

166296

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GEMİLERDE DÖVÜNME OLAYININ İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Semih VARDİ
(508011010)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 09 Mayıs 2005
Tezin Savunulduğu Tarih : 03 Haziran 2005

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Ali İhsan ALDOĞAN
Diğer Jüri Üyeleri Doç.Dr.Ömer BELİK (İ.T.Ü)
Doç.Dr.Ahmet ERGİN (İ.T.Ü)

uygun
Ömer Belik
Ergin

HAZİRAN 2005

ÖNSÖZ

Yapmış olduğum bu çalışmada bana değerli fikirleri ile yol gösteren sayın hocam Prof. Dr. Ali İhsan ALDOĞAN, Dr. İ. N. Ekber ONUK'a ve bu tezin hazırlanmasında desteğini esirgemeyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Semih VARDI

Haziran 2005



İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	xi
ÖZET	xiii
SUMMARY	xvi
1. GİRİŞ	1
2. GEMİ BAŞI DÖVÜNMESİNE İLİŞKİN YAKLAŞIMLAR	7
2.1. Teorik Yaklaşımlar	7
2.1.1. İki boyutlu yaklaşımlar	8
2.1.2. Üç boyutlu yaklaşımlar	14
2.2. Deneysel Sonuçlar	15
2.2.1. Model ölçek etkisi	16
2.2.2. Tam ölçek testler	17
2.3. Deneye Dayalı Ampirik Formüller	18
3. KAYICI VE DEPLASMAN TEKNELERİNİN DALGALARDAKİ DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ	22
3.1. Dalgalardaki Hareketin Önemi	22
3.2. Gemi Hareketleri	22
3.3. Dövünme ve Dip Basıncı	23
3.4. Gemiler İçin Dövünme Kriterleri	25
3.4.1. Dövünme basıncı için temel teorem	25
3.4.2. Dövünme olasılık teorileri	32
3.5. Dalgalar	34
3.5.1. Düzenli dalgalar	34
3.5.2. Karşılaşma frekansı ve periyodu	36
3.5.3. Düzensiz dalgalar	37
3.6. Gemilerin Denizciliği	40
3.6.1. Transfer ve genlik karşılık fonksiyonu	40
4. SERİ 60 FORMU GEMİLERİN DÖVÜNME ÖZELLİKLERİ	43
4.1. Dizayn Parametrelerinin Denizcilik Üzerindeki Etkileri	43
4.2. Dizayn Parametreleri	43
4.2.1. Geminin ana boyutları	45
4.2.1.1. Gemi boyu	45
4.2.1.2. Gemi genişliği	46
4.2.1.3. Gemi draftı	47
4.2.2. Tekne formu	49
4.2.3. Gemi hızı	54
4.2.4. Deniz şiddeti	57

5. KAYICI TEKNELER İÇİN DALIP ÇIKMA VE BAŞ KIÇ VURMA HAREKETLERİ İÇİN MODEL TESTLERİ	59
5.1. Denizcilik Tahmini İçin Model Testleri	59
5.1.1. Kayıcı tip bir tekne için model testi	59
5.1.1.1. Dalıp çıkma ve baş kiç vurma hareketleri	60
5.1.1.2. RAO'nun belirlenmesi	61
5.2. Dövünme Testi ve Sonuçları	68
5.2.1. Dövünme basıncı	68
5.2.2. Dövünme basıncı testinin önemi	68
5.2.3. Kayıcı tekneler için darbe basıncı	70
5.2.4. Model dövünme basıncı testi	71
6. DÖVÜNME LİMİTLERİ	75
6.1. Tepki Kriteri	75
6.2. Dövünme Kriteri	76
6.2.1. Kayıcı teknelerin dövünme kriterleri	81
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	82
7.1. Sonuçlar	82
7.2. Öneriler	88
KAYNAKLAR	90
EKLER	92
ÖZGEÇMİŞ	114

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Dövmne için tahmini yaklaşım yöntemleri.....	7
Tablo 2.2. Model testleri sonucunda elde edilen sonuçlar.....	16
Tablo 3.1. Dalga karakteristikleri.....	36
Tablo 3.2. Düzensiz dalga karakteristikleri.....	39
Tablo 6.1. Dövmne limitleri.....	77
Tablo 6.2. Düşey ivme limitleri.....	78
Tablo 6.3. Hava hareket işlemlerinde dövmne kriteri.....	79
Tablo 6.4. Harekat için kriterler.....	79
Tablo 6.5. Dövmmeye ilişkin klas kuruluşları kuralları.....	79
Tablo A.1. Gemi ana boyutlarının değişiminin bağıl hıza etkisi.....	92
Tablo A.2. İvmenin gemi ana boyutlarına göre değişimi.....	93
Tablo B.1. Tip I Geminin 8 knot gemi hızında 1m, 2m, 3m dalga yükseklikleri için ağırlık merkezindeki yerdeğiştirme, hız ve ivme değerleri.....	94
Tablo B.2. Tip I Geminin 15 knot gemi hızında 1m,2m,3m dalga yükseklikleri için ağırlık merkezindeki yerdeğiştirme, hız ve ivme değerleri.....	95
Tablo B.3. Tip I Geminin 30 knot gemi hızında 1m,2m,3m dalga yükseklikleri ağırlık merkezindeki yerdeğiştirme, hız ve ivme değerleri.....	96
Tablo B.4. Tip I Geminin 8 knot gemi hızında 1m, 2m, 3m dalga yükseklikleri için dövmne bölgesindeki yerdeğiştirme, hız ve ivme değerleri.....	97
Tablo B.5. Tip I Geminin 15 knot gemi hızında 1m,2m,3m dalga yükseklikleri için dövmne bölgesindeki yerdeğiştirme, hız ve ivme değerleri.....	98
Tablo B.6. Tip I Geminin 30 knot gemi hızında 1m, 2m, 3m dalga yükseklikleri için dövmne bölgesindeki yerdeğiştirme,hız ve ivme değerleri.....	99
Tablo B.7. Tip I geminin dövmne noktasında gemi hızına göre bağıl hız değişimi.....	100
Tablo B.8. Tip I geminin dövmne noktasında gemi hızına göre ivme değişimi.....	101
Tablo B.9. Tip I geminin 1m dalga yüksekliği için dövmne noktasındaki basınç değerleri.....	102
Tablo B.10. Tip I geminin 2m dalga yüksekliği için dövmne noktasındaki basınç değerleri.....	103
Tablo B.11. Tip I geminin 3m dalga yüksekliği için dövmne noktasındaki basınç değerleri.....	104

Tablo B.12.	Tip II geminin dövünme noktasında gemi hızına göre bağıl hız değişimi.....	105
Tablo B.13.	Tip II geminin dövünme noktasında gemi hızına göre ivme değişimi.....	106
Tablo B.14.	Tip II geminin 1m dalga yüksekliği için dövünme noktasındaki basınç değerleri.....	107
Tablo B.15.	Tip II geminin 2m dalga yüksekliği için dövünme noktasındaki basınç değerleri.....	108
Tablo B.16.	Tip II geminin 3m dalga yüksekliği için dövünme noktasındaki basınç değerleri.....	109
Tablo C.1.	Tip I geminin gemi hızı ve deniz durumuna bağıl olarak ağırlık merkezindeki dikey ivme değerlerinin değişimi.....	110
Tablo C.2.	Tip I geminin posta kesitlerindeki dövünme basıncı değerlerinin değişimi	111
Tablo C.3.	Tip II geminin gemi hızı ve deniz durumuna bağıl olarak ağırlık merkezindeki dikey ivme değerlerinin değişimi.....	112
Tablo C.4.	Tip II geminin posta kesitlerindeki dövünme basıncı değerlerinin değişimi.....	113

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 : Dövünme karakteri incelenecek gemi tipleri.....	3
Şekil 1.2 : Tipik dövünme kaydı.....	4
Şekil 1.3 : Tipik dövünme basıncı kaydı.....	5
Şekil 1.4 : Gemi hızının değişimine göre basınç artışı.....	5
Şekil 2.1 : Kama kesidinin akışkan ortamına girişi.....	8
Şekil 2.2 : Wagner teori ile yapılan basınç testi sonuçları.....	9
Şekil 2.3 : Tekne bölgelerine göre ağırlık faktörü.....	10
Şekil 2.4 : Keyfi bir kesidin sınır değer metod ile sayısal çözümünde kullanılan koordinat sistemi ve kontrol yüzeylerinin görünüşü.....	11
Şekil 2.5 : İki boyutlu bir cismin suya girişi esnasındaki dövünme basıncı parametreleri.....	11
Şekil 2.6 : Benzerlik çözümü ile suya girişteki tahmini basınç dağılımı..	12
Şekil 2.7 : Wagner asimtotik yaklaşımı ile benzerlik yöntemi çözümlerinin karşılaştırılması.....	12
Şekil 2.8 : Birleşik çözüm yöntemindeki basınç dağılımı	13
Şekil 2.9 : Üç tip dövünme deneyi ile alakalı basınç hız değerleri.....	17
Şekil 2.10 : k_1 boyutsuz katsayı değerlerinin değişimi.....	18
Şekil 2.11 : k_1 değerinin belirlenmesine yönelik örnek gemi en kesidi.....	19
Şekil 2.12 : k_1 değerlerinin karşılaştırılması.....	20
Şekil 2.13 : Teorik ve deneysel dataların karşılaştırması.....	20
Şekil 2.14 : Bölüm 2’de sunulan ve kullanılabilecek tüm yöntemlerin basınç katsayılarının karşılaştırması.....	21
Şekil 3.1 : Gemi hareketleri.....	23
Şekil 3.2 : Gemi başının dövünmesi.....	23
Şekil 3.3 : Gemi dip yapısındaki basınç dağılımı.....	24
Şekil 3.4 : Örnek fırkateyden alınan basınç, bağıl yerdeğiştirme ve hız değerleri.....	25
Şekil 3.5 : Dalmış V (kama) kesitli yüzey.....	27
Şekil 3.6 : Farklı tip tekne baş formuna göre basınç değişimi.....	28
Şekil 3.7 : Farklı kesitlerdeki basınç dağılımı.....	29
Şekil 3.8 : Gemi en kesidindeki basınç dağılımı.....	30
Şekil 3.9 : Gemi ilerleme hızının bağıl hıza etkisi.....	30
Şekil 3.10 : Saatteki dövünme sayısı ve basınç değerleri.....	33
Şekil 3.11 : Dövünme basıncı olasılıkları.....	34
Şekil 3.12 : Düzenli dalga parametreleri.....	35
Şekil 3.13 : Model deney havuzunda üretilen düzenli dalgalar.....	35
Şekil 3.14 : Karşılaşma açılarına göre dalgaların durumu.....	37
Şekil 3.15 : Rüzgar şiddetine göre dalgaların oluşumu.....	38
Şekil 3.16 : Okyanustan alınan kayıttan dalga karakteristikleri.....	38
Şekil 3.17 : Düzenli dalgalarda dalıp çıkma ve baş kış vurma hareketi karakteristikleri.....	41

