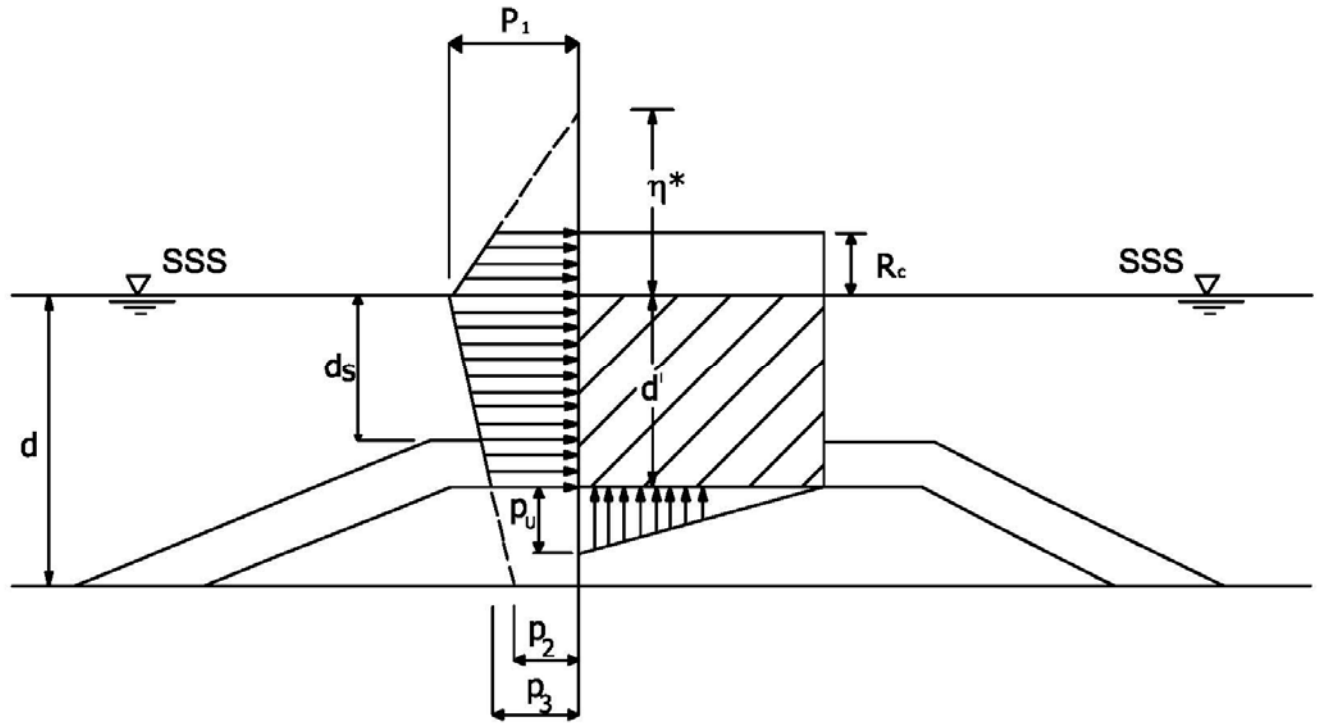
M: Dik yüzlü dalgakıran kütlesi

U : Dinamik kaldırma kuvveti

p : Yatay kuvvetler

2.2.3.2 GODA (OCDI 2002)

Kırılan veya kırılmayan düzensiz dalga durumu ve dik yüzlü komposit dalgakıran ön yüzünde oluşan dalga basıncı dağılımları Çizim 2.24'de verilmiştir.



Çizim 2.24 Tasarımda Dalga Basıncı Dağılımı

Dalga basıncının doğrusal dağılımı durgun su seviyesinde p_1 en yüksek değerini, durgun su seviyesi üzerinden η^* yüksekliğinde 0 değerini, deniz tabanında ise p_2 değerini alır. Dalga basınçları aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla hesaplanacaktır.

$$\eta^* = 0.75(1 + \cos \beta) \lambda_1 H_D \quad (2.42)$$

$$p_1 = 0.5(1 + \cos \beta) (\alpha_1 \lambda_1 + \alpha_2 \lambda_2 \cos^2 \beta) \rho_0 g H_D \quad (2.43)$$

$$p_2 = \frac{p_1}{\cosh(2\pi d / L)} \quad (2.44)$$

$$p_3 = \alpha_3 p_1 \quad (2.45)$$

η^* : Durgun su seviyesi üzerinde dalga basıncının 0 olduğu yükseklik (m)

p_1 : Durgun su seviyesinde ki dalga basıncı

p_2 : Tabanda oluşan dalga basıncı

p_3 : Pabuç kısmında ki dalga basıncı

ρ_0 : Suyun özgül kütlesi (t / m³)

g: yerçekimi ivmesi (m/s²)

β : Dik duvar normali ile dalga geliş yönü arasında ki açı(Eğer dalga belirli bir açı ile dalgakırana geliyorsa bu açı en fazla 15° alınır)

λ_1, λ_2 : Dalga basıncı değişiklik faktörü (Genelde 1.0 alınır)

d : Yapım su derinliği

d_s : Düşey duvar önündeki su derinliği (Topuk üstünde ki su yüksekliği) (m)

YÜKSEL PROJE

L : Dalga boyu(Yapım su derinliğinde ki dalga boyu) (m)

H_D : Tasarım dalga yüksekliği (m)

$$\alpha_1 = 0.6 + \frac{1}{2} \left\{ \frac{4\pi d/L}{\sinh(4\pi d/L)} \right\}^2 \quad (2.46)$$

$$\alpha_2 = \min \left\{ \left(\frac{d_b - d_s}{3d_b} \right) \left(\frac{H_D}{d_s} \right)^2, \frac{2d_s}{H_D} \right\} \quad (2.47)$$

$$\alpha_3 = 1 - \frac{d'}{d} \left\{ 1 - \frac{1}{\cosh(2\pi d/L)} \right\} \quad (2.48)$$

d_b : Düşey duvar yüzeyinden $5 \times H_0$ uzaklıkta ki su derinliği (m)

H_0 : Derin deniz tasarım dalga yüksekliği (m)

d' : Dik duvarın su içindeki yüksekliği

min (a,b) : a veya b değerlerinden küçük olan

α_2 : Hesaplanan değerlerden küçük olanı alınır.

Dik duvar altından duvarı kaldırmaya çalışan dinamik basınç (Topuk önündeki) yoğunluğu, p_u , aşağıda verilen **Denklem (2.49)** kullanılarak bulunur .

$$p_u = 0.5(1 + \cos \beta) \alpha_1 \alpha_3 \lambda_3 \rho_0 g H_D \quad (2.49)$$

p_u : Dik duvarın ön topuk kısmına etkiyen dalga kaynaklı kaldırma basıncı

λ_3 : Kaldırmaya çalışan basınç değişim faktörü (genellikle 1.0 alınır)

2.2.3.2.1 Dalga Basıncı Hesaplamalarında Kullanılan Dalga Yüksekliği ve Dalga Boyu

Tasarım dalga yüksekliği (H_D) ve dalga boyu L, oluşabilecek en büyük dalganın dalga yüksekliği ve dalga boyu olarak tanımlanır. Oluşabilecek en büyük dalganın dalga boyu, belirgin dalga periyoduna karşılık gelen dalga boyudur.

- Düşey duvar dalgakıran dalganın kırılma bölgesinin dışında ise, tasarım dalgası (H_D) **Denk.(2.50) ve Denk.(2.51)** kullanılarak hesaplanacaktır.

$$H_D = H_{\text{maks}} \quad (2.50)$$

$$H_{\text{maks}} = 1.8H_{1/3} \quad (2.51)$$

Burada;

H_{maks} : En büyük dalga yüksekliği (m)

$H_{1/3}$: Belirgin dalga yüksekliği (m)

- Düşey duvar dalgakıran dalganın **kırılma bölgesinde** ise, tasarım dalgası H_D (m) : düzensiz dalgaların kırılma anında oluşacak en yüksek dalga olarak belirlenecektir.

Dönme ve kayma güvenlik katsayıları en az 1.2 olarak alınacaktır. Kayma güvenlik katsayısı hesabında beton ve taş arasında sürtünme katsayısı $\mu=0.6$ olarak alınacaktır.

Kaymaya karşı güvenlik katsayısı;

$$F.S. = \frac{\mu \sum (Mg - U)}{\sum p}$$

M: Dik yüzlü dalgakıran kütlesi

U : Dinamik kaldırma kuvveti

p : Yatay kuvvetler

2.2.4 Kırılan Dalgaların Dik Duvar Üzerinde Oluşturduğu Ani Basınç

Dik yüzey dalgakıranlarda kırılan dalgalarda anlık en yüksek basınçlar denge durumları için kritik olabilir. En yüksek basıncın oluştuğu tasarım parametrelerine (dalga yüksekliği, yapım su derinliği, topuk boyutları,dalga dikliği taban eğimi gibi) bağlı olarak hesaplanması için (OCDI,2002 ; CEM ,2003 ; Goda, 2000) bakınız.

2.2.5 Dik Yüzeyle Dalgakıranlarda Topukta Kullanılacak Taş Ağırlığının Hesabı (OCDI,2003)

Kompozit dalgakıran temelinde kullanılan beton blokların ve taşların ağırlığının hesaplanmasında aşağıda verilen bağıntı kullanılacaktır .

$$M = \frac{\rho_r H^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3} \quad (2.52)$$

M : Kullanılan taş ve beton blokların en küçük kütlesi (t)

ρ_r : Kullanılan taş ve beton blokların özgül kütlesi (t / m³)

H : Denge hesaplamalarında kullanılan tasarım dalga yüksekliği (m)

N_s : Denge sayısı

S_r : Kullanılan taş veya beton blokların deniz suyuna göre özgül kütleleri (ρ_r / ρ_s)

Kaya dolgu topuklar için denge sayısı denge sayısı (N_s) için Tanimoto tarafından geliştirilmiş bağıntı **Denklem (2.53)**'de verilmiştir.

$$N_s = \max \left\{ 1.8, 1.3 \frac{1 - \kappa d'}{\kappa^{1/3} H_{1/3}} + 1.8 \exp \left[-1.5 \frac{(1 - \kappa)^2 d'}{\kappa^{1/3} H_{1/3}} \right] \right\} : B_M / L' < 0.25 \quad (2.53)$$

$$\kappa = \kappa_1 (\kappa_2)_B \quad (2.54)$$

$$\kappa_1 = \frac{4\pi d' / L'}{\sinh(4\pi d' / L')} \quad (2.55)$$

$$(\kappa_2)_B = \max \left\{ \alpha_s \sin^2 \beta \cdot \cos^2 (2\pi \cos \beta / L'), \cos^2 \beta \cdot \sin^2 (2\pi \cos \beta / L') \right\} \quad (2.56)$$

d' : Topuktaki tabaka kalınlığı dahil su derinliği (m)

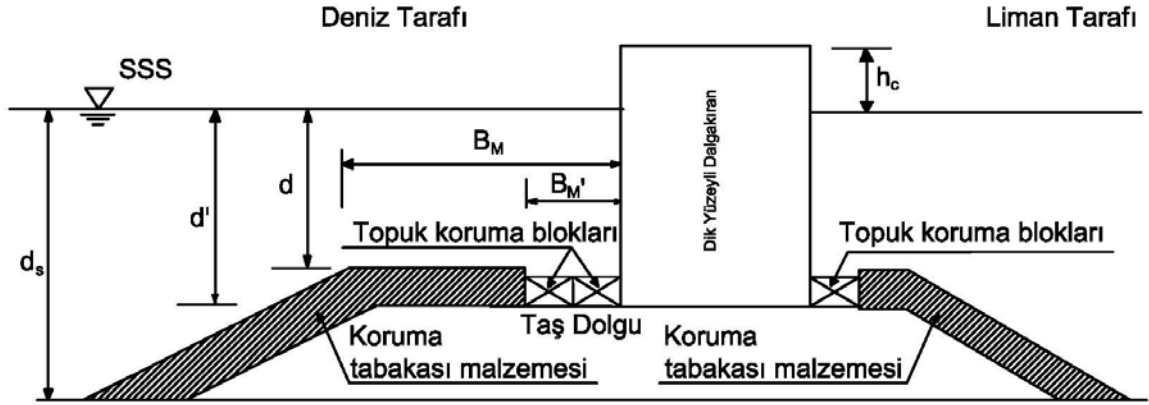
L : d' (m) derinliğinde ki tasarım belirgin dalga periyodu kullanılarak bulunan dalga boyu

α_s : Dolgu tabakasının yatay olması halinde kullanılan düzeltme faktörü (=0.45)

β : Dalga geliş açısı

$H_{1/3}$: Tasarım belirgin dalga yüksekliği

ℓ : Dalgaların yapıya dik gelmesi durumunda $\ell = B_M$ dalgaların yapıya açılı gelmesi durumunda $\ell = B'_M$, $(\kappa_2)_B$ de maksimum değeri verecek B_M veya B'_M ℓ olarak alınır.

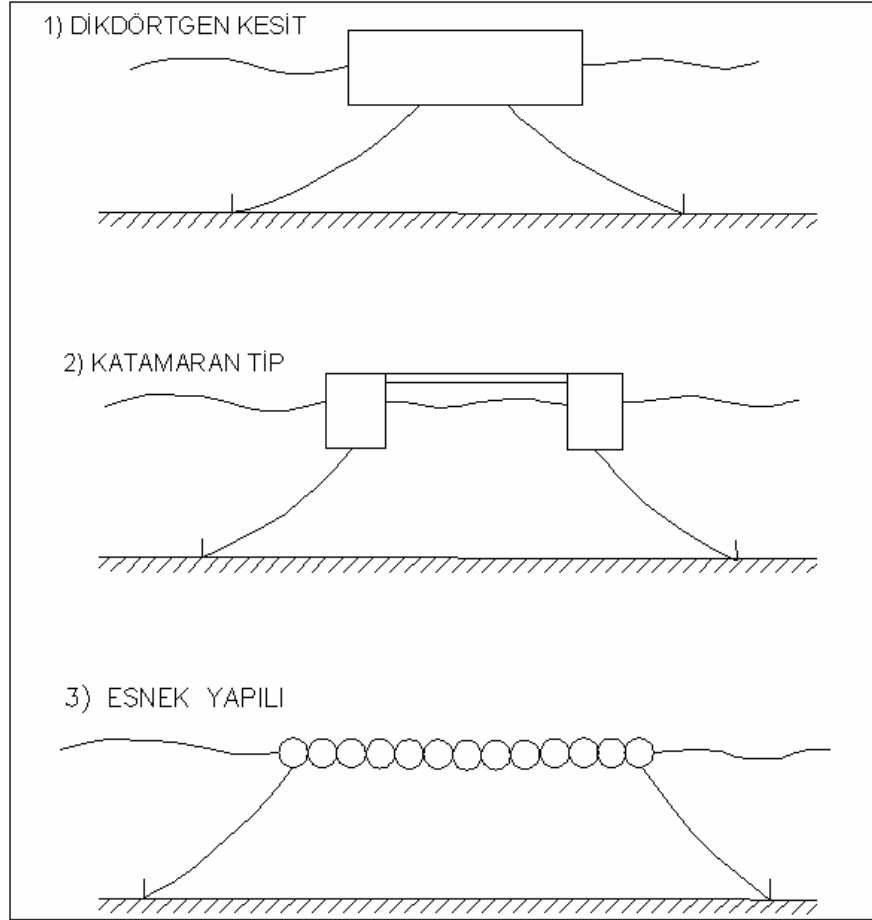


Çizim 2.25 Kompozit dalgakıran kesiti üzerinde parametrelerin gösterilmesi (OCĐI,2003)

Yapı altında zemin gerilmeleri hesapları için ,Geoteknik Tasarım Esasları Bölüm 3.1' e bakınız.

2.3. Yüzen Dalgakıranlar

Yüzen dalgakıranlar, farklı sayıda yüzen birimlerden oluşur ve gelen dalga yüksekliklerinin dalgakıran arkasında ki korunaklı su alanına küçülerek geçmesini sağlarlar. Uygulamada en çok kullanılan yüzen dalgakıran tipleri **Çizim 2.26**'da verilmiştir.



Çizim 2.26 Yüzen Dalgakıran Tipleri

1. Dikdörtgen kesitli
2. Katamaran Tip
3. Esnek Yapılı

Yüzen dalgakıranlar yapısal olarak, dalga enerjisinin bir kısmının korunaklı su alanına geçmesine izin verdiği için kullanılabilirlik olanakları daha sınırlıdır. Yüzen dalgakıranlarla tasarım yapılırken bu dalgakıran tipinin sunduğu olumlu ve olumsuz yönleri göz önüne almak gereklidir. Yüzen dalgakıranlarla tasarlanan limanlarda, liman içi korunaklığı ve yüzen dalgakıran birimlerinin yapısal tasarımı, tabana bağlama sistemleri fiziksel modeller yardımı ile araştırılması gereklidir.

Yüzen dalgakıranların olumlu yanları

- Kıyı boyu kum taşınımına engel olmazlar
- Farklı zemin koşullarında kullanılabilirler, gerektiğinde liman yerleşim planları; farklı yüzen dalgakıran üniteleri ile değiştirilebilir.

Yüzen dalgakıranların olumsuz yanları

- Diğer galgakıran tiplerine göre sağladıkları korunaklılık daha azdır.
- Liman içi koruma kapasiteleri, tasarım dalga özelliklerine bağlıdır.
- Küçük dalgalar ($H < 1\text{m}$, $T < 4.0\text{ s}$) için kullanılmaları önerilir. Uzun dalgalara karşı etkin değillerdir.
- Büyük dalga kuvvetlerine karşı dayanıklılıkları ve dengeleri azdır.
- Tabana demirleme sistemlerinin tasarımında büyük özen gösterilmesi gerekir. Zemin koşulları, bağlama sistemleri ve malzemeleri tasarımda temel parametrelerdir.

Yüzen dalgakıran tasarım parametreleri

Yüzen dalgakıranların tasarımında göz önüne alınacak parametreler

A : Yüzen dalgakıranların işlevi için temel parametreler

- Tasarım dalgası (yükseklik, periyot, geliş açısı)
- Su derinliği ve su seviye değişimleri
- Liman içinde izin verilen çalkantı düzeyi

B: Yüzen dalgakıranların yapısal tasarım temel parametreleri

- Tasarım dalga özellikleri :
(Dalga yüksekliği, periyodu, yinelenme periyodu, geliş açısı)

Yüzen dalgakıranlar için genelde 50 yıllık yinelenme periyoduna sahip (Bölüm 2.2.4.1.2. En Büyük Dalga Yükseklikleri Dağılımı konusuna bakınız) tasarım dalgaları seçilir. Uygulamada yüzen dalgakıranlar dalga yüksekliğinin 1 m den ($H < 1$), dalga periyodunun de 4 s den küçük ($T < 4$) olduğu yerlerde düşünülmelidir. Yüzen dalgakıran en etkin genişliği 5-10 m arasında değişmektedir. Yüzen dalgakıranlar korunaklı yerlerin dışında liman içinde daha az çalkantılı alanlar elde etmek için ve liman içi su hareketlerine engel olmadığı, kirliliği azaltması nedeniyle tercih edilirler.

Dikkat edilmesi gerekli parametreler;

- Su derinliği ve su seviyesi değişimleri (en yüksek su seviyesi, fırtına kabarması, mevsimsel su değişimleri)
- Akıntılar (hız ve yönü)
- Rüzgarlar (Hız ve yönü)
- Zemin koşulları : zemin özellikleri (kaya, kum, kil gibi) deniz tabanına demirlenecek olan bağlayıcı yüzen dalgakıranların sistemleri açısından incelenmelidir.
- Yapının serbest salınım sınırları
- Diğer (teknelerin yüzen dalgakıran birimlerine çarpmasından doğacak kazalar gibi)

Yüzen Dalgakıranların Tasarım Yükleri

- **Dalga Yüğü (BS 6349-6:1989)**

Yüzen dalgakıranlara üzerine etkiyen dalga yükleri, yüzen dalgakıran birimlerinin üzerinde etkin olarak dalga direnci etkisi yaratırlar.

Düzensiz dalgalar için dalga direnç kuvveti;

$$F_w = \frac{\rho g L H_s^2}{16} \quad (2.57)$$

ρ : Suyun özgül kütlesi (t /m³)
 g : Yer çekimi ivmesi (9.81 m/s²)
 L : Dalgaya dik yapı veya gemi uzunluğu (m)
 H_s : Belirgin dalga yüksekliği (m)

Düzenli dalgalar için dalga direnç kuvveti :

$$F_w = \frac{\rho g L H^2}{8} \quad (2.58)$$

H: Düzenli dalga (m)

Soluşan dalgalar için direnç kuvvetinin hesaplamalarında **Denklem (2.58)** kullanılır.

- **Akıntı Kuvveti (OCDI,2003)**

Yüzer dalgakıranlara etki eden akıntı kuvveti **Denklem (2.59)** ile hesaplanır.

$$F_c = \frac{1}{2} \rho_0 C_{DC} A_c | U_c - U | (U_c - U) \quad (2.59)$$

F_c : Akıntı direnç kuvveti (N)
 ρ_0 : Akışkan özgül kütlesi (deniz suyu için, 1030 kg/m³)
 A_c : Akıntının etki ettiği izdüşüm alanı (m²)
 U_c : Akıntı hızı (m/s)
 U : Yüzen dalgakıran hızı (ihmal edilecektir)
 C_{DC} : Hidrodinamik direnç kuvveti katsayısı (**Tablo 2.19** 'dan alınacaktır)

Uygulamada yerel akıntı hızına ek olarak deniz yüzeyinden 10 m yükseklikte hesaplanan tasarım rüzgarının deniz yüzeyinde yarattığı rüzgardan dolayı kabarmanın neden olacağı akıntıda dikkate alınır. Rüzgar nedenli akıntı ise rüzgar hızının %2 veya % 3 olarak göz önüne alınır. Tasarım rüzgarı ise uzun dönem rüzgar hızı istatistiğinden 12 saat/ yıl olarak bulunur.

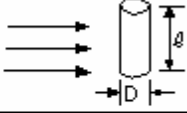
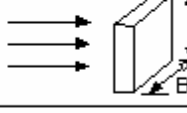
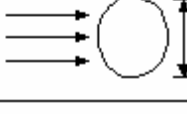
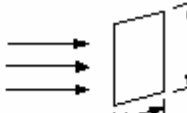
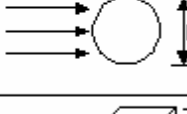

- **Rüzgar Kuvveti**

Rüzgar sürüklenme kuvveti, yüzen dalgakıranın su yüzeyi üstünde kalan alanına etki eder ve **Denklem (2.60)** kullanılarak hesaplanır.

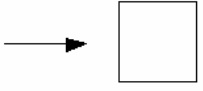
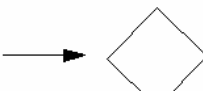
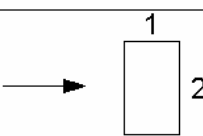
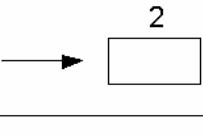

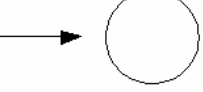
$$F_w = \frac{1}{2} \rho_a C_{DW} A_w U_w^2 \quad (2.60)$$

F_w : Rüzgar direnç kuvveti (N)
 ρ_a :Havanın özgül kütlesi (1.23 kg/m³)
 A_w : Rüzgar kuvvetini etki ettiği yapının su yüzeyi üstünde kalan izdüşümü alanı(m²)
 U_w : Rüzgar hızı (m/s) (Deniz seviyesinden 10 m yükseklikte ki rüzgar hızı)
 C_{DW} : Rüzgar direnç katsayısı (**Tablo 2.20**'den alınacaktır)

Tablo 2.19 Hidrodinamik Direnç Katsayıları (OCĐI, 2002)

Şekil	İzdüşüm alanı (AL)	Sürüklenme katsayısı (C _D)
Silindir (pürüzlü yüzey) 	$D l$	$1.0 (l > D)$
Dikdörtgen prizma 	$B l$	$2.0 (l > B)$
Dairesel disk 	$\frac{\pi}{4} D^2$	1.2
Düz plaka 	$a b$	$a/b=1$ 1.12 $a/b=2$ 1.15 $a/b=4$ 1.19 $a/b=10$ 1.29 $a/b=18$ 1.40 $a/b=\infty$ 2.01
Küre 	$\frac{\pi}{4} D^2$	$0.5 \sim 0.2$
Küp 	D^2	$1.3 \sim 1.6$

Tablo 2.20 Rüzgar Direnç Katsayıları (OCĐI,2002)

	Kare kesit	2.0
	Kare kesit	1.6
	Dikdörtgen Kesit (kenar uzunluk oranı =1:2)	2.3
	Dikdörtgen Kesit (kenar uzunlukları oranı =1:2)	1.5
	Dikdörtgen Kesit (Bir yüzeyin zeminle temas etmesi durumu)	1.2
	Dairesel kesit (Düzgün yüzey)	1.2

3.YANAŞMA YAPILARI

3. YANAŞMA YAPILARI

3.1. Gemiler

3.1.1. Gemilerin Sınıflandırılması

1. Ticaret Gemileri

1.1. Yolcu Gemileri

1.2. Yük Gemileri

1.2.1. Karışık Yük Gemileri

1.2.2. Özel Yük Gemileri

1.2.2.1. Kuru Yük Gemileri

- a) Dökme Kuru Yük Gemisi
- b) Maden Gemileri
- c) Konteyner Gemileri
- d) Soğuk Hava Gemileri

1.2.2.2. Sıvı Yük Gemileri

- a) Petrol Tankerleri
- b) Asit Tankerleri
- c) Su Tankerleri
- d) LPG Tankerleri
- e) LNG Tankerleri

1.2.3. Yardımcı Yük Gemileri (ikmal gemileri, hizmet gemileri)

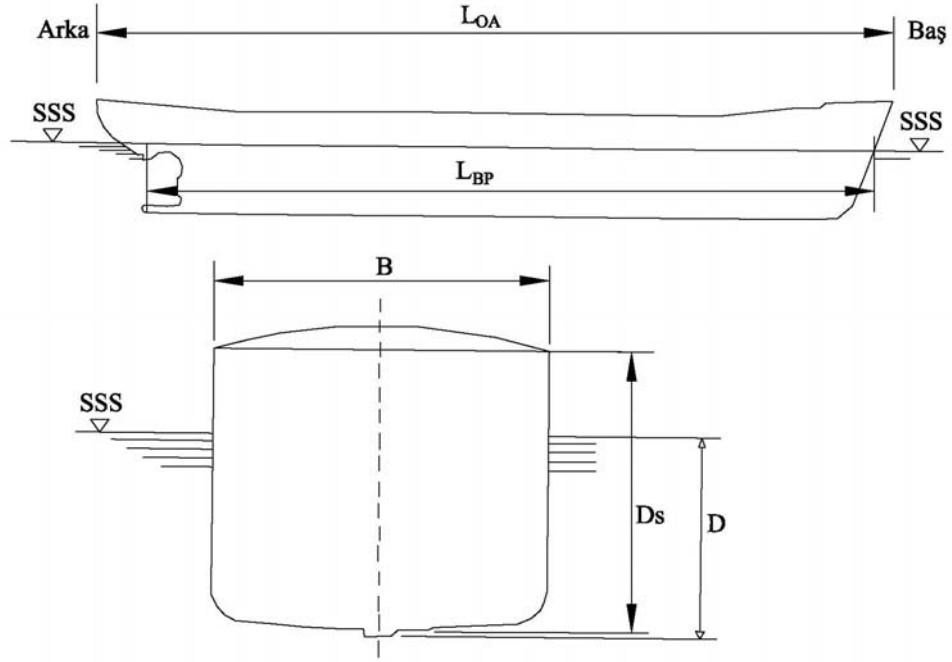
1.3. Yardımcı Tekneler (romorkörler, kurtarma, buz kıranlar, yüzer vinçler, kablo gemileri) ve Tarama Gemileri

1.4. Balıkçı Tekneleri

2. Yatlar

3.1.2. Gemi Boyutları

Fiziksel liman tasarımında, limanı kullanacak gemilerin (en büyük ve en küçük gemi büyüklükleri aralığında) boyutlarının bilinmesi gerekir. Gemi tanımlayan gemi büyüklüğüne göre karakteristik boyutlar ve tanımlar **Çizim 3.1**'de verilmiştir.



Çizim 3.1 Gemi Boyutları ile İlgili Tanımlar (OC DI,2002)

Tasarım gemi boyutları aşağıda verilen yöntemler doğrultusunda belirlenir:

1. Tasarım gemisinin gerçek boyutlarının mevcut olduğu durumda bu ölçüler kullanılır.
2. Tasarım gemisinin boyutlarının tanımlanamadığı durumlarda, istatistiksel veriler kullanılarak hesaplanan boyutlar kullanılır.

Gemi boyutlarını, karakteristik boyutlar ve gemi tonaj ölçüleri olmak üzere 2 kısımda inceleyebiliriz.

3.1.3. Karakteristik Boyutlar

- L (L_{OA}) : Geminin toplam boyu (m)
- L_{BP} : Gemi boyu (burada gemi boyu geminin başının yazın tuzlu su hattı ile kesiştiği düşey ile geminin dümeni arasındaki yatay mesafenin metre cinsinden ölçüsüdür)
- B : Gemi gövdesinin en geniş yerinin ölçüsü (Breadth)
- D : Tamamen dolu olduğunda ortalama su çekimi (Draft)
- D_s : Geminin toplam yüksekliği

3.1.4. Gemi Tonaj Ölçüleri:

Gros Tonaj (Gross Tonnage, GT) : Bir geminin hacim kapasitesinin 100 ft^3 cinsinden ölçüsü olup, geminin bütün kapalı kısımlarını kapsar. ($1 \text{ GT} = 100 \text{ ft}^3 = 2.83 \text{ m}^3$)

Ölü Ağırlık Tonajı (Dead Weight Tonnage, DWT) : Taşınan kargonun gerçek ağırlığı veya geminin yüklüken suya yer değiştirmesi ile yüksüz iken suya yer değiştirmesi arasındaki farktır.

Yerdeğiştirme Tonajı (Displacement Tonnage, DT) : Geminin dolu olarak yüzerken taşıdığı suyun ağırlığıdır (t).

Ölü Ağırlık Tonajı (DWT) ile Gros Tonajı (GT) arasındaki ilişki **Tablo 3.1**'de (**OC DI, 2002**) verilen bağıntılarla ifade edilmiştir.

Tablo 3.1 Ölü Ağırlık Tonajı ve Gros Tonaj Arasındaki İlişki (OC DI, 2002)

Yük (Kargo) Gemileri	GT = 0.541 DWT
Konteyner Gemiler	GT = 0.880 DWT
Tankerler	GT = 0.553 DWT
Ro-Ro Gemileri	GT = 0.808 DWT
GT : Gros tonajı	DWT : Ölü ağırlık tonajı

Ölü ağırlık tonajları (DWT) , gemi toplam uzunlukları (L) , gemi genişlikleri (B) ve dolu su çekimi (D) değerleri farklı tipte ki gemiler için **Tablo 3.2, Tablo 3.3, Tablo 3.4, Tablo 3.5, Tablo 3.6, Tablo 3.7, Tablo 3.8'** de gösterilmiştir.

Tablo 3.2 Kargo Gemileri* (OC DI, 2002)

DWT (ton)	Gemi Toplam Uzunluğu (L) (m)	Gemi Genişliği (B) (m)	Dolu Su Çekimi (D) (m)
500 **	51	9.0	3.3
700 **	57	9.5	3.4
1.000	67	10.9	3.9
2.000	83	13.1	4.9
3.000	94	14.6	5.6
5.000	109	16.8	6.5
10.000	137	19.9	8.2
12.000	144	21.0	8.6
18.000	161	23.6	9.6
30.000	185	27.5	11.0
40.000	200	29.9	11.8
55.000	218	32.3	12.9
70.000	233	32.3	13.7
90.000	249	38.1	14.7
100.000	256	39.3	15.1
150.000	286	44.3	16.9

Tablo 3.3 Konteyner Gemileri(OC DI, 2002)

DWT (ton)	Gemi Toplam Uzunluğu (L) (m)	Gemi Genişliği (B) (m)	Dolu Su Çekimi (D) (m)
30.000	218	30.2	11.1
40.000	244	32.3	12.2
50.000	266	32.3	13.0
60.000	286	36.5	13.8

Tablo 3.4 Feriler - Küçük ve Orta Mesafeli Feriler (OC DI, 2002)
(Maksimum 300 km mesafeli seyir için)

DWT (ton)	Gemi Toplam Uzunluğu (L) (m)	Gemi Genişliği (B) (m)	Dolu Su Çekimi (D) (m)
400	50	11.8	3.0
700	63	13.5	3.4
1.000	72	14.7	3.7
2.500	104	18.3	4.6
5.000	136	21.6	5.3
10.000	148	23.0	5.7

**Tablo 3.5 Feriler - Uzun Mesafe Feriler (OC DI, 2002)
(300 km den fazla seyir için)**

DWT (ton)	Gemi Toplam Uzunluğu (L) (m)	Gemi Genişliği (B) (m)	Dolu Su ekimi (D) (m)
6.000	142	22.3	6.0
10.000	167	25.2	6.4
13.000	185	27.3	6.8
16.000	192	28.2	6.8
20.000	192	28.2	6.8
23.000	200	28.2	7.2

Tablo 3.6 Roll-on ve Roll-off Gemiler (OC DI, 2002)

DWT (ton)	Gemi Toplam Uzunluğu (L) (m)	Gemi Genişliği (B) (m)	Dolu Su ekimi (D) (m)
400	75	13.6	11.1
1.500	97	16.4	4.7
2.500	115	18.5	5.5
4.000	134	20.7	6.3
6.000	154	22.9	7.0
10.000	182	25.9	7.4

Tablo 3.7 Yolcu Gemileri (OC DI, 2002)

DWT (ton)	Gemi Toplam Uzunluğu (L) (m)	Gemi Genişliği (B) (m)	Dolu Su ekimi (D) (m)
2.000 ton	83	15.6	4.0
4.000	107	18.5	4.9
7.000	130	21.2	5.7
10.000	147	23.2	6.6
20.000	180-188	25.7-27.5	6.6-8.0
30.000	207-217	28.4-30.4	6.6-8.0
50.000	248	32.3	8.0
70.000	278	35.2	8.0

Tablo 3.8 Petrol Tankerleri (OC DI, 2002)

DWT (ton)	Gemi Toplam Uzunluğu (L) (m)	Gemi Genişliği (B) (m)	Dolu Su ekimi (D) (m)
1.000 ton	61	10.2	4.0
2.000	76	12.6	4.9
3.000	87	14.3	5.5
5.000	102	16.8	6.4
10.000	127	20.8	7.9
15.000	144	23.6	8.9
20.000	158	25.8	9.6
30.000	180	29.2	10.9
50.000	211	32.3	12.6
70.000	235	38.0	13.9
90.000	254	41.1	15.0

* Tasarı m gemisinin boyutlarının tanımlanamadığı durumlarda kullanılır. Bu tablo tonajlar (GT ve DWT) göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır ve tasarı m gemisinin tanımlanamadığı durumlar için gemi boyutlarını liste halinde sunar.

** Tasarı m gemisinin küçük kargo gemisi olarak tanımlanması durumunda gemi boyutlandırılmasında dikkatli olunmalıdır.

3.2. Gemi Bağlama Kuvveti

Gemi bağlama yükü geminin liman içinde rıhtıma veya açık deniz iskelelerine ve dolfenlere bağlı olduğu süre içinde rüzgar ve akıntının gemi üzerinde oluşturduğu yükür. Bu yük rıhtım üzerine konulan bağlama yapılarının (baba gibi) tasarımında kullanılır.

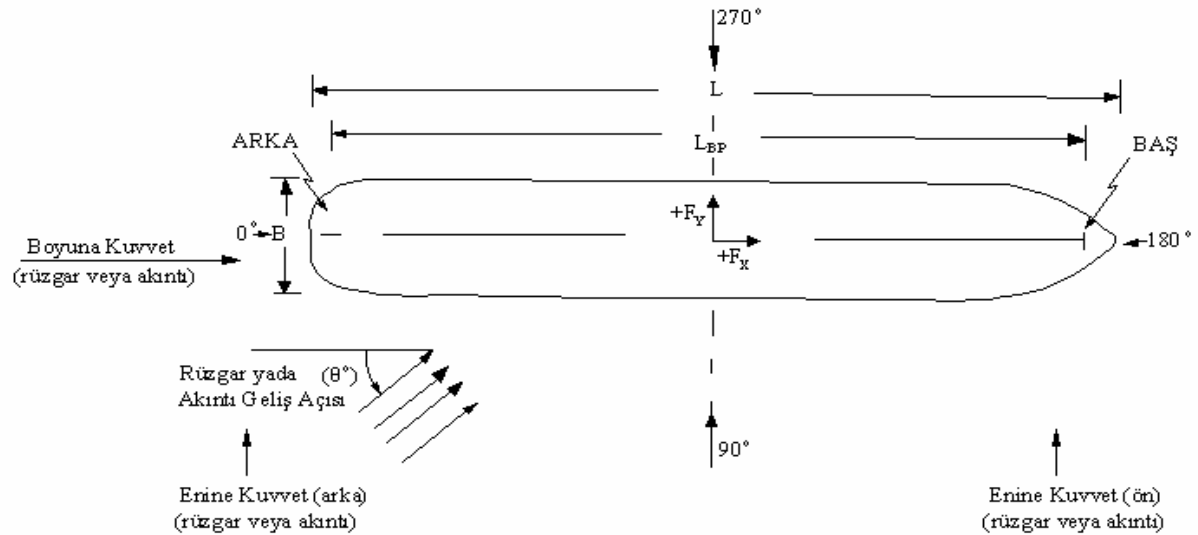
Bağlama Kuvveti,

- Geminin yüklü veya yüksüz olmasına ve
- Rüzgar ve akıntı hız ve yönüne bağlı olarak hesaplanacaktır.

3.2.1. Bağlanma Yüklerinin Belirlenmesi:

Bağlama yüklerinin belirlenmesinde özel bir değerlendirmenin yapılamadığı durumlarda, yüklü deplasman tonajı 20 000 t dan küçük olan gemilerde (DT<20 000t), baba aralıkları rıhtım üzerinde 15 m ile 30 m arasında alınabilir. (Tablo 3.9, Tablo 3.10, Tablo 3.11’de yaklaşık baba yükleri belirtilmiştir).

Yüklü deplasman tonajı 20 000 t (DT >20.000 t) dan fazla olan gemilerde bağlama yüklerinin bulunması için özel ve ayrıntılı hesaplamalar yapılmalıdır. Bu hesaplamalarda kullanılan tanımlar ve işaret sistemi Çizim 3.2’de verilmiştir.



Çizim 3.2 Koordinat Sistemi ve İşaret Kabulü (OCIMF,1994)

Gemiye etkiyen 2 tür kuvvet vardır:

- Rüzgar Kuvvetleri
- Akıntı Kuvvetleri

Hesaplamalarda kullanılacak formüller aşağıda verilmiştir.

1. Gemiye Etkiyen Akıntı Kuvvetleri

Gemiye etkiyen enine akıntı kuvveti (F_{TC})

$$F_{TC} = C_{TC} C_{CT} \rho L_{BP} d_m (V_c)^2 \times 10^{-4} \quad (3.1)$$

Gemiye etkiyen boyuna akıntı kuvveti (F_{LC})

$$F_{LC} = C_{LC} C_{CL} \rho L_{BP} D (V_c)^2 \times 10^{-4} \quad (3.2)$$

F_{TC} : Enine akıntı kuvveti (kN)

C_{TC} : Enine akıntı direnç kuvveti katsayısı, enine akıntı katsayısı

Çizim 3.2'de akıntı geliş açısı (θ) ve gemi özelliklerine göre verilmektedir.

Çizimde enine akıntı katsayısı C_{TC} (arka, kıç), C_{TC} (baş) olarak gösterilmekte ve hesaplamalarda büyük olan katsayı alınmaktadır.

F_{LC} : Boyuna akıntı kuvveti (kN)

C_{LC} : Boyuna akıntı direnç kuvveti katsayısı , boyuna akıntı katsayısı **Çizim 3.2'**da akıntı geliş açısı (θ) ve gemi özelliklerine göre verilmektedir.

C_{CT} : Enine akıntı direnç kuvvetleri için derinlik düzeltme faktörü

Çizim 3.7'de düzeltme faktörü (C_{CT}), akıntı geliş açısı, gemi tipleri ve d / D oranlarına göre verilmiştir.

C_{CL} : Boyuna akıntı direnç kuvvetleri için derinlik düzeltme faktörü

Çizim 3.8'de düzeltme faktörü (C_{CL}), akıntı geliş açısı ve d / D oranlarına göre konteyner gemileri için verilmiştir.

ρ : Suyun özgül kütlesi (kg/m^3)

Tatlı su için = 1000 kg/m^3

Deniz suyu için = 1025 kg/m^3

L_{BP} : Gemi uzunluğu (burada gemi boyu geminin başının yazın tuzlu su hattı ile kesiştiği düşey ile geminin dümeni arasındaki yatay mesafenin metre cinsinden ölçüsüdür)

D: Tamamen dolu olduğunda ortalama su çekimi (m)

V_c : Ortalama akıntı hızı (m/s)

d: Su derinliği (m)

2 Gemiye Etkiyen Rüzgar Kuvvetleri

Enine rüzgar kuvveti (F_{TW}) :

$$F_{TW} = C_{TW} \rho_A A_L U_w^2 \times 10^{-4} \quad (3.3)$$

Boyuna rüzgar kuvveti (F_{LW}) :

$$F_{LW} = C_{LW} \rho_A A_L U_w^2 \times 10^{-4} \quad (3.4)$$

F_{TW} : Enine rüzgar kuvveti (kN)

C_{TW} :Enine rüzgar kuvveti katsayısı, enine rüzgar katsayısı **Çizim 3.4, Çizim 3.5, Çizim 3.6**'de rüzgar geliş açısı (θ) ve gemi özelliklerine göre verilmektedir.

Çizimlerde enine rüzgar katsayısı C_{TW} (arka, kıç), C_{TW} (baş) olarak gösterilmekte ve hesaplamalarda büyük olan katsayı alınmaktadır.

F_{LW} : Boyuna rüzgar kuvveti, (kN)

C_{LW} : Boyuna rüzgar kuvveti katsayısı , boyuna rüzgar katsayısı **Çizim 3.4, Çizim 3.5, Çizim 3.6**'da rüzgar geliş açısı (θ) ve gemi özelliklerine göre verilmektedir.

ρ_A : Havanın özgül kütlesi (kg/m^3).

0° C de = 1.309 kg/m^3 ,

30° C de = 1.170 kg/m^3 alınabilir.