Şekil 3.18	: Baştan ve kıçtan gelen dalgalarda ivme.....	42
Şekil 4.1	: Dalıp çıkma genliği değişimi.....	45
Şekil 4.2	: İvmenin değişimi.....	45
Şekil 4.3	: Dalıp çıkma genliği değişimi.....	46
Şekil 4.4	: Baş kıç vurma genliği değişimi.....	46
Şekil 4.5	: İvmenin değişimi.....	47
Şekil 4.6	: Drafta göre ivmenin değişimi.....	48
Şekil 4.7	: Drafta göre baş kıç vurma değerleri değişimi.....	48
Şekil 4.8	: Drafta göre bağıl hız değerlerinin değişimi.....	48
Şekil 4.9	: Draft değişiminin başın bağıl hareketine etkisi.....	49
Şekil 4.10	: Blok katsayısının başın bağıl hareketine etkisi.....	50
Şekil 4.11	: Prizmatik katsayısının değişik baş formlu modellerin dalgalarındaki davranışlarına etkisi.....	51
Şekil 4.12	: Baştan gelen dalgalarda baş taraf kesit formlarının gemi hareketlerine etkisi.....	53
Şekil 4.13	: Baştan gelen dalgalarda hızın gemi hareketlerine etkisi.....	54
Şekil 4.14	: Gemi hızı ve dalga yüksekliğine bağlı dövünme hasarı.....	56
Şekil 4.15	: Dalga boyunun dalıp çıkma ve baş kıç vurma artışına etkisi..	57
Şekil 4.16	: Dalga yönünün dalıp çıkma ve baş kıç vurma datalarına etkisi.....	58
Şekil 5.1	: Sakin suda ağırlık merkezinin yükselmesi.....	60
Şekil 5.2	: Sakin suda dalıp çıkma hareketi.....	61
Şekil 5.3	: Sakin suda baş kıç vurma hareketi.....	61
Şekil 5.4	: Sakin suda 3m/sn model hızında yapılan deney.....	61
Şekil 5.5	: Sakin suda 3m/sn model hızında yapılan deney.....	61
Şekil 5.6	: 2 cm dalga yüksekliğinde CG'nin yüksekliği dahil değerleri..	62
Şekil 5.7	: Ağırlık merkezinin yükseklik değerlerinin çıkartılması.....	62
Şekil 5.8	: 2 cm dalga yüksekliğindeki dalıp çıkma RAO değerleri.....	63
Şekil 5.9	: 3 cm dalga yüksekliğindeki dalıp çıkma RAO değerleri.....	63
Şekil 5.5	: Sakin suda 3m/sn model hızında yapılan deney.....	61
Şekil 5.6	: 2 cm dalga yüksekliğinde CG'nin yüksekliği dahil değerleri.....	62
Şekil 5.7	: Ağırlık merkezinin yükseklik değerlerinin çıkartılması.....	62
Şekil 5.8	: 2 cm dalga yüksekliğindeki dalıp çıkma RAO değerleri.....	63
Şekil 5.9	: 3 cm dalga yüksekliğindeki dalıp çıkma RAO değerleri.....	64
Şekil 5.10	: 4 cm dalga yüksekliğindeki dalıp çıkma RAO değerleri.....	64
Şekil 5.11	: 5 cm dalga yüksekliğindeki dalıp çıkma RAO değerleri.....	64
Şekil 5.12	: 6 cm dalga yüksekliğindeki dalıp çıkma RAO değerleri.....	65
Şekil 5.13	: 2 cm dalga yüksekliğindeki baş kıç vurma RAO değerleri....	66
Şekil 5.14	: 3 cm dalga yüksekliğindeki baş kıç vurma RAO değerleri....	67
Şekil 5.15	: 4 cm dalga yüksekliğindeki baş kıç vurma RAO değerleri....	67
Şekil 5.16	: 5 cm dalga yüksekliğindeki baş kıç vurma RAO değerleri....	67
Şekil 5.17	: 6 cm dalga yüksekliğindeki baş kıç vurma RAO değerleri....	68
Şekil 5.18	: Kayıcı bir teknede basınç noktası.....	70
Şekil 5.19	: Kayıcı teknenin α açısı ve V hızı ile hareketi.....	70
Şekil 5.20	: Basınç geyçlerinin yerleşimi.....	71
Şekil 5.21	: 0.5 sn dalga periyodu ve 4 cm dalga yüksekliğinde basınç değişimi.....	72
Şekil 5.22	: 0.6 sn dalga periyodu ve 4cm dalga yüksekliğinde basınç değişimi.....	72

Şekil 5.23	: 0.7 sn dalga periyodu ve 4 cm dalga yüksekliğinde basınç değişimi.....	73
Şekil 5.24	: 1.0 sn dalga periyodu ve 6 cm dalga yüksekliğinde basınç değişimi.....	73
Şekil 5.25	: Başın bağıl hareketinin düzensiz dalgalarda bulunması.....	74
Şekil 6.1	: Hızlı devriye botlarında TL'na göre dış kaplamaya gelen yük hesaplama yöntemi.....	80



SEMBOL LİSTESİ

g	: Yerçekimi ivmesi
L_{PP}	: Kaideler arası boy
L_{WL}	: Su hattı boyu
B	: Geminin genişliği
T	: Draft
H	: Geminin yüksekliği
C_B	: Blok katsayısı
P	: Dövmüne basıncı
U, V_s	: Gemi hızı
β	: Kalkıntı açısı
ρ_s	: Sıvı yoğunluğu
k	: Boyutlu basınç katsayısı
k₂	: Boyutsuz basınç katsayısı
V_r	: Dalga ile gemi dibi arasındaki bağıl hız
A	: Kesit alanı
C_p	: Basınç katsayısı
X	: Orta kesitten yatay mesafe
Y_s	: Basıncı hesaplanacak noktadaki gemi en kesidinin yarı genişliği
z	: Dalıp çıkma genliği
θ	: Baş kış vurma genliği
V_n	: Bağıl hızın normal bileşeni
s_a	: Bağıl yerdeğiştirme
m_{os}	: Dinamik etkilere göre düzeltilmiş baştaki dalıp çıkma hareketine ait varyans değeri
S_{ss(we)}	: Dalıp çıkma hareketine ait spektrum
m_{2s}	: Gemi başındaki dalıp çıkma spektrumunun altındaki alanın ikinci momenti
Sc	: Gemi başındaki kritik hız
ζ	: Herhangi bir anda ve konumda sakin su yüzeyinin dalga hareketi ile birlikte yer değiştirmesi
ζ₀	: Dalga genliği, sakin su yüzeyinin dalga tepesine veya çukuruna ölçülen düşey uzaklık
H	: Dalga yüksekliği, dalga tepesiyle dalga çukuru arasındaki düşey uzaklık
λ	: Dalga boyu, ardışık dalga tepeleri veya çukurları arasındaki yatay uzaklık.
c	: Dalga hızı, dalga profilinin ilerleme hızı.
T	: Dalga periyodu, ardışık iki dalga tepesinin ardarda bir noktadan geçme zamanı.
f	: Dalga frekansı
ω	: Dairesel frekansı
α	: Anlık dalga meyli

α_0	: Maksimum dalga meyli
H/λ	: Dalga dikliği
ω_e	: Karşılaşma frekansı
ω_m	: Modal frekans
ω_n	: Doğal frekans
T_e	: Karşılaşma periyodu
μ	: Gemi ile dalga arasındaki açı
RAO	: Genlik karşılık fonksiyonu
$S_\zeta(w)$	: Dalga spekturumu
$S_\zeta(we)$	: Karşılaşma dalga spekturumu
PSW	: MN/M ² olarak maksimum dövünme gerilmesi
FP	: Baş dikey
RMS	: Kareler ortalamasının karekökü
k.t.g	: Karakteristik tek genlik
$H_{1/3}$	: Karakteristik dalga yüksekliği
.	
s_a	: Bağıl hız
..	
s_a	: Bağıl ivme

GEMİLERDE DÖVÜNME OLAYININ İNCELENMESİ

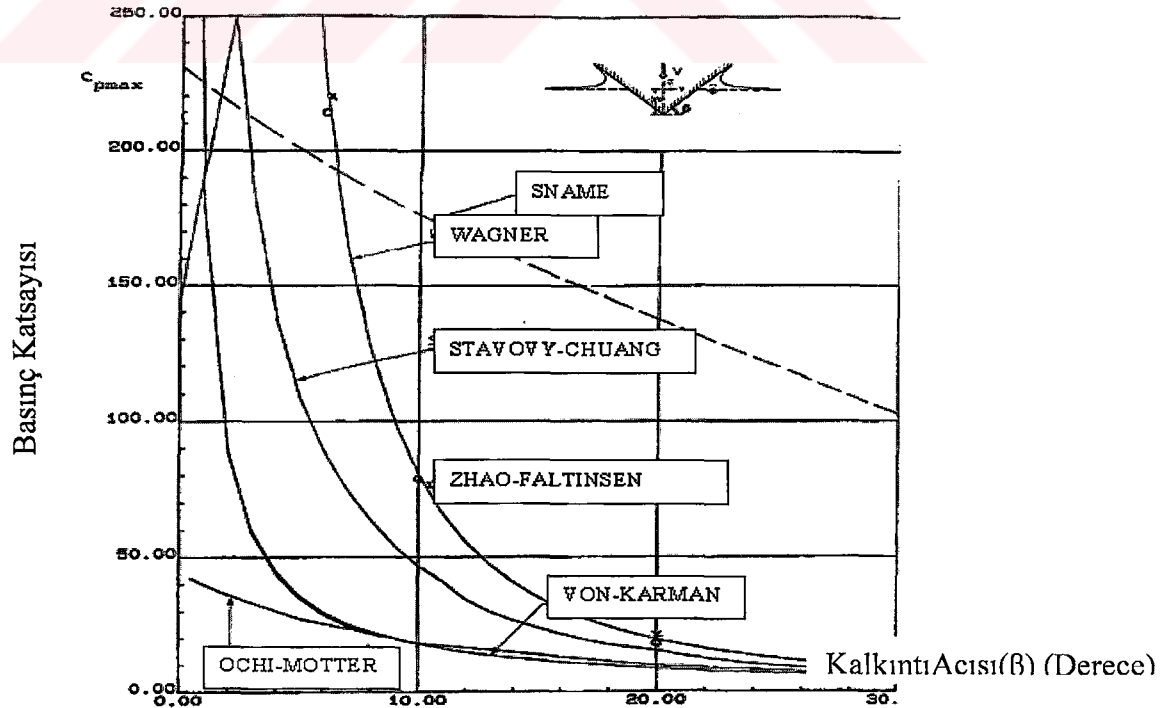
ÖZET

Bir gemi için dalıp çıkma ve baş-kıç vurma birleşik hareketlerine bağlı olarak meydana gelen dövünme olayı büyük bir öneme sahiptir. Bu hareketin modellenmesi oldukça zordur. Bu çalışmada dövünme olayının açıklanması amaçlanmıştır. Dövünmeye ilişkin şimdiye kadar kabul görmüş kriterler incelenerek birbirleriyle karşılaştırılacak ve düzensiz dalgalar için Genlik Karşılık Operatörü yaklaşımı verilecektir.

Çalışma yedi bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde, hidrodinamik kuvvetler sonucu meydana gelen dövünme olayının genel tanımı ve tipleri konusunda kısa bir bilgi verilmiştir. Dövünme olayındaki ivme ve basınç değişiminin önemi vurgulanmıştır.

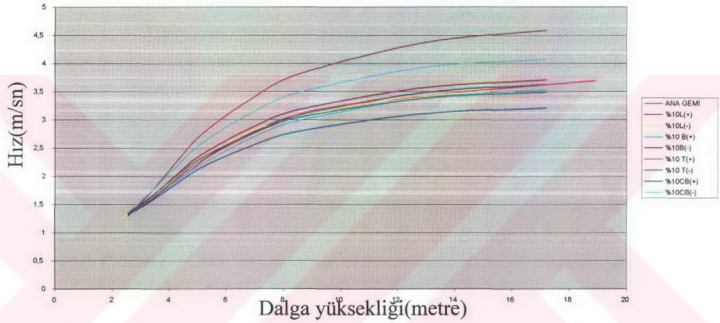
İkinci bölümde, gemi başı dövünmesine ilişkin basınç hesaplamalarına yönelik teorik, deneysel ve deneye dayalı yarı ampirik formül yaklaşımları tek tek ve karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Farklı yöntemlerle yapılan incelemeler basınç katsayısına bağlı olarak birlikte değerlendirilmiş olup bu değerlendirme Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1 : Bölüm 2’de sunulan ve basınç hesabında kullanılabilecek tüm yöntemlerin, basınç katsayılarının karşılaştırma tablosu [1]

Üçüncü bölümde, deplasman ve kayıcı tip teknelerin düzensiz dalgalarda davranışının incelenmesi için gerekli olan ifade ve parametrelerin belirtilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, gemi hareketleri, dövnme sonucu meydana gelen basıncın analizi ile düzenli ve düzensiz dalgaların karakterleri verilmiştir. Ayrıca kayıcı tekneler için transfer fonksiyonu, genlik karşılık fonksiyonu ve ivme değerleri değişimi belirtilmiştir.

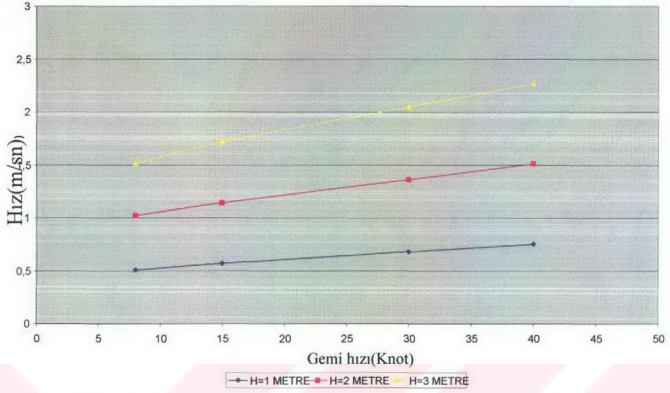
Dördüncü bölümde, Seri-60 formuna haiz örnek bir gemi için baş kış vurma, dalıp çıkma ve ivme değişimleri, söz konusu gemiler için deneysel yöntemlerle elde edilen standart seriler kullanılarak hesaplanmıştır. Bu tip gemiler için dövnme karakteristiklerinin değişimi dizayn parametrelerine bağlı olarak incelenmiştir. Elde edilen gemi başı bağlı hız değerleri Şekil 2’de görülmektedir.



Şekil 2 : Dövnme karakteristiklerinin dizayn parametrelerine bağlı olarak değişimi

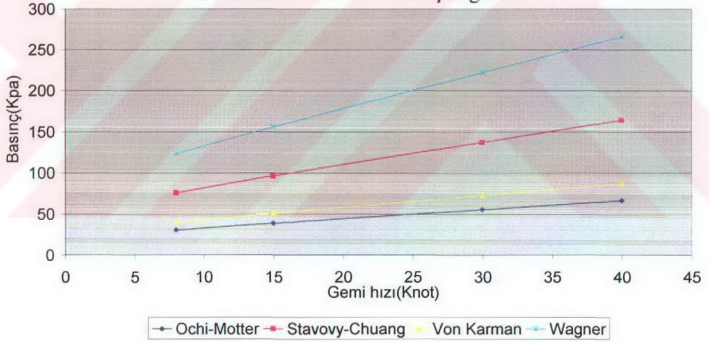
Beşinci bölümde, örnek bir kayıcı tekne için model deney datalarının ve RAO (Response Amplitude Operator)’nın elde edilmesi açıklanmıştır. RAO değerleri ve ITTC iki parametrelili dalga spektrumu kullanılarak örnek gemi için yerdeğiştirme hız ve ivme değerleri ile buna bağlı olarak basınç değerleri hesaplanmıştır. RAO yöntemi ile hesaplanan hız, Şekil 3 ve bu hız değerleri kullanılarak teorik yöntemler ile hesaplanan basınç değerleri Şekil 4’de verilmiştir. Ayrıca bu bölümde dövnme basıncının hesabına yönelik, model testi de incelenmiş ve kayıcı teknelerde gemi ilerleme doğrultusundaki basıncın, dikey basınca göre yaklaşık %35 fazla olduğu ve tekne boyutlandırılmasında dikkate alınması gerekli olduğu değerlendirilmiştir.

Tip I geminin dövünme noktasında gemi hızına göre bağlı hız değişimi



Şekil 3: Kayıcı tip teknenin RAO ile bulunan hız değerleri

Tip I gemi için 3m dalga yüksekliğinde dövünme noktasındaki basınç değerleri



Şekil 4: Basınç hesapları

Altıncı bölümde, Dövünme için halihazırda kullanılan kriterler ve klas kuruluş kuralları ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Askeri gemiler için harekata yönelik dövünme limitleri vurgulanmıştır.

Yedinci bölüm ise, sonuç bölümüdür. Bu bölümde, tüm dövünme yaklaşımları elde edilen veriler ile yorumlanmış ve bu verilerle ilgili olarak bazı eğriler çizilmiştir. Dövünme yaklaşımının saatte adet veya geminin baş kık vurma hareketinin bağılı olarak verilmesinin yanlış olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, dövünme basıncı yaklaşımı kapsamında gelecekte uygulanabilecek bir çalışma önerilmiştir.