A_L : Geminin su çizgisi üzerindeki boyuna izdüşüm alanı (m^2) (**Çizim 3.10 ve Çizim 3.11**)

U_w : Su seviyesinden 10 m yukarıda ki tasarım rüzgar hızı (m/s)

Çizim 3.9, sığ sularda ağırlıkları 150.000-500.000 DWT arasında değişen tankerlerde boyuna kuvvet katsayısı değişimlerini göstermektedir.

Ön tasarımda kullanılacak, babaya etkiyen yaklaşık bağlama kuvvetleri **Tablo 3.9, Tablo 3.10, Tablo 3.11**'da liste halinde verilmiştir.

Tablo3.9 Gemilerin Bağlama Kuvvetleri (OC DI,2002)

Geminin Gros Tonaj (GT) (tons)	Babaya Etki Eden Bağlama Kuvveti (kN)
200 < GT ≤ 500	150
500 < GT ≤ 1000	250
1.000 < GT ≤ 2.000	250
2.000 < GT ≤ 3.000	350
3.000 < GT ≤ 5.000	350
5.000 < GT ≤ 10.000	500
10.000 < GT ≤ 20.000	700

Tablo 3.10 Gemilerin Bağlama Kuvvetleri (OC DI,2002)

Geminin Gros Tonaj (GT) (tons)	Babaya Etki Eden Bağlama Kuvveti (kN)
20.000 < GT ≤ 50.000	1000
50.000 < GT ≤ 100.000	1000

Tablo 3.11 Gemilerin Bağlama Kuvvetleri (BS 6349:Part 4 1994)

Yerdeğiştirme Tonajı (tons)	Babaya Etki Eden Bağlama Kuvveti (kN)
100 000 < DT ≤ 200 000	1500
DT > 200 000	2000

20000 t dan daha büyük kapasiteli deniz araçlarının bağlandığı yerlerdeki baba yüklerini bulmak için hesap yapmak gereklidir. Bu hesaplamalarda deniz araçlarının boyutlarında dikkate alınmalıdır.

Yöntem 1

Gemiye gelen akıntı ve rüzgar yükleri yukarıda verilen yöntemle yapılacaktır.

Babalara gelen yükleri bulmak için, sistem tamamen elastik davranış gösterir varsayımı yapılarak elle veya bilgisayarla çözüm yapılır.

Elle çözüm için, bağlanma iskelesine paralel yüklemelerin taşınması için bağlama halatları yay olarak modellenir, geminin baş ve sonundaki iskeleye diklemesine gelen yükler hesaplanır. Halat uzunlukları göz önüne alınır.

Yöntem 2

Her babaya gelen yükleri bulabilmek için kullanılan bu yöntem, eğer iskelede 6 tane baba varsa iskeleye gelen gemi bağlanma yükünün üçte birinin bir tane baba tarafından taşındığı kabul edilir. İskeleye paralel gelen yükler ise, Yöntem 1 de olduğu gibi bağlama halatlarının yay olarak modellenmesiyle dağıtılarak sistem çözülür.

Yöntem 3.

Eğer babalar özel bir gemi ve gemi bağlanma şekli için tasarlanacaksa, sistem bağlama halatlarının taşıma kapasitesinin bulunmasıyla tasarlanır.

Yöntem 4

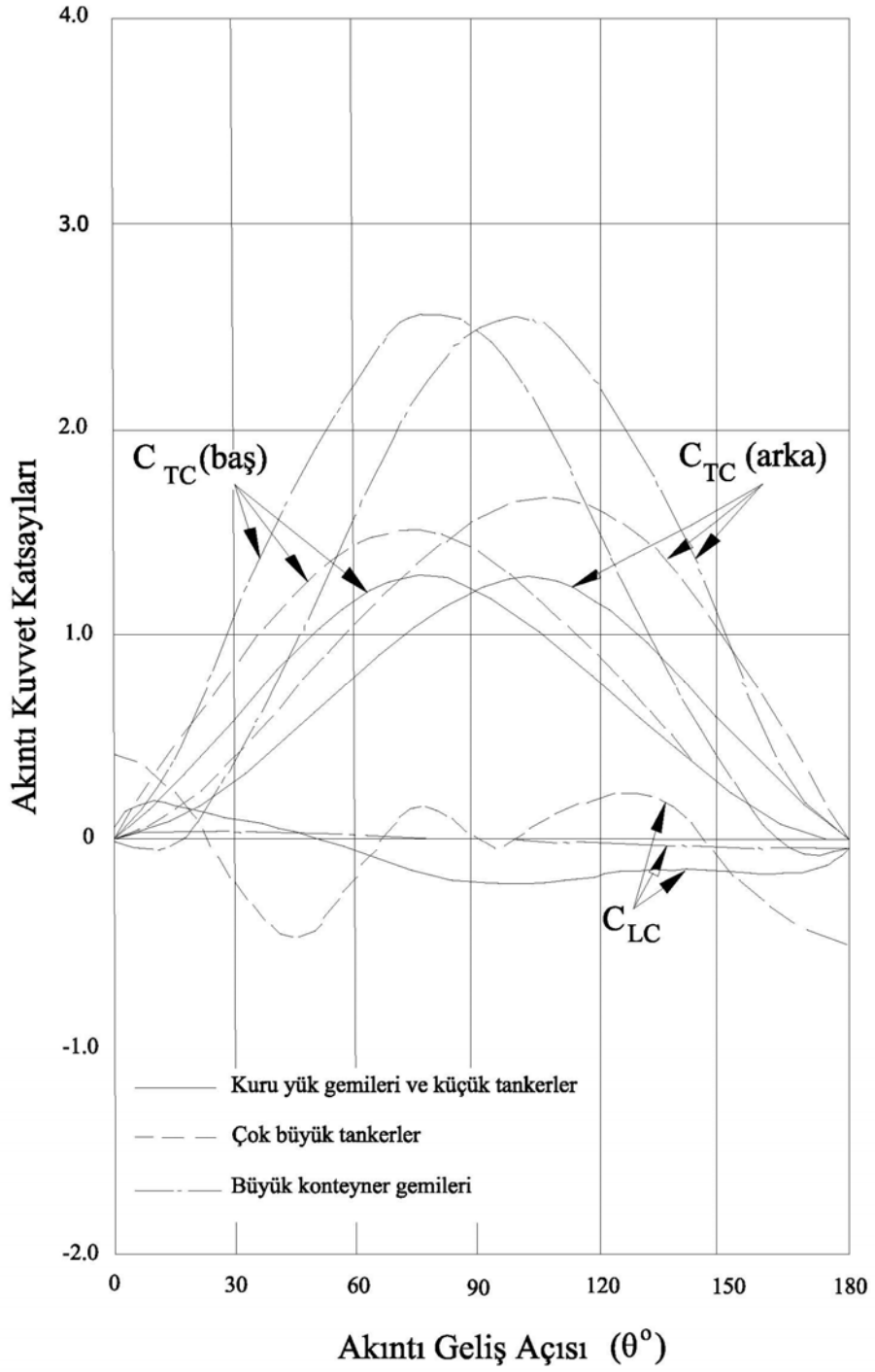
Eğer yukarıda verilen metotları uygulamak için yeterince bilgi yoksa, **Tablo 3.9**, **Tablo 3.10** ve **Tablo 3.11**'daki baba yükleri kullanılabilir.

Akıntı veya rüzgarın şiddetli olduğu durumlarda tablolarda verilen yükler %25 artırılır.

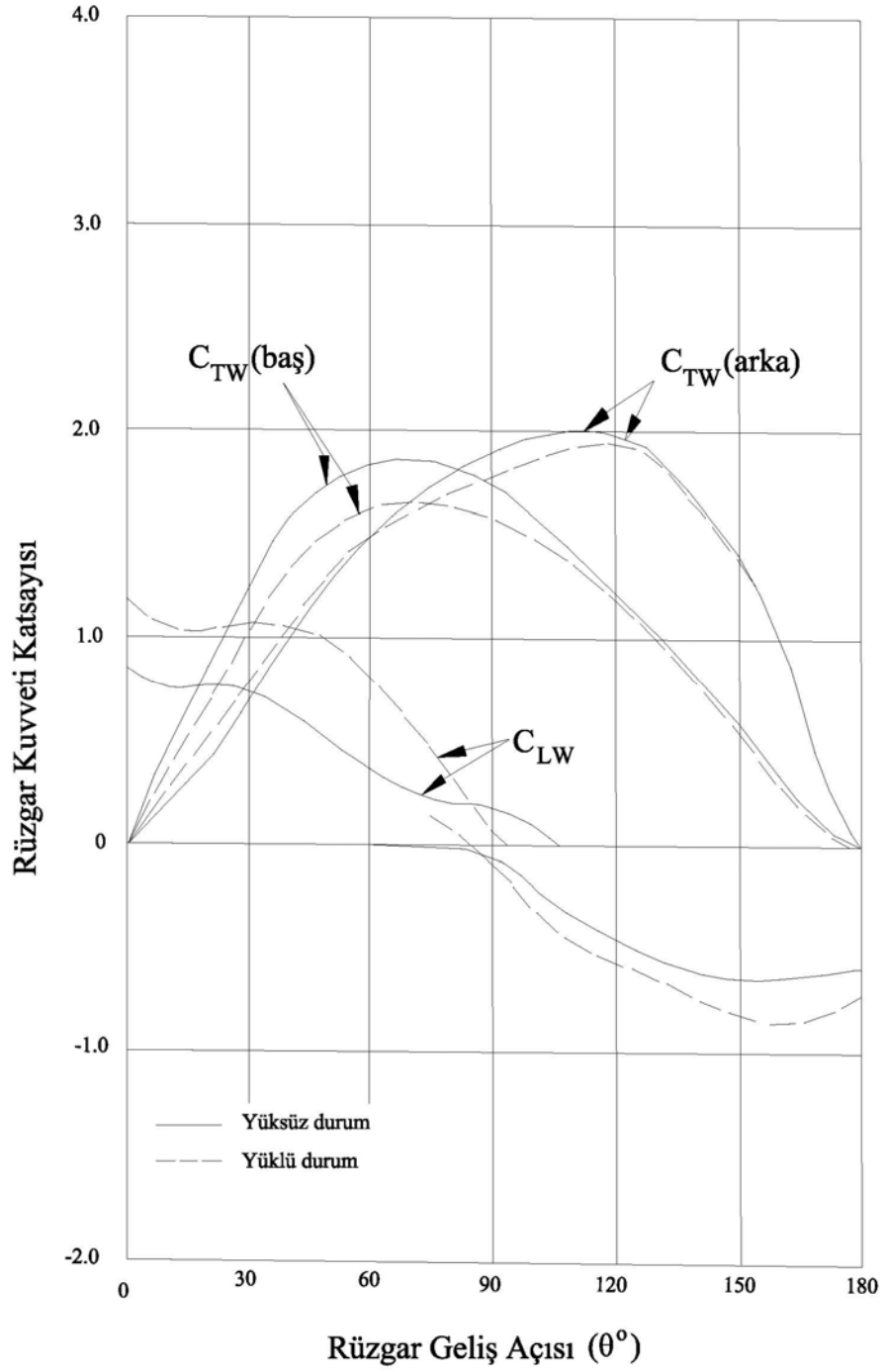
Rıhtımlarda kullanılacak babalar için baba aralıkları ve sayıları **Tablo 3.12**' da verilmiştir.

Tablo 3.12 Rıhtımlarda Kullanılacak Babalar için Baba Aralıkları ve Sayıları

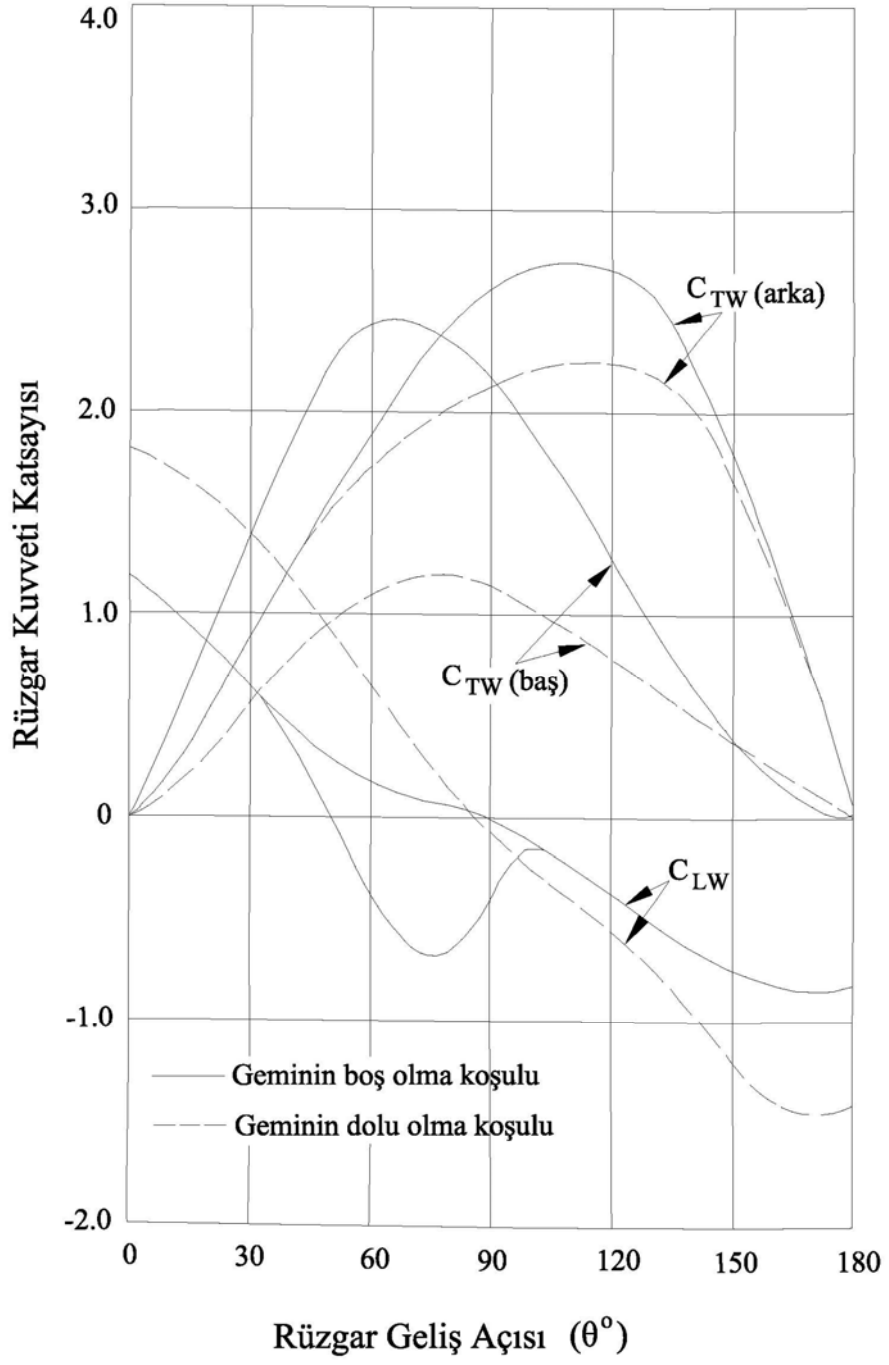
GT	En Büyük Baba Aralığı(m)	Birim Yanaşma Yeri için En Küçük Baba Sayısı
< 2000 GT	10-15	4
2000<GT<5000	20	6
5000<GT<20000	25	6
20000<GT<50000	35	8
50000<GT<100000	45	8



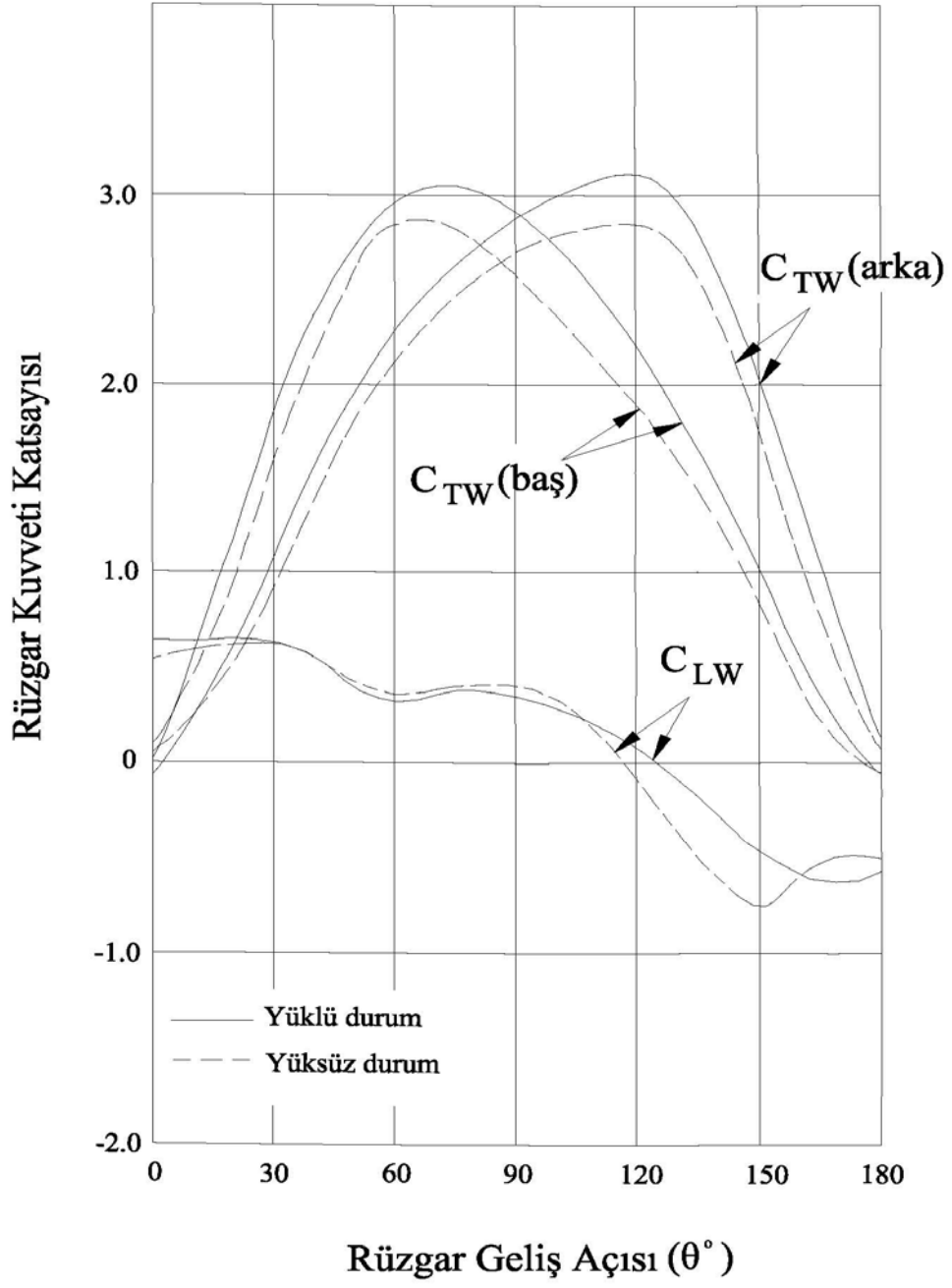
Çizim 3.3 Bütün gemiler için derin denizde akıntı direnç katsayıları
(BS 6349-1:2000)



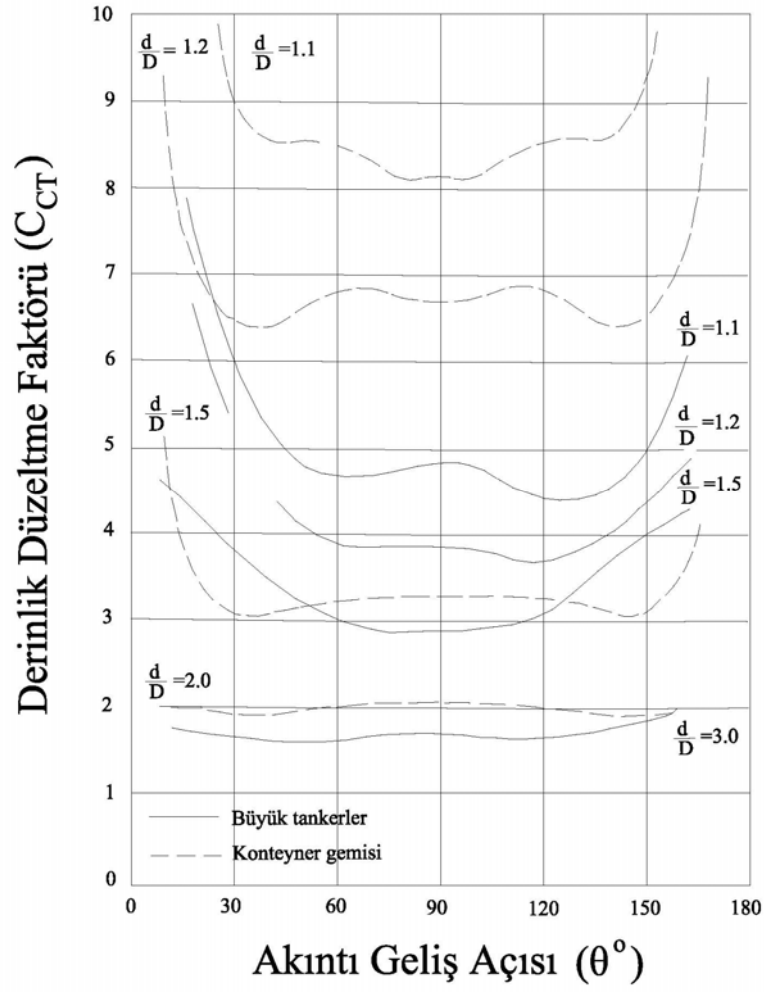
Çizim 3.4 Rüzgar geliş açısı ile rüzgar kuvvet katsayıları arasında ki ilişki
(BS 6349-1:2000)



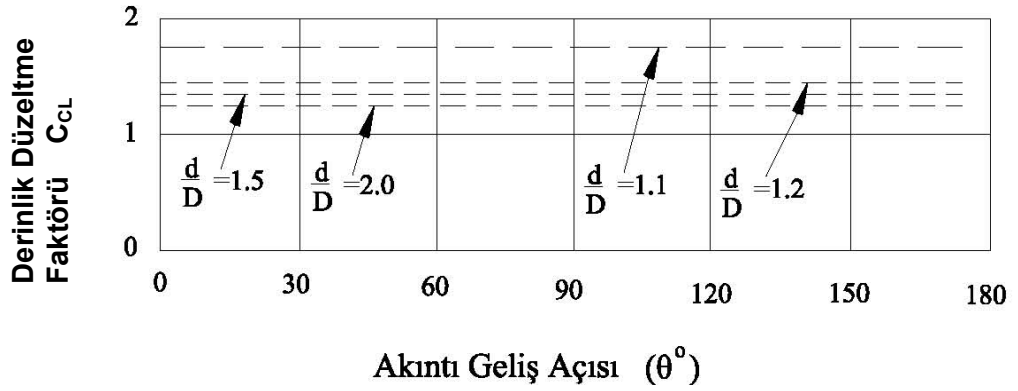
Çizim 3.5 Çok büyük petrol tankerleri için rüzgar kuvvet katsayıları
(BS 6349-1:2000)



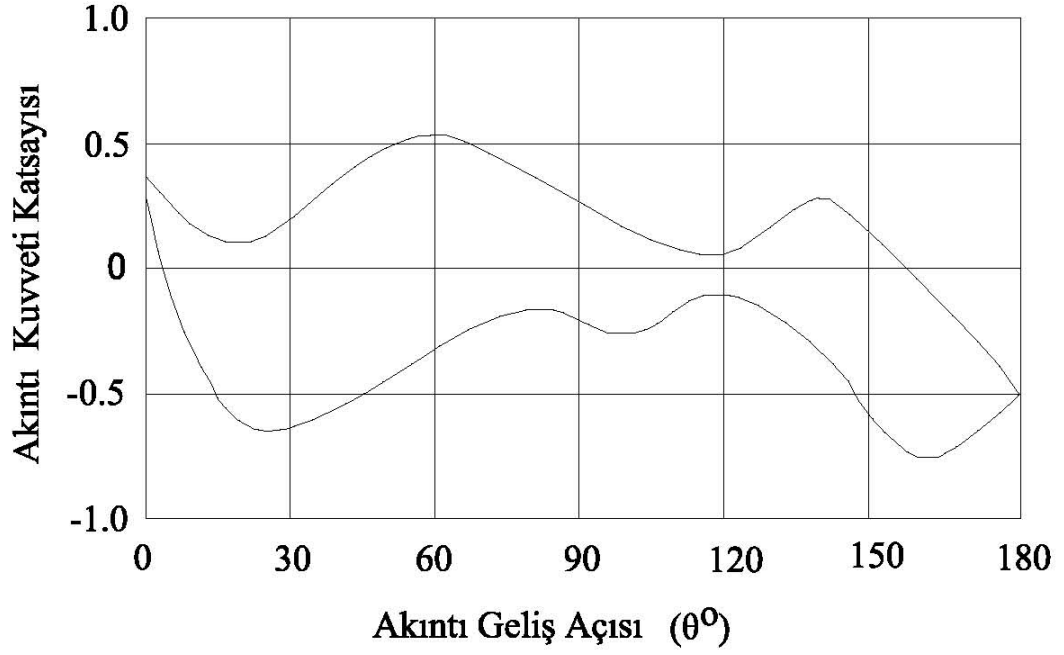
Çizim 3.6 Yük gemileri için rüzgar kuvveti katsayıları (BS 6349-1:2000)



Çizim 3.7 Enine Akıntı Kuvvetleri İçin Derinlik Düzeltme Faktörü(BS 6349-1:2000)



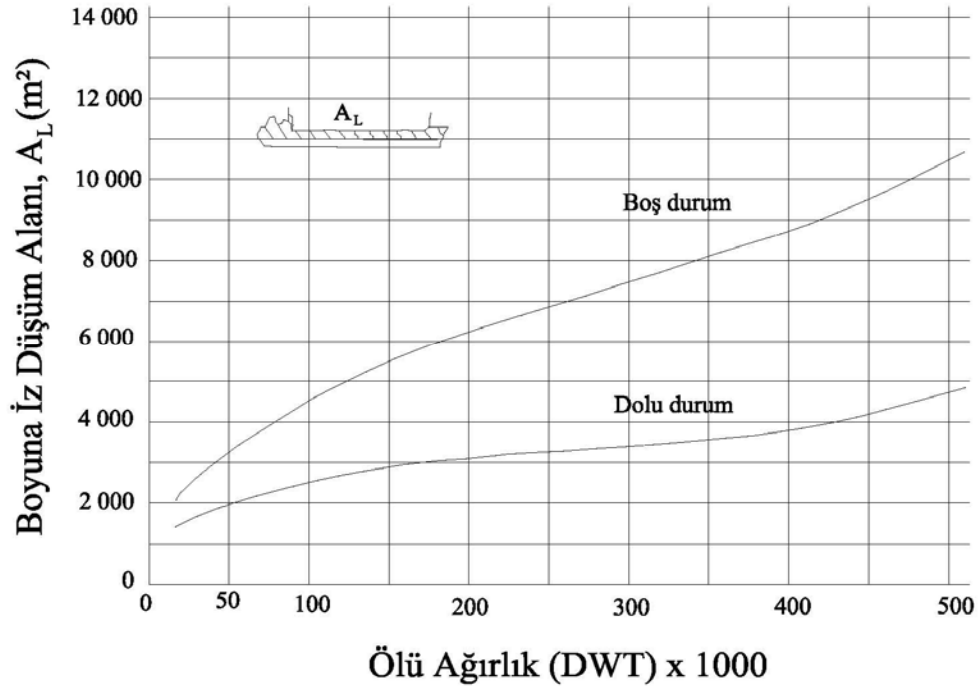
Çizim 3.8 Boyuna Akıntı Kuvvetleri İçin Derinlik Düzeltme Faktörü(BS 6349-1:2000)



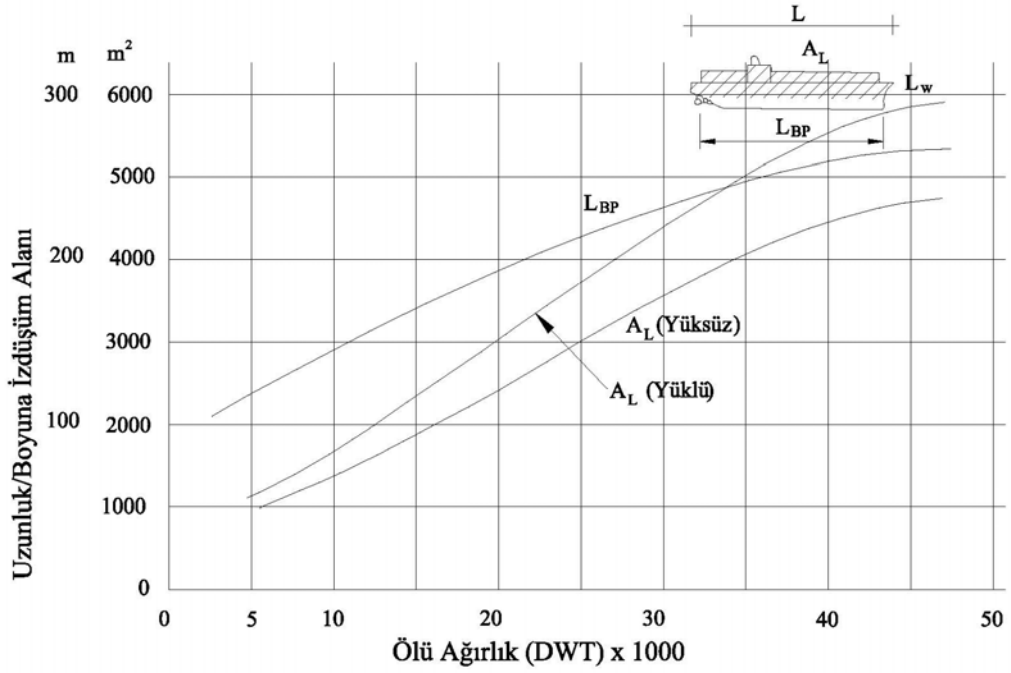
Çizim 3.9 Sığ Sularda Ağırlıkları 150.000-500.000 DWT Arasında Değişen Tankerlerde Boyuna Kuvvet Katsayısı Değişimi(BS 6349-1:2000)

Çizim 3.10, tankerler için boyuna iz düşüm alan değerlerini vermektedir.

Çizim 3.11, konteyner gemileri için, uzunluk / boyuna izdüşüm alanları ile ölü ağırlık (DWT) arasında ki ilişkiyi göstermektedir.



Çizim 3.10 Tankerler için boyuna iz düşüm alanları(BS 6349-1:2000)



Çizim 3.11 Konteyner Gemileri için, Uzunluk / Boyuna İzdüşüm Alanları ile Ölü Ağırlık (DWT) arasında ki ilişki (BS 6349-1:2000)

3.3. Gemi Çarpma Kuvveti

Gemi yükleri belirlenirken dikkat edilmesi gereken parametreler:

- Gemi boyutları
- Yanaşma şekli yöntemi ,yanaşma hızı
- Bağlama tesislerinin yapısı
- Bağlama şekli ve bağlama sistemi özellikleri
- Rüzgar, dalga ve gel-git akıntılarının etkileri

Gemi limana yanaşırken ya da bağlanırken, yanaşma yapılarına etki eden yükler;

1. Gemi yanaşmasından kaynaklanan yükler (Gemi çarpma yükleri)
2. Bağlanan gemi hareketlerinden doğan yükler (Bağlama kuvveti)

Yanaşma yapılarına etki eden yanaşma kuvvetleri, geminin yanaşma enerjisine bağlı olarak hesaplanmalıdır ve bu hesaplamalar yapılırken usturmacaların yükleme-deformasyon (load-deflection) özellikleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

3.3.1. Gemi Yanaşma Yükleri

Gemi yanaşma yükleri gemi yanaşma enerjisinin hesaplanması ile bulunur.

3.3.1.1. Gemi Yanaşma Enerjisi

Gemi yanaşma enerjisi (E_f) :

$$E_f = \left(\frac{M_s V^2}{2} \right) C_e C_m C_s C_c \quad (3.5)$$

- E_f : Gemi Yanaşma Enerjisi (kJ = kN.m)
- M_s : Gemi Kütlesi (t)
- V : Gemi Yanaşma Hızı (m/s)
- C_e : Dışmerkezlik Faktörü (eksantriklik)
- C_m : Hidrodinamik Atalet Katsayısı
- C_s : Esneklik Faktörü (Genellikle 1.0 alınır)
- C_c : Yanaşma Şekli Faktörü
- M_s : Gemi Kütlesi (t)

M_s olarak tanımlanan ifade tasarım gemisinin yer değiştirme (deplasman) tonajıdır. (Gemi tam doluyken yer değiştiren su kütlesi). Tasarım gemisinin yer değiştirme tonajının tanımlanmadığı durumlarda **Tablo 3.13** kullanılarak geminin yer değiştirme tonajı bulunur.

Tablo 3.13, gemilerin yer değiştirme tonajları (DT) ile ölü ağırlık tonajları (DWT) arasında ki ilişkiyi vermektedir.

Tablo 3.13 Gemilerin yer değiştirme (deplasman) tonajları (DT) ile ölü ağırlık tonajları (DWT) arasında ki ilişki (OC DI, 2002)

Yük gemileri (10.000DWT den az)	$\log (DT) = 0.550 + 0.899 \log (DWT)$
Yük gemileri (10.000DWT den fazla)	$\log (DT) = 0.511 + 0.913 \log (DWT)$
Konteyner Gemileri	$\log (DT) = 0.365 + 0.953 \log (DWT)$
Feribotlar (uzun mesafe)	$\log (DT) = 1.388 + 0.683 \log (GT)$
Feribotlar (kısa ve orta mesafe)	$\log (DT) = 0.506 + 0.904 \log (GT)$
Ro-Ro Gemileri	$\log (DT) = 0.657 + 0.909 \log (DWT)$
Yolcu Gemileri (Japonya)	$\log (DT) = 0.026 + 0.981 \log (GT)$
Yolcu Gemileri (Yabancı)	$\log (DT) = 0.341 + 0.891 \log (GT)$
Otomobil Taşıyıcısı	$\log (DT) = 1.915 + 0.588 \log (GT)$
Yağ Tankerleri	$\log (DT) = 0.332 + 0.956 \log (DWT)$

- C_e Dışmerkezlik Faktörü (Eksantriklik) (**OC DI, 2002**)

Dışmerkezlik Faktörü (7.6) kullanılarak hesaplanır.

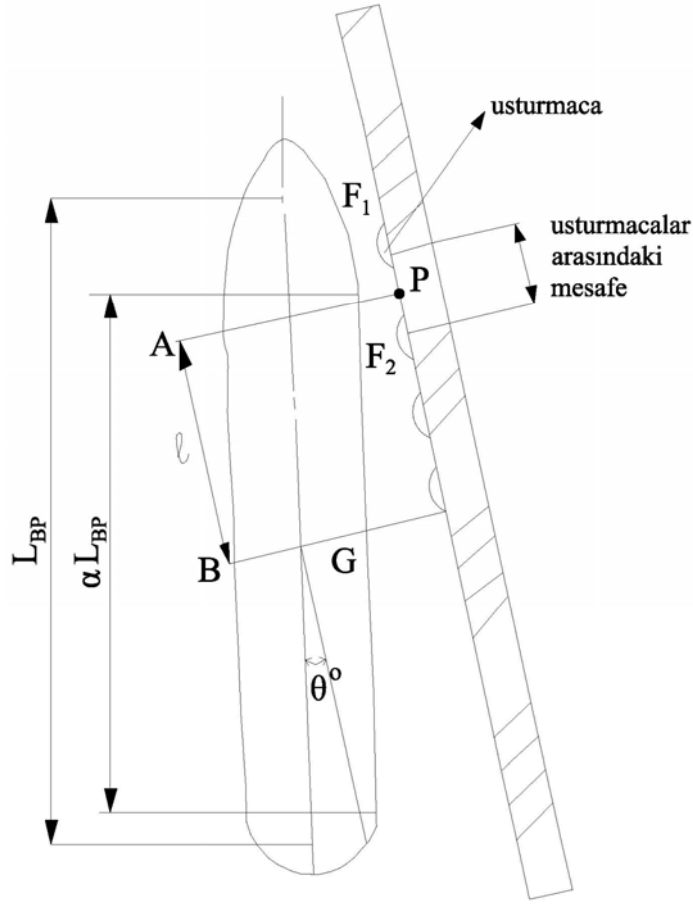
$$C_e = \frac{1}{1 + \left(\frac{\ell}{r} \right)^2} \quad (3.6)$$

ℓ : Geminin usturmacaya yaslanma noktası (P) ile ağırlık merkezi (G) arasında rıhtıma paralel doğrultuda ki uzaklık (A-B) (**Çizim 3.12**)

Çizim 3.12'da görüldüğü gibi , gemi usturmacaları F_1 ve F_2 noktalarını, temsil etmektedir. Temsili olarak gösterilen P noktası ve yaslanma noktası ile ağırlık merkezi arasında rıhtıma paralel doğrultudaki uzaklık ℓ uzunluğu; **Denklem 3.7** ve **Denklem 3.8** eşitlikleri kullanılarak hesaplanabilir. $k < 0.5$ ise ℓ_1 , $k > 0.5$ ise ℓ_2 'yi hesaplayan formüller kullanılır. $k = 0.5$ ise ℓ_1 ve ℓ_2 hesaplanır ve C_e formülünde yerine yazılır. Büyük olan C_e (**Denklem 3.6**) değerini veren “ ℓ ” değeri olarak kabul edilir.

$$\ell_1 = (0.5\alpha - ek) L_{BP} \cos \theta \quad k < 0.5 \quad (3.7)$$

$$\ell_2 = 0.5\alpha + (1 - k) L_{BP} \cos \theta \quad k > 0.5 \quad (3.8)$$



Çizim 3.12. Gemi yanaşma şekli (OCDF, 2002)

l_1 : Geminin F_1 usturmacasına değdiği nokta ile geminin ağırlık merkezi arasında yer alan ve yanaşma yapılarına paralel düzlemde belirlenmiş olan mesafedir (m).

l_2 : Geminin F_2 usturmacasına değdiği nokta ile geminin ağırlık merkezi arasında yer alan ve yanaşma yapılarına paralel düzlemde belirlenmiş olan mesafedir (m).

θ : Yanaşma Açısı ($0 - 10^\circ$) arasında alınabilir. Bu açının 10° alınması önerilmektedir.

e : Usturmacalar arasındaki mesafe ile L_{BP} arasındaki orandır.

α : 1/2 veya 1/3 alınır. (C_e değerini en büyük yapan α değerinin kullanılması önerilmektedir)

k : F_1 ve F_2 usturmacaları arasında yer alan ve geminin bağlama tesislerine en yakın olduğu noktanın temsili konumunu gösteren parametredir. k parametresi, 0 ile 1 arasında değerler alabilir fakat genellikle $k=0.5$ kabul edilir.

r : Yatay düzlemde geminin ağırlık merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme yarıçapı **Denklem (3.9)** kullanılarak hesaplanır)

$$r = (0.19C_b + 0.11)L_{BP} \quad (3.9)$$

Burada blok katsayısı (C_b) :

$$C_b = \frac{\nabla}{L_{BP}BD} \quad (3.10).$$

∇ : Gemi tarafından yer değiştiren su hacmi (m^3)

Gemi tarafından yer değiştirilen su hacmi (∇), yer değiştirme tonajının (DT) deniz suyu yoğunluğuna bölünmesi ile bulunur. $\left(\nabla = \frac{DT}{\rho_{sw}} \right)$

D: Tamamen dolu olduğunda ortalama su çekimi (m)

B : Gemi genişliği (m)

L_{BP} : Gemi uzunluğu (m)

Ölü ağırlık tonajı (DWT) veya gros tonaj (GT) verileri ile L_{BP} hesaplanmasını sağlayan eşitlikler **Tablo 3.14**'de verilmiştir.

Tablo 3.14 Ölü ağırlık tonajı (DWT) veya Gros tonaj (GT) verileri ile L_{BP} hesaplanmasını sağlayan eşitlikler (OCĐI, 2002)

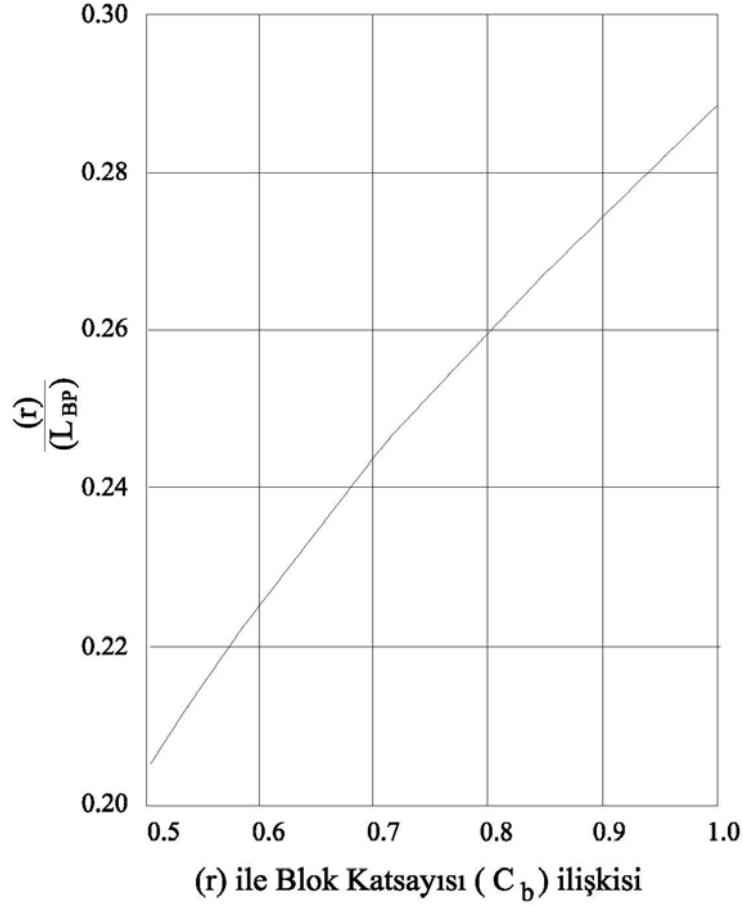
Yük Gemileri : (10,000DWT den az)	$\log (L_{BP}) = 0.867 + 0.310 \log (DWT)$
Yük Gemileri : (10,000DWT -daha fazla)	$\log (L_{BP}) = 0.964 + 0.285 \log (DWT)$
Konteyner Gemiler	$\log (L_{BP}) = 0.516 + 0.401 \log (DWT)$
Feribotlar(uzun mesafe;13,000GT -daha az)	$\log (L_{BP}) = \log(94.6 + 0.00596 GT)$
Feribotlar(kısa-orta mesafe; 6,000t-daha az)	$\log (L_{BP}) = 0.613 + 0.401 \log (GT)$
İçe dışa yalpalayan gemiler	$\log (L_{BP}) = 0.840 + 0.349 \log (DWT)$
Yolcu Gemileri (Yabancı)	$\log (L_{BP}) = 0.787 + 0.330 \log (GT)$
Otomobil Taşıyıcısı	$\log (L_{BP}) = 1.046 + 0.280 \log (GT)$

Ayrıca **Denklem 3.10**'de hesaplanan C_b veya **Tablo 3.15** kullanılarak bulunan C_b değeri **Çizim 3.14**'de girilerek r / L_{BP} oranından r değeri hesaplanabilir.

C_b katsayılarının gemi tiplerine göre değerleri **Tablo 3.15**'de verilmiştir.

Tablo 3.15. C_b Değerleri (BS 6349: Part 4 : 1994)

Gemi Tipi	C_b Aralığı
Tanker	0.72 - 0.85
Konteyner	0.65 - 0.70
Ro-Ro	0.65 - 0.70
Yolcu	0.65 - 0.70
Kuru Yük	0.60 - 0.75
Feribot	0.50 - 0.65



Çizim 3.13. r ile blok katsayısı (C_b) ilişkisi

- **C_m , Hidrodinamik Atalet Katsayısı (OCDI, 2002)**

Hidrodinamik atalet katsayısını hesaplamak için **Denklem (3.11)** kullanılır.

$$C_m = 1 + \frac{\pi}{2C_b} \times \frac{D}{B} \quad (3.11)$$

Burada,

C_b : Blok Katsayısı

L_{BP} : Gemi uzunluğu (m)

B : Gemi genişliği (m)

D: Tamamen dolu olduğunda ortalama su çekimi (m)

- **C_s , Esneklik Faktörü (BS 6349:Part 4 : 1994)**

Esneklik faktörü, tekne yüzeyinin ve usturmacanın rijitliği ile ilgilidir. Bu katsayının belirlenmesi ile ilgili yapılan araştırmalar neticesinde , C_s = 0.9 – 1.0 olduğu belirlenmiştir.

- **C_c , Yanaşma Şekli Faktörü (BS 6349:Part 4 : 1994)**

Yanaşma şekli faktörü değeri, geminin tekne kısmı ile rıhtım duvarı arasındadır ve yanaşma yerinin altının açık veya kapalı olması durumuna bağlıdır C_c değerine etki eden parametreler; rıhtım yapım tipi ve rıhtımın gemi kenarından olan uzaklığı, yanaşma açısı, teknenin şekli ve gemi omurga altı açıklığıdır. Rıhtım tiplerine göre belirlenen yanaşma şekli faktörleri aşağıda ki gibidir.

- $C_c = 1.0$ Altı açık rıhtım
- $C_c = 0.9$ Altı yarı açık rıhtım
- $C_c = 0.8$ Altı kapalı rıhtım

Standart olarak $C_c = 1.0$ kabul edilir.

- V,Yanaşma Hızı

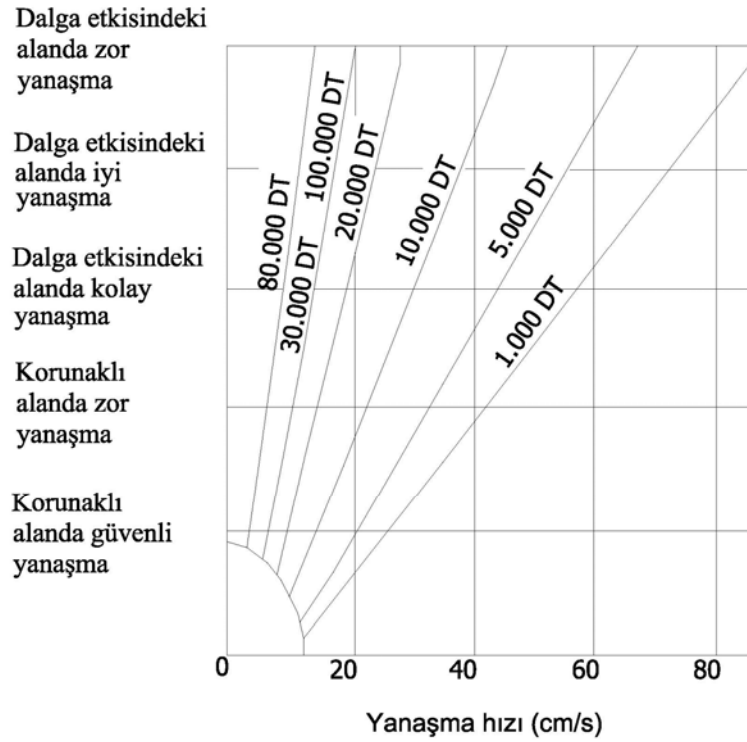
Yanaşma hızına etkiyen faktörler,

- Tasarım Gemi Tipi
- Yüklenen Gemi Büyüklüğü
- Yanaşma Yapılarının Tipi ve Konumu
- İklim Koşulları
- Çekici Romorkör Kullanılabilirliği ve Büyüklüğüdür.

1. Yanaşma hızı ile ilgili yapılan çalışmalar , yük gemileri için yanaşma hızının genellikle 10 cm/s den düşük olması gerektiğini göstermiştir. Yük gemileri için yanaşma hızı 10 cm/s alınacaktır.
2. Çeşitli gemilerin yanaşma hızları aşağıda verilmiştir

<u>DWT (t)</u>	<u>Yanaşma Hızı,V (cm/s)</u>
< 1.000	< 15
5.000 - 30.000	< 10
> 30.000	< 5

3. Büyük gemiler ve büyük petrol tankerleri, rıhtıma ve rıhtım duvarına paralel çizimde ve aralarında belli mesafe kalıncaya kadar yanaşırlar. Daha sonra çekici romorkörlerle rıhtıma kadar çekilirler. Rıhtıma doğru şiddetli rüzgarların estiği durumlarda, gemiler farklı bir şekilde , dışarıya doğru romorkörler yardımıyla çekilerek rıhtıma yanaşırlar. Bu şekilde yapılan bir uygulamada yanaşma hızı 10- 15 cm/s olmalıdır.
 - 3.1 Kendi güçleriyle rıhtıma yanaşan feribotların hızı 10 cm/s' den azdır. Fakat bazen yanaşma hızının 15 cm/s'yi geçtiği durumlarla karşılaşılabilir, bu nedenle feribot rıhtımları tasarlanırken buna dikkat edilmelidir.
 - 3.2 Küçük gemiler ve küçük yük gemileri ve çekici romorkör olmadan rıhtıma yanaşabilen balıkçı gemilerinde,yanaşma hızı büyük gemilerin yanaşma hızından daha büyüktür, bazı durumlarda bu hız 30 cm/s yi geçebilir.
4. Feribotlar, Ro-Ro gemileri ya da küçük yük gemileri çekici romorkör yardımı olmaksızın rıhtıma yanaşabilirler. Eğer bu gemilerin baş ve arka kısmında rampa varsa, gemiler rıhtıma dik olarak yanaşır. Bu durumda yanaşma yöntemi büyük gemilerin yanaşma yöntemlerinden farklı olur. Önemli olan nokta yanaşma hızının doğru bir şekilde belirlenmesidir.
5. **Çizim 3.14** , gemi büyüklüğü, gemi yanaşma durumları ile yanaşma hızı arasındaki ilişkiyi gösterir.



Çizim 3.14. Gemi yanaşma durumları ile yanaşma hızı arasındaki ilişki (OCDE,2002)

Yapılan çalışmalar sonucunda, yük gemileri, konteyner gemiler, araç taşıyıcılar ve tüm gemiler için ortalama yanaşma hızları **Tablo 3.16**'de verilmiştir.

Tablo 3.16. DWT ve Yanaşma Hızları (OCDE,2002)

DWT	Yanaşma Hızı (cm/s)			
	Yük Gemisi	Konteyner Gemisi	Araç Taşıyıcılar	Tüm Gemiler
1.000	8.1	-	-	8.1
5.000	6.7	7.8	-	7.2
10.000	5.0	7.2	4.6	5.3
15.000	4.5	4.9	4.7	4.6
30.000	3.9	4.1	4.4	4.1
50.000	3.5	3.4	-	3.4
Tüm Gemiler	5.2	5.0	4.6	5.0

Usturma aralıkları **Bölüm B Liman Planlaması**'nda verilmiştir.

Usturmaçalarda güvenlik marjini sağlayabilmek için, **maksimum çarpışma enerjisinin iki katı tasarım enerjisi olarak alınmalıdır**. Çelik aksamlarda ise maksimum gerilme akma gerilmesinin 0.8 katını geçmemelidir.

3.3.1.2. Yanaşma Reaksiyonları ve Yük Dağılımı

Yanaşma reaksiyonları yanaşma enerjisine ve usturma sistemine bağlı olarak değişir. Yanaşma yapıları aşağıda verilen şartlara göre düzenlenmelidir.

- Gemi gövdesine gelen kontak basınçları kabul edilebilir limitlerde olmalı
- Gemi gövdesi ile usturma arasında doğrudan temastan sakınılmalıdır
- Usturma kapasitesini geçmemelidir.

Gemi Gövdesi Basınçları

Gemi gövdesine gelen maksimum basınç geminin tipine, boyutlarına, usturmaçaların yüzeysel özelliklerine (rijit, esnek) ve temas alanının gemi iskeleti pozisyonuna bağlı olarak değişir. LNG/LPG tankerleri (VLCC) için bu değer 15 t/m² ile 20 t/m² arasında değişir.

Açılı Yanaşmadan Doğan Usturmaça Reaksiyonu

Eğer çarpma gövdenin düz olduğu noktada ve gemi pozisyonun yanaşma yapısına paralel olduğu durumda gerçekleşmemişse, usturmaça açısız bir yükleme ile karşı karşıya kalır.

Gemi gövdesinin geometrisi gereği çarpma hem dikey hemde yatay düzleminde düşünülerek,

- Her usturmaçaya gelen yük açısı
- Her usturmaça ünitesinin soğurduğu enerji ve bütün usturmaça sisteminin soğurduğu enerji
- Gemi gövdesi ve usturmaça arası mesafe

belirlenmelidir.

Birçok elastomerik ve pnömatik usturmaça üreticileri yanaşma pozisyonları için açısız düzeltme faktörleri verirler. Eğer gemi yanaşması bazı nedenlerden dolayı her zaman açısız bir yanaşma oluyorsa, usturmaçalarda paralel bir yaklaşma sağlayacak şekilde yerleştirilir.

Usturmaçaların kesme kapasiteleri

İleri-geri ve aşağı-yukarı hareket eden deniz araçları bu sırada usturmaçalara çarparlarsa usturmaçalarda kesme deformasyonları ve gerilmeleri oluşur. Bu kesme deformasyonlarının kabul edilebilir sınırlar içinde olması gerekmektedir. Usturmaça üreticisinin malzeme bilgilerini sağlamadığı durumlarda, kesme gerilmeleri sürtünme katsayıları, μ , ve yüzeye gelen normal kuvvet kullanılarak hesaplanabilir. Aşağıdaki tabloda tipik sürtünme katsayıları verilmiştir.

Tablo 3.17. Usturmaça yüzeyi kaplama malzemeleri sürtünme katsayıları

Malzeme	Sürtünme katsayısı, μ
Polietilen	0,2
Naylon	0,2
Kauçuk	0,5
Ahşap	0,3

Not: Yukarıda verilen katsayılar sadece düzgün yüzeylerin bulunduğu durumlarda geçerlidir. Dolayısıyla gemi gövdeleri çok paslı ise yada civatalar, somunlar gövde üzerinde çıkıntı ise bu katsayılar yeniden değerlendirilmelidir.

3.4. Kazıklı Yapılarda Dalga Yükleri

Tek kazığa gelen dalga yükünü bulabilmek için, Morison metodu kullanılır. Tek kazık için D/ L oranı 0.05 den küçük olduğunda kazıklara gelecek dalga yükleri hesaplanmalıdır ($\frac{D}{L} \leq 0,05$).

Burada ;

D : Kazık çapı, L : Tasarım dalgasının uzunluğu

A. Tek bir kazığa gelen dalga yükü

- Su parçacık hızından oluşan kuvvet (sürükleme kuvveti)
- Su parçacık ivmesinden oluşan kuvvet (eylemsizlik kuvveti)

olarak iki kısımdan oluşur;

dik kazığın birim uzunluğuna gelen toplam yatay dalga basıncı

$$p = p_D + p_M = \frac{1}{2} C_D \frac{\gamma_w}{g} D u |u| + C_m \frac{\gamma_w}{g} A \frac{\partial u}{\partial t} \quad (3.12)$$

Tek kazık dairesel kesite sahip ise toplam yatay dalga yükü aşağıdaki şekilde ifade edilir;

$$p = \frac{1}{2} C_D \frac{\gamma_w}{g} D u |u| + C_m \frac{\gamma_w}{g} \frac{\pi D^2}{4} \frac{\partial u}{\partial t} \quad (3.13)$$

Burada ;

p_D = Dalga etkisi altındaki su tanesinin hızından dolayı kazıkta oluşan birim uzunluğuna etkiyen basınç

p_M = Dalga etkisi altındaki su tanesi ivmesinden dolayı kazıkta oluşan birim uzunluğuna etkiyen basınç

p = Kazığa etkiyen toplam yatay basınç

C_D = Dalga tanesi hızından dolayı oluşan kuvvete karşı direnç katsayısı

C_m = Parçacık ivmesinden dolayı oluşan kuvvete karşı eylemsizlik katsayısı

g = Yer ivmesi

γ_w = Suyun özgül ağırlığı

u = Su taneciğinin yatay hızı

$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{du}{dt}$: su parçacıklarının yatay ivmesi

D = Kazık çapı

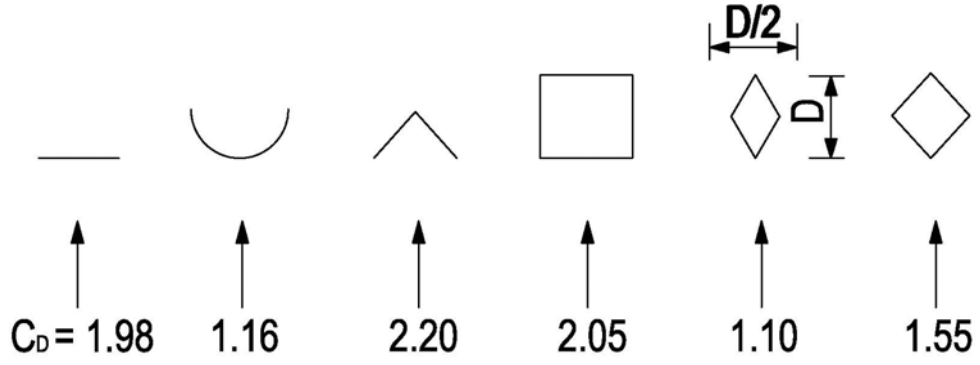
A = Dalga etkisi altında akıma maruz kalan kazığın akım yönündeki alanı

C_D katsayısı, kazığın şekline, Reynolds katsayısına Re , yüzey sertliğine ve türbülans derecesine bağlıdır. Dairesel kazıklar için genelde $C_D = 0.7$ alınır, pürüzlü yüzeyler için bu değerler artabilir. Çeşitli kesitler için C_D katsayısı Çizim 3.15'de verilmiştir.

Genelde dairesel kazıklar için $C_m = 2.0$ değeri kullanılır.

Dalganın kırılma koşulları ile ilgili kazığa gelecek hesap yöntemleri mevcut değildir. Bu durumda da bir takım varsayımlarla Morrison yöntemi tekrar kullanılabilir. Bu varsayıma göre dalga kırılma koşulunda su kütlesi yüksek hızla kazığa etki eder ve su kütlesi ivmesi sıfır kabul edilir. $C_m = 0$ alınır, C_D ise 1.75'e kadar artırılır (EAU 2004)

YÜKSEL PROJE



Çizim 3.15 Kazık Çizimlerine Göre C_D Katsayıları

B. Kazık gruplarına gelen dalga yükleri

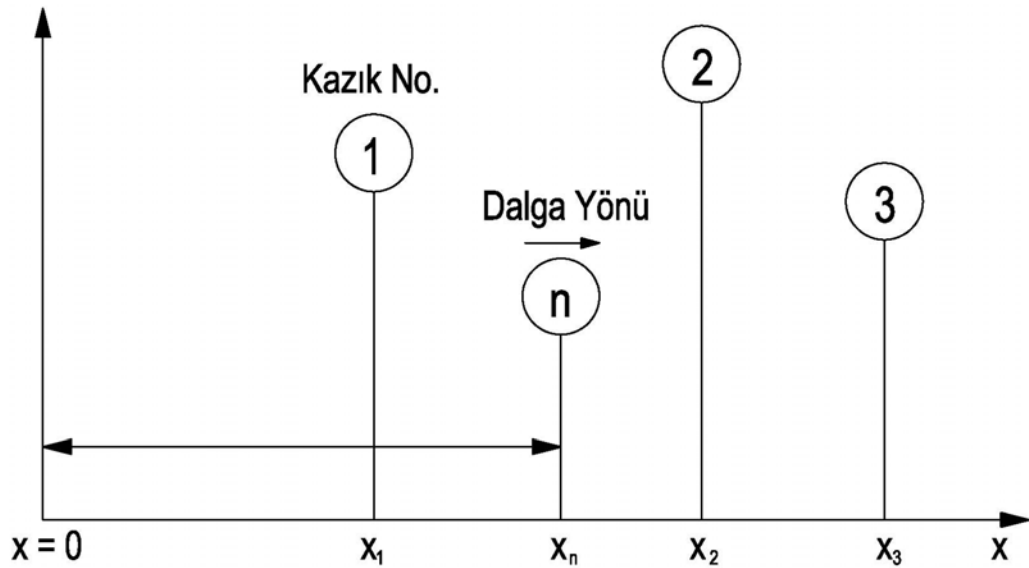
Kazık gruplarına gelen toplam yatay yük Çizim 3.16 ve aşağıda verilen bağıntı yardımıyla hesaplanacaktır.

$$P = \sum_{n=1}^N P_n(\theta_n)$$

N: Toplam kazık sayısı

$P_n(\theta_n)$: Tek kazığa gelen dalga yükü, faz açısı ($\theta_n = k \cdot x_n - \omega t$) göz önüne alınarak hesaplanacaktır.

x_n : Kazığın x eksenindeki koordinatı (Çizim 3.16)



Çizim 3.16 Kazık Grupları Yerleşimi

Eğer grup kazık sisteminde kazık aralıkları 4 kazık çapından az ise komşu kazıklarda enine yük artar ve kazık diziliş yönüne paralel dalga yükü azalır. Kazıkların aralarındaki uzaklıklarına bağlı olarak yük düzeltme katsayıları **Tablo 3.18.** de verilmiştir.

Tablo 3.18 Düzeltme katsayıları

e/ D	2	3	4
Dalga tepesinin kazık sırasına paralel gelmesi durumu	1.5	1.25	1.0
Dalga tepesinin kazık sırasına dik gelmesi durumu	0.7 ¹⁾	0.8 ¹⁾	1.0

¹⁾ dalgaya maruz öndeki kazıklarda azaltma yapılmaz

e = İki kazık merkezi arasındaki mesafe

Güvenlik katsayıları

Tasarım dalgası seyrek oluşuyorsa (derin denizde) güvenlik katsayısı $F = 1.5$

Tasarım dalgası sık sık oluşuyorsa (sığ deniz koşullarında) güvenlik katsayısı $F = 2.0$ alınır

Kazıklara gelecek dalga yükleri detay hesapları için **SPM 1984, CEM 2003, EAU 2004 ve OCDI 2002** yararlanılabilir.

3.5. Yükler ve Yük Kombinasyonları

3.5.1. Yükler

Konteyner Yükleri

Bir konteyner Liman Sahasına konulduğu zaman, konteyner yükünün dört köşesinde noktasal yük (175x160 mm²) olarak etki ettiğini düşünmek gerekir. Konteynerler st üste yığılı ise yüklemeler yayılı yük olarak alınır.

- 1 sıra 15 kN/m²
- sıra 25 kN/m²
- sıra 30 kN/m²
- sıra 40 kN/m²
- sıra 50 kN/m²

Sıra sayısı arttıka maksimum yük taşıyan konteynerlerin üst üste konma Őansı azalır.

Kuru Yükler

Liman sahalarında kuru yükler depolanıyorsa, liman kenarından uzaklık ve yığınların yüksekliklerinin bilinmesi gereklidir. AŞağıdaki tabloda kuru yük özgül ağırlıkları ile i sürtünme aılları verilmiştir. Bu değerler kullanılarak liman sahası sürşarj yükü hesaplanabilir.

Tablo 3.19. Kuru Yük zgl Ağırlıkları ve içsel Sürtünme Aılları

Malzeme	zgl Ağırlık kN/m ³	içsel Sürtünme Açısı Φ (derece)
Demir	22.4-30	35-40
Bakır	25.6	38-45
Aliminyum (Boksit)	14	28(kuru)/50(ıslak)
Çinko	15-17.9	38
KurŐun	25.6-27.6	35-40
Magnezyum	15	35
Kok	3.6-5.1	37
Kömür	7.2-9	30-45
Çimento	12	25
akıl	16(kuru)/20(ıslak)	40
Kum	17-18(kuru)/20(ıslak)	30-40
Fırın Cürufu	11	25
Atık Metal	10-16	35
Genel Atık	5,6	10-40
Tuz	9	45
Soya Fasulyesi	8.2	35-60

Kren Yükleri

Kren tipi yüklerinin belirlenmediği durumlarda ön tasarımlar için **Tablo 3.20**'de verilen kren yükleri kullanılabilir.

Tablo 3.20. Liman Sahasına Etkiyen Kren Yükleri

Ray Aralığı	Kaldırma Kapasitesi ve Kren Kol Uzunluğu (Su tarafı)	Kaldırma Kapasitesi ve Kren Kol Uzunluğu (Kara tarafı)	Öz Ağırlık (kN)	Maks. Teker Yüğü (Su tarafı) (kN)	Maks. Teker Yüğü (Kara tarafı) (kN)	Tekerler Arası mesafe (m)
15.24 m	410 kN- 36 m	410 kN - 13 m	5150	293	274	1.75
15.24 m	500 kN - 38 m	500 kN - 12 m	8100	474	433	1.20
20.00 m	500 kN - 43 m	500 kN - 16 m	9770	568	542	1.00
30.48 m	500 kN - 40 m	500 kN - 18 m	8970	408	609	1.24
35.00 m	670 kN - 52 m	670 kN - 25 m	12122	691	691	1.05
48.00 m	450 kN - 30 m	450 kN - 20 m	7350	420	383	1.50

Konteyner Taşıyıcılar

Konteyner elleçlenmesi için terminal işletmesinde çalışan taşıyıcılar, forkliftler, çift bacaklı taşıyıcılar, otomatik kumandalı araçlar , terminal traktörleri ve kasisleri kullanılabilir. **Tablo 3.21**'de ön tasarım için dikkate alınacak yükler verilmiştir. Liman sahası için direk yükleme olarak dingil ve teker yükleri önemlidir. Bu yükler için teker konfigürasyonları çok önemlidir ve bu yükler hesaplamalarda düzgün yayılı yük olarak kabul edilebilir. Konteyner yüklerinin meydana getirdiği surşarj yükleri ile aynı kategoridedir.

Tablo 3.21. Liman Sahasına Etkiyen Konteyner Taşıyıcı Yükleri

Tanım	Dingil Yükleri (kN)	Maksimum Teker Yükleri (kN)	Ortalama Teker Yükleri (kN)
Hafif Taşıyıcı	320	110	80
Orta Taşıyıcı	900		
Ağır Taşıyıcı	1050	325	265
Forklift 4 ton	90	55	45
Forklift 16 ton		92	75
Forklift 37 ton	850	255	215
Otomatik Kumandalı Araç CT 40	290	160	145
Otomatik Kumandalı Araç CT 60	400	220	200
Terminal Traktörü		65	50
Terminal Kasisi		30	25
Çoklu Trayler Sistemi	340	65	45
Çift Bacaklı Taşıyıcı 3 Kat	320	170	110
Çift Bacaklı Taşıyıcı 4 Kat		160	90

3.5.2. Yük Kombinasyonları

Ağırlık tipi ve palplanşlı rıhtımlar

Kombinasyon 1

$$\text{Yatay Yük: } K_{1H} = Z_S + Z_{SG} + 0.5B$$

$$\text{Düşey Yük: } K_{1V} = G + S_K$$

Kombinasyon 2

$$\text{Yatay Yük: } K_{2H} = Z_S + 0.5Z_{SQ} + B$$

$$\text{Düşey Yük: } K_{2V} = G + S_K + 0.5E_Q$$

Kombinasyon 3

$$\text{Yatay Yük: } K_{3H} = Z_S + 0.5Z_{SQ} + W_P$$

$$\text{Düşey Yük: } K_{3V} = G + S_K + 0.5E_Q + E_P$$

Kazıklı rıhtım ve iskeleler

$$K_{11} = G + E_P + Y$$

$$K_{21} = G + E_Q + Y$$

$$K_{12} = G + E_P + B$$

$$K_{22} = G + E_Q + B$$

$$K_{13} = G + E_P + S_A \text{ veya } S_W + 0.5W_G + 0.5W_P$$

$$K_{23} = G + E_Q + S_A \text{ veya } S_W + W_G$$

Burada;

G:Öz ağırlık

E_G: Ek sabit yükler (Rıhtım gerisinde kargo yükleri)

E_P:Ek hareketli yükler (Elleçleme ve taşıma ekipmanlarının yükleri)

E_Q:Ek düğün yayılı hareketli yükler

S_K:Suyun kaldırma kuvveti

Z_S:Statik zemin basıncı

Z_{SG}:Sürşarjdan oluşan statik zemin basıncı

Z_{SQ}:Ek düğün yayılı hareketli yükten oluşan statik zemin basıncı

Y: Gemi yanaşma yükü

B: Gemi bağlama yükü (Baba yükü)

S_A:Akıntı yükü

S_W:Dalga yükü

W_G: Rüzgar yükü

W_P:Elleçleme ve taşıma ekipmanlarına etkiyen rüzgar yükü

3.6. Kazık Taşıma Hesapları

Kazık taşıma hesapları için zemin parametreleri ve detayları için “Geoteknik Tasarım Esasları” elkitabı kullanılacaktır.

3.6.1. Tekil Kazığın Taşıma Gücü

3.6.1.1. Emniyetli Gerilmeler

Kazık boyunca ortaya çıkan gerilmeler kazık malzemesinin emniyetli gerilme değerleri ile malzeme kalite şartlarını sağlamalıdır. Kazığın, taşıyıcı zemin tabakası dışına uzanan kısımları varsa (örneğin : deniz tabanından yukarıda su içinde ya da taşıyıcı kapasitesi oldukça düşük yüzeysel gevşek zemin içinde kalan kısımlar) kolon etkisinin gözönüne alınabilmesi için emniyetli gerilmelerde bir azaltma uygulanmalıdır.

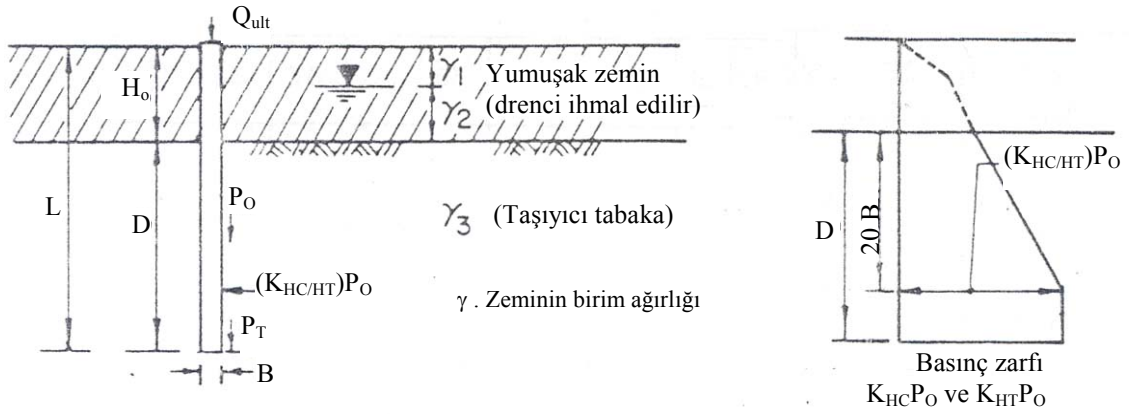
3.6.1.2. Zemin Desteği

Kazığı çevreleyen zeminler, basınç, çekme ve yatay kuvvetlere direnç gösterebilmelidir. Bu dirençlerin miktarı çakma sırasında elde edilen ilerleme hızları, zemin mukavemeti değerleri ya da yerinde yükleme deney sonuçları kullanılarak belirlenebilir. Zemin direncinin inşaat öncesinde, esnasında ve sonrasında değişebileceği gözönüne alınarak kazık kapasitesinin belirlenmesinde bu aşamalara karşılık gelen tutarlı zemin mukavemet değerleri kullanılmalıdır.

3.6.1.3. Kazık Kapasitesi

Homojen özellikler gösteren daneli (silt, kum, çakıl ve karışımları) zeminler içindeki tekil bir kazığın taşıma kapasitesi teorik olarak **Çizim 3.17**'de sunulduğu üzere hesaplanır. Benzer olarak killi zeminler içindeki bir kazığın taşıma kapasitesi ise **Çizim 3.18**'de gösterildiği üzere hesaplanır. Kazığın basınca çalıştırılmasında uç direncine ek olarak çeper sürtünmesi gözönüne alınır. Çekmeye karşı direnç ise sadece çeper sürtünmesince sağlanır.

Çapı 60 cm'den büyük fore kazıkların tasarımında izin verilebilir kazık oturmasına karşı gelen kazık yükünün emniyetli taşıma gücüne kıyasla daha kritik olabileceği dikkate alınmalıdır. Foraj sırasında bentonit kullanılması halinde kazık ucunda bentonitin hapsolarak kazık uç direncini düşürebileceği gerçeğiyle hesaplanan teorik kazık uç direnç değerinde gerekli azaltmalar yapılmalıdır. Genişletilmiş kazık uç kesitleri, genişletme esnasında daneli zeminlerin duraylılık sorunu nedeni ile mümkün olmaz.



Çizim 3.17. Daneli Zeminlerde Tek Kazık Taşıma Kapasitesi

(A) Basınç altında yük taşıma kapasitesi

$$Q_{ult} = P_T \cdot N_q \cdot A_t + \sum_{H=H_0}^{H=H_0+D} (K_{HC} \cdot P_{0(H=H_0)} \cdot \tan \delta \cdot S) \quad (3.14)$$

Q_{ult} = Basınç altında yük taşıma kapasitesi

P_T = Kazık ucundaki düşey efektif gerilme (Bkz. Not 1)

N_q = Taşıma kapasitesi katsayısı (Tablo 3.22)

A_t = Kazık ucunun alanı

K_{HC} = Basınç altındaki elemanın yan yüzündeki yanal efektif gerilmenin düşey efektif gerilmeye oranı (Tablo 3.23)

P_0 = Gömülü uzunluk (D) boyunca düşey efektif gerilme

δ = Kazık ve zemin arasındaki sürtünme açısı (Tablo 3.24)

S = Birim uzunluk için kazık çevre alanı

Emniyetli yük kapasitesinin (Q_{all}) hesabında güvenlik katsayısı (FS) geçici yükler için 2, sürekli yükler için 3 olarak alınır.

Çekme Altında Yük Taşıma Kapasitesi

$$T_{ult} = \sum_{H=H_0}^{H=H_0+D} (K_{HT} \cdot P_0 \cdot \tan \delta \cdot S \cdot D) \quad (3.15)$$

T_{ult} = Çekme yük taşıma kapasitesi

K_{HT} = Çekme altındaki elemanın yan yüzündeki yatay efektif gerilmenin düşey efektif gerilmeye oranı

Emniyetli yük kapasitesinin (T_{all}) hesabında güvenlik katsayısı , FS=3 alınarak aşağıdaki ifadeyle hesap yapılır.

$$T_{all} = \frac{T_{ult}}{3} + W_p \quad (3.16)$$

W_p : Kazığın efektif ağırlığıdır.

Not 1 : Deney ve saha gözlemleri, daneli zeminin rölatif sıkılığına (D_r) ve su tablasının konumuna göre, taşıma basıncı ve çeper sürtünmesinin belli bir sınır derinliğe kadar düşey efektif gerilme (P_0) ile arttığını göstermiştir. Bu sınır derinlikten ($10B \pm$ den $40B \pm$ 'ye) sonra uç direncinde

çok düşük artmalar olmakta ve çeper sürtünmesi kazığın yüzey alanıyla doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu sebeple D değeri 20B'den büyükse, kazık ucundaki sınır P_0 değeri; $D = 20 B$ derinliğindeki P_0 değerine karşılık gelmektedir.

Not 2 : Kazık kapasitesinin yükleme deneyleriyle doğrulandığı ve oturmaların kabul edilebilir olduğu durumlarda, şayet bina yükleri ve zemin profili iyi bir şekilde biliniyorsa, 2'den az olmamak koşuluyla 3'ten daha küçük güvenlik katsayıları kullanılabilir.

Tablo 3.22. Taşıma Kapasitesi Katsayıları N_q

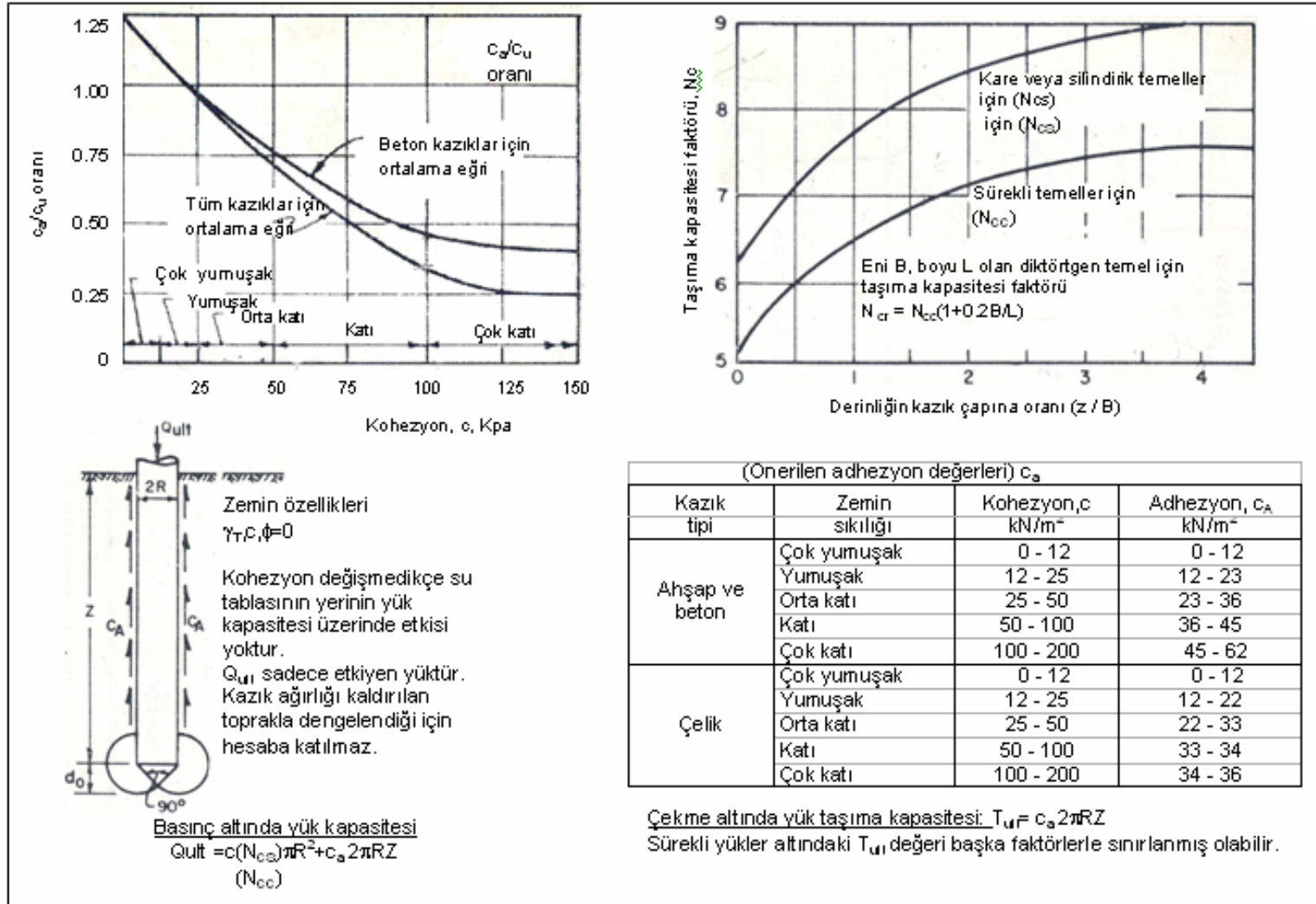
ϕ^* (Derece)	26	28	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
N_q Çakma (Deplasman) Kazığı	10	15	21	24	29	35	42	50	62	77	86	120	145
N_q^{**} Fore Kazık	5	8	10	12	14	17	21	25	30	38	43	60	72

Tablo 3.23. Toprak Basıncı Katsayıları K_{HC} ve K_{HT}

Kazık Tipi	K_{HC}	K_{HT}
Tekil Çakma H Veya Ucu Açık Çelik Boru Kazık	0.5 – 1.0	0.3 – 0.5
Tekil Çakma Deplasman Kazığı (Prefabrik Beton Veya Ucu Kapalı Çelik Boru Kazık)	1.0 – 1.5	0.6 – 1.0
Sivri Uçlu Tekil Çakma Deplasman Kazığı	1.5 – 20	1.0 – 1.3
Fore Kazık	0.7	0.4

Tablo 3.24. Sürtünme Açısı - δ

Kazık Tipi	δ
Çelik	20°
Beton	$\frac{3}{4} \phi$
Ahşap	$\frac{3}{4} \phi$



Çizim 3.18. Kohezyonlu Zemindeki Tekil Kazık Yük Taşıma Kapasitesi Hesabı

Drenajsız kayma dayanımı 25 kN/m^2 değerinin üzerinde olan killi zeminlerde foraj sırasında zeminin mukavemetinin kalıcı olarak değiştiği (azaldığı) görülmüştür. Benzer olarak yumuşak killerde foraj sırasındaki örselenmenin kilin kayma dayanımını düşürdüğü, ancak zamanla zeminin yeniden konsolide olması sonrası mukavemetin foraj öncesi mukavemet mertebelerine geri döndüğü görülmüştür. Kazık uç direncinde foraj sebepli bir azalma beklenmez. Maksimum çekme kapasitesi, azaltılmış kayma dayanımı ve çeper alanı ile çarpılarak bulunan çeper direnci ve kazığın efektif ağırlığı veya kazık elemanının (betonarme, çelik vs.) çekmeye karşı yenilme kapasitesilerinden en küçüğü olarak kabul edilir.

Çizim 3.18'de verilen adhezyon katsayıları normal konsolide olmuş, sert, killi zeminler için oldukça güvenli tarafta kalmaktadır.

Birden fazla zemin tabakası içinde ilerleyen kazıkların taşıma kapasitesi her zemin tabakasının kazık kapasitesine katkılarının toplamı şeklindeki basit bir yöntemle hesaplanabilir. Ancak bu durumda yumuşak zemin tabakalarının konsolidasyonu sonrası yük boşaltması ya da kazığı aşağı çekmesi (negatif çeper gerilmesi) durumlarının ortaya çıkabileceği dikkate alınmalıdır.

3.6.1.3.1. Kazıkların Burkulması

Tamamiyle gömülü kazıkların burkulması genellikle rastlanmayan bir durumdur ve bu durum kritik görülmemektedir. Ancak serbest kazık uzunluğu, L , $4 \cdot T$ 'den büyük olan, serbest başlıklı kazıklarda burkulmaya karşı kritik yük, P_B , Vesic (1977) tarafından verildiği üzere hesaplanır:

$$P_B = 0.78 \cdot T^3 \cdot f \quad ; \quad L \geq 4 \cdot T \text{ için}$$

f : yanal yatak katsayısı değişim katsayısı (**Çizim 3.19**)

$$T : \text{göreceli rijitlik oranı} \left[\frac{EI}{f} \right]^{\frac{1}{5}}$$

E : Kazık malzemesinin elastik modülü

I : Kazık kesit alanının atalet momenti

Hesaplanan P_B değeri kazık başının serbest olmayıp, yatay deplasmana ve dönmeye izin vermeyecek şekilde mesnetli olduğu durumlarda % 13 artırılabilir. Yatayda tutulu ancak dönmeye serbest kazık başlığının mevcut olması halinde ise P_B değeri % 62 artırılabilir.