EXAMINATION OF SLAMMING IN THE SHIPS

SUMMARY

Slamming event occurred in the ships due to the coupled heaving and pitching combined motions have a great importance. Modeling of this movement is so difficult. It is intended to explain the slamming event within this study. The accepted criterion regarding the slamming shall be compared with each other and the Response Amplitude Operator approach for irregular waves shall be provided.

The study constitutes of seven parts.

In the first section, general definition of the slamming event occurred as a result of hydrodynamic forces and types of it are explained in brief. Importance of acceleration and pressure change in slamming occurrence is highlighted.

In the second section, theoretical, experimental and semi empiric formulation approaches based on experiments addressing to the pitch slamming was examined comparatively and individually.

The examinations realized through various methods had been evaluated together being dependent on the coefficient of pressure and the said evaluation is shown in Figure 1.

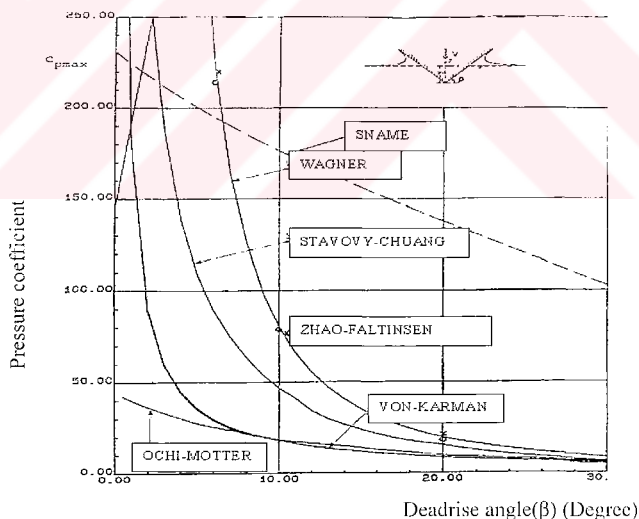


Figure 1 : Comparative table of the methods that can be used in the slamming pressure calculations based on the coefficient of pressure

In the third section, it is intended to determine the expressions and parameters required for the behavior examination of the displacement and planing type boats in irregular waves. Within this context, the motions of the ship, analysis of the pressure occurs because of slamming and characteristics of regular and irregular waves are provided. In addition, transfer function, response amplitude function and changes of acceleration values are determined.

In the fourth section, coupled heaving and pitching motions and acceleration variations of a typical ship having the form of Serial-60 was calculated by using the standard serials obtained through experimental methods for such kind of ships. For such kind of ships, the variation of slamming characteristics had been examined depending on the design parameters. In Figure 2, you can see the relative velocities values obtained.

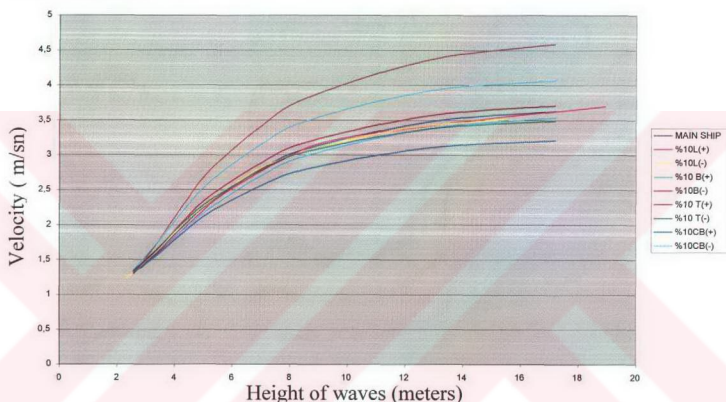


Figure 2 : Slamming characteristics depending on the design parameters

In the fifth section, for a typical sliding ship, calculation of model experiment data and Response Amplitude Operator is explained. By using RAO values and ITTC two parameter wave spectrum, the displacement velocity and acceleration values for a typical ship and accordingly its pressure values were calculated. Velocity calculated by RAO method is given in Figure 3 while the pressure values calculated through theoretical methods by using such velocity values are given in Figure 4. Furthermore, the model test directing to the calculation of slamming pressure is examined and it is considered that the pressure in direction with the ship headway is 35% more than the vertical pressure and that it is important to consider this fact during the dimensioning of the ship.

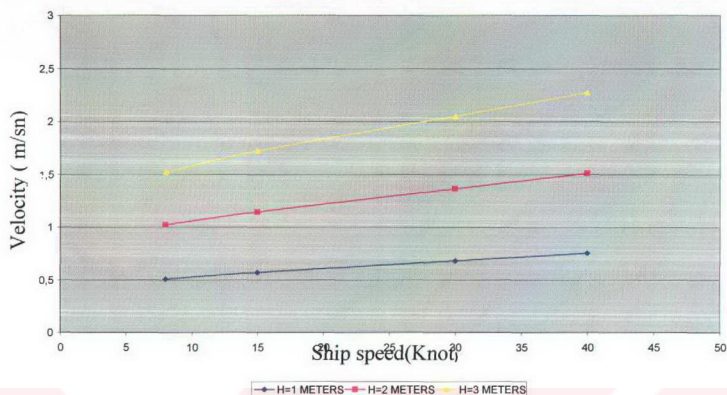


Figure 3 :Fast patrol boats relative velocity

Type I Ship pressure diagrams

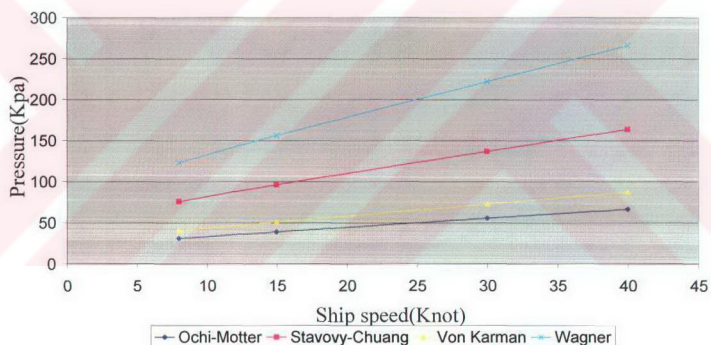


Figure 4 : Pressure calculations

In the sixth section, the available criterion used for slamming and the rules of class establishment is explained in detail. Regarding the military ships, the slamming limits directed to operation are highlighted.

Section seven is the conclusion part. In this section, all the slamming approaches are construed together with the obtained data and some slopes regarding these data were plotted. It is concluded that it is wrong to express the slamming approach depending on units per hour or pitching movement. In addition, within the scope of the slamming pressure approach, a study to be applied in the future is proposed.

1. GİRİŞ

Hidrodinamik kuvvetlerin tahmini, yıllardır teorik yaklaşımlarla elde edilen uygulamalar ile yapılmaktadır. Hidrodinamik kuvvetlerin iyi anlaşılması ve değerlendirilmesi özellikle geminin dizaynı aşamasında son derece önemlidir. Hidrodinamik kuvvetlere karşı yeterli gemi mukavemetinin sağlanması gerekliliği gemi ağırlığının ve inşaa maliyetinin artışı ile gemi hızının azaltılması gibi olumsuz sonuçlara sebep olmaktadır. Özellikle kayıcı tekneler ve devriye botları için ağırlık kısıtlaması, hidrodinamik kuvvetlerin sebep olduğu olumsuzlukların ortadan kaldırılması problemini bu tekneler için bir o kadar daha zorlaştırmaktadır.[1]

Gemi İnşaatı Mühendisliği'nin ortaya çıkışından beri süregelen ve ilk bakışta görüldüğünden çok daha derin olarak yerleşmiş bir kabul geminin bir rijit yapı olduğudur. Bu yaklaşım ile Gemi Dinamiği dalında ayrı ayrı 'manevra', 'dinamik stabilite', 'hareketler'(seakeeping), ve 'dalga yükleri'(quasi statik kesme kuvveti, eğilme ve burulma momentleri) için hesap yöntemleri geliştirilmiştir. Çelik kalitesindeki gelişmeyle birlikte kullanılan malzeme ağırlığı azalmış ve gemilerin elastik yapılar olarak ele alınması gerektiği zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Buna rağmen rijit gemi kabulü özel durumlar hariç terk edilmemiş, elastik yapının getirdiği farklı sorunlar ve uygun teorik yaklaşımlar araştırılmadan kurallar ve kriterler bilindiği kadarıyla sorunlara cevap verecek şekilde düzeltilmiştir.

Gemi hem rijit hem de elastik hareketler yapmaktadır. Düzensiz sürekli dalga zorlamaları büyük rijit hareketlere yol açmakta, bu hareketlerle birleşik olarak dalga frekansıya değişen önemli elastik hareketler yani şekil değiştirmeler ve gerilmeler görülmektedir. Sürekli zorlamalarla aynı zamanda geminin yaptığı parazitik hareketlerin yol açtığı kısa süreli geçici zorlamalar bütün doğal titreşim şekillerini rezonans frekansıya uyarmaktadır. Dövmeme geçici dalga zorlamalarından en önemli olanıdır. Geçici dalga yüklerini göz önüne almadan geminin global mukavemeti ve denizciliği ile ilgili hızlar ve ivmeler gibi büyüklükler hakkında

karar vermenin zorluğu açıktır. Gemi girişinde ortaya çıkan gerilmelerin büyüklüğü kadar asal gerilmelerin zamanla değişen yönleri, yorulma gibi dinamik etkenlerin de önemli olacağı açıktır.[2]

Çok kısa bir süre içinde tekne yüzeyine etki eden yüksek basınçlar ve bu basınca bağlı olarak gemi bünyesinin cevabı, kısa bir zamanda meydana gelen olaylar zincirinin karmaşıklığı, yüklerin hesabının üç boyutlu akışkan modellenmesi ile karmaşık matematiksel ifadeler içermesi zorluklarından dolayı bir takım yaklaşımlar ile yapılmaktadır. Bu etkilerden dolayı gemide, gemi kabuğunun şekil değiştirmesi, boyuna ve enine elemanlarda meydana gelen gerilmeler, önemli kırılmalara sebep olmaktadır.

Hidrodinamik kuvvetlerin dizayn aşamasında tahmini, mühendislik çalışmalarında emniyet ve ekonomiklik faktörlerinin değerlendirilmesi için önemlidir.

Denizli bir havada seyir eden bir gemide, dalgaların sebep olduğu çeşitli darbeler gemi titreşimini artırmaktadır. Dövünme:

1. Dalganın gemiye yaklaşması ile oluşan etki
2. Baş kalkımdaki ve tekne dibindeki etki
3. Geminin borda veya dibindeki şok
4. Gemi başının sudan çıkması
5. Gemi başı sudan çıkmadan tekne bünyesindeki hasar olarak tanımlanabilir.[1]

Denizli havada ilerleyen gemi ciddi baş kık vurma esnasında başın suya vurması ve farklı yönlerden gelen dalgaların tekneyi etkilemesi ile iki tip basınç etkisine maruz kalır. Dövünme için baş-kık vurma esnasındaki basınç önemlidir.[3]

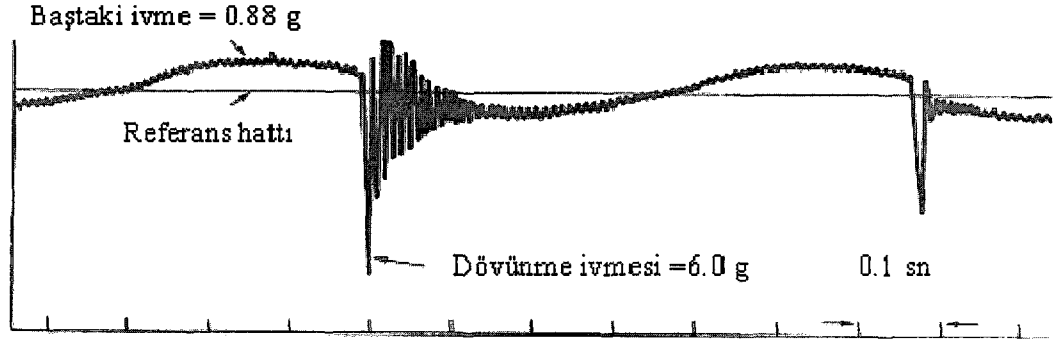
Her ne kadar kıçtan gelen dalgalar içerisinde yavaş hareket eden gemilerde kık dövünme olsa da genelde dövünme sert havalarda baştan gelen dalgalar içerisinde geminin belirli hızlarda baş kık vurma hareketlerinin birleşmesiyle ortaya çıkar. Baş taraftan alınan büyük dalgalara geminin baş bodoslamasının suya girmesiyle meydana gelen büyük kuvvetlerin etkisiyle, baş tarafın omurga sudan çıkıncaya

kadar yükselmesi ve arkadan gelen dalga çukuruna geminin düşmesi sonucu gemi karinasının, büyük bir hızla deniz yüzeyine çarpıp, tekrar suya girmesiyle dövünme oluşur. Dövünme olayı bir kere başladıktan sonra gemi hız ve rotası ile gelen dalgaların özellikle dalga periyodu ve yüksekliği aynı kaldığı sürece dövünme arka arkaya oluşmaya devam eder ve tekne bünyesiyle gemi sistemleri, geminin baş tarafında oluşan çok büyük lokal su kuvvetlerinin darbesi altında çoğu zaman hasar görürler. Bu tezde dövünme yönünden incelenecek gemi tipleri Şekil 1.1.'de görülmektedir.[4]



Şekil 1.1 : Dövünme karakteri incelenecek gemi tipleri [5]

Dövünme başka bir ifade ile, gemi başının ivmesindeki değişimdir. Bu değişim geminin özellikle başında ve kıçında meydana gelmektedir ki buralarda ivme değerleri en büyük değeri almaktadır. Şekil 1.2'de tipik dövünme kaydı yer almaktadır. Şekilde belirli bir periyotta dövünmeden dolayı ivmedeki değişim görülmektedir. Gemi başı su yüzeyine çarptığında anlık bir ters ivme doğurur.[3] Dövünme gemi başı sudan çıkmasa da oluşsa bile, gemi başının sudan çıkması dövünme için daha büyük bir olasılık ifade etmektedir.



Şekil 1.2 : Tipik dövmüne kaydı

Dövmünmede üç tür kinematik şart söz konusudur.

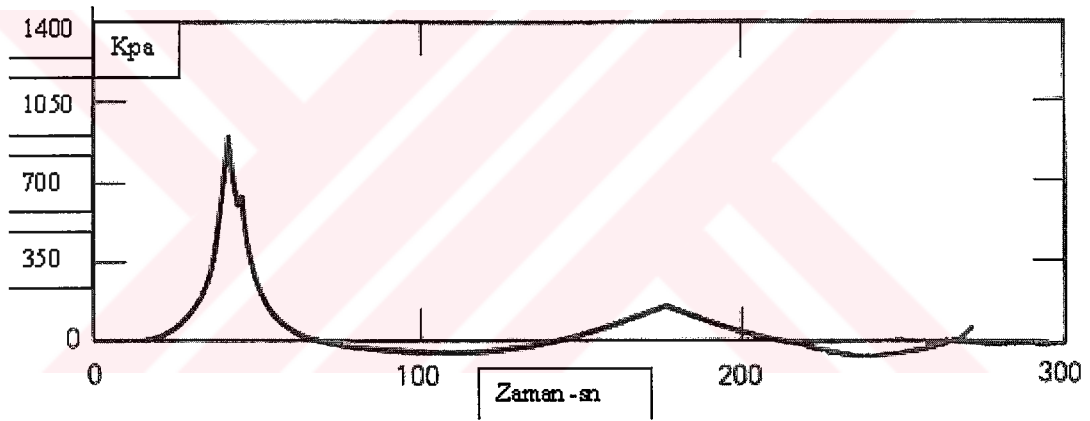
1. Dövmüne gemi başının sudan çıkması ile alakalıdır. Belirlenmiş bir deniz durumunda başın sudan çıkma kriterini belirlemek önemlidir.
2. Dalga hareketi ile gemi başı arasındaki faz farkı. Dövmüne için kritik nokta gemi başının aşağı hareketi ile suyun yukarı hareketi esnasındaki buluşma maksimum faz açısıdır.
3. Dövmüne için kritik bağıl hız, teorik olarak dövmünmenin başladığı hızdır. Kritik bağıl hız gemi hızına bağlıdır ki, hızın değişimi bağıl hızı artıracak veya azaltacaktır.

Dövmüne sırasında gemi karinasının deniz yüzeyine çarpması sonucu oluşan kuvvetler bir yandan tekne bünyesini zorlarken, diğer taraftan bu zorlamalar altında baştan itibaren yayılan bir titreşim(sarsıntı) meydana getirir.[3]

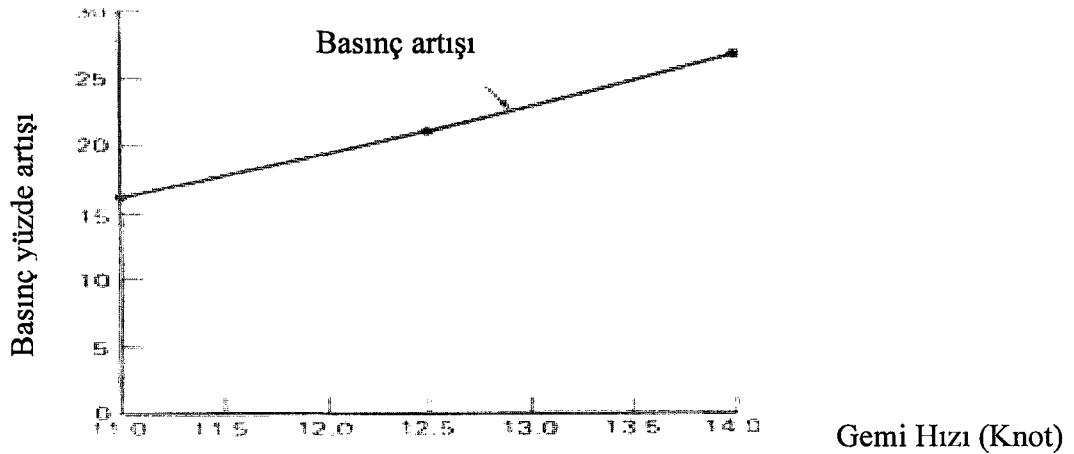
Gemi tiplerine bağlı olarak dövmünmenin üç hali vardır. Bunlardan en tehlikeli olanı, yukarıda belirtildiği gibi baş taraf omurganın sudan çıkmasıyla meydana gelen ve Dip Dövmünmesi olarak adlandırılan dövmünmedir. Baş taraf posta kesitleri açınımı (flare) fazla olan gemilerde, baş tarafta yeterli su kesimi mevcut ise, omurga sudan çıkmadan sert baş kış vurmadan oluşan dövmünmeler meydana gelir. Bu Borda Dövmünmesi olarak isimlendirilir. Borda dövmünmelerinde baş taraf posta kesitleri ve bu bölgedeki dış kaplama saçları, deniz suyu tarafından uygulanan dinamik basınç kuvvetlerine maruz kalmakta ve bu kuvvetler yeterli bir büyüklüğe geldiğinde gemi açınımı(flare) fazla olan gemilerde, baş tarafta yeterli su çekimi mevcut ise, omurga

sudan çıkmadan sert baş kış vurmadan oluşan dövünmeler meydana gelir. Bu Borda Dövünmesi olarak isimlendirilir. Borda dövünmelerinde baş taraf posta kesitleri ve bu bölgedeki dış kaplama saçları, deniz suyu tarafından uygulanan dinamik basınç kuvvetlerine maruz kalmakta ve bu kuvvetler yeterli bir büyüklüğe geldiğinde gemi üzerinde şekil değiştirmeler ve hasarlar oluşmaktadır. Üçüncü dövünme şekli katamaran (ikiz) teknelerde olduğu gibi tekneleri birleştiren platformun alt kısmına dalga tepelerinin çarpmasıyla oluşan dövünmedir. Buna Sandık veya Beşik Dövünmesi adı verilir. Her üç durumda büyük kütle atalet kuvvetleri oluşmakta ve gemi bünyesi titreşime maruz kalarak zorlanmaktadır.[4]

Gemide dövünme sırasında tekne dibinde büyük basınç değişimleri görülmektedir. Şekil 1.3’de böyle bir basınç değişimine ilişkin kayıt görülmektedir.