Kısmen gömülü kazıklar içinse, zemin yüzeyinden itibaren serbest uzanan ve $1.8 \cdot T$ derinlikte sabitlenmiş bir kolon varsayımı yapılır ve burkulmaya karşı kritik yük statik analiz metodları ile hesaplanır. Bu tip kazıklarda burkulmayı engellemek için emniyetli kazık gerilmeleri de hesaplanmalıdır. Zeminin yanal yatak katsayısının (K_h) derinlik boyunca sabit olduğu

durumlarda sabitlenme derinliği $1.4 \cdot \sqrt[4]{\frac{E \cdot I}{K_h \cdot B}}$ ile hesaplanabilir. Verilen formüle,

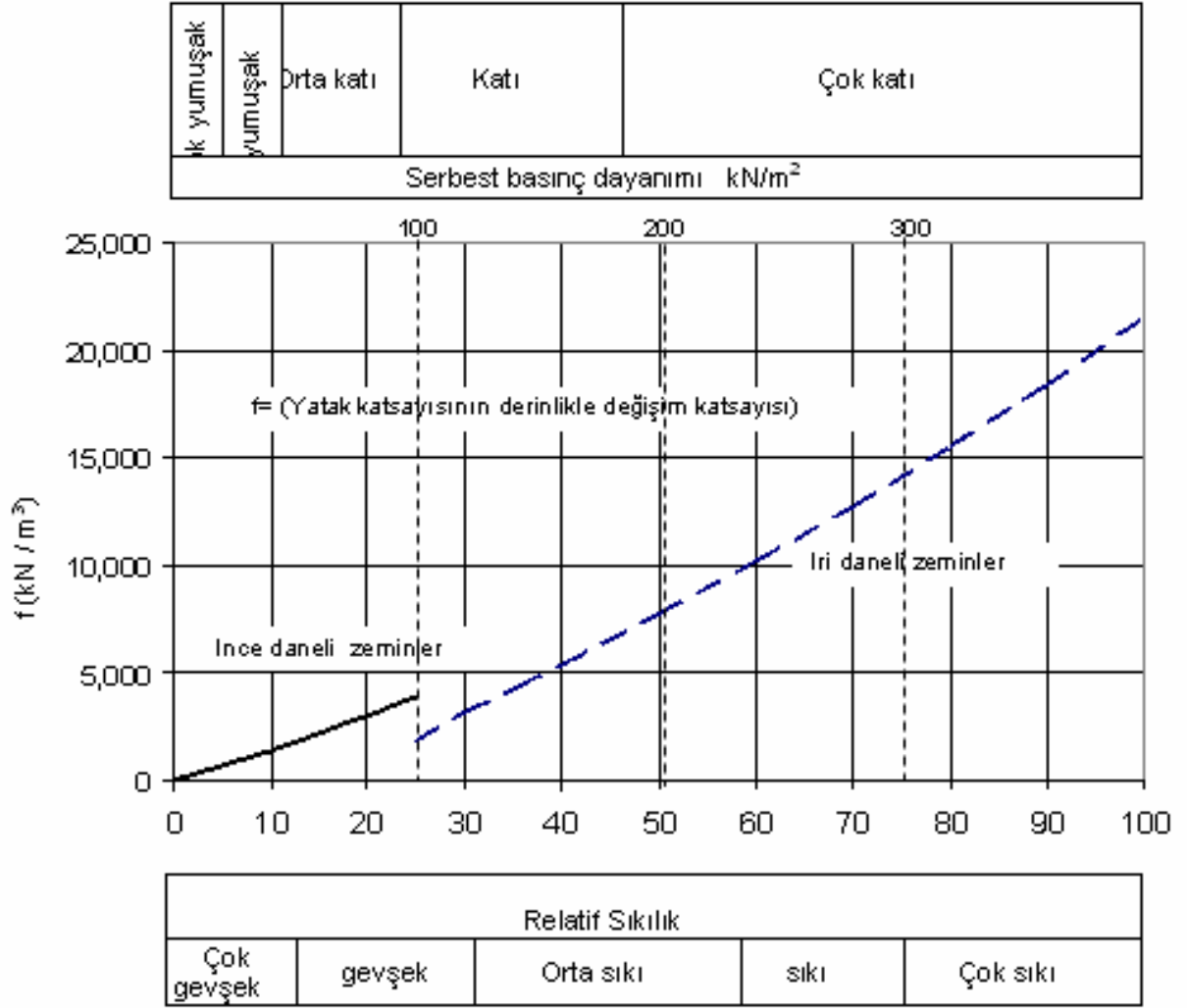
E : Kazık elemanının elastisite modülü

B : Kazık çapı

I : Kazık atalet momenti

K_h : Yanal yatak katsayısı (bkz. Geoteknik Tasarım Esasları)

Olarak tanımlanmıştır.



Çizim 3.19. Yanal Yatak Katsayısı Değişim Katsayısı

Hesaplanan P_B değeri kazık başının serbest olmayıp, yatay deplasmana ve dönmeye izin vermeyecek şekilde mesnetli olduğu durumlarda % 13 artırılabilir. Yatayda tutulu ancak dönmeye serbest kazık başlığının mevcut olması halinde ise P_B değeri % 62 artırılabilir.

3.6.1.4. Ampirik Taşıma Kapasitesi Hesabı

Temel taşıma kapasitesinin belirlenmesi için kullanılan ampirik denklemler standart penetrasyon (SPT), konik penetrasyon ve presiyometre test sonuçlarının, kazıklar ve derin kazılarda yapılan model ve tam ölçekli saha deneyleriyle ilişkilendirilmesiyle elde edilmiştir. Aşağıda taşıma kapasitesinin kabaca belirlenmesine ilişkin kullanılacak bazı ampirik yöntemler verilmektedir:

Standart Penetrasyon Deneyi:

Bu deney ile taşıma kapasitesi tayini sadece daneli zeminlerle kısıtlıdır.

Çakma kazıkların uç dirençleri, Meyerhof (1976) tarafından verilen ifadeyle belirlenebilir;

$$q_{ult} = \frac{40 \cdot \bar{N} \cdot D}{B} \leq q_l$$

Verilen bu denklemdaki ifadeler aşağıdaki gibi tanımlanmışlardır.

$$\bar{N} = C_N \cdot N_{60}$$

N : Kazık ucu çevresindeki standart penetrasyon değeri (darbe/30 cm)

$$C_N = 0.77 \cdot \log_{10} \left(\frac{2000}{p} \right) \quad ; \quad p \geq 25 \text{ kN/m}^2$$

için

p : Kazık ucundaki efektif zemin gerilmesi (kN/m^2)

q_{ult} : Çakma kazığının uç direnci (kN/m^2)

\bar{N} : Kazık ucu çevresindeki ortalama standart penetrasyon direnci

D : Kazığının taneli tabaka içindeki uzunluğu (m)

B : Kazık ucunun eni veya çapı (m)

q_l : Sınır uç direnci (kN/m^2); kumlar için 400 N, silt için ise 300 N olarak alınabilir.

Fore kazıklarda taşıma kapasitesi, çakma kazıklar için yukarıda tariflendiği üzere hesaplanan q_{ult} değeri 1/3 katsayısı ile çarpılarak belirlenebilir.

Kazık ucu çevresindeki ortalama SPT direnci kazık uç kotundan 4 çap aşağıda ve 10 çap yukarıda belirlenen SPT N değerlerinin ortalamasıdır.

Emniyetli uç direnci hesaplanırken, güvenlik katsayısının 3 olarak kullanılması önerilmektedir.

Çakma kazıklarda çeper sürtünmesi aşağıdaki ifadeyle hesaplanabilir:

$$f_s = 2N \quad f_s < f_i$$

Bu ifadeye,

N : Kazık boyunca ortalama standart penetrasyon değeri,

f_s : Çakma kazık için çeper sürtünmesi (kN/m^2)

f_i : Sınır çeper sürtünmesi (Çakma kazıklar için, $f_i = 100 \text{ kN/m}^2$ olarak alınabilir)

Emniyetli çeper sürtünmesinin hesaplanmasında güvenlik katsayısı 3 olarak alınabilir.

Fore kazıklarda, f_s yukarıdaki değer yarısı olacak şekilde alınır.

Konik Penetrasyon Deneyi :

Gevşek – sıkı kum ve siltlerde çakma kazıkların uç direnci aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$q_{ult} = q_c$$

Bu ifadeye;

q_{ult} : Çakma kazığının nihai uç direnci, ve

q_c : Koni penetrasyon direncini göstermektedir.

Daneli taşıyıcı tabakaya penetrasyon derinliği ise en az kazık ucunun eninin (çapının) 10 katı olmalıdır.

Çeper direnciyse aşağıdaki ifadeyle belirlenebilir:

$$f_s = f_c$$

Bu ifadeye;

f_s : Silindirik çakma kazığının çeper direnci, ve

f_c : konik penetrasyon deneyinde ölçülen sürütme direnci

Kohezyonsuz zeminlerdeki fore kazıklar için, yukarıda hesaplanan değerlerin %50'si nihai direnç değerlerinin belirlenmesinde kullanılabilir.

Emniyetli taşıma gücü hesabında güvenlik sayısı $GS = 3$ uygulanabilir.

3.6.1.5.Dinamik Çakma Direnciyle Taşıma Kapasitesi Hesabı

Kazığın taşıma kapasitesi yerleştirme sırasında çakma direncine bağlı olarak belirlenebilir; fakat sonuçlar genellikle güvenilir olmadığından kazık kapasitesinin belirlenmesinde kazık çakma kayıtları yerine kazık yükleme deneyleri sonuçlarından yararlanılması daha uygundur.

3.6.2.Kazık Gruplarının Taşıma Kapasitesi

Kazık gruplarının taşıma kapasitesi tekil kazıkların toplam taşıma kapasitelerinden daha azdır ve bu durumun tasarım sırasında dikkate alınmalıdır. Grup verimliliği, kazık grubu kapasitesinin aynı zemin profilinde ve aynı derinlikteki tekil kazıkların toplam kapasitesine oranıyla ifade edilir.Kazık gruplarının basınç altındaki performanslarının belirlenmesinde oturma temel kriterdir.

a) Kaya üzerine yerleştirilen kazık gruplarının kapasitesi:

Bu durumda grup kapasitesi her bir tekil kazığın kapasitesiyle gruptaki toplam eleman sayısı çarpılarak belirlenir. Blok yenilmesi ancak temel eğimli bir formasyon üzerindeyse ve kayma zayıf bir düzlem üzerinde gerçekleşirse mümkün olmaktadır. Bu olasılık saha jeolojisi ve zemin etüt sonuçlarına bağlı olarak belirlenebilir.

b) Daneli zeminlerde grup kapasitesi:

Çakma kazıklarda kazık gruplarının kapasiteleri, kazık grubu teşkili esnasında kazıkları çevreleyen zeminin sıkılığının artacağı ve kazıklar çevresindeki yanıl zemin gerilmelerinde bir artış olacağı nedenleri ile gruptaki kazık kapasitesi tekil kazık kapasiteleri toplamından daha yüksektir. Bu nedenle grup azaltması yapılmaz.

Fore kazıklarda foraj nedeniyle kazıkları çevreleyen zeminde bir gevşeme ve kazıklara etkiyen yanıl gerilmelerde bir azalma olacağı gerçesi ile bir azaltma faktörü uygulanması gereklidir. Gruptaki tekil kazık kapasitelerinin toplamına uygulanacak azaltma faktörünün 0.67 alınması önerilmektedir. (Meyerhof, 1976)

a) Kohezyonlu zeminlerde grup kapasitesi:

Terzaghi – Peck metoduyla kazık grubu bir blok temel olarak modellenip toplam taşıma gücü Q_{gr} hesaplanır:

$$Q_{gr} = pL\bar{c}_u + c_u N_c^* A$$

\bar{c}_u : Kazık bloğunu çevreleyene zeminin ortalama drenajsız kayma dayanımı

L : Gruptaki kazıkların boyu

p : Planda kazık grubunun çevresi

A : Kazık grubunun plandaki alanı

c_u : Kazık ucundaki zeminin drenajsız kayma dayanımı

N_c^* : Skempton taşıma gücü faktörü

b) Grupların kaldırma direnci:

Daneli zeminlerde: Kaldırma direnci aşağıda verilen durumlarda hesaplanan en düşük direnç değeri seçilerek belirlenir;

- i) Güvenlik katsayısı 3 seçilerek hesaplanan gruptaki tüm kazıkların çeper sürtünmeleri toplamı

- ii) Grup içinde ve kazıkların uçlarından başlayarak 4 düşey ve 1 yatay ilerleyerek oluşan kamanın içinde kalan bloğun efektif ağırlığı (Güvenlik katsayısı 1 olarak alınır).

Kohezyonlu zeminlerde: Kaldırma direnci aşağıda verilen durumlara karşılık hesaplanan en düşük değer seçilerek belirlenir;

- i) Gruptaki tüm kazıkların çeper sürtünmeleri toplamı
ii) $T_u = L \cdot (B + A) \cdot \bar{c}_u + W_p$

Verilen formülde;

T_u : Kazık grubunun kaldırma direnci,

A : Grubun boyu,

B : Grubun eni,

L : Kazık başlığının altındaki zemin bloğunun derinliği

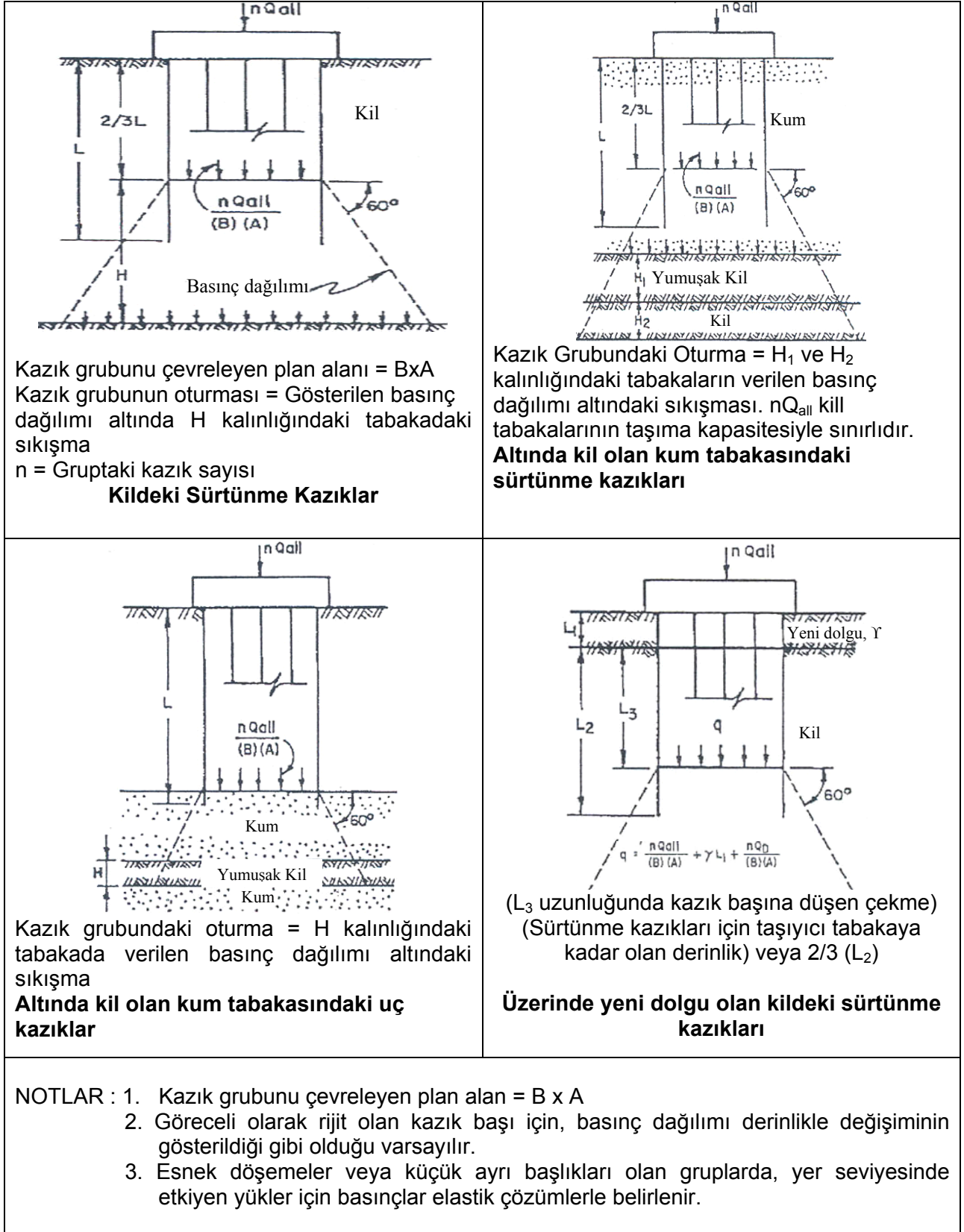
\bar{c}_u : Grup çevresindeki zeminin ortalama drenajsız kayma dayanımı

W_p : Kazıkların, kazık başlığının ve kazıklarca çevrelenen bloğun içerisinde kalan zeminin toplam ağırlığı

Güvenlik katsayısı, kısa süreli yüklemelerde 2, kalıcı yüklemelerdeyse 3 olarak seçilmelidir.

3.6.3.Doygun Kohezyonlu Zeminlerdeki Kazık Gruplarında Oturmalar

Bu durumda grup oturması **Çizim 3.20**'de gösterilen düşey gerilme dağılımları kullanılarak gerilme artışları bulunur ve oturmalar yüzeysel temelerde uygulanan yöntemle hesaplanır.



Çizim 3.20 Kazık Gruplarında Oturma

3.6.4.Negatif Çeper Sürtünmesi

Sıkışabilir zeminlerde kullanılan derin kazı elemanları, çevrelerindeki toprağın oturmasına bağlı olarak şaftları boyunca negatif çeper sürtünmesine maruz kalırlar. Negatif çeper sürtünmesi özellikle yumuşak kil tabakalarında su çekilmesine veya yüklemeye bağlı olarak oluşan konsolidasyon oturmaları sebebiyle görülür.

Negatif Çeper Sürtünmesinin Tekil Kazık Üzerindeki Dağılımı:

Sürtünmenin büyüklüğü ve dağılımı aşağıda verilen faktörlere bağlı olarak değişmektedir;

- i) Sıkışabilir zemin ve kazık şaftının göreceli hareketi,
- ii) Üst dolgu ve kazık şaftının göreceli hareketi,
- iii) Kazığın çalıştığı yükler altındaki elastik sıkışması,
- iv) Sıkışabilir zeminin konsolidasyon hızı

Negatif çeper sürtünmesi, kazık şaftı çevresindeki zemin oturmasının kazığın düşey (aşağı) yöndeki deplasmanını geçtiği durumda oluşmaktadır. Kazık ve çevresindeki zeminin, birbirlerine göre hiç hareket etmediği noktaya “nötr nokta” denir. Bu noktanın altından itibaren çeper sürtünmesi kazık yüklerini destekleyecek şekilde etki eder. Nötr noktaya kadar olan derinliğin sıkışabilir tabaka içindeki toplam kazık boyuna oranı yaklaşık 0.75 olarak alınabilir. Nötr noktanın tam yeri, kazık deplasmanı ve çevre zeminin oturmalarını karşılaştırarak, deneme yanılma yöntemiyle belirlenebilir.

Yapılan gözlemler sonucu tüm negatif çeper sürtünmesinin oluşumu için kazığı çevreleyen zeminin kazığa oranla 1.5 cm oturması yeterli olmaktadır.

Tekil Kazıklarda Negatif taneli ve kohezyonlu zeminlerde negatif çeper sürtünmesinin maksimum değeri pozitif çeper sürtünmesine eşdeğerdir. Alternatif olarak negatif çeper sürtünmesi maksimum değeri, Garlanger (1973) tarafından önerilen şekilde hesaplanabilir;

$$f_n = \beta \cdot P_0$$

Verilen denklemde;

f_n : negatif birim çeper sürtünmesi,

P_0 : efektif düşey gerilme,

β : Tam ölçekli testlerden elde edilen ampirik faktör. Önerilen β değerleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 3.25 Tam ölçekli testlerden elde edilen ampirik faktör , β

Zemin tipi	β
Kil	0.20-0.25
Silt	0.25-0.35
Kum	0.35-0.50

Negatif Çeper Sürtünmesi için Güvenlik Katsayısı:

Negatif çeper sürtünmesi genellikle güvenli tarafta kalacak şekilde hesaplandığı için, güvenlik katsayısı 1 olarak alınabilir. Bu durumda;

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{F_s} - P_n$$

Verilen denklemde;

Q_{all} : Emniyetli kazık yükü,

Q_{ult} : Kazık yük taşıma kapasitesi,

F_s : Güvenlik katsayısı,

P_n : Maksimum negatif çeper sürtünme yükü olarak tanımlanmıştır.

Negatif Çeper Sürtünmesinin Azaltılması:

Derin temellerde, negatif çeper sürtünmesini azaltmak için uygulanabilecek yöntemler aşağıda verilmiştir;

- i) İnce kazık (H-kesiti gibi) kullanarak kazık şaft alanını azaltmak,
- ii) Kazık yerleşiminden önce, sıkışabilir zeminde kazık ölçüsünden daha geniş bir delik açmak, sonrasında oluşan boşluğu bentonit doldurmak,
- iii) Kazık çevresine muhafaza veya ceket yerleştirmek suretiyle kazığın oturan zeminle bağlantısını kesmek,
- iv) Kaymayı engellemek üzere, kazık şaftını bitümlle kaplamak.

Negatif çeper sürtünmesini engellemek üzere temiz kazık üzerine bitüm bileşenlerini sıkmak veya dökmek mümkündür. Kaplama sadece kazık çevresinde çökme beklenen zemine karşılık gelen yüzeye uygulanmalıdır ve kazığın alt kısmı (uçtan itibaren en az çapın 10 katına karşılık gelen kısım) bütün alt şaft ve uç direnci harekete geçirebilmek amacıyla kaplamasız bırakılmalıdır (**Claessen ve Horvat (1974), Bjerrum ve diğerleri (1960)**).

3.6.5.Kazıkların Yanal Yükler Altında Davranışı

Kazıklarda yanal yükler altında oluşan deplasman, moment ve kesme değerlerinin hesaplanmasında:

- i) Yanal zemin desteğini yay mesnetlerle modelleyen ve yanal yatak katsayıları kullanılan çözüm yöntemleri
- ii) Sürekli ortam mekaniği prensibine dayanan elastik çözümler

vardır. Günümüzde bu analizler geliştirilmiş bilgisayar yazılımları ile yapılmaktadır. Literatürde bilgisayar analizlerinde bir merteye kontrolü yapmak amacıyla yanal yatak katsayısına dayanan grafiksel çözümler yer almaktadır. Bunlardan bir örnek **Çizim 3.21, 3.22 ve 3.23**'de gösterilmektedir.

Çizim 3.21 de kazık gruplarında üç değişik yükleme durumu verilmiştir:

Durum I : Kazık başı serbest, dönme ve yatay hareketler sınırlanmamış

Durum II : Yer seviyesinde rijit başlığı olan kazıklar

Durum III :Yer seviyesi üzerinde rijit başlıklı kazıklar

Tekil kazıklarda oluşan yanal deplasman, moment ve kesme değerleri ve bu değerlerin derinlikle değişimi Durum I için **Çizim 3.22** ve Durum II için **Çizim 3.23** deki abaklardan elde edilecek deformasyon (F_δ), moment (F_M) ve kesme (F_V) katsayıları kullanılarak bulunur.

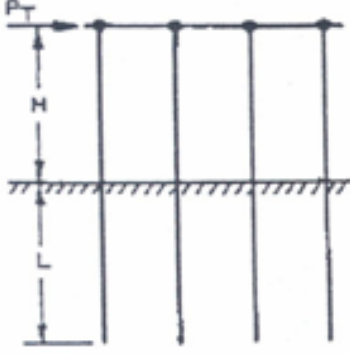

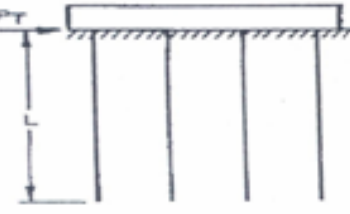

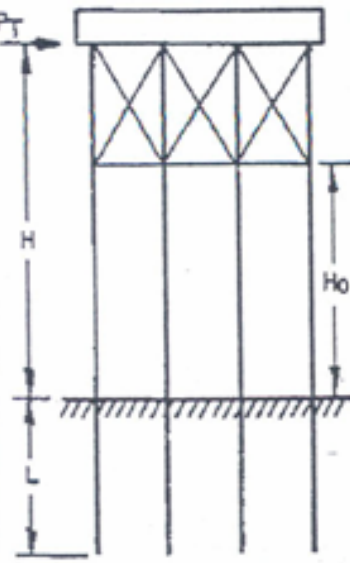
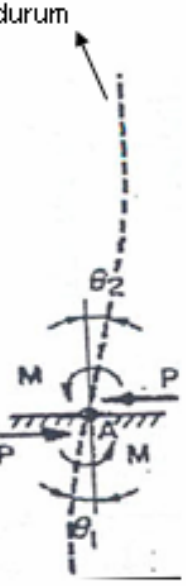
Kazık gruplarında **Çizim 3.21, 3.22 ve 3.23** de tekil kazık için verilen çözümler kullanılır, ancak yatak katsayısı değerlerine aşağıda **Tablo 3.26** deki azaltma faktörleri uygulanır:

Tablo 3.26 Kazık Aralığına Bağlı Yatay Yatak Katsayısı Azaltma Faktörü

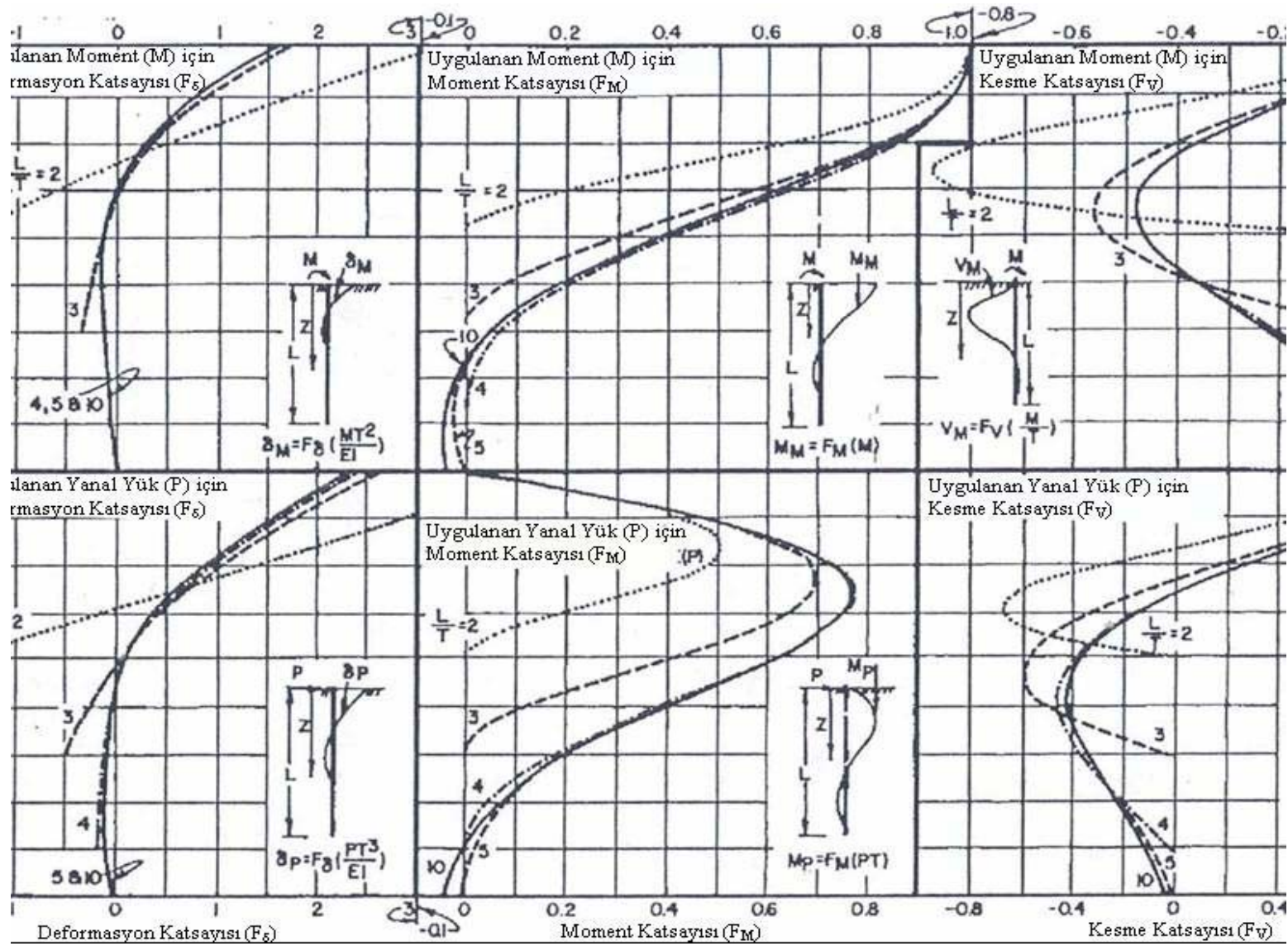
Yatay yük yönünde kazık aralığı D: kazık çapı	Yanal yatak katsayısındaki azaltma faktörü, R
8 D	1.00
6 D	0.70
4 D	0.40
3 D	0.25

Not: Tablo 3.23 de verilen azaltma faktörleri ile ilgili aşağıda verilen yayınlarda değişik öneriler yer almaktadır.

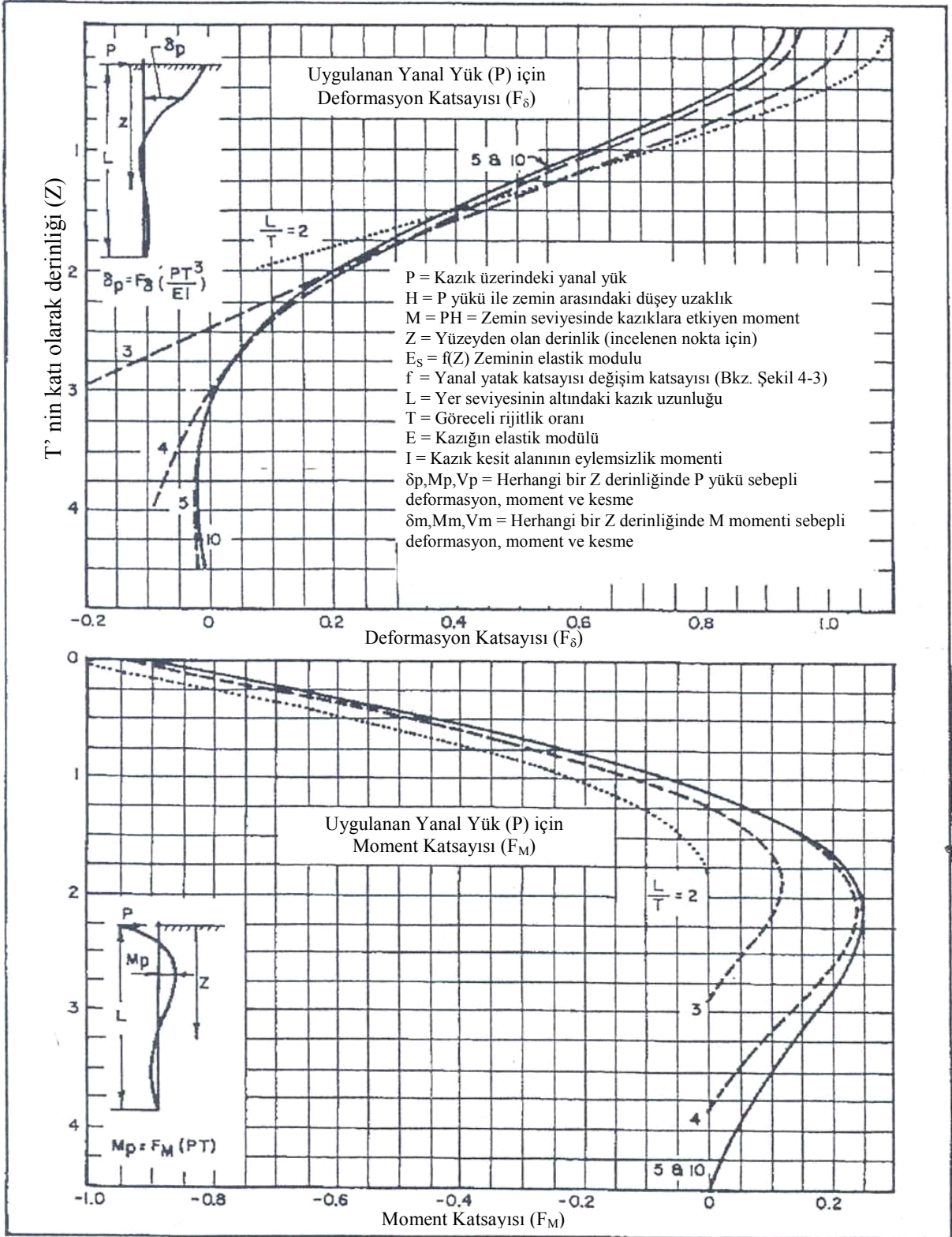
- DIN 4014 March,1990: Bored Cast In-Place Piles, Formation,Design and Bearing Capacity, Deutsche Norm
- ASCE 1993, Design of Pile Foundations, US Army Corps of Engineers
- Rollins K.M. 2006, Pile Spacing Effects on Lateral Pile Group Behavior: Analysis, ASCE, JGGE, Vol 132 No:10,pp: 1272-1283

DURUM I. ESNEK BAŞLIK, YER SEVİYESİNİN ÜSTÜNDE		
DURUM	YÜK YER SEVİYESİNDE	TASARIM YÖNTEMİ
 <p>n = Kazık Sayısı</p>	<p>Her kazık için</p> $P = \frac{P_T}{n}$ $M = PH$  <p>Deforme durum</p>	<p>Parametre tanımları için Şekil 4-7'e bakınız</p> <ol style="list-style-type: none"> Göreceli rijitlik oranı hesaplanır. $T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{1/3}$ L/T'ye uygun eğri Şekil 4-6'den seçilir. İstenilen derinlikteki F_v, F_M, F_v değerleri bulunur. Şekil 4-6'daki denklemler kullanılarak istenilen derinliklerdeki deformasyon, moment ve kesme değerleri bulunur. <p>Not : " f " değerleri Şekil 4-3'den seçilir</p>
DURUM II. YER SEVİYESİNDE RIJİT BAŞLIĞI OLAN KAZIKLAR		
		<ol style="list-style-type: none"> Durum 1'deki ilk adımla başlanır. İstenilen derinlikteki deformasyon ve moment; F_v, F_M ve Şekil 4-6'daki denklemler kullanılarak hesaplanır. Maksimum kesme kazık başında oluşur ve her kazık için $P = \frac{P_T}{n}$ 'e eşittir.
DURUM III, RIJİT BAŞLIK, YER SEVİYESİNİN ÜSTÜNDE		
	<p>Deforme durum</p> 	<ol style="list-style-type: none"> A noktasında bir mafsal olduğu ve A noktasına uygulanmış M değerinde bir denge momenti olduğu varsayılır. Ust yapının özelliklerine uygun olarak, M'nin fonksiyonu olacak şekilde θ_2 eğimi hesaplanır. θ_1 eğimi, Şekil 7'deki katsayılara bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanır. $\theta_1 = F_\theta \left(\frac{PT^2}{EI} \right) + F_\theta \left(\frac{MT}{EI} \right)$ $\theta_1 = \theta_2$ eşitliğinden M çözülür. Bilinen P ve M değerleri için, Durum I'deki gibi deformasyon, kesme ve moment hesaplanır. <p>Not: Şayet zemin eğimliyse, her kazık tarafından alınan P yükü, L/H_0^3 ile orantılıdır.</p>

Çizim 3.21 Yanal Yüklü Kazıklar İçin Tasarım Kriterleri



Çizim 3.22 Yanal Yük ve Moment Uygulanmış Kazıklar için Tesir Değeri (Durum I. Esnek Başlık veya Sonu Mafsallı Durum)



Çizim 3.23. Yanal Yüklenmiş Kazık Tesir Değerleri
(Durum II. Yer Seviyesinde Dönmeye Karşı Mesnetlenmiş)

3.6.6.Kazıklarda Eksenel Yük Transferi – Deplasman (t-z) Eğrileri

API 2000 kazıklarda eksenel yük transferi (t-z) eğrilerinin teşkili için aşağıda verilen yöntemi önermektedir. (Çizim 3.24)

Kil Zeminler	Z/D	t/t _{maks}
	0,0016	0,30
	0,0031	0,50
	0,0057	0,75
	0,0080	0,90
	0,0100	1,00 (pik)
	0.020	0,70-0,90 (rezidüel)
	∞	0,70-0,90 (rezidüel)

Kum Zeminler	S/inç	t/t _{maks}
	0,00	0,00
	0,10	1,00
	∞	1,00

Z : kazık üzerindeki belli bir derinlikteki noktanın eksenel hareketi

D : kazık çapı

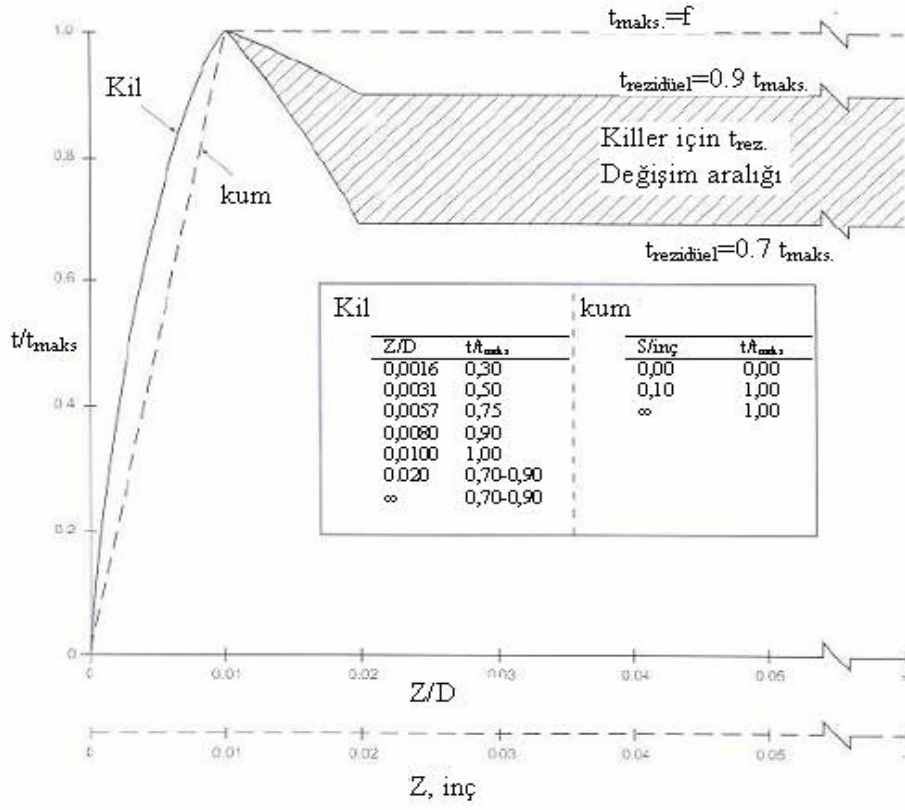
t: kazık yüzeyinde mobilize olan sürtünme gerilmesi

t_{max} : maksimum sürtünme direnci

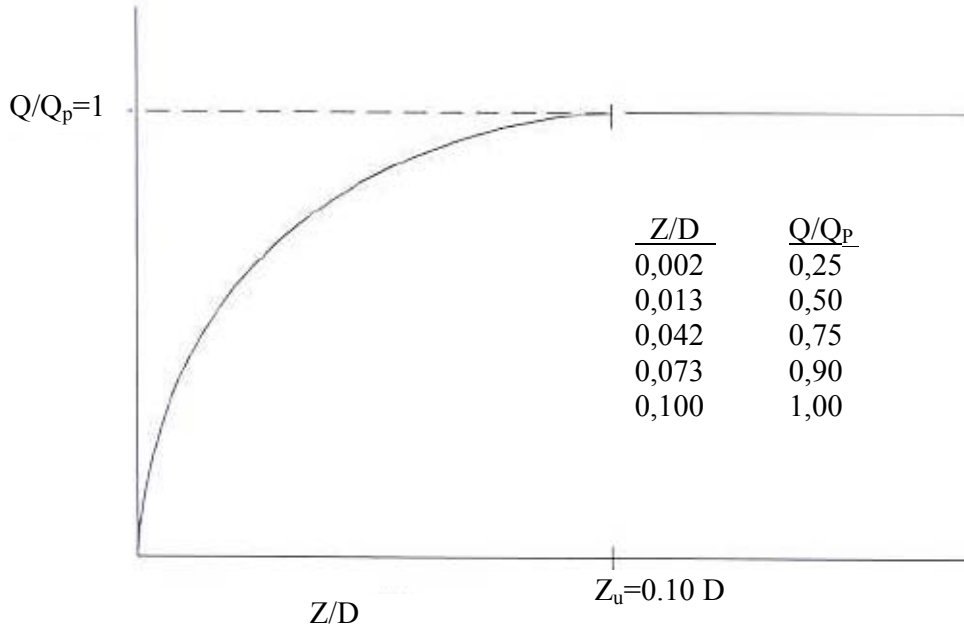
3.6.7.Kazıklarda Uç Yükü – Deplasman ilişkisi

Aşağıdaki API 2000 tarafından verilen kriter hem kil hem de kum zeminlerde kullanılabilir (Çizim 3.25)

<u>Z/D</u>	<u>Q/Q_p</u>	
0,002	0,25	Z : Kazık ucunun deplasmanı
0,013	0,50	D : Kazık çapı
0,042	0,75	Q : Stabilize olmuş uç direnci
0,073	0,90	Q _p : Maksimum uç direnci
0,100	1,00	



Çizim 3.24. Kazıklarda Tipik Eksenel Yük Transfer -Deplasman(t-z) Eğrileri



Çizim 3.25. Kazıklarda Uç Yükü Deplasman (Q-z) Eğrileri

3.6.8. Yumuşak Killerde Yanal Taşıma Gücü

Statik yanal yükler altında yumuşak killerin nihai taşıma gücü $8 c_u$ ile $12 c_u$ arasında değişmektedir. (c_u : drenajsız kayma mukavemeti). Ancak bu değerler çok sığ derinlikler için geçerli değildir. Tekrarlı yükler altında yanal taşıma gücünde bir azalma olması beklenir.

Yanal yüklü kazıklarda yumuşak kil zeminin nihai yanal taşıma gücü P_u aşağıdaki kritere göre hesaplanabilir (API 2000) :

$$P_u = 3C_u + \gamma X + j \frac{C_u X}{D} \quad (3.17)$$

$$P_u = 9C_u \quad (3.18)$$

$X > X_R$ durumu için

Burada

D : kazık çapı

γ : zeminin efektif birim hacim ağırlığı

J : 0.25 ila 0.50 arasında değişen boyutsuz faktör (arazi deneyleri yardımıyla bulunur)

X: zemin yüzeyinden derinlik

X_R : zemin yüzeyinden itibaren yanal taşıma gücünün azaldığı derinlik

$$X_R = 6D / (\gamma D / C_u + j) \quad (3.19)$$

Eğer zemin mukavemeti derinlik ile değişiyor ise yukarıdaki eşitliklerden P_u değerinin derinlikle değişimi grafik halinde çizilir. İki eğrinin kesiştiği nokta X_R olarak belirlenir. Literatürde genelde $X_R > 2.5 D$ olduğu ifade edilmektedir.

Yumuşak killerde Yanal Yük-Deplasman İlişkisi : p – y eğrileri :

Statik yükler altında kısa dönem p-y eğrileri aşağıdaki değerler yardımıyla oluşturulabilir :

P/P _u	y/y _c
0,00	0,0
0,50	1,0
0,72	3,0
1,00	8,0
1,00	00

P = gerçek yanal direnç

y = gerçek yanal deplasman

$y_c = 2.5 \epsilon_c D$

D = kazık çapı

ϵ_c = Laboratuvarda drenajsız basınç değerlerinden elde edilen maksimum düşey direncin yarısına eşit düşey gerilmede oluşan birim deformasyon.

3.6.9.Kumlarda Yanal Taşıma Gücü

Kum zeminlerde yanal taşıma gücü değeri aşağıda verilen sığ ve derin derinliklerde hesaplanan değerler arasında değişmektedir. Tanımlanan bir derinlik için nihai yanal taşıma gücü değeri P_u aşağıdaki iki bağıntıdan elde edilen değerlerden küçük olan olarak tanımlanmaktadır.