Şekil 1.3 : Tipik dövünme basıncı kaydı. [6]



Şekil 1.4 : Gemi hızının değişimine göre basınç artışı

Geminin hızındaki değişimin dövünme basıncına olan etkisi Şekil 1.4’de görölmektedir. Gemi hızındaki 14 knottan 11 knota düşüş dövünme basıncını %35 oranında azaltmaktadır.[3]



2. GEMİ BAŞI DÖVÜNMESİNE İLİŞKİN YAKLAŞIMLAR

Dip dövünmesi iki boyutlu modeller, ince cisim teorisi ve üç boyutlu modeller ile incelenebilir. Bu tür bir yaklaşımda etki kuvvetleri ve cismin cevabı bu sisteme etki eden çok çeşitli olayların doğru olarak modellenmesi ile sağlanır. (Dövünme sırasında cisim ile su ile arasındaki hava girişi, sıkıştırılabilirlik ve lineer olmayan serbest su yüzeyi etkisi) Bu etkilerin modelleme zorluğu sebebiyle dövünme olayının modellenmesi hala büyük bir problemdir. Dövünme için uygulanan tahmini yaklaşım yöntemleri Tablo 2.1’de görülmektedir.

Tablo 2.1 : Dövünme için tahmini yaklaşım yöntemleri

DÖVÜNME YAKLAŞIMLARI		
Teorik Yaklaşımlar	Deneysel Yaklaşımlar	Yarı-Ampirik Formül Yaklaşımı
1.İki Boyutlu Teori 2.Üç Boyutlu Teori	1.Model Testleri a.İki Boyutlu b.Üç Boyutlu c.Denizcilik	1.Basınç Katsayısı 2.Kuvvet Katsayısı
Kabuller Akışkanın Sıkıştırılabilirliği Akışkan,Cisim Arasındaki Hava Hidroelastisite	2.Tam Ölçek Ölçümler	
Sınır Koşulları Lineer Serbest Yüzey Lineer Olmayan Serbest Yüzey Cismin Sınırında Hidroelastiklik		

Dövünme olayı geminin suya çarptığında basınç ve kuvvetin anlık olarak değerlendirilmesi ile darbe ve momentum dövünmesi şeklinde iki olayın kombinasyonu şeklinde de açıklanabilir.[1]

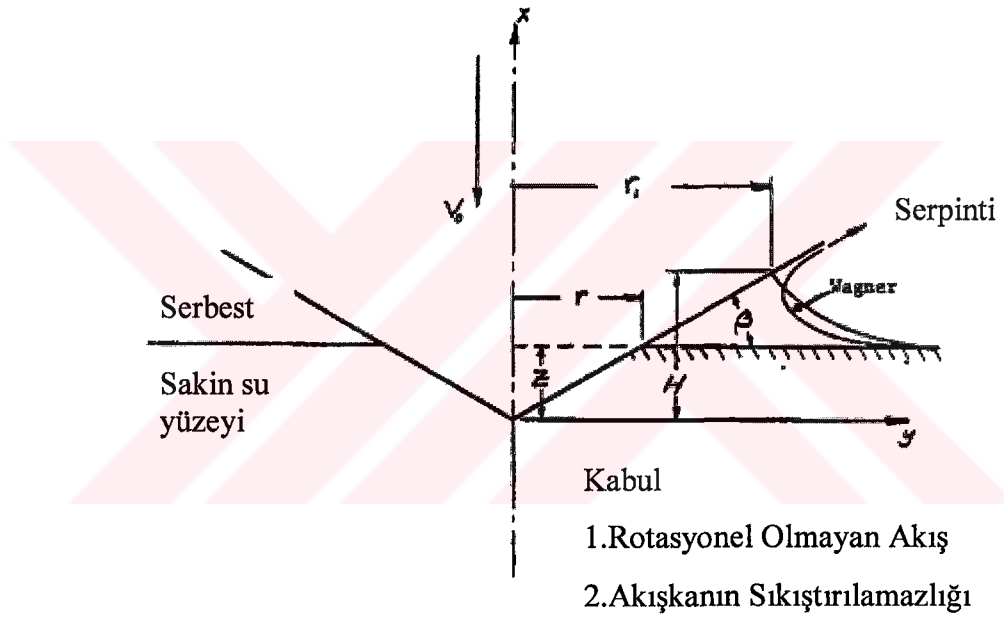
2.1 Teorik Yaklaşımlar

Teorik yaklaşımlar ilk olarak bir cismin suya girişi ve darbe teorisi ile verilmiştir. Bu yaklaşımda akışkan sıçramasının formuna ve yüksekliğine karar vermek

önemlidir. Akışkanın ideal ve sıkıştırılmaz, akışın potansiyel ve cismin rijit olması kabulü yapılırsa bile, akışkan bölgesinin tarif edilememesi, akışkanın cisim ile ayrışmasının bilinmezliği ve temas anında tekilliklerin (singülarite) üç fazlı olarak görünebilmesi problemi karmaşıklştırmaktadır.

2.1.1 İki boyutlu yaklaşımlar

İki boyutlu rijit cismin suya girişi ile ilgili ilk çalışmalar Von Karmen'e ait olup Wagner tarafından geliştirilmiştir. Şekil 2.1'de V kesitli bir cismin suya girişi görülmektedir.[7]



Şekil 2.1 : Kama kesidinin akışkan ortamına girişi

Von Karman suya giren kesitte kesit ile su yüzeyi arasında sanal bir düzlem tarif etmiştir. Wagner suya giriş esnasında kesit kenarında kümelenmiş bir su kütlesi tarif etmiş, basınç dağılımı ve kuvveti hesaplamıştır. İki teori de toplam momentumun korunumu prensibine dayanmaktadır. Şayet kalkıntı açısı çok küçük ise Von Karmen denklemi, Wagner denklemi ile aynıdır. Bu teorilere göre cismin birim boyu için darbe kuvveti, ortalama ve maksimum basınç 'M' cismin kütlesi olmak üzere eş zamanlı bir şekilde 2.1, 2.2 ve 2.3 denklemleri ile hesaplanır.[8]

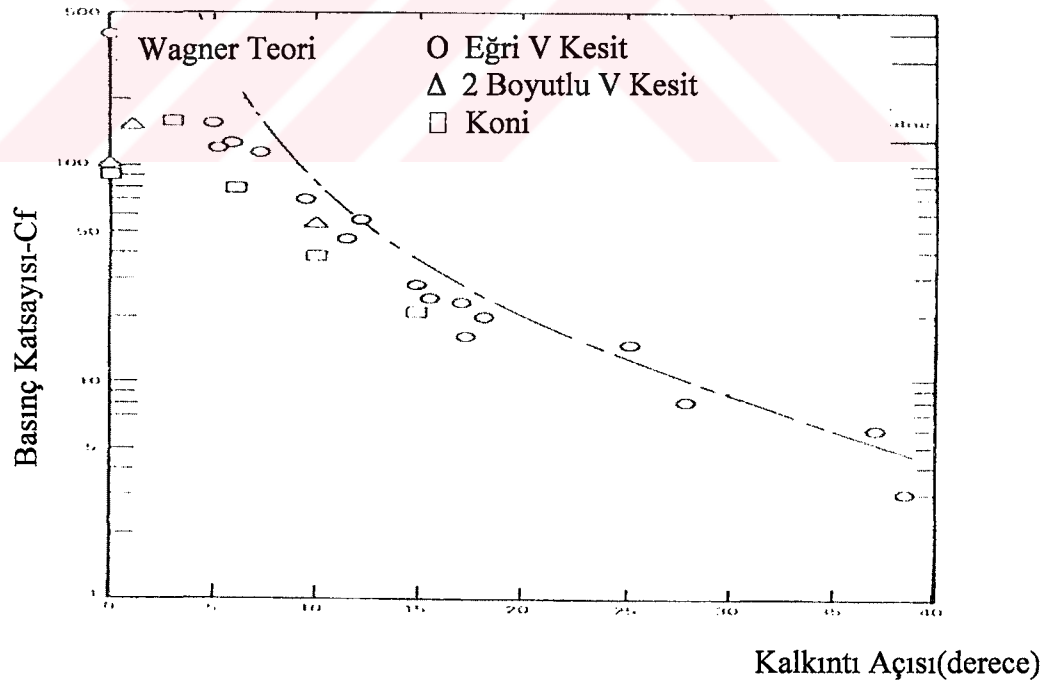
$$F = \frac{V_o^2 \cot \beta}{\left(1 + \frac{\rho \pi r^2}{2M}\right)^3} \rho \pi r \quad (2.1)$$

$$p = \rho \frac{V_o^2}{2} \frac{\pi \cot \beta}{\left(1 + \frac{\rho \pi r^2}{2M}\right)^3} \quad (2.2)$$

Buna göre maksimum basınç:

$$p_{\max}(r=0) = \frac{\rho V_o^2}{2} \pi \cot \beta \quad (2.3)$$

Wagner teoriye göre yapılan basınç testlerinde elde edilen değerler Şekil 2.2’de görülmektedir.



Şekil 2.2 : Wagner teori ile yapılan basınç testi sonuçları [6]

Teorik basınç hesaplama yöntemlerinden diğeri Amerikan Ulusal Havacılık Kurulu tarafından belirlenen tekne dip basıncı yaklaşımı aşağıda verilmiştir. Buna göre omurgadaki basınç;

$$P_k = C_2 (k_2 * V_s^2 / \tan \beta) \quad (2.4)$$

P_k = Omurgadaki basınç, psi

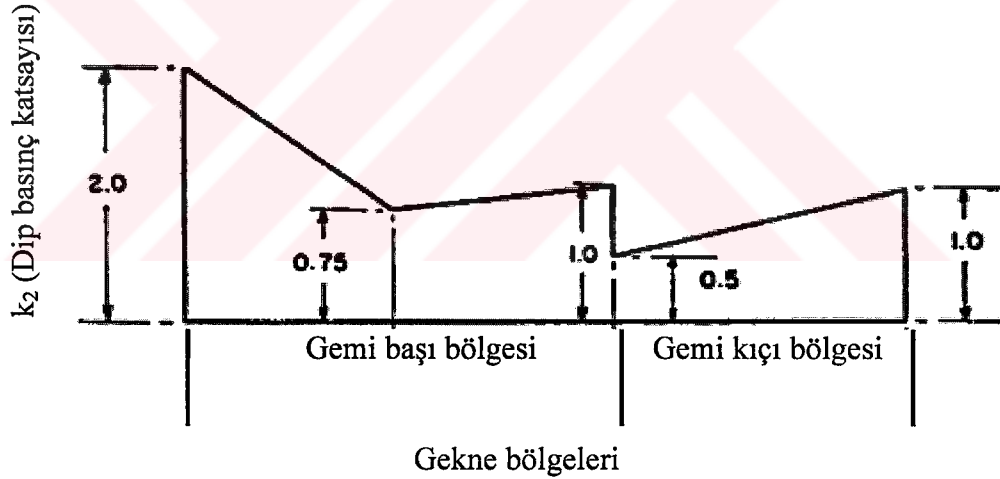
$$C_2 = 0.00213$$

k_2 = Tekne kesitleri noktalarındaki ağırlık faktörü. (Şekil 2.3)

V_s = Tekne hızı, knots

β = Kalkıntı açısı

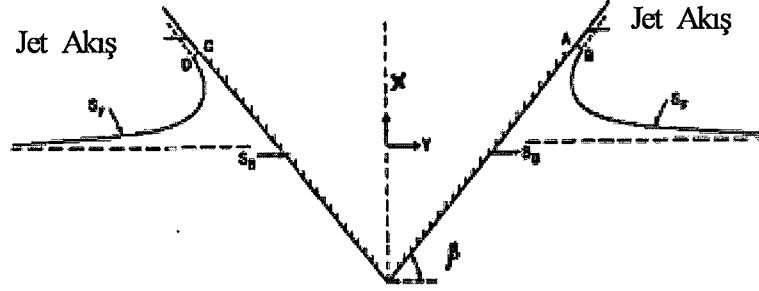
Şekil 2.3’de 2.4 formülünde kullanılan k_2 katsayısının gemi boyunca değişimi görülmektedir.[1]



Şekil 2.3 : Tekne bölgelerine göre ağırlık faktörü

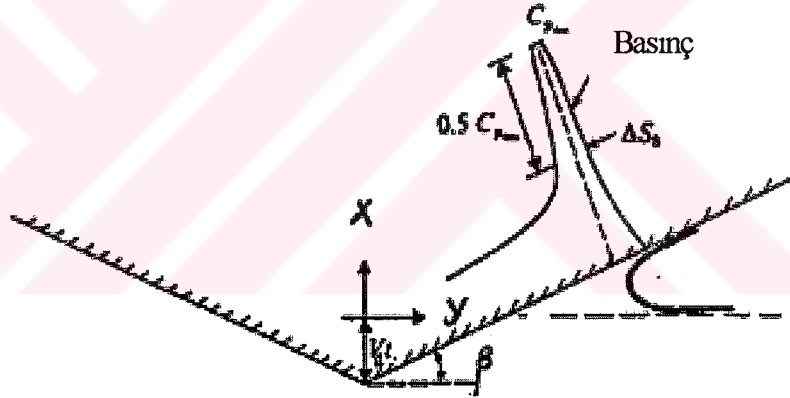
Keyfi bir kesidin suya girişinin sayısal olarak incelemesi ilk olarak Zhao ve Faltinsen tarafından yapılmıştır. Bu metodun en önemli özelliği cisim ile serbest su yüzeyi arasında jet akışın tarifi ile kütlenin korunumu kanununa göre cisim ile su yüzeyi arasındaki kısmın doğru olarak tarif edilmesidir. Bu metod kütle, enerji ve momentum korunumu ilkelerini kapsamaktadır. Su sıkıştırılmaz ve akış rotasyonel değildir. Darbe hızında sıkıştırılmanın etkisi azdır. Pratikte bu büyük bir sınırlama değildir. Yerçekimi ivmesi ve vizkozite ihmal edilebilir. Bu etki esnasında cisim ile

akış arasında hava olmadığı farz edilir. Bunun anlamı kalkıntı açısının 2-3 dereceden daha büyük olduğudur.



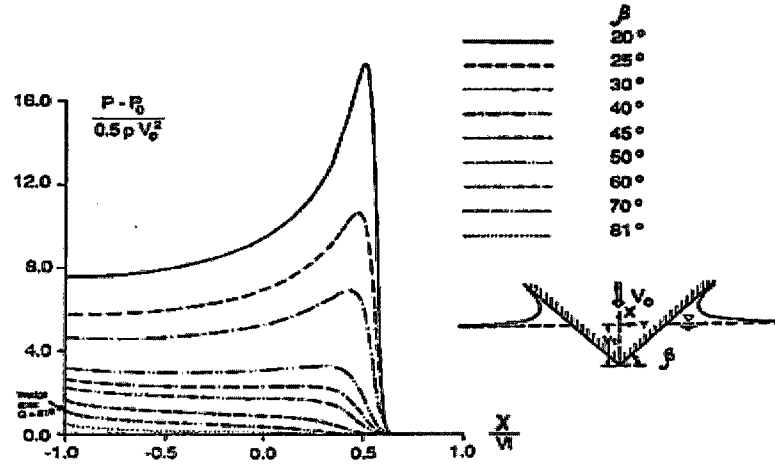
Şekil 2.4 : Keyfi bir kesidin sınır değer metod ile sayısal çözümünde kullanılan koordinat sistemi ve kontrol yüzeylerinin görünüşü

Serbest su yüzeyi ile cisim arasındaki jet akış Şekil 2.4, basınç dağılımı ise Şekil 2.5'te görülmektedir.



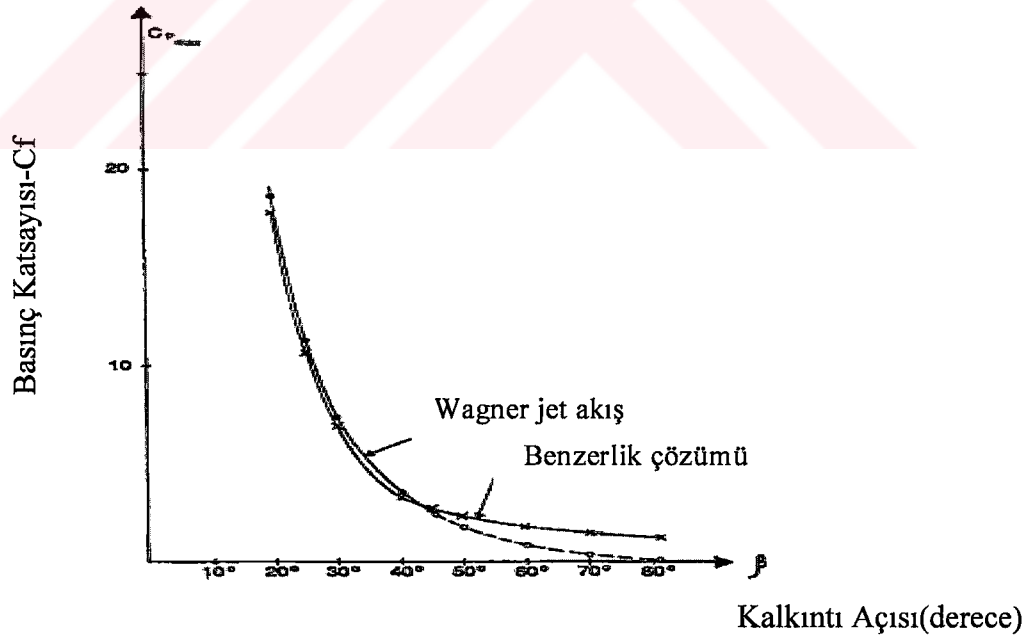
Şekil 2.5 : İki boyutlu bir cismin suya girişi esnasındaki dövünme basıncı parametreleri