Sığ derinlikler için :

$$P_{us} = (C_1H + C_2D)\gamma H \quad (3.20)$$

Derin seviyeler için :

$$P_{ud} = C_3D\gamma H \quad (3.21)$$

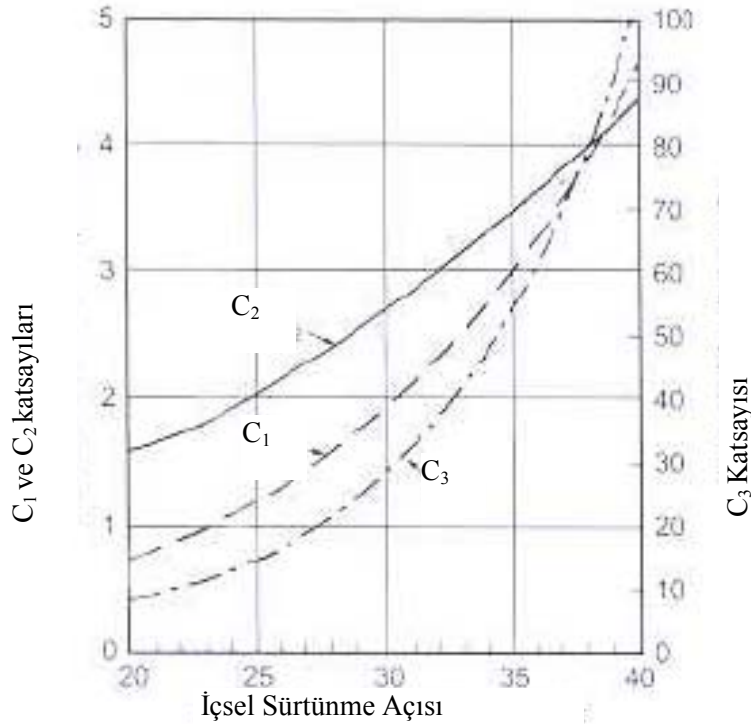
γ = zeminin efektif birim hacim ağırlığı

H = derinlik

Φ' = kumun kayma direnci açısı

C1, C2, C3 = Φ' değerine bağlı olarak **Çizim 3.26**'dan elde edilen katsayılar

D= kazığın çapı



Çizim 3.26 C₁, C₂, C₃ Katsayıları

Kum zeminlerde yanal Yük – Deplasman (p-y) Eğrileri :

Kum zeminlerde yanal zemin gerilmesi – deplasman ilişkisi aşağıdaki yöntemle belirlenebilir :

$$P = AP_u \tan \delta \cdot h \cdot \frac{kH}{AP_u} y \quad (3.22)$$

Burada :

A = Statik ve tekrarlı yük durumuna bağlı faktör

tekrarlı yükleme hali : A = 0.9

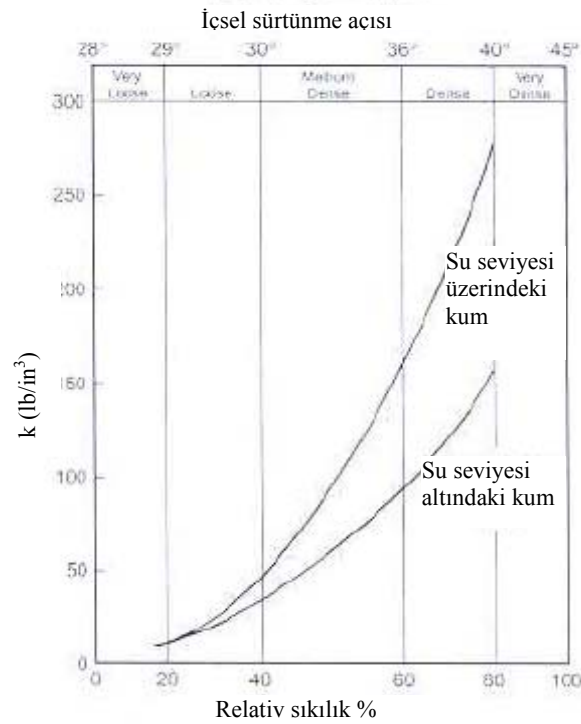
Statik yükleme hali : A = (3.0 - 0.8 H/D) ≥ 0.9

P_u = nihai yanal taşıma gücü

k = zemin yanal yataklı katsayısı (Φ' değerine göre **Çizim 3.27** den alınır)

y = yanal deplasman

H = derinlik



Çizim 3.27 k Değerleri

3.7. Ağırlık Tipi ve Palplanşlı Rıhtım Duvarları

Ağırlık tipi ve palplanşlı rıhtım duvarlarına etkiyen yanal zemin basınçlarının hesap yönteminde “Canadian Foundation Engineering Manual,1992” ve “Navfac Design Manual 7.2, Foundations and Earth Structures,1986” esas alınmıştır.

3.7.1.Yatay Zemin Basıncı Katsayısı

Herhangi bir noktadaki zemin basıncı katsayısı, K; o noktadaki yanal efektif gerilmenin σ'_h , düşey efektif gerilmeye, σ'_v oranı olarak tanımlanır.

$$K = \frac{\sigma'_h}{\sigma'_v} \quad (3.23)$$

3.7.2.Zemin Basıncı ve Yanal Birim Deformasyon Etkisi

Zeminin örselenmemiş durumundaki doğal efektif yanal gerilme sukunetteki zemin basıncı olarak adlandırılır. Normal konsolide killerdeki sukunetteki zemin basıncı, K_0 , aşağıdaki eşitlikle verilir;

$$K_0 = 1 - \sin \phi' \quad (3.24)$$

K_0 zeminin aşırı konsolidasyon oranına paralel artar. İlk yaklaşımda Aşırı Konsolidasyon Oranına (AKO) bağlı olarak aşağıdaki bağıntı kullanılabilir;

$$K_0 = (1 - \sin \phi')(AKO)^{0.5} \quad (3.25)$$

Rijit istinat duvarlarının arkasına yapılan dolgularda sıkıştırma etkisi sukunetteki zemin basıncı katsayısını artırır ve K_0 değeri 1.0'i geçer hatta pasif duruma yaklaşır. Bu nedenle yanal deplasmanına izin verilmeyen yapıların tasarımında sukunetteki toprak basıncı dikkate alınmalıdır.

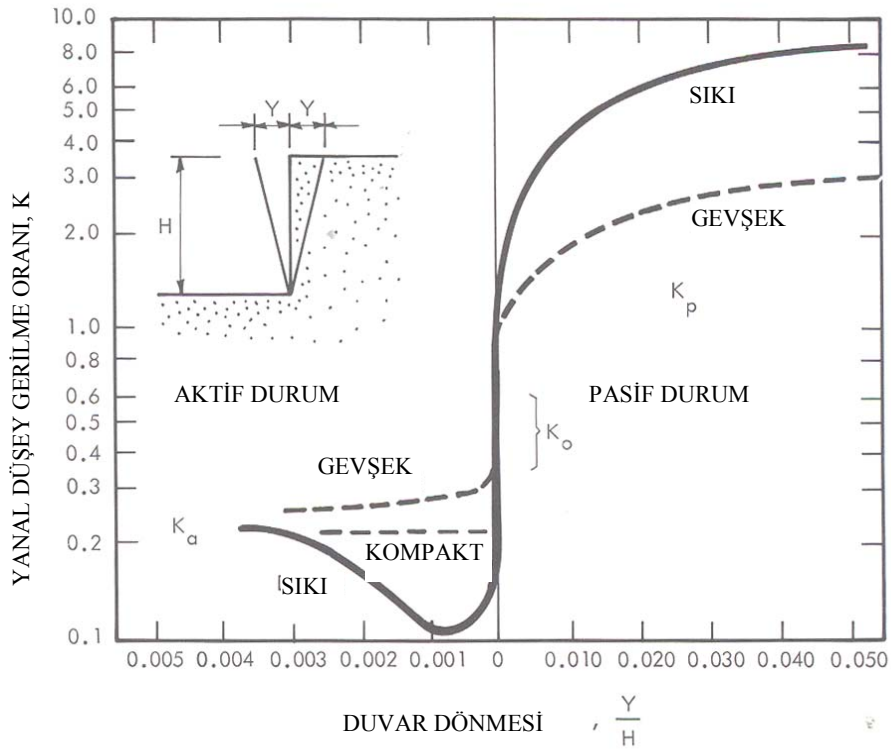
Zeminlerdeki yanal birim deformasyon yanal basınçların değişmesine neden olur. Zeminde oluşan yanal birim deformasyonun yönü ve miktarına bağlı olarak oluşan yanal zemin basınçları iki sınır limit denge durum arasında değişir. Yapının zeminden uzaklaşması durumunda sınır gerilmeler aktif limit denge durumunda, yapının zemine doğru hareket etmesi durumunda ise pasif limit denge durumundadır.

Çizim 3.28'de bir dayanma yapısına etkiyen yanal gerilmenin belirlenmesinde zemin birim gerilmesinin rolü gösterilmektedir. **Tablo 3.27'**de ise değişik zemin koşullarında zemin göçme durumuna ulaşmak için gerekli yapı dönmesi (Y/H) miktarı verilmektedir.

Tablo 3.27. Göçmeye Ulaşmak için Gerekli Yapı dönme miktarı
Zemin Cinsi Ve Durumu

Zemin Cinsi Ve Durumu	Dönme (Y/H*)	
	Aktif	Pasif
Sıki Kohezyonsuz	0.001	0.02
Gevşek kohezyonsuz	0.004	0.06
Katı kohezyonlu	0.010	0.02
Yumuşak kohezyonsuz	0.020	0.04

*Y = Yanal deplasman, H = duvar yüksekliği



Çizim 3.28. Kumlu zeminlerde Duvar Deplasmanın Zemin Basınçlarına Etkisi

3.7.3. Aktif Zemin Basıncı

Aktif zemin basıncı kendini bırakmış (yeterince deplasman yapmış) bir duvara etkiyen minimum zemin basıncıdır. Kendi ağırlığı altında göçme durumuna ulaşmış ve kayma mukavemetinin tam mobilize olduğu durumu temsil eder. Kayma mukavemetinin mobilize olması için gereken yanar birim deformasyon (genleşme) göreceli olarak oldukça düşüktür ve sadece rijit bir şekilde desteklenmemiş yapılarda oluşur.

Kohezyonsuz zeminlerde aktif durumda yanar gerilmenin düşey gerilmeye oranı, K_a , Çizim 3.29'da verilen formülle hesaplanabilir. Duvar sürtünmesi, $\tan\delta$, sadece duvar ile zemin arasında relatif bir hareket olması durumunda oluşur.

Tabakalı zeminlerde, K_a , her zemin için ayrı ayrı hesaplanır. Genel olarak, herhangi bir derinlikteki yanal zemin basıncı; $K_a \sigma'_z$ ye eşittir, burada σ'_z ; z derinliğindeki efektif düşey gerilmedir.

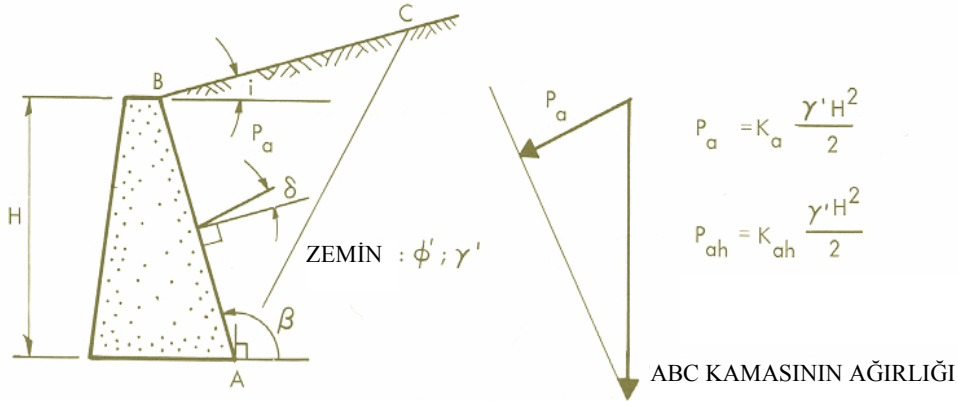
$\delta = 0$, $i = 0$ ve $\beta = 90^\circ$ olan kohezyonlu zeminlerde toplam aktif zemin basıncı, P_a , toplam düşey gerilmeden drenajsız kayma mukavemetinin, c_u , iki katının çıkarılması ile aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$P_a = \sigma'_z - 2C_u \quad (3.26)$$

Hem kohezyon hemde sürtünme açısına sahip zeminlerde aktif zemin basıncı aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$P_a = K_a \sigma'_z - 2C_u K_a^{0.5} \quad (3.27)$$

Yapıya etkileyen toplam basıncı bulmak için hidrostatik basınç aktif basınca eklenmelidir.



Çizim 3.29. Aktif Zemin Basıncı Katsayısı, K_a , K_a nın yanal bileşeni K_{ah}

$$K_a = \left[\frac{\cos ec \beta \sin(\beta - \phi')}{\sqrt{\sin(\beta + \delta)} + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi') \sin(\phi' - i)}{\sin(\beta - i)}}} \right]^2 \quad (3.28)$$

$$K_{ah} = K_a \sin(\beta + \delta) \quad (3.29)$$

$\delta = 0$ ve $i = 0$ $\beta = 90^\circ$ ise

$$K_a = K_{ah} = \frac{1 - \sin \phi'}{1 + \sin \phi'} \quad (3.30)$$

3.7.5.Duvar Sürtünmesi

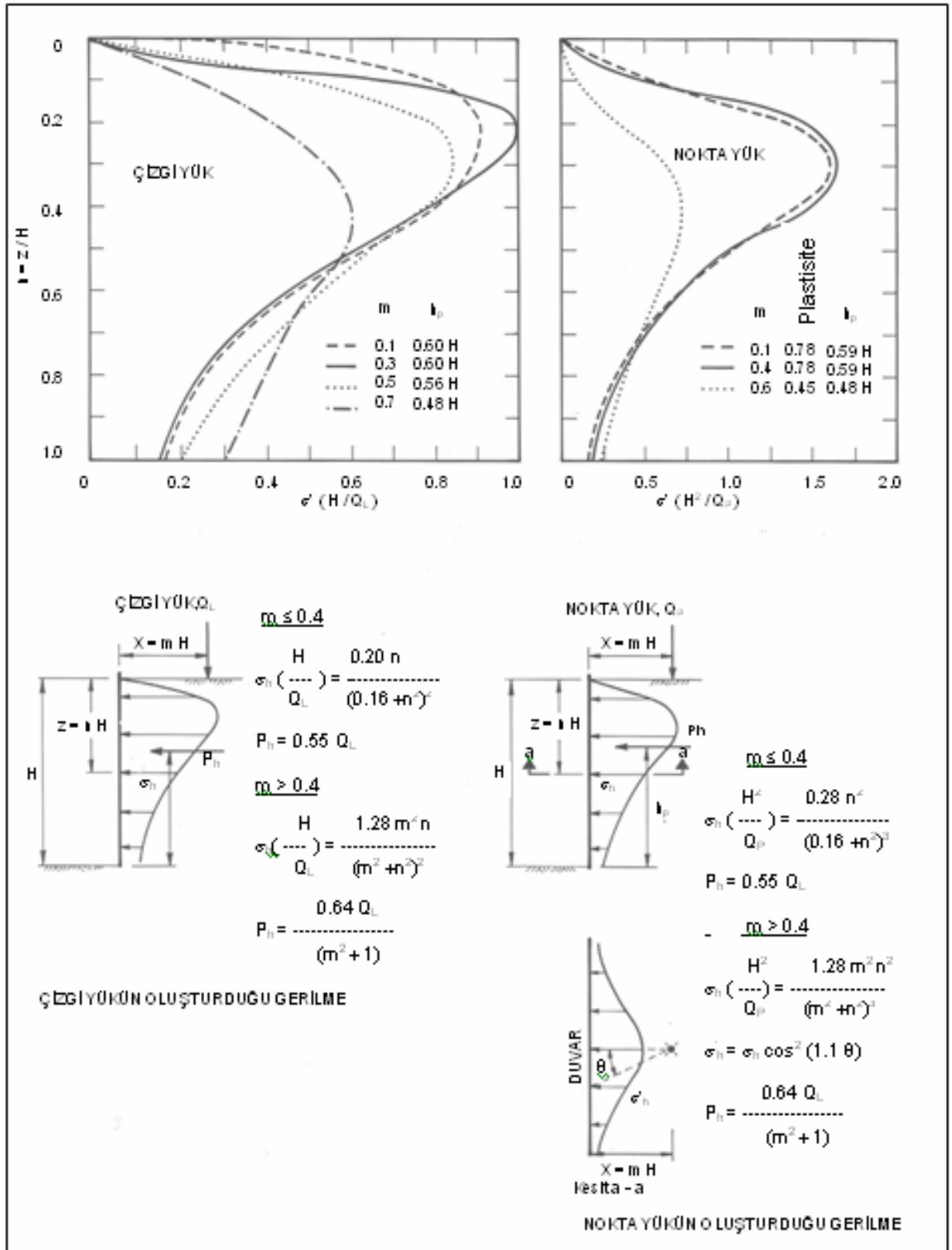
Bir istinat yapısı oturmadığı sürece gerisindeki oluşan sürtünme kuvveti aktif kamaya yukarı yönde etkimekte ve aktif basıncı azaltmaktadır. Duvar sürtünmesi pasif kamaya aşağı yönde etkimekte ve kamanın yukarı yöndeki hareketini engelleyerek pasif basıncı arttırmaktadır.

Genellikle duvar sürtünmesinin aktif yük üzerindeki etkisi küçük olup ihmal edilmektedir.

Duvar sürtünmesinin pasif basınca etkisi büyüktür, ancak sürtünmenin oluşması için mutlaka deplasmana ihtiyaç vardır. Elde ölçülmüş verilerin olmaması nedeniyle zemin sürtünme açısının 1/2 si ile 2/3 ü duvar sürtünme açısı olarak alınabilir.

3.7.6.Sürşarj Yükleri

Bir duvar arkasında nokta veya çizgi yük bulunması ve bu yükün geri dolgu yüküne göre küçük olması (sürşarj nedeniyle duvara etkiyen kuvvetin aktif yükün %30 undan az olması) durumunda ilave duvar basıncı **Çizim 3.31'** de gösterildiği gibi hesaplanabilir. Büyük sürşajların etkimesi durumunda kama tipi analizlerin yapılması gerekir (bkz. Navfac, 1971)



Çizim 3.31. Nokta ve Çizgi Şeklindeki Sürşarjın Duvarda yarattığı Yatay Gerilme

3.7.7.Rijit İstinat Duvarları

Rijit istinat duvarları yanal kapasitelerini öncelikle kendi ağırlığından ve geri dolgu ağırlığından alırlar. Bu duvarların taşıma gücü ve kaymaya karşı yeterli güvenliği sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.

“Tutulu olamayan” duvarlar aktif basınç oluşturmaya yetecek deplasmanı yapmasına izin verilmiş duvarlardır.

“Tutulu duvarlar” ise duvar arkasında aktif gerilmenin oluşmasını yeterli deplasmanı yapmasına izin verilmeyen duvarlardır.

İstinat duvarlarının projelendirmesinde taşıma gücü ve kayma ile ilgili kriterler **Çizim 7.32'**de verilmiştir.

Geri Dolgu Tipinin Önemi

Sıvılaşmaya Hassas Olmayan Malzeme

Su seviyesi altında olan ve depremde sıvılaşma riski taşıyan rıhtım ve benzeri dayanma yapılarının geri dolgusu sıvılaşmaya hassas olmayan malzemelerden oluşturulmalıdır. Sıvılaşmaya hassas olmayan malzeme granüler yapıda olmalı ve “% 50 sinin tane çapı **D50 > 10 mm** ve % 10 unun tane çapı **D10 > 1mm den büyük**” olmalıdır.

Kohezyonsuz Zeminler

Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemine göre GW, GP, SW veya SP tipizeminler geri dolgu için mükemmel zeminlerdir. Bu tür zeminlerin kullanılması durumunda tasarımda teorik zemin basınçları aynen kullanılabilir.

Kumlu Killer ve Killi Kumlar

Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemine göre GC, GM, SC veya SM türü zeminlerin geri dolguda kullanılması için mutlaka kuru kalmalarının sağlanması gerekir, bu tür zeminler ıslakken dona hasastır. Yeterli drenaj önlemleri alınması durumunda teorik zemin basınçları tasarımda kullanılabilir. Bu zeminlerde ıslakken düzgün bir sıkıştırma sağlanamaz.

Siltler ve Killi Siltler

Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemine göre CL, MH, ML veya OL tipi zeminler geri dolguda kullanıldıklarında don ve şişme özelliği gösterirler. Duvar deplasmanları oldukça artmaktadır, bu nedenle dolguda kullanılmalarından kaçınılmalıdır. Kullanılmalarının zorunlu olması durumunda dona karşı önlem alınmalı, tasarımda ise yanal zemin basınçları 1.0 alınmalıdır.

DUVAR TIPI	YÜK DİYAGRAMI	TASARIM
AĞIRLIK		<p>BİLEŞKE KUVVETİN YERİ</p> $d = \frac{W a + P_v e - P_h b}{W + P_v}$ <p>$P_p = 0$ kabul edilerek</p> <p>DEVİRİME GÜVENLİĞİ</p> <p>Burun noktasına göre moment</p> $F_D = \frac{W a}{P_h b - P_v} \geq 1.5$
YARI AĞIRLIK		<p>KAYMA GÜVENLİĞİ</p> $F_s = \frac{(W + P_v) \tan \delta + c_s B}{P_h} \geq 1.5$ $F_s = \frac{(W + P_v) \tan \delta + c_s B + P_p}{P_h} \geq 2.0$ $F = (W + P_v) \tan \delta + c_s B$ <p>Taban Sürtünmesi değerleri için Tablo 6-2'ye bakınız.</p>
KONSOL		<p>c_s = taban ile zemin arasındaki adhezyon</p> <p>$\tan \delta$ = zemin ile taban arasındaki sürtünme (Tablo 6-2)</p> <p>W = Duvarın üzer ağırlığı. Duvar ağırlığı ile ağırlık ve yarı ağırlık tipi duvarlarda duvar önündeki zemin ağırlığı dahildir. Konsol ve payanda duvarlarda temel üzerindeki zemin ağırlığı dahildir. Su basıncı ve sızma sonucu oluşabilecek kaldırma kuvveti dikkat alınmalıdır.</p>
PAYANDA		<p>TAŞIMA GÜCÜ</p> <p>Taşıma gücü kontrolü Bölüm 3 (sığ temeller) de açıklanmıştır gibi yapılacaktır.</p>

Çizim 3.32. İstinat Duvarlarının Tasarım Kriterleri

Tablo 3.28 Sürtünme Katsayısı ve Adhezyon Değerleri

Malzeme	Sürtünme katsayısı, $\tan \delta$	Sürtünme açısı, δ
Aşağıdaki temel zeminlerine oturan kütle betonları		
Temiz sağlam kaya	0.70	35
Temiz çakıl, çakıl kum karışımları, kaba kum	0.55 – 0.60	29 – 31
Temiz ince orta kum, siltli orta – kaba kum, siltli veya killi çakıl	0.45 – 0.55	24 – 29
Temiz ince kum, siltli veya killi ince – orta kum	0.35 – 0.45	19 – 24
İnce kumlu silt, plastik olmayan silt	0.30 – 0.35	17 – 19
Çok katı – sert rezidüel veya aşırı konsolide kil	0.40 – 0.50	22 – 26
Orta katı – katı kil ve siltli kil	0.30 – 0.35	17 - 19
Kohezyonlu zeminler		Adhezyon (kN/m²)
Çok yumuşak ($c_u = 0 - 12$ kN/m ²)		0 – 12
Yumuşak ($c_u = 12 - 25$ kN/m ²)		12 – 25
Orta katı ($c_u = 25 - 50$ kN/m ²)		25 – 35
Katı ($c_u = 50 - 100$ kN/m ²)		35 – 45
Çok katı ($c_u = 100 - 200$ kN/m ²)		45 – 60

3.7.8.Bloklu Rıhtım Duvarları

Bloklu rıhtımlar için “Kıyı ve Liman Yapıları, Demiryolları, Hava Meydanları İnşaatları Deprem Teknik Yönetmeliği” nde verilen şartlar depremsiz koşullara göre uygulanacaktır.

3.7.8.1.Ankrajlı Palplanş Duvarlar

Tek sıradan destekli ankrajlı esnek duvarlar geriye bağlanmış bir ankraj ile desteklenmiş ve kazı seviyesi altına soketlenmiş esnek bir levhadan oluşur (palplanş). Genellikle karşılaşılan üç değişik durum için tasarım kriterleri **Çizim 3.34**'de sunulmuştur.

- Duvar Basıncı:** Duvara etkiyen aktif ve pasif zemin basınçları Bölüm 6.1'de açıklandığı şekilde hesaplanacaktır. Gerekli çakma boyu ve ankraj kuvveti için Şekil 6-7 kullanılabilir.

- ii) Duvar Hareketleri: Aktif gerilme dağılımı duvar hareketine bağlı olarak değiştirmekte ve maksimum moment noktası da değişmektedir. Duvarın esnek yapısı hesaplanan moment değerinin azalmasını sağlamaktadır. Momentteki bu azalma duvar esnekliğinin bir fonksiyonudur. Moment azaltma faktörü **Çizim 3.35**'den alınabilir.

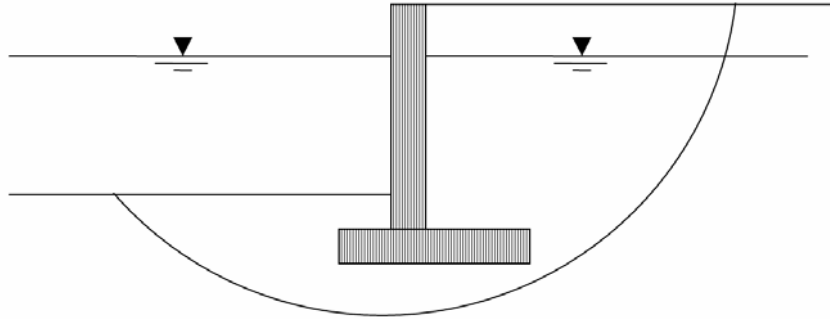
3.7.8.2.Konsol Esnek Duvarlar

Konsol duvarlar kazı seviyesi üzerindeki aktif basıncı kazı seviyesi altındaki pasif basınç ile ankraj olmadan dengeleyen duvarlardır. Bu tür duvarların kullanılabileceği maksimum yükseklik 5.0 metrelere ulaşmakta ve taneli zeminler ile katı killerde uygulanabilmektedir. Tasarım yöntemi **Çizim 3.36**'da verilmektedir. Kohezyonlu zeminlerdeki analizlerde çekme bölgesinde negatif basınç kullanılmamalıdır.

3.7.9.Genel Stabilite Analizi

Dayanma yapılarında yukarıda açıklanan analizlere ilave olarak genel stabilite kontrolü yapılmalıdır. Genel stabiliteden kasıt yapıyı içine alan dairesel bir kayma riskinin olup olmadığını araştırılmasıdır(**Çizim 3.33**). Bu amaçla "Bishops Basitleştirilmiş Dilim Metodu" ve benzeri teorik metotlar kullanılarak hazırlanmış ticari bilgisayar programları kullanılabilir. Analizlerde uzun ve kısa dönem ile deprem durumundaki güvenlik durumu rapor edilecektir.

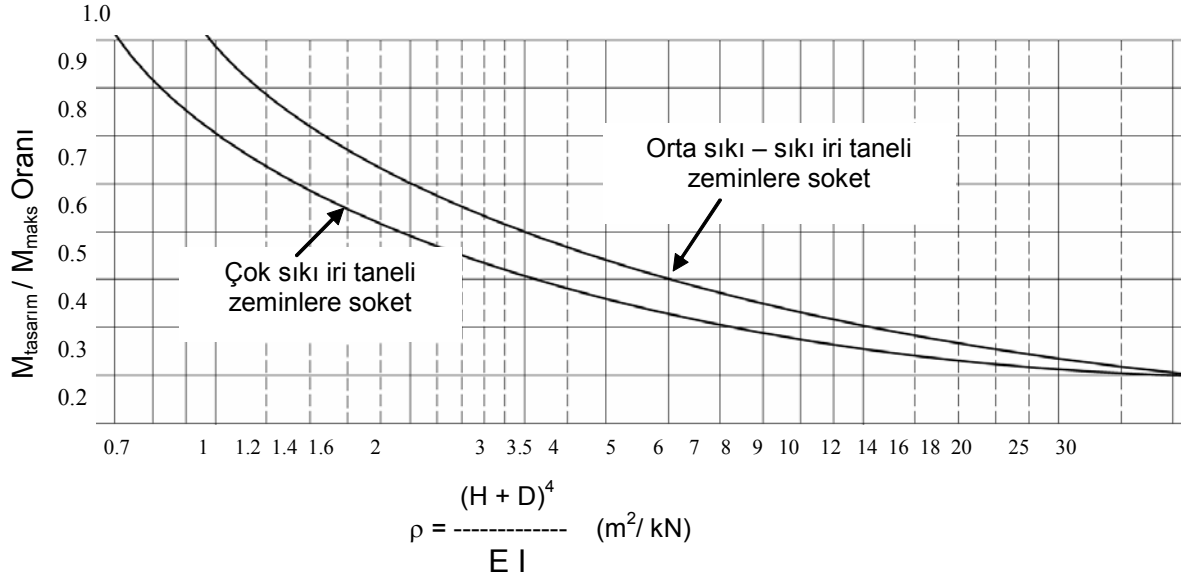
Uzun dönem,statik : $FS > 1.5$ (maksimum kayma dayanımı parametreleri kullanılarak)
Deprem : $FS > 1.01$ (bulunulan deprem bölgesine göre seçilecek eşdeğer yatay yük katsayısı K_h kullanılarak)



Çizim 3.33. Genel Stabilite Analizi

<p style="text-align: center;">GENEL DURUM</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aktif ve pasif basınçlar hesaplanır. Duvar sürtünmesi sadece temiz kaba çakıllarda alınır diğer zeminlerde ihmal edilir. 2. Gerekli derinlik, D; A noktasına göre moment alınır ve D için çözülür; $P_{A1} L_1 + P_{A2} L_2 = P_P L_3 / G_S$ $G_S = 2-3$ Kaba Taneli zeminlerde $G_S = 1.5 - 2$ İnce taneli zeminlerde 3. Ankraj Kuvveti $A_P = (P_{A1} + P_{A2} - P_P / G_S)$ d (d=ankraj yatay aralığı) 4. Maksimum eğilme momenti (M_{maks}) P_{A1}, P_{A2}, P_P / G_S kullanılarak hesaplanır. Kumlu zeminlerde moment azaltma faktörü kullanılır. 5. Uygulamada hesaplanan D değeri olası kazı ve oyulmalara karşı %20 arttırılır.
<p style="text-align: center;">ÇOK SIKI İRİ TANELİ ZEMİNLERE SOKETLİ</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1'den 3'e kadar tasıım basamakları yukarıdaki gibi olacaktır 4. Maksimum eğilme momenti P_A, P_P / G_S, A_P kullanılarak hesaplanır. 5. Şekil 6-7 den $\rho \geq 20$ ise maksimum eğilme momenti AB aralığında B noktası basit mesnet alınarak hesaplanır. $\rho < 20$ ise Şekil 6-7 den moment azaltma faktörü uygulanır 6. Uygulamada hesaplanan D değeri olası kazı ve oyulmalara karşı %20 arttırılır.
<p style="text-align: center;">KAYA VE BENZERİ ZEMİNLERE SOKETLİ</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Basınçlar yukarıda açıklandığı gibi hesaplanır, sadece pasif basınç sert zemin üzerinde sıfır alınır. 2. Sert birime soket; A noktasına göre moment alınır ve P_B hesaplanır. $P_A L_1 - P_P / G_S L_2 = P_B / G_S (L_2 + L_3)$ P_B nin sığ bir penetrasyon ile elde edilip edilemeyeceği tahmin edilir. 3. Ankraj kuvveti $A_P = (P_A - P_P / G_S - P_B / G_S) d$ 4. Maksimum eğilme momenti P_A, P_B ve A_P kullanılarak ac aralığında hesaplanır C noktası basit mesnetli kabul edilir.

Çizim 3.34 Ankrajlı Esnek İstinat Duvarı Tasarım Kriterleri



Çizim 3.35. Ankrajlı Duvarlarda Moment Azaltma Katsayısı

M_{maks} = Çizim 3.33' den hesaplanan maksimum moment

$M_{\text{tasarım}}$ = Maksimum tasarım momenti

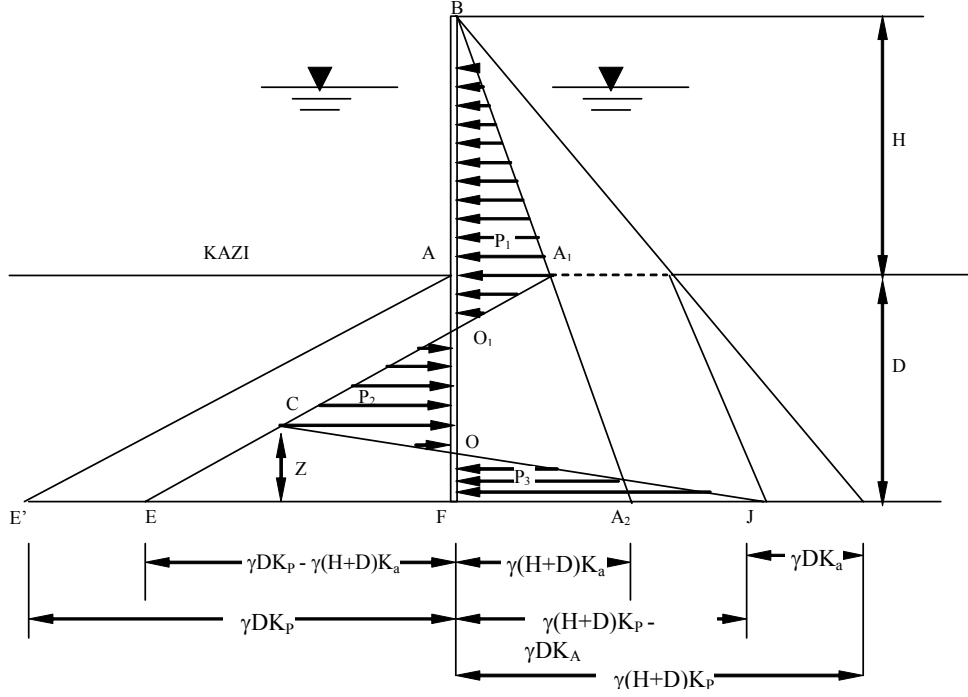
E = Palplanşa ait elastisite modülü (kN/m^2)

I = Palplanşa ait birim uzunluk için atalet momenti (m^4)

H = Kazı derinliği (m)

D = Soket derinliği (m)

ρ = esneklik katsayısı (m^2 / kN)



Çizim 3.36. Esnek Konsol Duvarların Tasarım Kriterleri

- 1) Başlangıç için bir deneme derinliği, D , kabul edilir. Bu derinlik aşağıda verilen korelasyon yardımıyla seçilebilir.

Standart Penetrasyon Direnci, N/30 cm	D (m)
0-4	2.00 H
5-10	1.50 H
11-30	1.25 H
31-50	1.00 H
+50	0.75 H

- 2) Aktif ve pasif zemin basınçları önceki bölümlerde anlatılan yanal basınç katsayıları kullanılarak hesaplanır.
- 3) Statik denge sağlanmaya çalışılır; yanal kuvvetlerin toplamı ve herhangi bir nokta etrafındaki momentlerin toplamı sıfır olmalıdır. Yanal kuvvetlerin toplamı basınç alanları olarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilir;

$$\Delta(EA_1A_2) - \Delta(FBA_2) - \Delta(ECJ) = 0 \quad (3.34)$$

Bu eşitlik uniform zemin koşulları için çözüldüğünde Z derinliği aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$Z = \frac{K_p D^2 - K_a (H + D)^2}{(K_p - K_a)(H + 2D)} \quad (3.35)$$

4.YÜZER İSKELELER

4. YÜZER İSKELELER

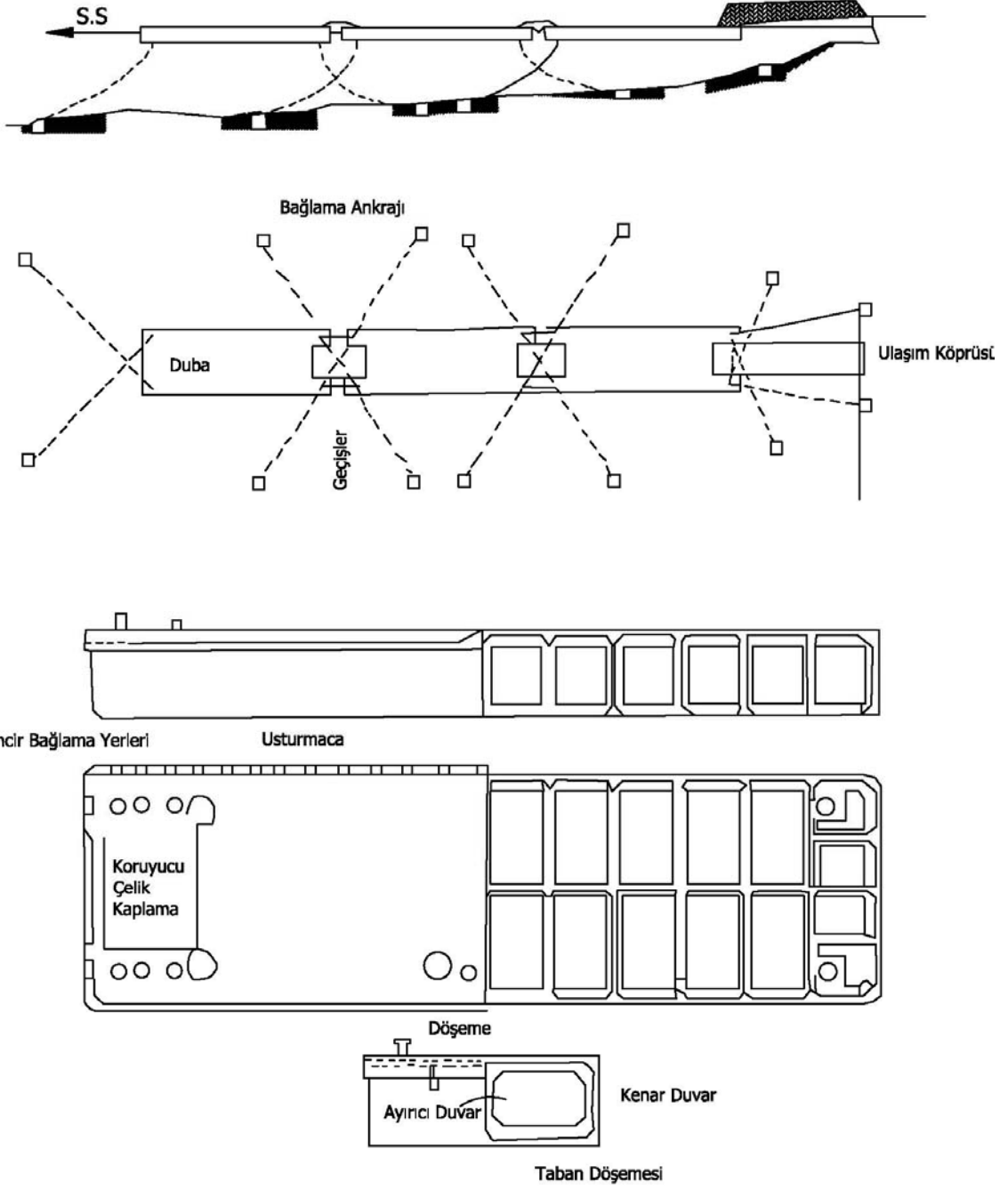
Bu bölümde verilen tasarım yöntemleri dalgalardan, gelgit akımlarından ve rüzgarlardan oluşan meteorolojik ve hidrolik olayların zayıf olduğu yerlerde ve liman içinde uygulanabilir.

Çizim 4.1 'de yüzen iskelelerin temel bileşenleri ve dubaların yapısı gösterilmektedir. Yüzen rıhtım dubası, dubaları karaya bağlayan bir bağlantı köprüsü, dubaları birbirine bağlayan ara eleman , dubaları deniz tabanına bağlama zincirleri, bağlama ankrajlarıdır.

Çeşitli yüzen yapıların tasarımı bu bölümde verilen yönetmelikler çerçevesinde gerçekleştirilmelidir.

4.1 Tasarım Prensipleri

Yüzen iskeleler; yükleri yüklerken/boşaltırken ya da tutarken ve yolcu ve araçlara inip/binerken yeterli stabiliteyi, güveni ve dayanıklılığı verecek şekilde tasarlanmalıdırlar. Ayrıca Bağlama zincirleri ve ankrajlarını kapsayan bağlama sistemini etkiyecek olan dış kuvvetlere karşı da yeterli stabiliteye sahip olacak şekilde tasarlanmalıdır.



Çizim 4.1 Dubanın Parçalarının Gõsterimi

4.2 Duba Tasarımı

1 Dubanın Boyutları ;

Bir duba kullanım amacına uygun yüzey alanına ve hava payına sahip olmalıdır. Dubanın boyutları; üzerine etkiyen dış kuvvetlere ve yüklerle karşı stabil olacak uygunlukta olmalıdır.

2 Dubaya Etkiyen Dış Kuvvetler ve Yükler

Bir dubanın tasarımında hesaba alınacak olan dış kuvvetler ve yükler şu şekilde olmalıdır:

- Statik ve hareketli yük
- Geçiş ve bağlantı köprülerinin reaksiyon kuvvetleri
- Hidrostatik basınç
- Ölü ağırlık
- Denge sağlamak için kullanılan ağırlık
- Dalga, akıntı kuvveti

Usturmaca reaksiyon kuvveti, dalga kuvveti, akıntı kuvveti ve dinamik su basıncı , özel koşullar gerekmedikçe göz önüne alınmaz. Ancak, dubanın dalga etkisine maruz kalabileceği gibi risk varsa bu kuvvetleri dikkate almak gerekmektedir. Bu durumda, bağlama kuvveti dubanın hareketleri göz önünde bulundurularak hesaplanmalıdır.

Yüzen iskelelerde genellikle yolcular için 5,0 kN/m² lik hareketli yük alınır ve genellikle yolcu gemilerine inip/binen insanlar için de kullanılabilir.

4.3. Dubanın Stabilitesi

Dubalar kullanım amaçları için istenen yapısal stabilite seviyesini güvende tutacak şekilde tasarlanmalıdırlar. Dubanın stabilite hesaplarında , aşağıdaki koşullar yerine getirilmelidir;

- Duba yüzen kütleinin stabilite koşulunu sağlamalı ve istenilen hava payına sahip olmalıdır. Bağlantı köprüsünden gelen. Reaksiyon kuvvetleri ve dubanın üstünden gelen sürşarj ve duba içine sızan su ağırlığıda gözönüne alınmalıdır.
- Duba dengesi, güverte üstündeki tüm sürşarj, sadece güvertenin bir tarafında yüklü ve boyuna simetri eksenine bölünmüş ve reaksiyon kuvvetide bu taraftan etkimesine rağmen yüzen kütleinin stabilite koşulunu ve dubanın eğimi 1:10a eşit veya daha küçük olacak şekilde sağlanmalıdır.

Dubanın stabilitesinin incelenmesinde dubanın içine sızıntıdan dolayı biriken suyun yüksekliği dubanın yüksekliğinin %10'u olarak alınır. Hava açıklığı bu durumda en çok 0.5m civarında alınır.

Duba düzgün yayılı bir yüke maruz kaldığında **Denklem 4.1.**' i sağladığı takdirde stabil kabul edilebilir.

$$\gamma_w l / W - \overline{CG} > 0 \quad (4.1).$$

Burada;

l: Sakin suda enkesit alanının boylamasına eksene göre geometrik atalet momenti (m⁴)

W: Dubanın ağırlığı ve düzgün yayılı yük (kN)

γ_w : Deniz suyunun özgül ağırlığı (kN/ m³)

\overline{CG} : Yerçekimi ve kaldırma kuvveti merkezi arasındaki mesafe

Duba sızıntıdan dolayı kısmen dolduğunda, **Denklem 4.2.** sağlandığı takdirde stabil kabul edilir. Denklemdeki W , I , C , ve G sembolleri içinde su olduğu duruma aittir.

$$\gamma_w / W \cdot (I - \Sigma_i) - \overline{CG} > 0 \quad (4.2).$$

Burada;

i : dubanın rotasyon eksenine paralel her bölme içindeki su yüzeyinin merkez eksenine göre geometrik atalet momenti (m⁴)

Duba eksantrik yüke maruz kaldığında, **Denklem 4.3.** 'den bulunan $\tan \alpha$ değeri **Denklem 4.4. ve Denklem 4.5.** 'ü sağlıyorsa stabil kabul edilebilir. (**Çizim 4.2**)

$$(W_1 + P) \left[b^2 \tan \alpha / (12d \cos^2 \alpha) - ((b^2 / 24d) \tan^2 \alpha + c - d/2) \tan \alpha \right] - P[a + (h - c) \tan \alpha] = 0 \quad (4.3)$$

$$\tan \alpha < 2(h - d) / b \quad (4.4).$$

$$\tan \alpha < 1/10 \quad (4.5)$$

Burada;

W_1 : Dubanın ağırlığı (kN)

P : Eksantrik yükün toplam kuvveti (kN)

b : dubanın genişliği (m)

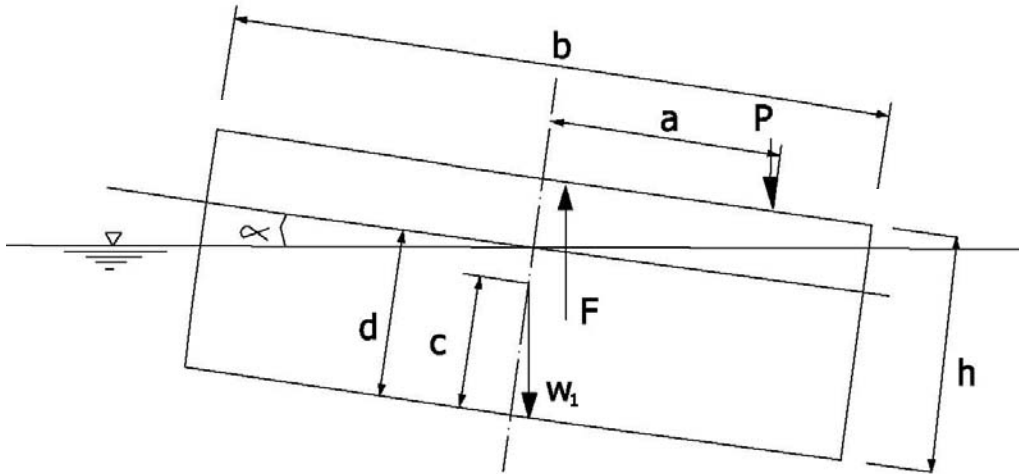
h : Dubanın yüksekliği (m)

d : P dubanın merkezine uygulandığındaki dubanın su çekimi (m)

c : Dubanın ağırlık merkezinin tabandan ölçülen yüksekliği (m)

a : P 'nin dubanın merkez ekseninden sapması (m)

α : Dubanın eğim açısı (°)



Çizim 4.2. Eksantrik Yük Altında Dubanın Stabilitesi

4.4 Dubanın Birey Elemanlarının Tasarımı

Dubayı oluşturan birey parçalara etkiyen gerilmeler hesapları; dış kuvvetler ve herbir parçaya etkiyen yükler ve yapısal karakteristikleri göz önünde bulundurularak yapılır.

1. Döşeme Plağı

Bir döşeme plağı normalde iki yönlü plak olarak ve dört yandan destekleyici kirişler ve yan duvarlarla aşağıda verilen yük kombinasyonlarından en büyük gerilmeye karşı dayanacak şekilde tasarlanır.

- a) Dubaya sadece statik yük etkidiğinde statik yük ve ölü ağırlık
- b) Dubaya hareketli yük etkidiğinde Hareketli yük ve ölü ağırlık
- c) Ulaşım köprüsünün destekleme noktası dubaya oturduğu zaman Ulaşım köprüsünün destekleme noktasının reaksiyon kuvveti ve ölü ağırlık

2. Yan Duvarlar

Yan duvar normalde duba 0.5 m güvertenin üstünden battığı zaman etkiyen hidrostatik basınca karşı döşeme plağı, alt plak ve yan duvarlar veya destekleyici kirişlerle dört yönde sabitlenen iki yönlü plak olarak tasarlanır.

3. Alt Plak

Alt plak normalde duba güvertenin üstünden 0.5 m battığı zaman etkiyen hidrostatik basınca karşı yan duvarlar veya destekleyici kirişlerle dört yönde sabitlenen iki yönlü plak olarak tasarlanır.

4. Bölme Duvarları

Bölme duvarı dört yönde sabitlenen plak olarak tasarlanır.

5. Destekleyici Kirişler ve Destekler

Döşeme plağının, alt plağın ve yan duvarların destek kirişleri ve orta destek normalde maksimum yük dubanın döşeme plağına etkimesi ve dubanın su çekimi için hidrostatik basıncın boyuna eşit olması koşulu altında rijit çerçeve kutu olarak tasarlanır.

6. Dalga hareketleri göz önüne alındığında, kesit kuvvetleriyle ilgili hesaplamalar Muller denkleminin " Prestressed Concrete Barge" veya DnV kuralıyla yapılır. (OICD, 2002)

4.5 .Bağlama Sisteminin Tasarımı

4.5.1 Bağlama Metodu

Yüzen bir rıhtımın dubalarının bağlanmasının metodu yükleme alanının uygun doğal koşulları göz önünde bulundurularak seçilmeli ve böylece yüzen rıhtım amaçlarını gereği ile yerine getirebilmelidir.

4.5.2 Bağlama Zincirinin Tasarımı

Dış Kuvvetlerin Tasarımı

Bağlama zincirlerinin yapısı en büyük kuvvet etkisinde dubanın pozisyonunu güvenli tutacak şekilde uygun bir metodla denenebilir.

1. Bu bölümde verilen yöntemler genellikle yüzen iskele tasarımı için kullanılan zincirle bağlanmış dubalar için uygulanır.
2. Dış kuvvetlere dayanarak aşağıdakilerden en büyük toplam kuvveti verecek kombinasyon kullanılabilir.
 - a) Usturmaca reaksiyon kuvveti ve gelgit akım kuvveti
 - b) Gemilerin bağlama çizgilerinin çekme kuvveti ve gelgit akım kuvveti
 - c) Dalga kuvveti ve (yerel ve gelgit) akıntı kuvveti

Zincirin Yerleştirilmesi

Her zincir, zincir deliği boyunca dubanın dört köşesinde bulunan zincir desteklerine oturtulmalı ve deniz tabanına ankrajla sabitlenmelidir.

Zincirin Çapı

Zincirin çapı, dubaya etkiyen dış kuvvetlerin tasarımında belirlenen kuvvetlerden dolayı oluşan kuvvetlerde kopmayacak şekilde seçilmelidir.

Her zincir üzerine etkiyen maksimum gerilme zincirin ve dubanın dinamik analizi yoluyla tanımlanmalıdır. Bu hesap yöntemi çok zor olacağı için statik analiz yöntemi ikinci en iyi yöntem olarak kullanılabilir. Zincir normalde sadece zincire etkiyen dış kuvvetlere direnç gösterecek şekilde tasarlanır (**Çizim 4.3**).

Zincire etkiyen maksimum gerilme aşağıdaki denklemde verilmiştir.

$$T = P \sec \theta_2 \quad (4.6)$$

Halatların ankrajına etkiyen yatay kuvvet, dubaya etkiyen yatay kuvvete ve ankraja etkiyen dikey kuvvete eşittir ve Denk 3.80' de verilmiştir.

$$V_a = P \tan \theta_1 \quad (4.7)$$

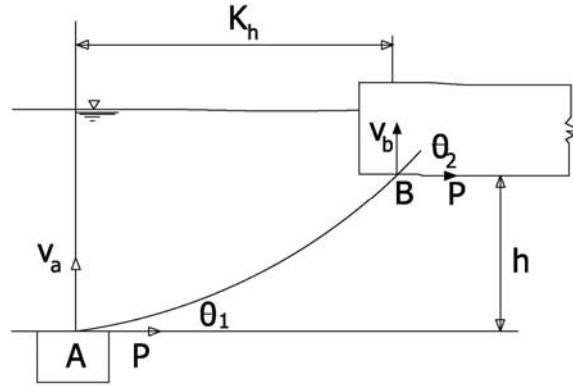
Zincirle duba arasındaki noktaya etkiyen dikey kuvvet **Denklem 4.8** ile verilmiştir

$$V_b = P \tan \theta_2 \quad (4.8)$$

Zincirin uzunluğu ℓ ve birim uzunlukta zincir ağırlığı w kabul edilerek **Denklem 4.9. ve 4.10.** kullanılarak θ_1 ve θ_2 açıları hesaplanır.

$$\ell = P / w(\tan \theta_2 - \tan \theta_1) \quad (4.9)$$

$$h = P / w(\sec \theta_2 - \sec \theta_1) \quad (4.10)$$



Çizim 4.3 . Bağlama Zinciriyle İlgili Semboller

Yatay kuvvet dubaya etkidiği zaman bağlama ankrajı ve dubanın arasındaki mesafe **Denklem 4.11.** deki gibi hesaplanır ve böylece dubanın orjinal pozisyonuna göre yatay yöndeki kayma mesafesi hesaplanabilir.

$$K_h = P / w [\sinh^{-1}(\tan \theta_2) - \sinh^{-1}(\tan \theta_1)] \quad (4.11)$$

Normal çaptaki bir zincirin yaklaşık olarak düz bir çizgiyle gösterildiği için **Denklem 4.6** 'dan **Denklem 4.11'e** kadar kullanılarak ;

$$\theta_2 = \theta_1 = \sin^{-1}(h/l) \quad \text{ve} \quad K_h = \sqrt{l^2 - h^2} \quad (4.12)$$

Bulunur.

Burada ;

T : Zincirine etkiyen maksimum gerilme (kN)

P : Yatay dış kuvvet (kN)

V_a : Bağlama ankrajına etkiyen dikey kuvvet (kN)

V_b : Dubayla zincir arasındaki noktaya etkiyen dikey kuvvet (kN)

θ_1 : Zincirin zincirle bağlama ankrajı arasındaki noktayla yatay düzlem arasında yaptığı açı (°)

θ_2 : Zincirin, dubayla bağlama zinciri arasındaki noktayla yatay düzlem arasında yaptığı açı (°)

l : Zincirin uzunluğu (m)

w : Zincirin su içinde ki birim uzunluk ağırlığı (kN / m)

h : Dubanın altındaki su derinliği (m)

K_h : Zincirle duba arasındaki noktayla bağlama ankrajı arasındaki yatay mesafe

Zincirin çapının tanımında, zincirin aşınma, korozyon ve deniz canlılarının etkisiyle mukavemetinin azalacağı göz önüne alınmalıdır. Buna ek olarak, zincir üzerinde periyodik kontroller ve gerektiğinde yenileme gibi uygun bakım yapılmalıdır.

4.6 Bağlama Ankrajının Tasarımı

[1] Dış Kuvvetlerin Tasarımı

Bağlama zincirinin tasarımında kullanılan (**Denklemler 4.11**) bağlama ankrajının tasarımında da kullanılabilir.

(a) Düşey Kuvvet

$$V_a = P \tan \theta_1 \quad (4.13)$$

(b) Yatay Kuvvet (P)

V_a , P ve θ_1 için **Çizim 4.3** e bakınız.

[2] Bağlama Ankrajının Tasarımı

Bağlama ankrajı bağlama zincirine etkiyen maksimum gerilmeye karşı dubayı stabil tutması beklenen direnç kuvvetlerini oluşturabilmeli ve uygun bir güvenlik katsayısıyla tasarlanmalıdır.

Normalde aşağıda verilen kuvvetler bağlama ankrajının kuvvetleri olarak tanımlanır, fakat bağlama ankrajı için yerinde stabilite testlerinin yapılması önerilir..

a) Bağlama Ankraj Bloğunun Beton Blok Olması Durumu

1-Kilde:

Yatay direnç kuvveti : Taban ve yan yüzeylerin kohezyonu, pasif ve aktif toprak basıncı arasındaki fark.

Dikey direnç kuvveti : Batan ağırlığı, etkili aşırı yük ağırlığı

2- Kumda:

Yatay direnç kuvveti : Taban sürtünme kuvveti, pasif ve aktif toprak basıncı arasındaki fark.

Dikey direnç kuvveti : Batan bloğun ağırlığı, aşırı yük fazlalığı

Taban sürtünme kuvvetinin hesabında kullanılan dikey kuvvet bloğun batan ağırlığıyla bloğa etkiyen zincir gerilmesinin dikey bileşeni arasındaki farka eşittir.

b) Bağlama Ankraj Bloğunun Çelik Olması Durumu

Yatay direnç kuvveti : Direnç kuvveti

Dikey direnç kuvveti : Batan bloğun ağırlığı

Çelik direnç kuvveti **Tablo 4.1** 'a göre hesaplanır

Tablo 4.1. Çelik bağlama ankraji tutma gücü

Yumuşak çamur	$T_A = 17 W_A^{2/3}$
Sert çamur	$T_A = 10 W_A^{2/3}$
Toprak	$T_A = 3 W_A$
Düz Kaya	$T_A = 0.4 W_A$

Burada;

T_A : Bağlama ankrajının tutma gücü (kN)

W_A : Bağlama ankrajının batan ağırlığı (kN)

(2)Bağlama ankrajının bloğunun stabilitesi için güvenlik katsayısı 1.2 veya daha büyük bir alınabilir.

5.KIYI KORUMA YAPILARI

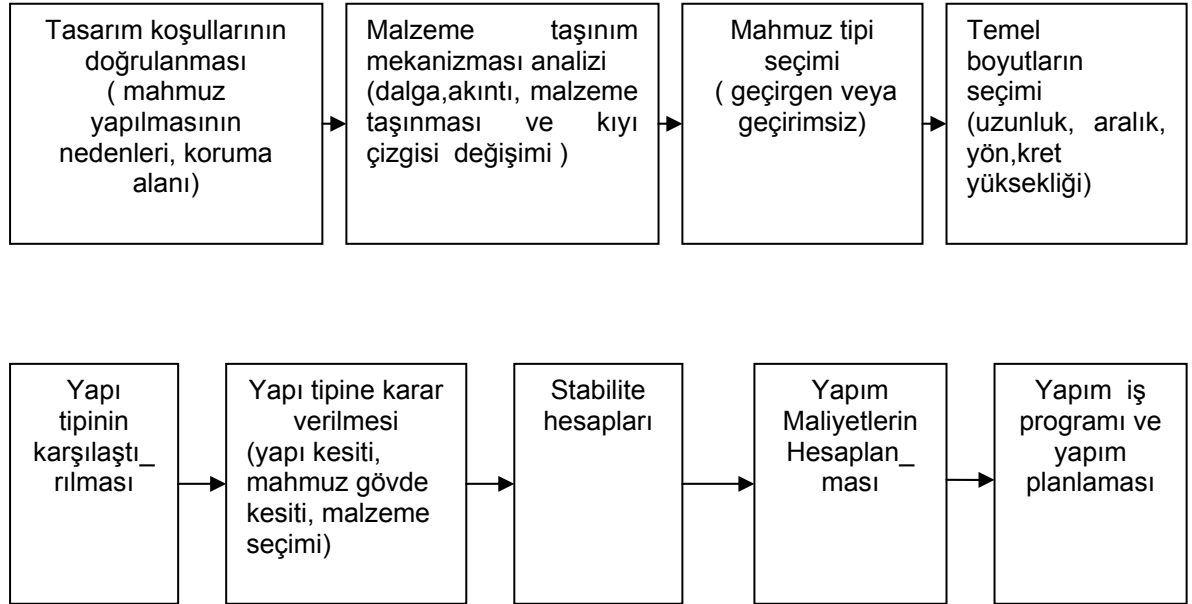
5. KIYI KORUMA YAPILARI

5.1. Mahmuzlar

Mahmuz veya mahmuz sistemi kıyı dengesini korumak için inşaa edilirler. Mahmuz ve mahmuz sistemleri belirli bir kumsal alanı korumak, yapay olarak yapılmış ve doğal oluşmuş kıyı alanlarının korunması için kullanılırlar.

Mahmuzlar kıyıya dik ve dar inşaa edilen (ince) yapılardır. Mahmuzlar kıyı boyu katı madde taşınımını etkilerler ve kıyının dengeli (stabil) hale gelmesini sağlarlar.

Mahmuz tasarımında takip edilecek akış şeması **Çizim 5.1** 'de verilmiştir.



Çizim 5.1 Mahmuz Tasarımında Takip Edilecek Akış Şeması

Tasarım mühendisinin kıyı boyu katı madde taşınım miktarını doğru tahmin etmesi gerekmektedir. Mahmuzların katı madde tutma verimlilikleri, yapının boyuna, yüksekliğine, kıyı özelliklerine (gelen dalga yüksekliği dağılımına, tabandaki kum özelliklerine ve taban topografyasına) bağlıdır. Mahmuz tasarımı yapılırken mahmuz veya mahmuz sisteminin eko sistem ve çevre üzerindeki etkileri de gözönüne alınmalıdır.

5.1.1. Mahmuz Tasarımı Aşamasında İncelenecek Konular

a) Dalga ve Gelgit

Kıyı boyu katı madde taşınımından dolayı mahmuzlar arasındaki kıyı çizgisinin değişimi orta ve uzun dönemde tahmin edilmelidir. Kıyı çizgisinin değişiminde etken olan dalga, gelgit ve ortalama su seviyesi değişimleri detaylı olarak incelenmelidir.

Mahmuz boyu, kıyı boyu katı madde taşınımını doğrudan etkileyen faktörlerden biridir. Mahmuz yüksekliğinin de kıyı boyu katı madde taşınımına etkisi fazladır. Dalga aşması, mahmuzların katı madde tutmasındaki verimliliğini azaltmaktadır. Yüksek dalgalar kısa dönemde taban topografyasında, mahmuz topuğunda ve mansabında değişimlere veya erozyona neden olur. Bu tür sorunların çözülebilmesi için yıllık en büyük dalgaların belirlenmesi gerekmektedir. En büyük dalga yüksekliklerin belirlenmesi yanı sıra uzun dönem dalga istatistiği çalışmaları da yapılmalıdır. Ayrıca ortalama aylık en yüksek su seviyelerinin tespit edilmesi gerekmektedir.

Mahmuz stabilite hesapları için tasarım dalgası ve en yüksek su seviyesi kullanılmalıdır.

b) Taban malzemesi ve Jeoloji

Mahmuz yapısı ve stabilitesi; en önemli faktörler taban malzemesi ve jeolojisinin belirlenmesidir. Taban malzemesi ve jeolojisinin belirlenmesi için yeterli ölçüde arazi çalışması yapılmalıdır.

c) Taban ve kıyı batimetrisi

Mahmuz tasarımının planda ki tasarımı ile birlikte dalga transformasyonu dalga tırmanması, dalga aşması ve mahmuz yapısının yapı dengesinin (stabilite) kontrolü için taban ve kıyı batimetrisini ölçülmesi önemlidir. Belirli dönemlerde (yılda en az her mevsim sonu olmak üzere) taban batimetrisi ölçülmeli katı madde birikimi veya kaybı belirlenmelidir. Yapısal tasarım için taban batimetrisindeki değişim nedenleri belirlenmelidir.

d) Akıntı ve Katı Malzeme Taşınımı

Mahmuzlar, kıyı boyu katı madde taşınımını kontrol etmelerinden dolayı, tasarımcı katı madde taşınımını, yönünü, miktarını, katı madde kaynağını anlamalı ve belirlemelidir. Katı madde taşınımı; miktarı ve yönü gelen dalga yönleri ile değişiklik gösterdiğinden kısa dönem ve orta vadede katı madde taşınımı ve yönü doğru belirlenmelidir.

Yakın kıyı hidroliği özellikle mahmuz boyunca olan akıntılar, mahmuzların katı madde tutma verimliliğini düşürdüğünden mahmuzların çevresindeki akıntı yapısı belirlenmelidir.

e) Yapım Koşulları

Tasarımcı (karadan veya denizden) yapım yöntemini, yapım dönemini ve zamanlamasını dikkate almalıdır.

5.1.2 Yapı Tipleri

a) Yapı Tiplerinin Sınıflandırılması

Mahmuzlar fonksiyonlarına(geçirgen veya geçirimsiz) göre sınıflandırılırlar. Yapı tip sınıfları **Tablo 5.1** 'de verilenlerden seçilebilir.

Tablo 5.1 Mahmuz Yapı Tipleri(JSCE,2000)

	Yapı tipi	Yapı özellikleri
Geçirgen	Taş dolgu ve beton bloklu	Düzensiz veya düzenli yerleştirilen taş veya beton bloklardan oluşur.
	Beton kazıklı	Beton kazıklar iki sıra halinde düzenlenir, bu iki sıra kazık içine orta büyüklükte taşlar doldurulur.Geçirgenliği azdır.
	Taş dolgu	Betonarme çerçeve içine taş doldurularak yapılır. Nadiren kullanılan bir sistemdir.
Geçirimsiz	Taş kazıklar	Taş ile doldurulur, taş dolgu yapının ön yüzey eğimi 1:1 den daha büyüktür.
	Beton blok dolgu	Beton bloklar aykırı Çizimde doldurularak elde edilir. Boşluk olan alanlar ise yatay bloklarla kapatılır.
	Keson ve hücre tipi yapılar	Dik duvar yapı dipidir.
	Çiftli palplanşlı yapılar	İki hat halinde palplanşlar çakılarak içi kum veya taş doldurularak yapılan geçirimsiz yapılardır.
	Kazık tipi	Tek sıra halinde çakılan geçirimsiz yapılardır.

Mahmuzlar yapı kesiti şekline görede sınıflandırılır. Bunlar sırasıyla a) dik yüzeyli, b) eğimli c) kompozit kesit dir. Plan görünüşünde ise a) düz b) T c) L d) Y vb şeklinde inşaa edilebilirler.

b) Yapı tipinin seçimi

Geçirgen yapılar katı malzeme tutma verimliliği az olan yapılardır. Geçirimsiz ve kret yüksekliği fazla olan yapılar ise katı malzeme tutma verimliliği yüksek olan yapı tipleridir. Mahmuz boyunu değiştirerek kıyı boyu katı madde tutma verimliliği artırılabilir. Bu nedenle geçirimsiz mahmuzların kullanılması tercih edilebilir. Ancak geçirimsiz mahmuzlar gelen dalgayı yansıtıkları için mahmuz yapısı etrafında deniz tabanında oyulmalara neden olabilirler. Geçirgen olan yapılarda ise bu oyulmalar daha az ve onarılması daha kolaydır. Her durumda geçirgen olan mahmuzların çalışıp çalışmadığı labarotuar deneyleri veya arazi deneyleri ile kontrol edilmelidir.

Yapı tipi ve kesiti seçilirken ;

1. Mahmuzun inşaa edileceği su derinliğine, 2. Dalga kuvvetlerine 3. Taban malzemesi ne 4. Taban jeolojine 5. Taban batimetrisine 6. Taban batimetrisinin değişmesinin yapısal stabiliteye etkisinin tahmin edilmesine 7. Maliyetine 8. Yapılabilirliğine 9. Çevresel ve kıyı kullanılabilirliğine dikkat edilmelidir.

Planda ise mahmuz şekli (I, L, Y) kıyı boyu katı madde taşınmasını kontrol edebilme kapasitesine göre seçilmelidir.

5.1.3 Temel kesit tasarımı

a) Mahmuz Boyu

Mahmuzun boyu arttıkça Mahmuzun katı madde tutma verimliliği artar ve aşağı kıyı yönünde erozyon da artar. Mahmuz boyu çok kısa ise kıyı boyu katı madde taşınımının kontrolü mümkün olmayabilir. Bu nedenle Mahmuz boyu, mahmuzun katı madde tutma verimliliğine bağlı olarak belirlenmelidir.

Mahmuz karada dalganın ulaşamayacağı yere kadar uzatılmalıdır. Karadaki bu nokta aylık en yüksek su seviyesi ile yıllık en yüksek dalganın tırmanma yüksekliğinin toplanması ile elde edilmelidir.

Dalga kırılma bölgesi dalga yüksekliği ile değişmektedir. Bu nedenle mahmuz uzunluğu kırılan dalga koşullarına göre değişmektedir. Dalga kırılma koşulları belirlenerek mahmuzun katı madde tutma verimliliğine karar verilmeli ve mahmuz boyu buna göre hesaplanmalıdır.

b) Kret yüksekliği

Kret yüksekliği kıyı boyu katı madde tutma verimliliğini etkileyen parametrelerden birisidir, ancak bu etkiyi gösteren herhangi bir hesap yöntemi henüz geliştirilmemiştir.

Kretin maksimum yüksekliği; dalganın mahmuzdan aşmaması için yıllık oluşan maksimum dalga yüksekliğinin dalga aşma yüksekliği ile aylık en yüksek su derinliğinin toplanması ile bulunur.

Mahmuz yapısının ekonomik olması için kret (mahmuz) yüksekliği, katı madde taşıma verimliliğine göre azaltılabilir. Ayrıca estetik ve doğa uyumu da gözönüne alınmalıdır.

c) Kret genişliği

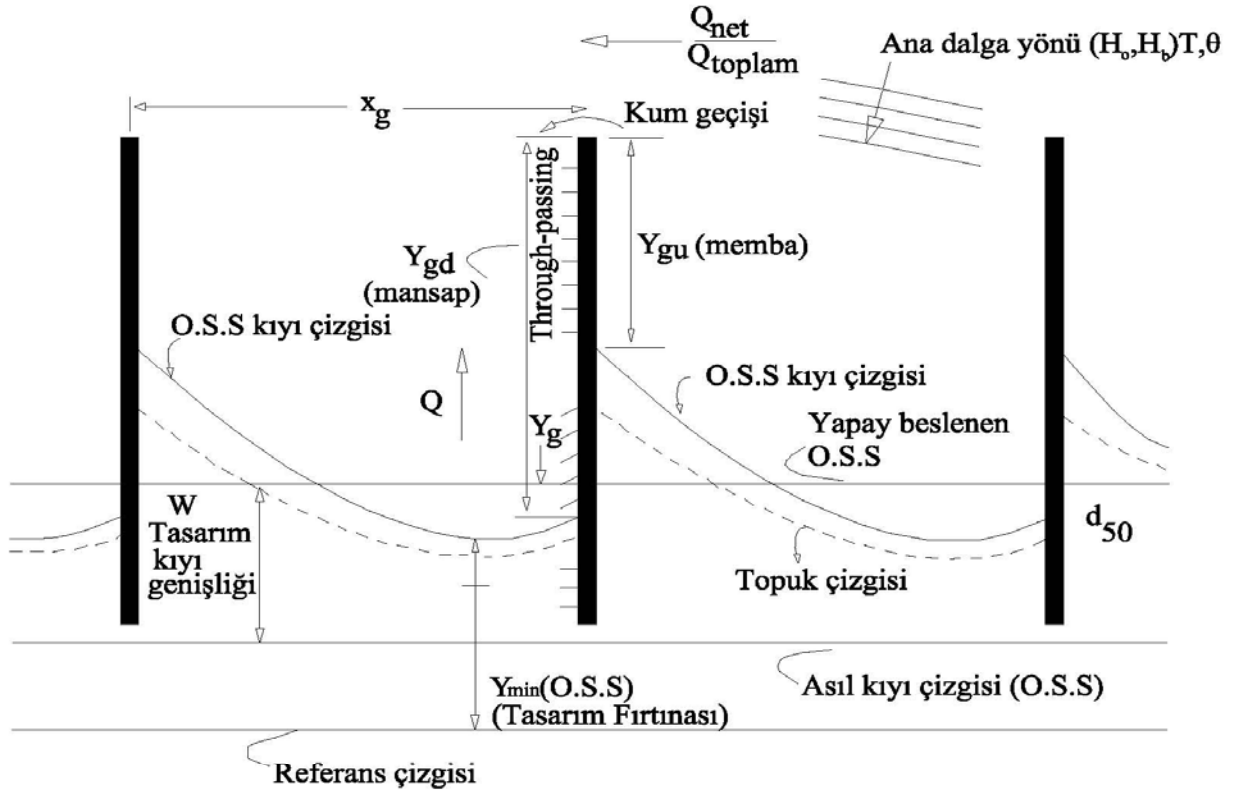
Kıyı boyu kum taşınımında kret genişliğinin etkisi azdır. Ancak mahmuz yapısının stabilitesi dikkate alınmalıdır.

d) Mahmuz Yönü

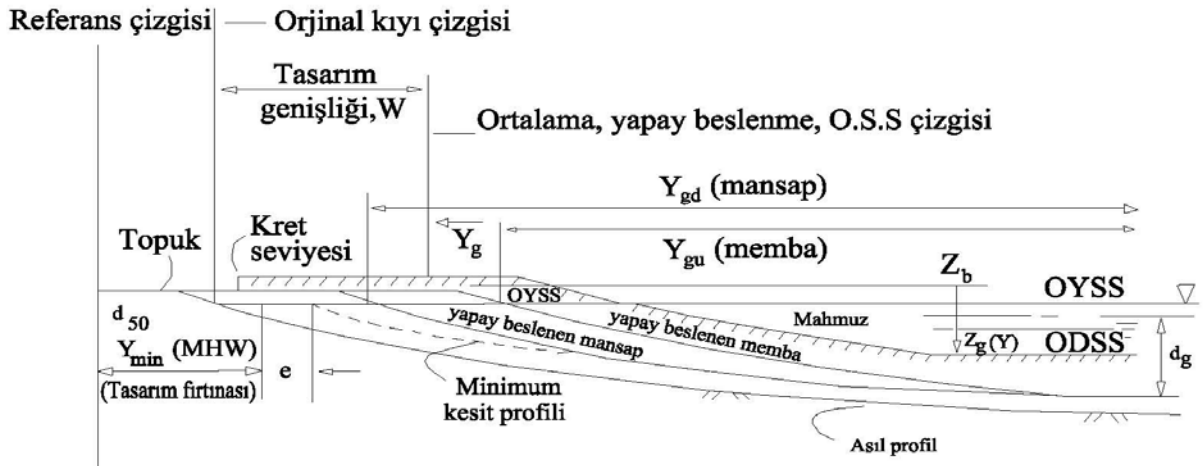
Mahmuzlar genellikle kıyı çizgisine dik inşaa edilirler

e) Mahmuz Aralığı

Kıyı boyunca uzanan mahmuz sisteminde mahmuz aralıkları birey mahmuzun uzunluğu ile belirlenir. Mahmuzlar arasındaki mesafe genellikle 2 veya 3 deniz içindeki mahmuz uzunluğu kadar alınır ($X_g/Y_g=2-3$). X_g iki mahmuz arası mesafe, Y_g ise mahmuzun kıyadan olan mesafesidir (Çizim 5.2)



Kıyı planı



Kıyı Kesiti

Çizim 5.2 Kıyı mahmuz uzunlukları ve genişlikleri (CEM,2003)

f) Mahmuz Sistemi Geçişleri

Mahmuz sisteminde geçiş bölgesinde mahmuzlar arası mesafe normal mahmuzlara ulaşınca dek azalarak gider. Geçiş bölgesindeki ilk mahmuz uzunluğu aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır.

$$L_1 = (1 - (R/2) \tan 6^\circ / (1 + (R/2) \tan 6^\circ)) L_n \quad (5.1)$$

Burada ;

L_1 = Geçiş bölgesinde ilk mahmuz uzunluğu

R = Mahmuz sisteminde mahmuzlar arası mesafe / mahmuz uzunluğu

L_n = Mahmuz sistemindeki bir mahmuzun uzunluğu

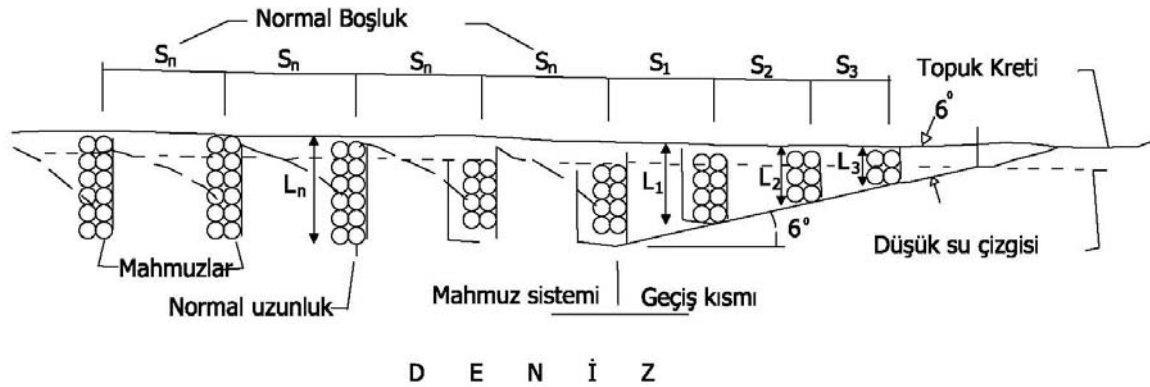
Mahmuz sistemindeki en son mahmuz ile mahmuz geçiş sistemindeki ilk mahmuz arasındaki mesafe

$$S_1 = (R / (1 + (R/2) \tan 6^\circ)) L_n \quad (5.2)$$

Burada

S_1 = Mahmuzlar arasındaki mesafe

Mahmuz sistemi ve mahmuz geçiş sistemi Çizim 4.3 'de verilmiştir.



Çizim 5.3. Mahmuz ve Kıyı Geçiş Sistemi (ASCE,1994)

Mahmuz sistemlerinin kıyılara olan çevresel etkileri önemlidir. Bu nedenle tasarım öncesi kıyı çizgisi ve bölgesi ile ilgili detaylı bilgiler toplanmalıdır. Bu bilgiler ışığında numerik veya bilgisayar modeller kullanılarak mahmuz uzunluğu, aralığı kum tutma verimliliği detaylı olarak çalışmalı ve yapısal tasarımına ve inşaatına geçilmelidir. İnşaat işleri tamamlandıktan sonra mahmuzların kum tutma verimliliğini kontrol etmek için yılda en az dört kez kıyı çizgisi ölçümleri alınmalıdır.

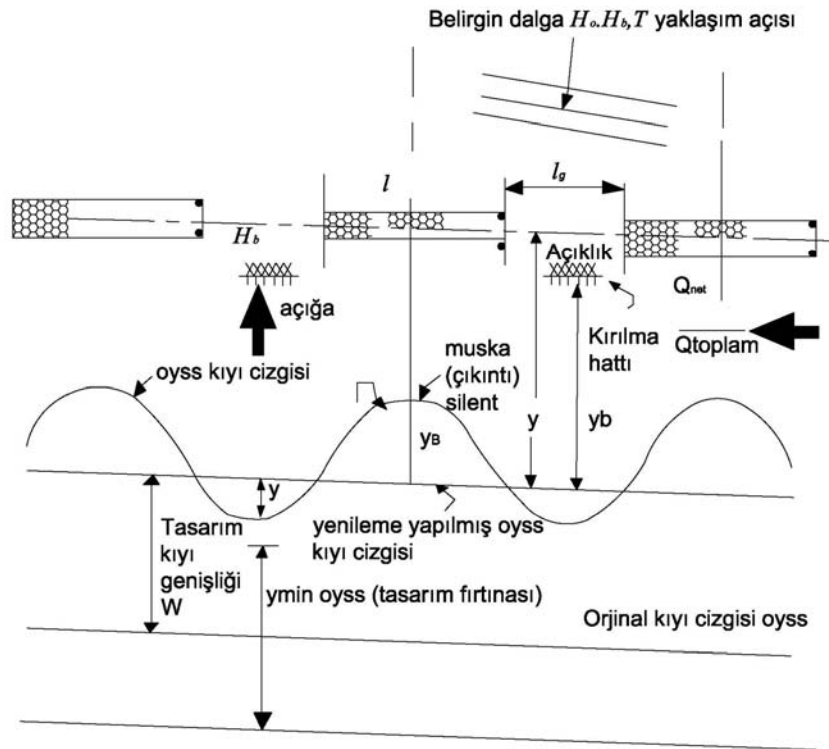
5.2 Açık Deniz Dalgakıranlar

Açık deniz dalgakıranları kıyı stabilizesini ve korumasını sağlamak için yapılan yapılardır. Kıyı ile bağlantısı yoktur ve kıyıya paralel inşa edilirler. Düşük kretli ve dinamik stabil, tek veya birkaç dalgakıran dan oluşan yapılardır.

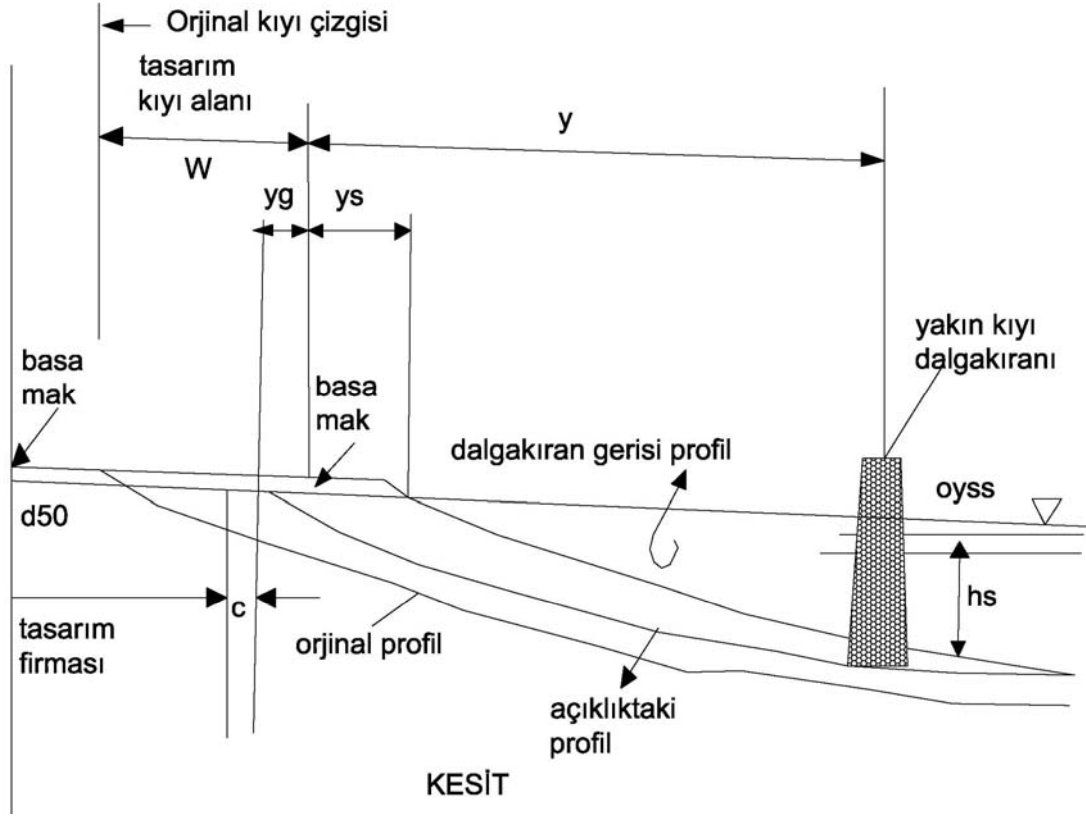
Açık deniz dalgakıranları, dalgakıranın arka tarafına dönme nedeniyle oluşan akıntılardan dolayı tomboloların oluşumuna neden olurlar. Açık deniz dalgakıranları, sakin bir dalga iklimine sahip yerlerde kıyıya dik erozyonun azalmasını sağlayabilirler.

Tekli açık deniz dalgakıranının tasarımı yapılırken dikkat edilmesi gereken kritik tasarım boyutları; dalgakıran boyu, dalgakıranın kıyıdan olan mesafesi, ve kret kotu dur. Çoklu açık deniz dalgakıranının kritik tasarım boyutları ise; her bir dalgakıranın uzunluğu, kıyıdan olan mesafesi ve kret kotlarıdır. Kıyının alacağı Çizim ve katı madde taşınım miktarı bu parametrelere bağlıdır (Çizim 5.4 ve 5.5).

Açık deniz dalgakıranlarının neden olabileceği tombololar; dalgakıran uzunluğunun kıyıdan olan mesafesine (l/y) veya dalgakıran uzunluğunun dalga boyuna oranına (l/lt^2) bağlı olarak boyutsuz parametrelerle tanımlanır.



Çizim 5.4 Açık Deniz Dalgakıran için Tanımlar (CEM,2003)



Çizim 5.5 Açık Deniz Dalgakıran için Tanımlar (CEM,2003)

Çizimde verilen ardışık (çoklu) açık deniz dalgakıranlarda değişkenler gösterilmektedir. Burada y dalgakıranın kıyıdan olan uzaklığı, ℓ dalgakıran boyu, ℓ_g ardışık dalgakıranlar arasındaki açıklık ve d_s dalgakıranın önündeki su derinliğidir. $\ell/y = 1-2$ değeri tombolo oluşumu için uygundur.

Tombola oluşumunu sağlamak için aşağıda verilen şartlara uyulması gerekmektedir (CEM 2003).

Tek dalgakıran için $\ell/y = 1.5- 2$

Ardışık dalgakıranlar için $\ell/y = 1.5$ ($L < \ell_g < \ell$)

(burada L yapı önündeki dalga boyudur.)

Daha uzak mesafede inşa edilmiş daha kısa dalgakıranlar plaj muskası (salient) oluşumuna neden olurlar. Bunun için genellikle $\ell/y < 1$ şartı verilmektedir. Tek ve ardışık dalgakıranlar için;

$\ell/y = 0.5-0.67$ dir.

Ancak çok uzun mesafeler için tombolo oluşumu arzu edilmiyor ise;

$\ell/y = 0.125$ alınmalıdır.

Tombolo oluşumunun koşulları çeşitli kaynaklara göre **Tablo 5.2** 'de verilmiştir.

Tablo 5.2 . Tombolo Oluşumunun Koşulları

Koşul	Tanım	Kaynak
$l/y > 2.0$		CERC(1984)
$l/y > 2.0$	Çift Tombolo	Gourly(1981)
$l/y > 0.67 -1.0$	Tombolo (sığ su)	Gourly(1981)
$l/y > 2.5$	Periyodik Tombolo	Ahrens and Cox(1990)
$l/y > 1.5 - 2.0$	Tombolo	Dally and Pope (1986)
$l/y > 1.5$	Tombolo(ardışık dalgakıran)	Dally and Pope(1986)
$l/y > 1.0$	Tombolo (tek dalgakıran)	Suh and Dalrymple (1987)
$l/y \geq 2$	Tombolo (ardışık dalgakıran)	Suh and Dalrymple(1987)

Geçirimli yapılar (kısmen batmış, büyük açıklık “ l_g ”) tombolo oluşumu için dalga enerjisinin yeterince küçülmesini sağlarlar.

Kıyı Davranış parametresi (**CEM 2003**)

$$l_s = \exp (1.72-0.41 l / y)$$

İle tanımlanır

$l_s = 1$ ise kalıcı tombolo oluşumu

$l_s = 2$ ise periyodik tombolo

$l_s = 3$ ise iyi gelişmiş plaj muskası

$l_s = 4$ ise plaj muskası oluşumuna eğilim

$l_s = 5$ ise sinizoidal oluşum söz konusu olmaması hali

Açık Deniz Dalgakıranlarının kıyılara olan çevresel etkileri önemlidir. Bu nedenle tasarım öncesi kıyı çizgisi ile ilgili detaylı bilgiler toplanmalıdır. Bu bilgiler ışığında sayısal veya bilgisayar modelleri kullanılarak, dalgakıranların kıyı çizgisinden uzaklığı, dalgakıran uzunluğu, dalgakıranlar arası mesafe tombala veya muska (sailent) oluşumu detaylı olarak çalışmalıdır. Bu çalışmalar tamamlandıktan sonra yapısal tasarıma geçilmelidir. Yapısal tasarım ve detaylı projeledirme işlemi yapıldıktan sonra inşaatlar yapılmalıdır. İnşaat işleri tamamlandıktan sonra kıyı çizgisindeki değişimler her mevsim sonu ölçümler alınarak izlenecektir(detay hesaplar için **CEM 2003**, Design **Manual for Coastal Facilities 2002** kullanılmalıdır).

5.3 Kıyı Duvarları

Kıyı duvarları , kıyı çizgisinden itibaren toprak dolgu ile yükseltilir. Bu dolgunun beton duvar ile korunması gereklidir. Dalganın kıyıdan denize doğru ilerlemesini engellemek, dalganın aşarak kıyı gerisindeki yapılara zarar vermesini önlemek veya kıyı erozyonunu durdurmak için yapılan yapılar kıyı duvarları olarak isimlendirilir.

Kıyı duvarlarının tasarımı için dikkate alınması gereken parametreler aşağıda sıralanmıştır;

- Dalga ve Gelgit seviyesi

Kıyı duvarındaki kret yüksekliği , dalga tırmanması ve dalga aşması sonucu kıyı duvarlarında toplanan su miktarı ile belirlenir. Yapı stabilitesi hesapları ise yapıya etkiyen dalga kuvvetleri ve toprak itkileri ile hesaplanmalıdır. Bu nedenle yapı yüksekliğinin belirlenmesi için tasarım dalgasının ve gelgit seviyesindeki oynamalar hesaplanmalıdır.

- Zemin Özellikleri

Kıyı duvarlarının inşa edileceği yerlerde zemin özellikleri tespit etmek için geoteknik çalışmalar yapılmalıdır. Ve zemin taşıma güçleri hesaplanmalıdır. Taşıma gücü zayıf olan zeminlerde zemin iyileştirmeleri yapılması gerekmektedir (**Geoteknik Tasarım Esaslarına bakınız**) .

- Deniz Tabanı ve Yakın Kıyı Batimetrisi

Deniz taban eğimi çok dik olan yerlerde dalgalar kıyıda (karaya yakın veya karada) kırılırlar. Kırılan bu dalgalar büyük dalga kuvvetleri yaratırlar ve dalga aşmasına neden olurlar. Ayrıca kumsal olan kıyılarda kıyı duvarları önünde erozyona (veya oyulmalara) neden olur. İnşaatı planlanan kıyı duvarı yöresinde kıyı dalga etkileşimi incelenmesi için batimetri ve deniz tabanındaki malzeme niteliğini belirleme çalışmaları yapılmalıdır.

- Sismik kuvvet

Kıyı duvarı stabilite hesapları yapılırken deprem kuvvetleri dikkate alınacaktır.

- Kıyı duvarı arkasındaki alanın önemi

Kıyı duvarı belirli limitlerde hasara izin vermeyecek şekilde, yapının önemine bağlı olarak dalga aşmasına izin verecek şekilde tasarlanabilirler. Kıyı duvarı arkasında yer alan alanda yerleşim yerleri veya önemli yapılar varsa dalga aşmasını minimize etmek için gerekli önlemler alınmalıdır.

- Yapım koşulları

Deniz içine yapılacak olan kıyı duvarları dalgalar ve akıntılardan etkilenirler. Çalışma süreleri kısıtlıdır. Ayrıca denizde bulanıklık varsa yapım çalışmalarını etkiler. Yüklenici bu tür zorlukları dikkate almalıdır.

- Yapı Tipleri

Kıyı Duvarı tasarımındaki ilk adım yapı tipinin seçilmesidir. Hidroekolojik koşullar, zemin özellikleri, kıyı duvarı yapım malzemeleri akıntı, koşulları ve yapım süreleri kapsamlı değerlendirildikten sonra yapı tipleri belirlenir. Yapı tipleri aşağıda sıralanmıştır

- Eğimli Kıyı Duvarları
 - Dik Kıyı Duvarları
 - Kompozit Kıyı Duvarları
- Temel Kesit Tasarımı

Temel kesit tasarımında dikkat edilecek hususlar, kıyı duvarı yapı önü eğimi, kret kotu ve kret genişliği dir.

- Şevli Yapı

Yapı önünün eğimli olarak seçilmesi, kıyı duvarının stabilitesine, hidroekolojik koşullara, akıntı durumlarına, zemin ve jeomorfolojik koşullara, bağlıdır. Kıyıya etkiyecek dalga kuvvetleri büyükse uygun eğimli yapılar yapılmalıdır.

Eğimli Kıyı Duvarlarında eğer yapı eğimi 1/3 den daha dikse dalga aşma oranının yüksek olabileceğine dikkat etmek gerekir. Dalga aşma oranını azaltmak için yapı eğimi artırılabilir.

Tasarımda kret yüksekliği önemli parametrelerden biridir. Dalga tırmanması ve dalga aşmasının kontrol etmek için kret yüksekliği aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır;

Kret yüksekliği : Tasarım gelgit seviyesi+ yapı önü dalga yüksekliği+ gerekli hata payı alınarak hesaplanmalıdır.

Kret yüksekliği hesaplanırken dalga tırmanma hesabı ve dalga aşma miktarı da hesaplanmalıdır.

5.4 Kıyı Tahkimatları

Kayı Tahkimatları kaplama taş veya beton gibi kıyı koruması için yapılan eğimli yapılardır. Doğal kıyı yapısını, yamaçları ve diğer kıyı sistemlerini erozyondan korumak dalga aşmasını veya dalga yansımalarını azaltmak için yapılan yapılardır. Kıyı tahkimatları ;

- Koruma tabakası
- Filtre
- Topuk' dan oluşur.

Koruma tabakası dalga etkisine karşı basit koruma sağlamasına karşın filtre tabakası alt zeminin yıkanmasını önler . Topuk deniz tarafına doğru deplasmanı engeller.

Koruma tabakası rijit veya fleksibil olabilir. Örneğin beton elemanlar rijit yapılardır. Koruma tabakasında taş, beton , beton şilte (mattresses), asfalt gibi malzemelerde kullanılabilir.

Bu bölümde koruma tabakası taş olarak seçilen kıyı tahkimatları verilmiştir.

Kıyı tahkimatları tasarımı sırasında aşağıda verilen yol izlenecektir.

- Tasarım yapılacak yöre için su seviyesinin değişimleri belirlenmeli
- Tasarım dalga yüksekliği belirlenmeli
- Tasarım dalgasına dayanabilecek uygun koruma tabakasının seçilmeli
- Koruma tabakasında kullanılacak taş büyüklüğü hesaplanmalı
- Kret kotunun hesaplanabilmesi için tırmanma yüksekliği hesaplanmalı

- Düşük kretli yapılarda üsten aşan dalga için su debisi hesaplanmalı
- Eğer gerekli ise drenaj tasarımı yapılmalı
- Filtre ve alt tabakaları tasarlanmalı
- Geri dolgu alanı sıkıştırılmalıdır

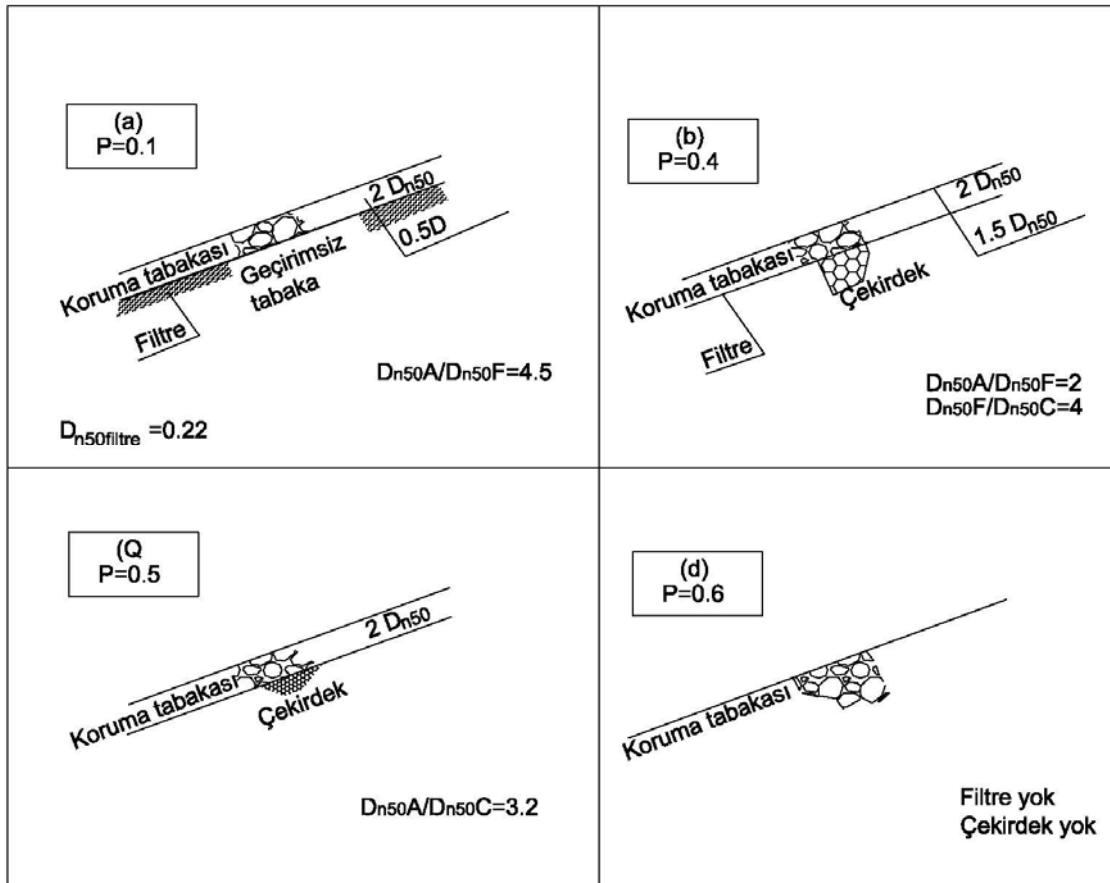
5.4.1 . Koruma tabakası tasarımı

Koruma tabakası hesap yöntemleri Dalgakıran tasarımı bölümünde detaylı anlatılmıştır.

5.4.1.1 Koruma Tabakası Kalınlığı

Koruma tabakası kalınlığı kullanılacak malzemeye bağlı olarak değişir. Koruma tabakası taş büyüklüğü Van der Meer formülleri ile hesaplandığında koruma tabakası kalınlığı $t_a = 2.2 D_{n50}$ olarak önerilmektedir.

Vander Meer'in önerdiği boşluk oranına göre tabaka kalınlıkları **Çizim 5.6** 'da verilmiştir.



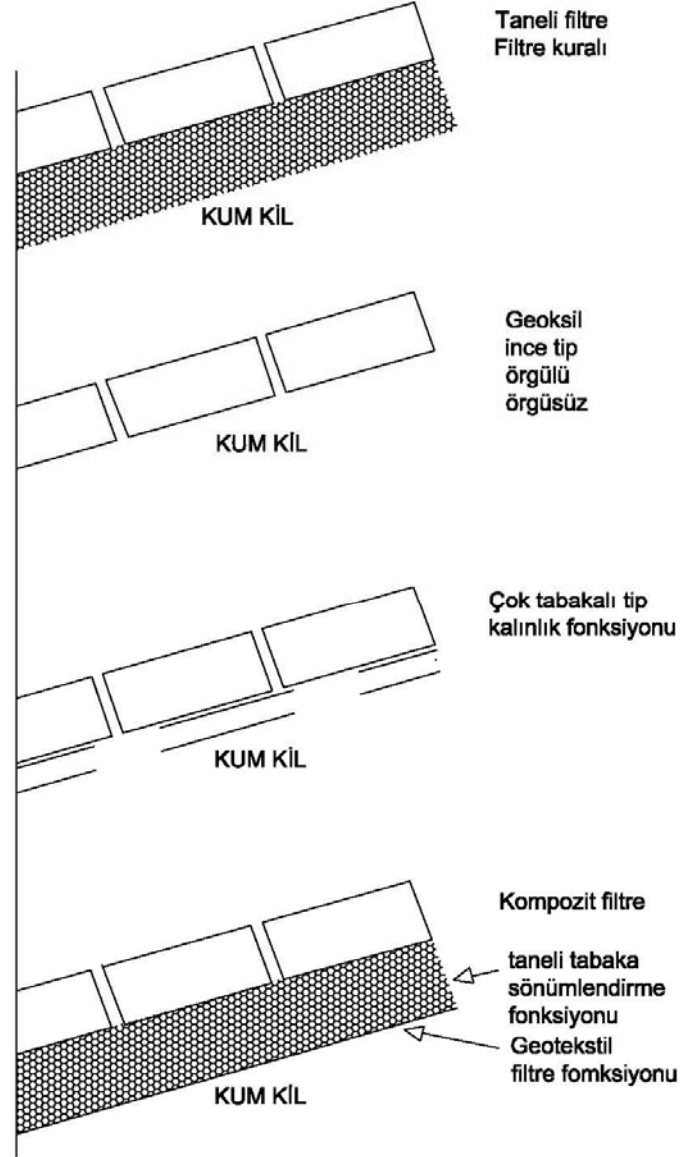
Çizim 5.6 Van der Meer Geçirgenlik Faktörü (McConnell,K. 1998)

5.4.1.2. Filtre Tabakası Tasarımı

Pere (riprap), blok ve hasır blok (block mats), gabion ve şilte (mattress) asphalt veya beton levha veya herhangi geleneksel koruma veya kaplama malzemesinin altında kalan zeminin dalga etkisi ile yıkanarak erozyona uğramaması için taneli (granular) ve/veya geotekstil filtre tasarlanmalı ve kullanılmalıdır. Ancak geotekstil malzemelerin bu tip yapılardaki davranışı

tam bilinmemektedir. Bazı zemin stabilitesizliklerinin oluşması söz konusu olabilmektedir. Buna karşın taneli malzemede alttan kaldırma basıncı nedeniyle daha düşük kaplama malzemesi stabilitesi söz konusu olabilmektedir (Detaylı bilgi için **BS, CIRA, PIANC**'dan yararlanılabilir).

Çizim 5.7'de görüldüğü gibi taneli malzeme yada geotekstil tek başına filtre malzemesi olarak kullanılır. Ayrıca bu malzemeler birlikte de kullanılabilir.



Çizim 5.7 Filtre Tasarım Örnekleri

Taş kaplama, riprap blok, gabion gibi koruma tabakası altında taneli filtre tabakası kullanılabilir. Birbirine yakın yapılmış taneli filtrelerde bulunan boşluklar, tanelerin bu boşluklardan geçmesine engel olurlar. Bu tip yapılarda aşağıda verilen filtre kuralı uygulanır ;

$$d_{f15}/d_{b85} \leq 4-5 \text{ stabilite ölçütü}$$

$d_{f15} > 5 d_{b15}$ geçirgenlik (porozite) ölçütü

$d_{f50} < 25 d_{b50}$ uniformluk ölçütü

Burada f ve b alt indisleri sırasıyla filtre ve altındaki zemini göstermektedir.

5.4.1.3 Topuk Tasarımı

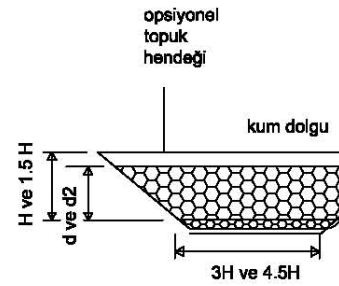
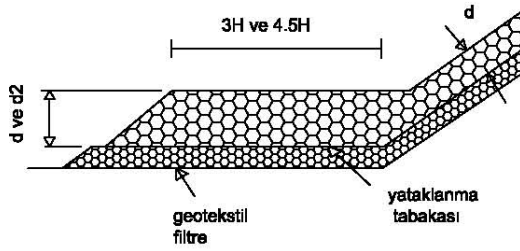
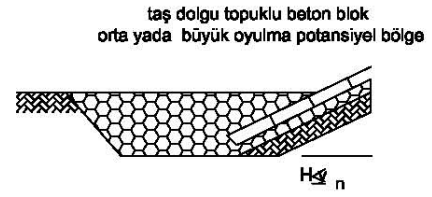
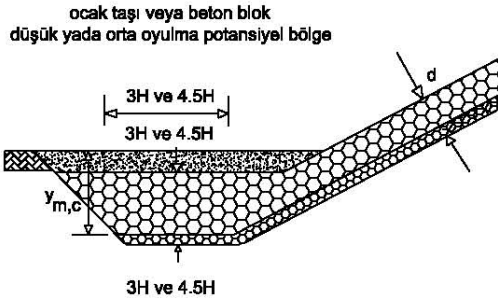
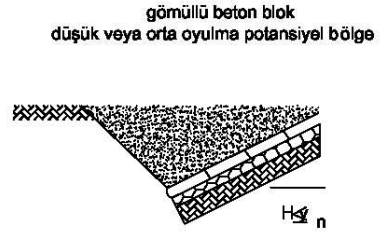
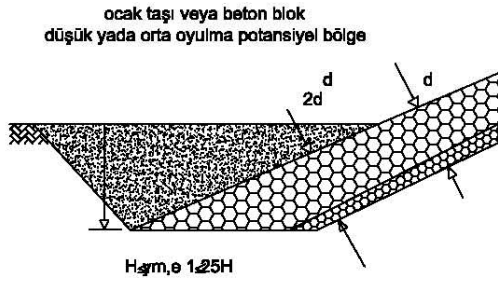
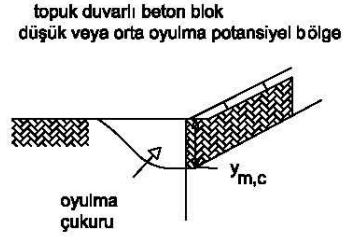
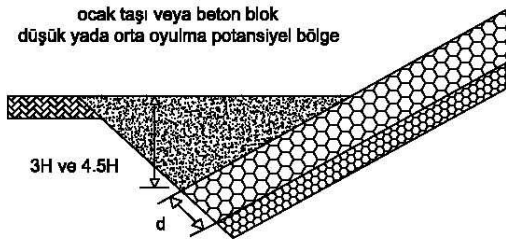
Topuk hasarı oluşması durumunda tüm kaplama hasar görebilir. Bu durumdan kaçınabilmek için **Çizim 5.8** 'de görülen topuk koruma seçenekleri uygulanmalıdır. Özellikle kıyı tahkimatı şevi üzerindeki dalga nedeniyle oluşan geri dönüş akımları ile topuk önünde oluşan dalga kırılması, topuk oyulmasına neden olabilmektedir. Bu şartlar altında, kumsal olan kıyılarda **SPM(1984)** topuk önünde oluşacak erozyon veya oyulma derinliği kırılmamış maksimum dalga yüksekliğine eşittir. Maksimum dalga yüksekliği ise $H_{maks} = 1.8 \times H_s$ 'dir. (H_s : Belirgin tasarım dalga yüksekliği dir.)

Topuk önü erozyonu yapının yansıma katsayısına bağlıdır. 1/3 den dik eğimli şevlerde yansıma oyulmaya neden olabilmektedir. Dalga ve güçlü akıntının(>1 m/san) birlikte olması durumunda kaplama tabakası boyutunun 1.3 kat artırılması tavsiye edilmektedir.

5.4.2. Dalga Aşması Miktarı (q)

Dalga aşması kıyı tahkimatları arakasında bulunan yapılara zarar verir. **Tablo 5.4**'de kabul edilen aşma limitleri verilmiştir.

Eğimli yapılar için dalga aşma model ve hesap yöntemi **Tablo 5.5**'de ve **Bölüm 5.1.3.3.**'de verilmiştir.



Çizim 5.8. Topuk Koruma Seçenekleri (McConnell.K, 1998)

6.DENİZALTI BORU HATLARININ TASARIMI

6. DENİZALTI BORU HATLARININ TASARIMI

Boru hatlarının tasarımında, çevresel ve yapısal yükler ile bu yüklerle karşı yapının davranışı incelenmelidir. Bunun için (a) Tasarlanacak yapının çevresindeki dalga ve akıntı ikliminin, dalga ve akıntı ölçümlerine veya meteorolojik verilere bağlı olarak tanımlanması, (b) Tasarım dalgası ve akıntı özelliklerinin belirlenmesi, (c) Yapıya tesir edecek dalga ve akıntıdan kaynaklanan hidrodinamik kuvvetlerin hesaplanması, (d) Yapının davranışının belirlenmesi, (e) Taşıma ve batırma sırasında oluşan etkilerin analizi, (f) Yapının yorulma analizi, (g) Zemin analizi, (h) Yapı elemanlarının bağlantı analizi, (i) Ayrıca yerel katı madde hareketinin incelenmesi gereklidir.

Boru üzerine etkiyen hidrodinamik kuvvetler aşağıda önerilen şekilde hesaplanacaktır.

6.1 Akıntı Kuvvetleri

Üniform akım doğrultusuna dik olarak yerleştirilen çapı D olan düzgün yüzeyli bir silindir dikkate alındığında, silindirin birim uzunluğuna etkili kararlı aksenal veya direnç kuvveti F_D aşağıdaki verilmiştir.

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho V^2 D \quad (6.1)$$

Burada C_D hidrodinamik direnç katsayısıdır. C_D , Reynolds (Re) sayısının bir fonksiyonudur. Reynolds sayısı;

$$R_e = VD/\nu \quad (6.2)$$

burada V silindirin menbasındaki akım hızı ve ν akışkanın kinematik viskozitesidir.

Tabana yerleştirilmiş yatay silindirin, tabanın mevcudiyetinden dolayı oluşan akım alanındaki asimetri dolayısıyla düşey doğrultuda meydana gelecek hidrodinamik kaldırma kuvveti ise

$$F_L = \frac{1}{2} C_L \rho V^2 D \quad (6.3)$$

ile ifade edilir. Burada C_L hidrodinamik kaldırma katsayısıdır.

Deniz tabanının mevcudiyetinden dolayı bir boru hattına etkiyen kuvvet Re sayısına, tabanın göreceli pürüzlülüğüne, boru ile taban arasındaki açıklığa bağlıdır.

6.2 Dalga Kuvvetleri

Dalga kuvvetlerinin belirlenmesinde dalga boyuna göre silindirik yapının boyutunun sahip olduğu değerler oldukça önemlidir. Eğer D/L silindir çapının dalga boyuna oranı 0.2'den küçükse akışkanın viskozitesi ve böylece sınır tabakası oluşumu ile sınır tabakasından ayrılma sonucunda vorteks oluşumu önemli olur. Bu halde silindirin mevcudiyetinden dolayı akım alanında meydana gelecek değişimler yereldir ve dalga kuvvetleri "Morison denklemi" ile hesaplanmaktadır. Bu tip yapılara küçük hacimli yapılar denir. Diğer taraftan D/L>0.2 için akışkan zerreciklerinin hareket miktarları silindirin çapına göre göreceli olarak küçüktür ve silindir etrafındaki akımda ayrılma olayı meydana gelmez. Bu durumda silindir etrafındaki

basınç dağılımını ve etkili kuvveti bulabilmek için “difraksiyon teorisi” kullanılmaktadır. Bu tip yapılara da büyük hacimli yapılar denir. Dalga kuvvetlerinin bulunduğu rejimler **Tablo 6.1** 'de verilmiştir.

Tablo 6.1 Hidrodinamik Katsayıların Değişimi (Patel, 1989)

KC	D/L < 0.20	D/L > 0.20
KC>25	Direnç kuvveti daha hakimdir. Dalga kuvvetleri C_m ve C_D ile Morison denklemi yardımı ile hesaplanır. $C_D = C_D(Re)$ 'dir. $10^5 < Re < 1.5 \times 10^6$ için $C_m = 1.8$, $C_D = 1.0$ alınabilir.	
5 < KC < 25	Direnç ve atalet kuvvetleri arasında Geçiş bölgesi Morison denklemi uygulanır ancak C_m ve C_D değerleri oldukça saçılmış bir dağılım gösterir. Akım yapısı oldukça komplekstir. $Re > 1.5 \times 10^6$ için $C_m = 1.8$, $C_D = 0.62$ alınabilir,	
KC < 5	Atalet kuvveti daha hakimdir. Morison denklemi veya difraksiyon teorisi yardımıyla dalga kuvvetleri hesaplanabilir.	Morison denklemi uygulanamaz, difraksiyon teorisi yardımıyla dalga kuvvetleri bulunur.
	$Re = U_m D / \nu$ Reynolds sayısı	U_m silindirin mevcut olmaması durumunda maksimum yörüngesel hız.
	$KC = U_m T / D$ Keulegan Carpenter sayısı	

Morison denkleminde göre boru hattının birim uzunluğundaki dalga kuvveti; dalga tepesinin silindir eksenine paralel olması durumunda,

$$F_i = C_D \frac{\rho}{2} |u| u D + C_M \rho \frac{\pi D^2}{4} \frac{du}{dt} \quad (6.4)$$

ile verilmiştir. Bu denklemde C_D ve C_M Reynolds sayısının (Re), Keulegan Carpenter sayısı (KC) ve boru pürüzlülüğünün fonksiyonu olduğu gibi ayrıca G/D açıklık oranının da bir fonksiyonudur, burada G silindir ile deniz tabanı arasındaki açıklıktır.

$$C_D, C_M = f(KC, Re, \frac{G}{D}) \quad KC = \frac{u_m T}{D} \quad (6.5)$$

Hidrodinamik direnç ve atalet katsayılarının alacağı değerler boyutsuz sayıların fonksiyonu olarak konu ile ilgili kaynaklardan bulunabilir.

Boru hattı üzerine etkili dalga kuvvetlerinin belirlenmesi için akışkan zerreciklerinin yörüngesel hız ve ivmelerinin boru eksenine dik bileşenleri Morison denkleminde kullanılmalıdır.

Dalgaların boru hatları üzerinde kırılmaları esnasında meydana getirecekleri kuvvetler hakkında pek az bilgi mevcuttur. Bu nedenle zemin koşullarının uygun olması durumunda

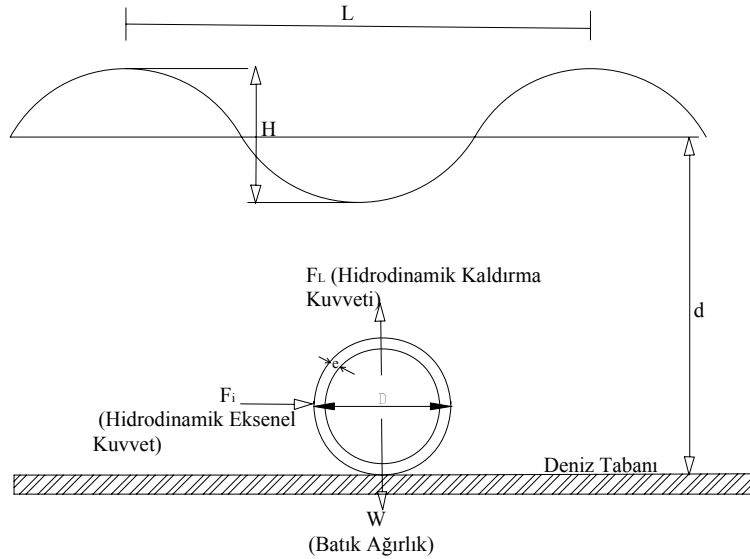
denizaltı boru hatları surf bölgesinde gömülerek kırılan dalga koşullarına karşı korunmaktadır. Gömülmeden sonraki kısımda borular zeminin üzerine serbestçe yerleştirilebilirler. Bazen deniz tabanının özellikleri boruların ne gömülmesine ne de zincirlenmesine müsaade eder. Bu durumda boru hattının kırılmaya karşı mukavemetinin kontrol edilmesi gerekmektedir.

Çizim 6.1'de gösterildiği gibi bir boru hattı akıntı ve dalga etkisinden dolayı hidrodinamik eksenel (yatay) (F_i) ve kaldırma (düşey) (F_L) kuvvetlerinin etkisi altında kalır. Stabilite kuvveti olan borunun batmış haldeki birim uzunluğundaki ağırlığı W ise borunun dönmeye karşı stabilitesi

$$F_i < \mu (W - F_L) \quad (6.6)$$

ile hesaplanır, burada μ deniz tabanı ile boru arasındaki sürtünme katsayısıdır. Hidrodinamik kaldırma kuvveti ise aşağıdaki ifade ile hesaplanabilir.

$$F_L = C_L \frac{\rho}{2} u^2 D \quad (6.7)$$



Çizim 6.1 Deniz Tabanına Döşenmiş Boru Hattına Etkili Kuvvetler (Yüksel ve diğ, 2007)

Burada C_L hidrodinamik kaldırma kuvveti katsayısıdır ve direnç ile atalet katsayıları gibi Reynolds, Keulegan Carpenter sayısı, Açıklık oranı ve göreceli pürüzlülüğün fonksiyonudur.

Boru hattının dalga ve/veya akıntı kuvvetlerine karşı stabil olarak yerinde durabilmesi amacıyla ağırlığının artırılması amacıyla tespit blokları kullanılmalıdır. Bu bloklar farklı geometrilerde tasarlanabilmektedir, blokların da dalga ve/veya akıntı kuvvetlerine karşı stabil olmaları tahkik edilmelidir. Boru hatlarının ve tespit bloklarının buldukları zeminin taşıma koşulları belirlenmeli ve gerekli iyileştirme filtre kuralı gözetilerek yapılmalıdır. Sıvılaşmaya yatkın durumlar ayrıca incelenmelidir. Boru hatlarının buldukları hareketli taban yerel oyulmaya karşı gerekli taşınım hesaplamaları ile kontrol edilerek stabil zemin koşulları oluşturulmalıdır.

7.ÇEKEK YERLERİ TASARIMI

7. TERSANELER

7.1 Genel

Tersanelerin planlanmasında belirlenmesi gereken kriterler ve tesisler aşağıdaki gibidir;

1-Arazi bilgileri;

- Topoğrafya,
- Zemin Bilgileri,
 - Jeolojik geçmiş,
 - Zemin özellikleri,
 - Taşıma kapasitesi,
 - Heyelan,
 - Sıvılaşma,
 - Taşıyıcı tabaka derinliği, vs.
- Sismik Durum,
- Batimetri.

2- Çevresel Şartlar

- Meteorolojik Koşullar,
 - Rüzgar iklimi,
 - Yağmur,
 - Sıcaklık,
- Oşinoğrafik Koşullar
 - Dalga iklimi,
 - Gelgit,
 - Akıntı,
 - Deniz suyu özellikleri,
 - Morfoloji; Belirlenen hidrodinamik koşullara bağlı olarak kıyı alanının morfolojik etki değerlendirilmesi yapılmalıdır. Bu amaçla, deniz tabanı malzemesinin granülometrik analizine, batimetrik ölçüme ve morfolojik hesaplamaların sağlıklı olarak yapılmasına olanak sağlayacak şekilde kıyı çizgisi ölçümüne ihtiyaç vardır. Ayrıca gemilerin pervane jeti etkisiyle deniz tabanında olabilecek muhtemel erozyon belirlenmelidir. Ayrıca potansiyel kumlanma ve tarama durumu incelenmelidir.

3- Seyrüsefer Koşulları

- Kanal Derinliği ve Genişliği,
- Gemi Yaklaşma Şartları,
- Seyrüsefer İşaretleri,
- Römörkaj Hizmetleri.

4- İşletme Koşulları

- Tesis Bilgileri
 - Kapalı Alanlar
 - İmalat Alanları,
 - Tali İmalat Alanları,
 - İmalat Yardımcı Hizmetler Alanları,
 - İdari Alanlar,
 - Kullanım Alanları,
 - Depolar,
 - Diğer.
 - Açık Alanlar
 - İmalat Alanları,
 - Tali İmalat Alanları,

- İdari Alanlar,
- Kullanım Alanları,
- İstif Sahaları,
- Dalgakıran,
- İskele,
- Rıhtım,
- Diğer.

5-Tekne Bilgileri; Büyüklük ve tip.

6-Tersane İçi Araç ve Kaldırma Araçları Bilgileri

- Büyüklük,
- Tip,
- Kapasite,
- Çalışma Dönemi

Özel Ekipmanlar;

- Bağlama Donanımı,
- Çekme Donanımı

Servis Hizmetleri

- Rıhtım Bağlantıları
- Yangın Mücadele
- Emniyet Ekipmanları
- Aydınlatma

Kamu Hizmetleri

- Elektrik,
- Su,
- Havagazı,
- Kanalizasyon,
- Yağmur Suyu
- Tesis Emniyeti

7- Diğer Standartlar

- Deniz Suyu Kalite Standartları,
- Kanalizasyon,
- Yağmur Suyu
- Sintine Boşaltma,
- Atmosfer Atıkları,
- Raspa Atıkları,
- Kimyasal Madde Atıkları,
- Metal Malzeme Atıkları,
- Hurda Metal Malzeme Atıkları,
- Tehlikeli Atıklar,
- Zehirli Atıklar,

8-Kıyı Yapılarının planlanması ve Tasarımı

7.2 Tekne Denize İndirme ve Denizden Alma Tesisleri

Teknelerin kıyıdan denize indirilmesi veya alınması için dört farklı tesis vardır. Bu tesislerin bazıları yeni inşa edilecek tekneler için kullanılmasına rağmen tamir maksadıyla denizden tekne almak içinde kullanılırlar.

Bu tesisler aşağıda verilmiştir;

- Kızak
- Gemi asansörü

- Yüzer Havuz (veya Yüzer Gemi Asansörü)
- Tekne Vinci
- Kuru Havuz; Tekneleri sudan uzak bir noktaya taşınmasına müsaade etmesede, kuru havuzlar tekne tamiri ve inşaatı için kullanılırlar. Kuru Havuzlar, teknenin içinde yüzdürüldüğü ve su geçirmez kapağın kapatılmasıyla içindeki suyun dışarı pompalanarak teknenin takaryalar üzerine oturmasının sağlandığı efektif bir kullanım sağlayan havuzlardır. Küçük balıkçı teknelerinden, süpertanklere kadar her büyüklükte tekneyi alabilecek kuru havuz boyutlandırılabilir.

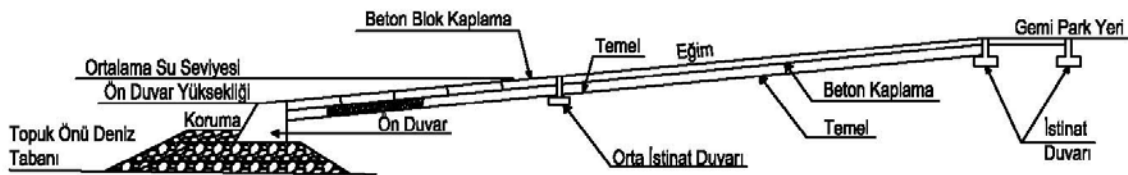
Bu yapıların seçimi; Tersanenin kapasitesi, bakım ve inşa edilecek teknelerin büyüklükleri, tersane alanının bulunduğu bölgedeki seyir, zemin durumu, su derinliği, işletme bütçesi ile sürdürülebilirliği, işletmeci tercihi ve çevresel parametrelerin de dikkate alındığı fizibilite çalışmaları ile mümkündür. Bir tersanede birden fazla tesis bulunabilir.

7.3 Kızak Tasarımı

Kızak su içine kadar uzanan rayları ile birlikte eğimli bir yüzeye sahiptir. Çok tekerlekli felekler üzerinde bir vinç aracılığıyla teknelerin karaya alınmasını sağlar. Kızaklar teknelerin vinç aracılığıyla sudan çıkarılıp eğimli bir durumda bakımının yapılacağı sabit bir eğime veya değişken eğime sahip olabilir.

Kızaklar hiçbir yapısal veya işlemsel problem oluşmayacak şekilde tasarlanmalıdır.

- (1) Kızaklar, tekneleri tamir, fırtına dalgalarından koruma ve kışın karada barınma amaçları için karaya almak ve suya bırakmak için kullanılan bir yapıdır.
- (2) Çoğu durumda, 30 ton veya üzeri brüt tonajlı tekneleri kaldırmak veya indirmek için raylar veya kızaklar kullanılır, fakat bu bölümde verilen kriterler 30 ton brüt tonajın altındaki teknelerin kızak eğimi üzerinden kaldırıp indirmek için kullanılır.
- (3) Bir kızığın tipik kesiti **Çizim 7.1** de verilmiştir.



Çizim 7.1 Bir Kızak için Tipik Kesiti

7.3.1 Kızak Yerinin Konumu

Çekek yerlerinin konumlarına aşağıdaki sıralanan minimum şartlar sağlanacak şekilde karar verilmelidir.

- (1) Yapı ön su alanın sakın olmalıdır
- (2) Yapı ön su alanında oyulma ve birikme olmamalıdır.
- (3) Diğer teknelerin seyirlerine ve demirlmesine mani olunmamalıdır.
- (4) Tekne kaldırma ve indirme ile tekne barındırma işleri için uygun alanlar olmalıdır.

7.3.2 Kızak Elemanlarının Boyutları

Kızak kesitinin, yüksekliği ve uzunluğu, geri alandaki arazi alanı, önündeki su derinliği, eğimi, demirleme ile manevra alanı, kızağı kullanacak teknelerin tip ile büyüklüklerine ve kullanım kolaylığına göre tasarlanmalıdır.

Karaya çıkış kesitinin ön duvarının başlığının tasarım teknelerinin su çekiminden dolayı ortalama aylık en düşük su seviyesinden daha düşük bir seviyeye yerleştirilmesi önerilir. Teknenin su çekimi tamir, barınak, kış barınması durumları için boş su çekimi olmalıdır. En riskli durum göz önüne alındığında, avladıklarıyla dolu küçük balıkçı teknelerini kaldırma durumu için tam yüklü su çekimi alınmalıdır. Gelgitin küçük olduğu yerlerde inşa edilen kızakların dalga etkisine açık olması durumunda ön duvarın başlık yüksekliğini düşürmek gerekir.

7.3.3 Kızak Uzunluğu ve Geri alan

Kızak uzunluğu ve geri alan, söz konusu tekneleri taşımaya uygun olmalıdır.

- (1) Geri alan kaldırılan teknelerin bulunduğu arazi alanı anlamına gelir. Bu aynı zamanda zeminin düz kısmı anlamına gelir, fakat bu alanının zemin yüksekliği fazla olduğunda kızak uzunluğu, üst eğimin bir kısmını da içerir. Eğimli kızağın bu kısmının uzunluğu en büyük teknelerin toplam uzunluğundan 5 m daha uzun olması istenir.
- (2) Barınaklarda kaldırılan teknelerin arasındaki mesafe teknenin uzunluğu boyunca 2 m veya daha fazla, ve teknenin genişliği yönünde 1m veya daha fazla olmalıdır.

7.3.4 Su Derinliği

Kızağın önündeki referans su derinliği, tasarım teknesinin su çekimine 0.5 m ilave edilerek bulunabilir.

7.3.5 Kızak Eğimi

Kızak eğimi çekeği kullanacak olan teknelerin tipi, zemin özellikleri ve gelgit düzeyi hesaba katılarak uygun bir şekilde tanımlanmalıdır, böylece teknelerin kaldırma işlemi rahatça uygulanabilir.

- (1) Eğim; küçük tekneler tarafından kullanıldığında, eğimi tek-eğimli tasarlamak gerekir. Tek-eğimli çekek yerleri sığ sularda inşa edilen teknelerin insan gücüyle kaldırıldığı çekek yerlerinde daha çok kullanılır. Bu tip kızaklar için, 1:6'dan 1:12'ye kadar eğim dikkate alınabilir.
- (2) Çekek yerinin önündeki su derin olduğunda veya inşaat alanı sınırlı olduğunda, eğim iki veya daha çok eğimden oluşabilir. Bu durumda, iki-eğimli eğim ön duvarın başlık yüksekliği 2.0m civarında, ve üç-eğimli eğim ön duvarın başlık yüksekliği 2.0m'den alçak olduğunda çalışabilir. Aşağıdaki, değerler referans eğimler olarak kullanılabilir;

Eğim iki-eğimli olduğunda:

Ön eğim: 1:6-1:8

Arka eğim: 1:8-1:12

Eğim üç-eğimli olduğunda:

Ön eğim: 1:6'dan dik

Orta eğim: 1:1:8

Arka eğim: 1:8-1:12

7.3.6 Su Alanı

Kızağın önündeki su alanı teknelere zarar vermeden tekne kaldırma ve/veya indirme işlemine ve etraftaki teknelerin güvenli seyrine izin veren uygun alana sahip olmalıdır.

- (1) Kızak üzerinden serbest düşmeyle suya indirildiğinde, tekne düşme sırasında kazandığı hızla suya çarptıktan sonra belli bir mesafe daha ilerler. Mesafe teknenin toplam uzunluğunun beş katından fazladır; Ancak gerekli olan su alanı mesafesi çekek yerinin eğimine, eğim sürtünmesine ve düşme mesafesine göre değişiklik gösterir. Genellikle , teknenin uzunluğunun 4-6 katı mesafeden sonra tekne manevra yapabilecek hale geldiği için, eğimin su ön çizgisinden su alanının diğer ucuna kadar teknenin toplam uzunluğunun 5 katı mesafeyi sağlamak gereklidir. Güçlü gelgit akıntıları olduğunda, uygun bir mesafe daha eklemek gerekir.
- (2) Tekne halat ve diğer ekipmanlarla denize indirildiğinde, teknenin toplam uzunluğunun üç katı bir mesafe istenilen su alanın için yeterlidir.

7.3.7 Ön Duvar ve Döşeme

Ön Duvar

- (1) Kızağın ön duvar yapısı kızağı kullanacak teknelerin boyutları, ön duvarın başlık yüksekliği ve tekne kaldırma yöntemini dikkate alarak uygun bir şekilde tasarlanmalıdır.

Döşeme

Döşeme aşağıdaki koşulları sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır:

- (1) Döşeme tekne ağırlıkları ve tasarım teknesinin beklenen yükleri altında kırılmamalıdır.
- (2) Döşeme dalga hareketlerinden dolayı kırılmamalıdır.
- (3) Döşeme, temelin farklı oturmalarından dolayı kırılmamalıdır.

Genellikle, döşeme betondan inşa edilir. Döşemenin ortalama boyutları aşağıdaki gibidir:

Yerinde dökme beton:

Tabliye kalınlığı: 20-35 cm

Derz aralığı: 5-10 m

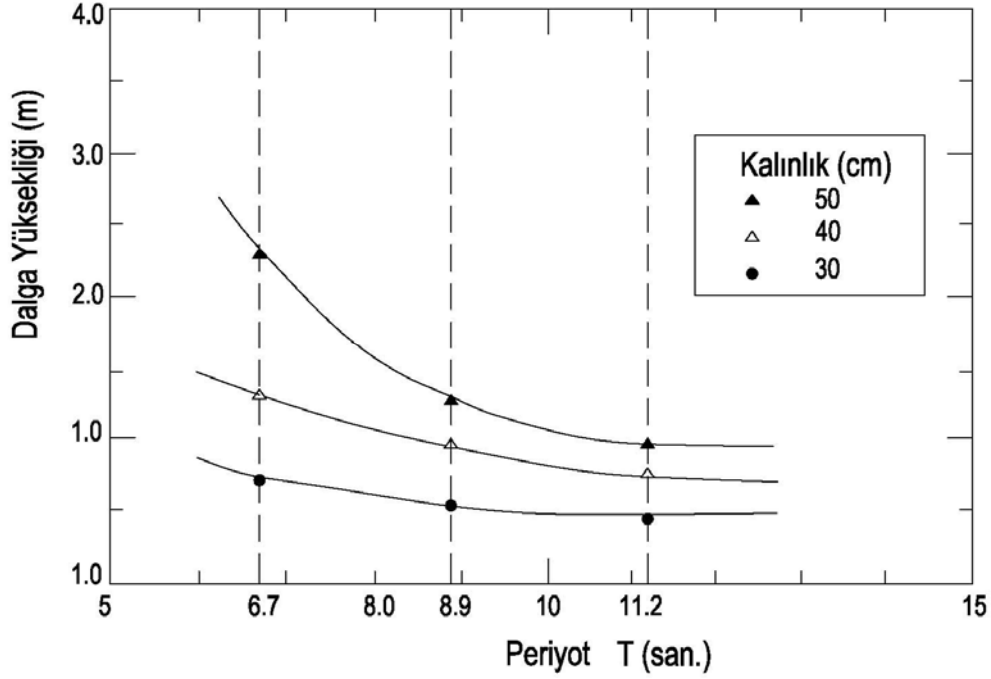
Prekast beton blok:

Tabliye büyüklüğü: 2 m x 2 m

Tabliye kalınlığı: Yaklaşık 30 cm

Ancak, dalgaların yüksek olması beklendiğinde veya doğal afet sonrası yenileme işlemi durumunda, blok kalınlığı **Çizim 7.2** 'ye göre tanımlanabilir. Temel alanı için, tasarım

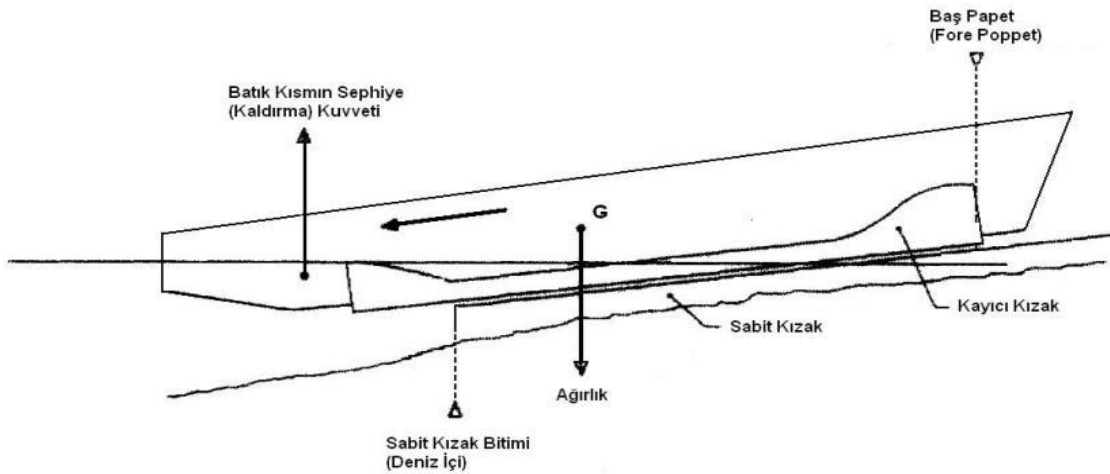
kalınlığını yaklaşık 30 cm ve farklı oturmalardan dolayı çökmeyi önlemek için boydan boya sıkıştırma yapmak yaygın bir kullanımdır.



Çizim 7.2 Precast Beton Blok ve Çekme yeri Önündeki Dalgaların yüksekliği için İstenen Kalınlık

7.3.8 Baş Papet ve Döndürme Momenti

Eğimli kızak üzerinde geminin denize indirilmesi sırasında; gemi suya girdikten bir süre sonra gemi baş tarafı dönmeye başlar ve bu esnada geminin baş tarafına büyük kuvvetler gelir. Bu büyük kuvvetlerin etkisini ortadan kaldırmak için gemi baş tarafının karına yan taraflarına dönme yüzeyini artırıcı çelik takviyeli ahşap kontrüksiyonlar ilave edilir. Bu kontrüksiyon "Baş Papet" olarak adlandırılmaktadır (Çizim 7.3).

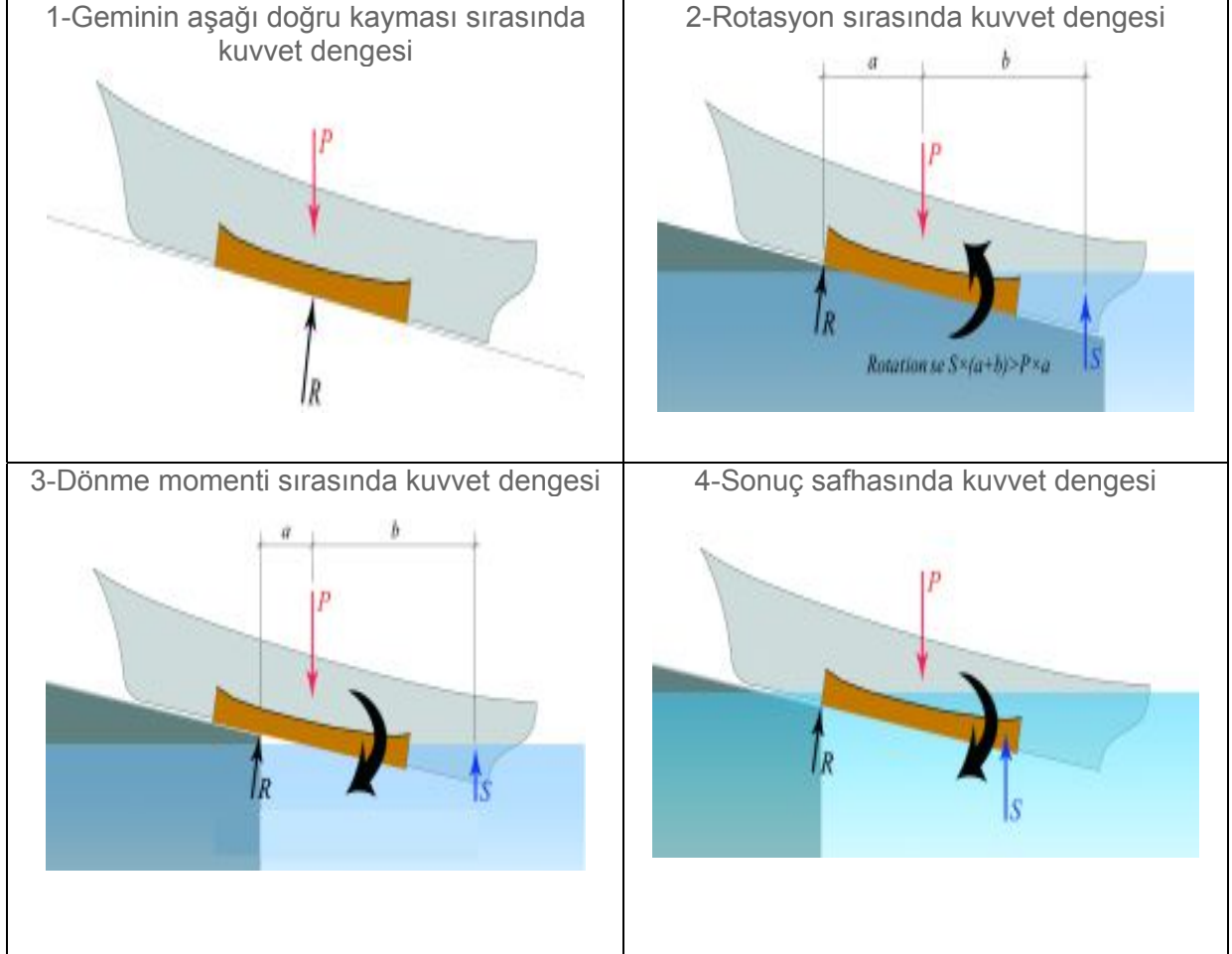


Çizim 7.3 Baş papet

Gemi eğimli kızak üzerinde denize indirilirken kendi ağırlığı ve suya girmeye başlamasıyla birlikte sephiye (suyun kaldırma kuvveti) kuvveti ve bunlara göre nispeten diğer küçük

kuvvetler etkisi altında kalır. Gemi kızak üzerinde kaymaya devam ederken bu kuvvetlerin etkisi nedeniyle gemiyi dönmeye başlatan moment değerine "döndürme momenti (tipping moment)" adı verilir (**Çizim 7.4**).

Döndürme momentinin değerini belirleyen en önemli değer eğimli kızağın deniz içi bölümünün uzunluğudur. Bu uzunluk gemi boyu ve gemi ağırlık merkezinin konumu ile ilgili bir uzunluktur.



Çizim 7.4 Döndürme momenti

7.4 Gemi Asansörü

Bir gemi asansörü, birçok eşzamanlı tel halatlı vinç veya doğrusal zincir kaldırma vinci aracılığıyla teknenin düşey olarak sudan çıkarılmasını sağlayan bir platformdan oluşmaktadır.

Platform vinçler arası uzanan çelik kirişlere ve üzerinde genellikle ahşaptan oluşan güverteye sahiptir. Güverteye yerleştirilmiş raylar teknenin tekerlekli felekler üzerinde boyuna veya enine platform üzerinden alınmasını sağlar. Tekneler çok tekerlekli taşıyıcılar üzerinde havuzlanarak raylar aracılığıyla kuru kızalara alınırlar. Gemi asansörleri genellikle 5,000 DWT'a kadar (kaldırma kapasitesi 4,000 ton) küçük gemiler için imal edilmesine rağmen 50,000 DWT'a kadar (kaldırma kapasitesi 25,000 ton) gemileri kaldıracak olan tipleride vardır.

7.5 Yüzer Havuz

Genellikle imal edilen ve yan duvarları olan bir dubadır. Yüzer havuz demirli veya dolfinlere bağlı veya genellikle iskeleye yanaşmış olarak planlanır. Yüzer havuz yapısı tekneleri su üstüne çıkarabilmek için onun deniz tabanında bir çukur içinde dalıp çıkmasını sağlayan tanklara ve pompalara sahiptir. Yüzer Havuz gemiyi çıkarmak için, içindeki suyu dışarı pompalar. Daha büyükleri de bulunan yüzer havuzlar 150,000 DWT'na kadar gemileri havuzlayacak boyuta sahip olmaktadır.

7.6 Tekne Vinci

Bir tekne vinci, küçük tekneleri dikey olarak sudan çıkarmak için tasarlanmış kendinden tahrikli bir ünedir. Genellikle yat limanı ve tekne tersanelerinde 150 tona kadar teknelerin kaldırılmasında kullanılır ancak 800 tona kadar tekneleri kaldıran modelleri vardır.

Bir tekne vinci dört adet lastik tekerlek tarafından desteklenmiş bir çelik yapıdan oluşur. Vinç askıların suya atılıp teknelerin askı üzerinden manevra yaptırılarak geçirilip askıya alınabileceği küçük bir basen yada iskeleler arasına getirilir. Askılar üst çeçeveye tutturulmuş vinç aracılığıyla sudan çıkarılır ve vinç teknenin konulacağı kızağa kadar tersane içinde hareket ettirilir.

BÖLÜM D

MODELLEME

1. MODELLEME

1. MODELLEME

1.1 Sayısal Modelleme Esasları

Günümüzde Kıyı Liman Mühendisliği planlama ve tasarım çalışmalarının pek çok aşamasında kullanılacak çeşitli sayısal modeller geliştirilmiş durumdadır. Tasarım çalışmalarında, günümüzde ampirik yaklaşımların yanında sayısal modellerin kullanımı artmaktadır. Bu amaçla;

- Kullanılacak modellerin dinamik simülasyon modelleri olması tercih edilmelidir.
- Tasarımda kullanılacak olan sayısal yazılımların, ulusal ve uluslararası uygulamalarda sınanmış, çözüm doğruluğu değişik uygulama şartları altında denenmiş olması güvenilirlik açısından önem taşımaktadır.
- Kullanılan sayısal modellerin, hesap yöntemleri, çözüm yaklaşımları ve doğruluk değerlerinin belgelenmesi gereklidir. Modelleme kabulleri, hesap yöntemleri ve uygulama sınırları bilinmeyen raporlanmamış ya da yayınlanmamış modeller tasarımda kullanılmamalıdır.
- Modelleme çalışmalarında, modellerin saha ölçümleri ile kalibre edilmesi şart olarak görülmektedir. Kalibre edilmemiş bir modelin güvenilirliği belirsiz olarak kabul edilmelidir. Model kalibrasyonu "parametre tahmini" esasına dayalı olmalıdır. Kalibrasyon için saha verisinin olmadığı durumlarda, modelin kalibre edilmemiş olduğu rapor ve hesaplarda vurgulanmalı, bu durumun yarattığı hata oranları için tahminler verilmelidir.
- Modellerin kalibre edilmeden kullanıldığı hallerde, sonuçların niteliksel bir anlam taşıyabilmesi için model parametreleri bazında hassasiyet analizleri mutlaka yapılmalıdır.
- Sayısal modelin hesap alanı tanımlanmalıdır. Sayısal yazılımlarda kullanılan sayısal çözüm yöntemlerinin özellikleri dikkate alınarak dinamik modelin hesap alanındaki zaman ve mesafe adımları doğru belirlenmelidir. Kullanılan modellere ait parametrelerin çözümlenecek problemi yeterince tanımlaması sağlanmalıdır.
- Tanımlanan hesap alanının sınır şartları doğru tariflenmelidir. Girdi verileri ve çıktılar problemin özelliğine göre doğru belirlenmelidir. Girdi verilerinin doğruluğu kontrol edilmelidir.
- Çıktılar grafik veya diğer şematik gösterimler yardımıyla yorumlanmalıdır.

1.1.1 Dalga Tahmini

Günümüzde derin deniz dalga tahmini çalışmalarında 3. nesil spektral dalga tahmin modelleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Dalga tahmini çalışmalarında, rüzgar etkisinde dalga oluşumunu modelleyebilen, saha ölçümleri ile kalibre edilmiş bu tür modellerin kullanılması hedeflenmelidir.

Derin deniz dalgalarının yakın kıyı dağılımlarının modellenmesinde spektral transformasyon modelleri kullanılmalıdır. Bu modellerde;

- Dalga sapması, dalga sığılaşması ve dalga dönmesi modellenebilmelidir.
- Dalga kırılması modellenebilmelidir.

- Dalgaların kıyıya yaklaşırken uğrayacakları spektral değişimler modellenmelidir.
- Tüm spektral değerler model çıktısı olarak alınabilmelidir (H_{ort} , H_s , T_z , T_m , T_p , MWD gibi). Model gerilme akılarını hesaplayabilmelidir.
- Modelde taban batimetrisi yeterli hassasiyette tanımlanabilmeli, çözüm ağı sıklığı batimetrik şartlara bağlı olarak gerekli düzeyde artırılabilir.
- Günümüzde açık deniz alanlarında dalga modellemesinin, alansal rüzgar verileriyle yapıldığı gözetilerek, kullanılacak modelde noktasal rüzgar verileri yanında alansal veriler ve sinoptik veriler girdi olarak kullanılabilir.

Güncel spektral dalga tahmin modelleri yakın kıyı alanlarını da aynı model içinde kapsayacak özelliklere sahip olabilmektedir. Bu modellerde, çözüm ağı sıklığı aynı model içinde derin denizde ve yakın kıyıda farklı seçilebilmektedir. Dalga tahmini ve transformasyonu çalışmalarında bu tür modellerin kullanılması, çözüm hızını ve doğruluğunu arttırmaktadır.

1.1.2 Liman İçi Çalkantı

Liman içi çalkantı modelleri mevcut bir liman yapısı için kullanılıyor ise mutlaka gözlem sonuçları ile kalibre edilmesi veya sınanması sağlanmalıdır. Henüz inşa edilmemiş bir limanda uygulama yapıldığı durumlarda liman içi yapılarından oluşacak yansıma değerleri de kullanılarak hassasiyet analizleri mutlaka yapılmalıdır. Liman içi çalkantı çalışmalarında kullanılacak modellerin özellikleri için şunlar söylenebilir.

- Liman içi çalkantısının düzensiz dalga serileri altında test edilebilmesine olanak sağlamalıdır.
- Çalkantı simülasyonları, liman içindeki durumu gerçekçi bir şekilde yansıtmak üzere olmalıdır.
- Tüm liman yapılarının öngörülen dalga yansıtma özellikleri modelde tanımlanabilmelidir. Geçirimli yapılar ile yüzer dalgakıran ve iskele sistemlerinin benzer şekilde geçirimsizlik katsayıları ile modellenmesi mümkün olabilmelidir.
- Liman içi batimetrisi modelde tanımlanabilmelidir.
- Model sınırlarından veya arzu edilmeyen bölgelerden oluşabilecek dalga yansımaları modelde engellenebilmelidir.
- Model sonuçları, liman içindeki tüm noktalarda su seviyesini zaman serisi şeklinde ifade edilebilmelidir.

1.1.3 Akıntı Modellemesi

- Akıntı modellemesinde kullanılacak yazılım rüzgar, su seviyesi değişimleri (gel-git ve diğ.) Coriolis etkisi, taban sürtünmesi, dalga etkisinde gerilme akıları, yoğunluk ve sıcaklık farklılıkları etkilerini modelleyebilmelidir.
- Uygulama alanı tabakalı akım şartları içeriyorsa mutlaka üç boyutlu bir model kullanılmalıdır. İki boyutlu modeller sadece akımın derinlik boyunca üniform olduğu ispatlanabilen durumlarda kullanılmalıdır.
- Model, parametrik kalibrasyona olanak sağlayacak özelliklere sahip olmalıdır.

1.1.4 Katı Madde Taşınımı ve Morfolojik Modelleme

- Katı madde taşınım modellerinde gerekli girdi verileri olan model alanına ait katı madde ve deniz suyu özellikleri ölçümlerle belirlenmelidir.
- Taşınan katı madde debilerinin modellenmesi için öncelikle hesap alanına ait modellenen hidrodinamik koşulların doğruluğu gösterilmelidir.
- Kıyı çizgisi değişimi gibi morfolojik hesaplamalarda sınır koşulları doğru belirlenmelidir. Hesaplamalar zamana bağlı olarak yapılmalıdır.

İki ve üç boyutlu morfolojik modellerin stabilitesinde zaman ve hesap adımlarının yanı sıra deniz taban pürüzlülüğü gibi parametrelerin doğru belirlenmesi gerekmektedir.

1.2 Fiziksel Model

Kıyı mühendisliği alanında sayısal modelin yanında 2 veya 3 boyutlu fiziksel modellerin de yapılması gerekli olduğu durumlar söz konusudur. Özellikle dalgakıran denge deneylerinin fiziksel model yardımıyla yapılması ekonomik dalgakıran kesitlerin elde edilmesine olanak sağlayacaktır. Ayrıca yüzer dalgakıran stabilitesi, kum taşınımı gibi konularında fiziksel model deneylerine tabi tutulması uygun olacaktır.

BÖLÜM E.

KIYI YAPILARININ GÜVENİRLİĞE

DAYALI (RİSK)

TASARIM UYGULAMALARINDA

YENİ YAKLAŞIMLAR

**1.KIYI YAPILARININ GÜVENİRLİĞE DAYALI (RİSK)
TASARIM UYGULAMALARINDA YENİ YAKLAŞIMLAR**

1. KIYI YAPILARININ GÜVENİRLİĞE DAYALI (RİSK) TASARIM UYGULAMALARINDA YENİ YAKLAŞIMLAR

Kıyı mühendisliğinde, planlama aşaması için kıyı yapılarının yapısal risk faktörlerini kapsayan güvenilirliğin belirlenmesinin gerekliliği belirlenmiştir (PIANC, 1992). Taş dolgu ve benzeri kıyı yapılarının güvenilirliğinin, değişkenlik seviyesi yüksek olan ve önceden tahmin edilemeyen fırtınaların doğasına bağlı olması sebebiyle; bu tip yapıların güvenilirliği çoğunlukla kıyı projeleri için yapısal risklerin hesaplanmasında göz önüne alınır. Çok farklı tasarım koşulları için planlanmış kıyı yapılarının yıkılması sonucunda önem derecesi değişen ekonomik kayıplar oluşur.

Kıyı yapılarının tasarımında karşılaşılan belirsizlikler, yük ve dayanım değişkenlerinin yanısıra tasarım sırasında kullanılan deneysel eşitliklerden de kaynaklanmaktadır. Belirsizlik faktörleri, yapının tasarım ömrü içinde gerçekleşebilecek hasar riskinin yanında güvenilirlik seviyesini de etkilemektedirler. Yapısal güvenilirliğin tahmininde belirsizliklerin de dikkate alındığı istatistiksel olasılık yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Bu yöntemlerde yapının güvenilirlik indeksi, performans fonksiyonunun “limit durumu” için “en olası göçme noktası”, yani çok boyutlu yıkılma yüzeyinin koordinat sisteminin merkezine olan en yakın mesafesi olarak belirlenmektedir.

Kıyı yapıları tasarımında yapının dayanım ve olası yük değişkenleri belirsizlikler içermektedir. Kıyı yapılarının emniyeti yapının dayanımı ile birlikte yapıya etkiyebilecek yüklerin etkileşiminin sonucudur (Balas ve Ergin, 2003). Değişik hasar biçimleri için oluşturulacak limit durum fonksiyonu, yük ve dayanım parametrelerini içerir ve rastsal değişkenlerin bir fonksiyonu olarak tanımlanır. Vektörel olarak $\{X\}$ tanımlanan rastsal değişkenler, limit durumdaki yıkılma fonksiyonu için $g(\mathbf{X}) = g(X_1, X_2, \dots, X_n)$ şeklinde ifade edilebilir. Yapının emniyeti, belli bir limit durumuna ulaşma olasılığının standartta önerilen değerinden daha düşük olması ile sağlanır. Limit durum aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$g(\mathbf{X}) = g(X_1, X_2, \dots, X_n) = 0 \quad (1.1)$$

Geometrik olarak bu eşitlik yıkılma yüzeyine karşılık gelmekte ve $g \leq 0$ için yıkılma bölgesini; $g > 0$ için ise emniyetli bölgeyi tanımlamaktadır. Örnek olarak, taş dolgu dalgakıranların güvenilirliği Hudson ve Van der Meer denklemlerinden türetilen performans (limit durum) fonksiyonları ile tanımlanmıştır:

Hudson Performans Fonksiyonu:

$$g_1(\mathbf{X}) = Y_1 \Delta D_{n50} (K_D \cot \theta)^{1/3} - H_s \quad (1.2)$$

Van der Meer Performans Fonksiyonu (Yansıyarak Dalga Kırılması Durumu):

$$g_2(\mathbf{X}) = Y_2 S^{0.2} P^{0.18} \cot \theta^{0.5} \Delta D_{n50} - H_s \left(\frac{H_s}{L_z} \right)^{-0.25} N^{0.1} \quad (1.3)$$

Van der Meer Performans Fonksiyonu (Sıçrayarak Dalga Kırılması Durumu):

$$g_3(\mathbf{X}) = Y_3 S^{0.2} P^{0.13} \cot \theta^{(0.5-P)} \Delta D_{n50} - H_s \left(\frac{H_s}{L_z} \right)^{-0.5P} N^{0.1} \quad (1.4)$$

Eşitliklerde kullanılan parametreler: $g_i(\mathbf{X})$: performans (limit durum) fonksiyonu, $g_i(\mathbf{X}) \leq 0$: performans kriterinin (hasar düzeyi) aşılması, $g_i(\mathbf{X}) > 0$: performans kriterinin geçilmemesi durumu, Y_i : eşitliklerdeki belirsizlikleri ifade eden değişken, Hudson eşitliği için ortalama değer $\bar{Y}_1 = 1$, Van der Meer yıkılma fonksiyonu (yansıyarak dalga kırılması durumu) için ortalama değer $\bar{Y}_2 = 6.2$, Van der Meer yıkılma fonksiyonu (sıçrayarak dalga kırılması durumu) için ortalama değer $\bar{Y}_3 = 1$ olarak tanımlanır.

Kıyı yapılarının, limit duruma ulaşma olasılığı olan yıkılma olasılığı (P_f), yapıların belirlenen hasar seviyesine ulaşması olarak tanımlanır ve aşağıdaki Çizimde ifade edilebilir:

$$P_f = \iiint_{g(\mathbf{z}) \leq 0} \dots \int f_{z_1, \dots, z_n}(z_1, \dots, z_n) dz_1, \dots, dz_n \quad (1.5)$$

Kıyı yapılarının ekonomik ömrü ve kabul edilebilir en yüksek yıkılma olasılığı (P_f), ön tasarım aşamasında, **Tablo 1.1** ve **Tablo 1.2**'den faydalanarak belirlenebilir (**Maritime Works Recommendations, 1990**).

Tablo 1.1'de kıyı yapıları kullanım alanlarına göre sınıflandırılmıştır:

1. Genel Kullanım: Herhangi bir endüstriyel tesisle bağlantısı olmayan daimi yapılar.
2. Belirli Endüstriyel Kullanım: Özel endüstriyel tesislerle veya transit nakliye işlemleriyle bağlantısı bulunan kıyı yapıları.

Bu yapılar için tanımlanan risk seviyeleri:

- 1. Seviye:** Yıkılma gerçekleştiğinde insan kaybı riskinin ya da çevreye gelecek zararın düşük olduğu durum. Örnek: Yerel atıksu deniz boşaltımları, endüstriyel servis tesisleri ve benzeri yapılar.
- 2. Seviye:** Yıkılma gerçekleştiğinde insan kaybı riskinin ya da çevreye gelecek zararın orta derecede olduğu durum. Örnek: Limanlar, şehir atıksu tesisleri ve benzeri yapılar
- 3. Seviye:** Yıkılma gerçekleştiğinde insan kaybı riskinin ya da çevreye gelecek zararın yüksek derecede olduğu durum. Örnek: Kentsel koruma yapıları, endüstriyel tesisler, nükleer ve termik santrallerini deniz su alma ve koruma yapılar ve benzeri yapılar.

Tablo 1.2'de verilen yıkılma özellikleri, kıyı yapılarının maliyet/yarar ve hasar/onarım oranı özelliklerinden faydalanılarak elde edilmiştir.

Tablo 1.1 Kıyı Yapılarında Risk Seviyeleri

Yapı Türü			
Genel Kullanım		Endüstriyel Kullanım	
Risk Seviyesi	Ekonomik Ömür (yıl)	Risk Seviyesi	Ekonomik Ömür (yıl)
1	25	1	15
2	50	2	25
3	100	3	50

Tablo 1.2. Kıyı Yapıları için Kabul Edilebilir En Yüksek Yıkılma Olasılıkları (P_f)

Risk Seviyeleri			
1. Seviye		2. Seviye	
Yarar/Maliyet (YM)	Yıkılma Olasılığı P_f (%)	Yarar/Maliyet (YM)	Yıkılma Olasılığı P_f (%)
YM<5	50	Düşük	30
5< YM <20	30	Orta	20
YM > 20	25	Yüksek	15

Üçüncü risk seviyesi, kabul edilemeyen insan kaybı riski ve yüksek çevresel zarara yol açacağı için, yıkım olasılığı **Tablo 1.2'**de yer almamaktadır.

Örnek olarak, yat limanları gibi ikinci dereceden risk düzeyi kategorisinde bulunan ve orta düzey maliyet/fayda oranına sahip kıyı projelerindeki taş dolgu dalgakıranların güvenilirliğe dayalı ön tasarımı için, kabul edilebilir maksimum hasar seviyesi olan %30'un, 50 yıl içindeki aşılma olasılığı %20 olarak önerilebilir ve bu değer kullanılarak taş ağırlığı güvenilirlik analizinden hesaplanabilir.

Proje değişkenlerini etkileyen belirsizlikleri olasılık fonksiyonları ile modelleyerek tanımlanmasını ve tasarım/inşaat aşamalarında risk yönetimi uygulamalarını gerçekleştiren "Güvenirliğe Dayalı Kıyı Yapıları Tasarım Modelleri" geliştirilmiştir (**Ergin ve Balas, 2006; Balas ve Ergin, 2002; Ergin ve Balas, 2002; Qumeraci ve Kortenhaus, 1998; Burcharth, 1992**). Güvenirliğe dayalı modelin örnek uygulamaları Türkiye'de Mersin Yat Limanı ana dalgakıranı (**Balas ve Ergin, 2000; Balas ve Ergin 2007**), Ereğli limanı keson tipi ana dalgakıranı (**Balas ve Ergin, 2002**) ve İngiltere'de (**Balas, Ergin ve Koç, 2003**) çeşitli kıyı koruma yapıları için gerçekleştirilmiştir. Güvenirliğe dayalı tasarım modelleri, davranışa dayalı tasarım yöntemleri ile birlikte günümüzde temel tasarım ve risk değerlendirme yaklaşımlarını oluşturmaktadırlar (**Ergin, Balas ve Williams, 2001**). Davranışa dayalı tasarım yöntemlerinde kıyı yapılarının özelliklerine bağlı olarak yapısal kullanım ve hasar düzeylerini veren limitler tablolarında verilmektedir (**Ergin, Yüksel 2006**). Kıyı yapılarının ön tasarım aşamasından sonra hidrolik model deneyleri ile laboratuvar testleri gerçekleştirilmelidir.

Kaynaklar

Balas CE ve Ergin A (2007). Güvenirlige Dayali Kıyı Yapıları Modelinin (REBAD) Örnek Uygulamaları: Mersin Yat Limanı Ana Dalgakıranı", **Gazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt 22.

Balas, C.E. ve Ergin, A.E. (2002). "Reliability-Based Risk Assessment in Coastal Projects: A Case Study in Turkey", **ASCE Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering**, Amerikan İnşaat Mühendisleri Odası Yayını, Cilt: 128, No: 2, USA, sayfa:52-61 Bruun, Per, Port Engineering (1981) Third Edition, Texas.

Balas, CE, Ergin A, Koç L (2003) "Gel-Git Etkisi Altındaki Taş Dolgu Kıyı Yapılarında Güvenirlik Analizi", **Teknik Dergi**, Cilt 14, Sayı 1, sayfa 2873-2876, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Yayını.

Balas, C.E ve Ergin, A. (2003), "Rubble Mound Breakwaters Under Tsunami Attack", **Submarine Landslides and Tsunamis**, Kluwer Akademik Yayınları, sayfa: 293-302.

Balas, C.E., Ergin, A. (2002), "Risk Assesment of Ereğli Vertical Wall Breakwater in Turkey", **Risk Analysis**, Wessex Institute of Technology Yayını, sayfa: 69-79.

Balas, C.E. ve Ergin A. (2000). "A Sensitivity Study for the Second Order Reliability-Based Design Model of Rubble Mound Breakwaters", **Coastal Engineering Journal**, JSCE Japon İnşaat Mühendisleri Odası Yayını, Word Scientific Publications, Cilt 42, No: 1, sayfa: 57-86.

BS 6349:Part1:2000, "Maritime Structures Part 1.Code of practise for general criteria" ,British Standard Institution.

BS 6349:Part2:1988, " Maritime Structures Part 2. Design of Quay Walls, Jetties and Dolphins", British Standard Institution.

BS 6349:Part4:1994, " Maritime Structures Part 4. Code of practise for design of fendering and mooring systems" British Standard Institution.

BS 6349:Part6:1989, " Maritime Structures Part 6. Design of inshore marrings and floating structures" British Standard Institution.

BS 6349:Part7:1991, " Maritime Structures Part 7. Guide to the desgn and construction of breakwaters" British Standard Institution.

Burcharth, H. F. (1992), Reliability Evaluation of a Structure at Sea, **Proc., Short Course on Design and Reliability of a Coastal Structures: Structural Integrity**, A. Lamberti, ed., Tecnoprint Snc, Venice, Italy, 511-545. Coastal Hydraulic Models (1979); Vicksburg, Mississippi.

CANADIAN DESIGN MANUAL, 1992 Canadian Geotechnical Society

Coastal Groins and Nearshore Breakwaters (1993), Tecnicl Enginerring and Design Guides a Adapted From The US Army Corps of Engineers, No.6

Design Manual for Coastal Facilities (2000), The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan.

Ergin A ve Balas CE (2006) "Damage Risk Assessment of Breakwaters under Tsunami Attack", **Natural Hazards**, Springer Yayınevi, Hollanda, Cilt: 39 (2): sayfa: 231-243, 2006.

Ergin,A. and Balas C.E. (2002). "Reliability- Based Risk Assessment of Rubble Mound Breakwaters Under Tsunami Attack", **Journal of Coastal Research**, CERF Amerikan Kıyı Eğitimi ve Araştırmaları Vakfı, Cilt: SI36, sayfa: 266-272.

Ergin, A., Balas, C.E ve Williams, A.T. (2001). "Reliability Based Risk Assessment of Rubble Mound Breakwaters Under Tsunami Attack", **NATO Advance Research on Underwater Ground Failures on Tsunami Generation**, Modelling, Risk and Mitigation, NATO Yayınları, sayfa: 231-235.

Ergin, A . , Yüksel, Y. (2006), **Deprem ve Tsunami Yükleri Altında Kıyı Yapıları Tasarımına Yeni Bir Yaklaşım: Davranışa Dayalı Tasarım**, Sigma, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 2/2006, sayfa 1-13, ISSN 1304-7191, YTÜ.

Ergin,A, Özhan,E, 15 Deniz Yöresi İçin Dalga Tahminleri ve Tasarım Dalgası Özelliklerinin Belirlenmesi, ODTÜ, 1986

Handbook Quay Walls (2005) , Center for Civil Engineering Research and Codes (CUR), The Netherlands.

Maritime Works Recommendations - ROM 0.2-90 (1990), **Actions in the Design of Maritime and Harbor Works**, Madrid, İspanya.

NAVFAC DM: 7-2 1986, **Foundations and Earth Structures**, Naval Facilities Engineering Command. Dept. Of Navy, Alexandria, Virginia, USA.

OCDI (2002), Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan, The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan.

Özhan, E, Abdalla,S , Türkiye Kıyıları İçin Rüzgar ve Derin Deniz Atlası, ODTÜ, 1999

Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering (1993), , Advanced Series on Ocean Engineering- Volume 7, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station.

PIANC (2001), Seismic Design Guidelines for Port Structures, International Navigation Association, The Netherlands.

PIANC (1992). **Analyses of Rubble Mound Breakwaters**, Permanent International Association of Navigation Congresses (PIANC), Summary Report of Working Group No: 12, Supplement to Bulletin No: 78/79, Brussels, Belçika.

Qumeraci, H., Kortenhaus, A. (1998), **Probabilistic Design Tools for Vertical Breakwaters** (PROVERBS), Commission of the European Communities: MAST Days and EUROMAR Project Reports, Lisbon, Portekiz, sayfa 1-15.

Port Engineering Planning Construction, Maintenance; and Security (2004), by Gregory P. Tsinker, United States of America.

Recommendations of the Committee for Waterfront Structures Harbours and Waterways EAU (2004), by Ernst & Sohn, Berlin.

Y.Goda, (2000) "Random Seas and Design of Maritime Structures", Advanced Series on Ocean Engineering- Volume 15.

Yüksel, Y. ve Çevik Ö, Esin (2006). "Liman Mühendisliği" , Deniz Mühendisliği Serisi

No:3, Arıkan Yayın Evi, İstanbul.

Yüksel, Y. (2005). "Deniz Tabanı Hidrodinamiği ve Kıyı Morfolojisi", Deniz Mühendisliği Serisi No:2., Arıkan Yayın Evi, İstanbul.

Yüksel, Y., Çevik, E., Yalçın, A. C. (2007) "Kıyı Mühendisliği", Deniz Mühendisliği Serisi No:1, Arıkan Yayın Evi, İstanbul.

EKLER

Tablo Dalga periyodu ile su derinliği ilişkisini veren tablo

$\frac{d}{L_0}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	$\frac{4\pi d/L}{\sinh 2\pi d/L}$	$\frac{H}{H_0}$
0,00	0,000	0,0000	0,000	0,000	1,000	1,000	-
0,01	0,248	0,0403	0,253	0,256	1,032	0,958	1,440
0,02	0,347	0,0576	0,362	0,370	1,066	0,918	1,230
0,03	0,420	0,0713	0,448	0,463	1,102	0,878	1,120
0,04	0,480	0,0832	0,523	0,547	1,140	0,839	1,060
0,05	0,531	0,0941	0,592	0,627	1,180	0,800	1,020
0,06	0,575	0,104	0,655	0,703	1,222	0,762	0,993
0,07	0,614	0,114	0,715	0,778	1,267	0,726	0,971
0,08	0,649	0,123	0,774	0,853	1,314	0,690	0,955
0,09	0,681	0,132	0,831	0,930	1,366	0,654	0,942
0,10	0,709	0,141	0,885	1,01	1,42	0,621	0,933
0,11	0,735	0,150	0,940	1,08	1,47	0,588	0,926
0,12	0,759	0,158	0,994	1,17	1,54	0,555	0,920
0,13	0,780	0,166	1,05	1,25	1,60	0,525	0,917
0,14	0,800	0,175	1,10	1,33	1,67	0,494	0,915
0,15	0,818	0,183	1,15	1,42	1,74	0,465	0,913
0,16	0,835	0,192	1,20	1,52	1,82	0,437	0,913
0,17	0,850	0,200	1,26	1,61	1,90	0,410	0,913
0,18	0,864	0,208	1,31	1,72	1,99	0,384	0,914
0,19	0,877	0,217	1,36	1,83	2,08	0,359	0,916
0,20	0,888	0,225	1,41	1,93	2,17	0,336	0,918
0,21	0,899	0,233	1,47	2,05	2,28	0,313	0,920
0,22	0,909	0,242	1,52	2,18	2,40	0,291	0,923
0,23	0,918	0,251	1,58	2,31	2,52	0,270	0,926
0,24	0,926	0,259	1,63	2,45	2,65	0,251	0,929
0,25	0,933	0,268	1,68	2,59	2,78	0,233	0,932
0,26	0,940	0,277	1,74	2,76	2,93	0,215	0,936
0,27	0,946	0,285	1,79	2,92	3,08	0,199	0,939
0,28	0,952	0,295	1,85	3,11	3,27	0,182	0,942
0,29	0,957	0,304	1,91	3,30	3,45	0,168	0,946
0,30	0,961	0,312	1,96	3,47	3,62	0,156	0,949
0,31	0,965	0,321	2,01	3,68	3,81	0,144	0,952
0,32	0,969	0,330	2,08	3,92	4,05	0,131	0,955
0,33	0,972	0,339	2,13	4,14	4,26	0,121	0,958
0,34	0,975	0,348	2,18	4,39	4,50	0,111	0,961
0,35	0,978	0,358	2,25	4,69	4,79	0,100	0,964
0,36	0,980	0,367	2,31	4,97	5,07	0,092	0,967
0,37	0,982	0,377	2,37	5,30	5,39	0,083	0,969
0,38	0,984	0,386	2,43	5,61	5,70	0,076	0,972
0,39	0,986	0,396	2,49	5,98	6,06	0,069	0,974
0,40	0,988	0,405	2,54	6,33	6,41	0,063	0,976
0,41	0,989	0,414	2,60	6,69	6,76	0,057	0,978
0,42	0,990	0,424	2,66	7,14	7,21	0,052	0,980
0,43	0,991	0,434	2,73	7,61	7,68	0,047	0,982
0,44	0,992	0,443	2,78	8,06	8,12	0,043	0,983
0,45	0,993	0,453	2,85	8,58	8,64	0,038	0,985
0,46	0,994	0,463	2,91	9,14	9,20	0,035	0,986
0,47	0,995	0,472	2,97	9,68	9,73	0,031	0,987
0,48	0,995	0,482	3,03	10,3	10,4	0,028	0,988
0,49	0,996	0,492	3,09	11,0	11,0	0,026	0,990
0,50	0,996	0,502	3,15	11,7	11,7	0,023	0,990