Farklı kalkıntı açılarında basınç dağılımı Şekil 2-6'da görülmektedir. Maksimum basınç kalkıntı açısı 45 derece olduğunda kesidin en ucunda, kalkıntı açısı 45 dereceden büyük olduğunda kesidin en üst noktasında oluşur.[9]



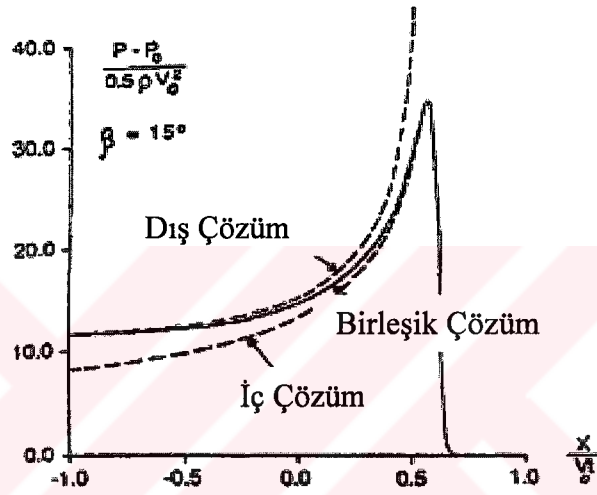
Şekil 2.6 : Benzerlik çözümü ile suya girişteki tahmini basınç dağılımı [9]

Wagner formülü ile benzerlik çözümünün maksimum basınç katsayılarının karşılaştırılması Şekil 2-7’de verilmiştir. Görüldüğü gibi çok geniş kalkıntı açılarında Wagner formülü uygun değerler içermeyip, kalkıntı açısının küçük olduğu değerlerde uygun sonuçlar vermektedir.



Şekil 2.7: Wagner asimtotik yaklaşımı ile benzerlik yöntemi
çözümlerinin karşılaştırılması [9]

Simetrik kesitte yaptığı çalışma ile benzerlik çözüm yöntemini geliştiren Dobrovskaya olmuş, bu yöntemi Zhao ve Faltinsen değişik kalkıntı açıları ile nümerik olarak geliştirmiştir.[10] Zhao ve Faltinsen asimtotik yaklaşımı ile akış iç ve dış olarak tarif edilmiştir. İç akış bölgesi tarifinde Wagner'in lokal jet akışı analizinden yararlanılmış, dış akış bölgesi tarifinde ise cismin yüzey şartları ile serbest su yüzeyi şartları cismin karşılaştığı düz bir hata ötelenmiştir. İki çözüm yöntemi ile geliştirilen birleşik çözüm Şekil 2.8'de görülmektedir.



Şekil 2.8 : Birleşik çözüm yöntemindeki basınç dağılımı

Asimtotik yaklaşımda dikey eksendeki maksimum basıncın yeri;

$$x = \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right) V_0 t, \quad (2.5)$$

Maksimum dövünme basıncı katsayısı;

$$C_{pmax} = \frac{P_{max} - P_0}{0.5 \rho V_0^2} = \frac{\pi^2}{4} \cot^2 \beta \quad (2.6)$$

Bölgesel kalkıntı açısı yalnızca gemi en kesidi için yeterli bir parametre olmayıp bölgesel sintine eğriliği de önemlidir. Cisim ile su arasına giren hava, basıncı

düşürmektedir. Cismin elastisitesi arttıkça etki basıncı azalacaktır. Yapının elastisitesine ve hava girişine bağlı olarak maksimum basınç; [1]

$$P_{max} = St * \rho_s * C_w * V_o \quad (2.7)$$

olarak verilir.

St = Yapısal etki katsayısı

ρ_s, C_w = Su ve hava karışımındaki dalganın yoğunluğu ve hızı

V_o = Bağlı hız

2.1.2 Üç boyutlu yaklaşımlar

Problemin üç boyutlu olarak teorik incelenmesi oldukça karışıktır. Ancak açıktır ki üç boyutlu olarak inceleme esastır. İlk incemeler üç boyutlu cismin sakin suya girmesi ile yapılmıştır Bu yaklaşımda bile vizkozite, yüzey gerilmesi, hava girişi, hava ve suyun sıkıştırılabilirliği ve geminin hızı ihmal edildiği kabulü ile yapılır. Karmaşıklıktan dolayı üç boyutlu sınır değer problemi, bir takım yaklaşımlarla iki boyutlu strip teori ile incelenmiştir. Hidrodinamik teorilerde gemi üniform olarak kabul edilir ve tekne birbirinden bağımsız parçalara ayrılmıştır. Lineer olmayan serbest su yüzeyi şartları ile üç boyutlu potansiyel problemi formüle eden Troesch ve Kang, çözümlerinde iki boyutlu strip teori ile üç boyutlu sınır değer problemini panel metod ile çözmüş ve gemiler için çeşitli datalar elde etmiştir.

Üç boyutlu olarak dövünme basıncı katsayısı:

$$C_{vs} = \frac{2 * m * z}{\rho * \pi * (L/2)^2 * V_o^2} \quad (2.8)$$

C_{vs} = Dövünme basıncı katsayısı

m = Kütle

..

z = Dikey ivme

- ρ = Su yoğunluğu
 L = Karakteristik boy
 V_0 = İlk hız.

2.2 Deneysel Sonuçlar

Dövmenin deneysel olarak incelemesi iki şekilde yapılır.

1. İki boyutlu rijit bir cismin su yüzeyine düşmesi
2. Düzenli ve düzensiz dalgalar ile yapılan model testleri

Model deneyleri sonucu elde edilen sonuçlar Tablo 2-2’de görülmektedir.

İki yöntemin temel amacı suya giriş esnasında basınç ve hız arasında bir ilişki kurmaktır. Model testleri sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1. Basınç ilk darbe anında maksimumdur.
2. İlk darbe anında basınç hızın karesi ile orantılıdır. k katsayısı geminin enine kesidi ile alakalıdır. Hız suya giriş anındaki hızdır.
3. Gemi hızının değişikliğinin k katsayısına etkisi yoktur.
4. k katsayısı düzenli ve düzensiz dalgalar için aynıdır.
5. k katsayısı tüm deniz durumları için aynıdır.
6. Darbe esnasında kritik bölge draftın gemi dibinden 1/10 mesafesinde veya 0.005 gemi boyu mesafesinde gerçekleşir.
7. Tüm şartlar aynı olduğunda üç boyutlu olarak elde edilen basınç değeri iki boyutlu olarak elde edilen basınç değerinden küçüktür.[1]

Tablo 2.2 : Model testleri sonucunda elde edilen sonuçlar

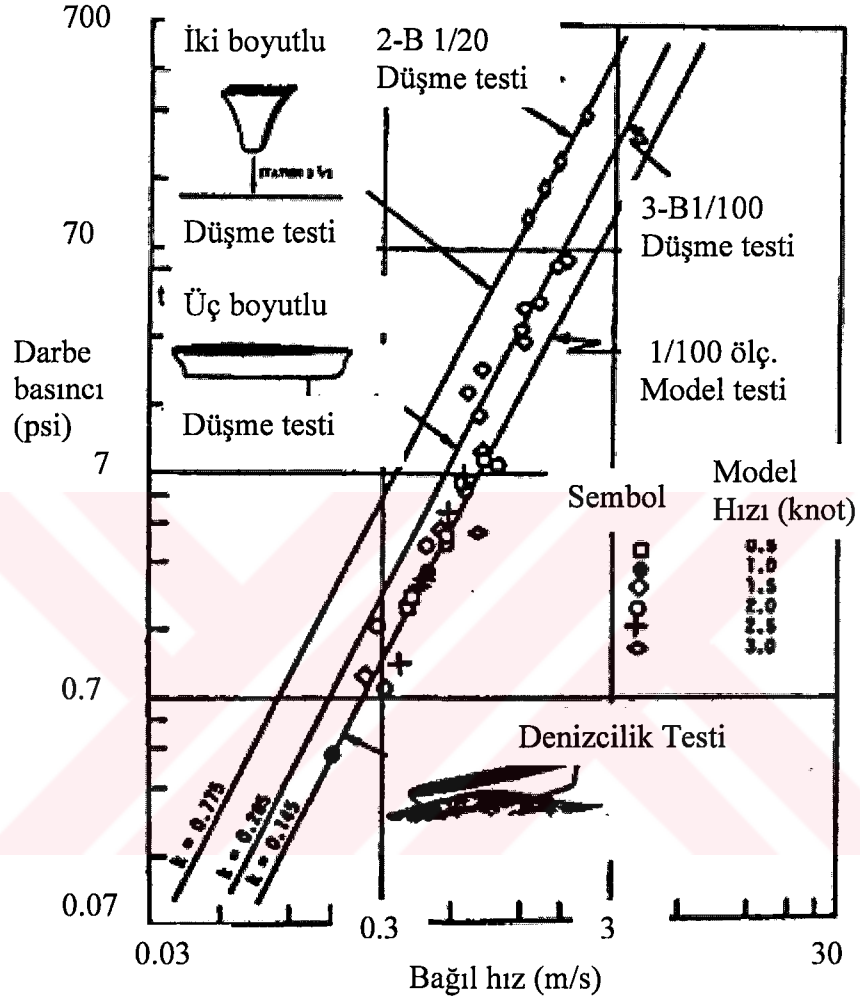
TEST		MODEL		k-DEĞERİ (psi.sec ² /ft ²)
Düşme Testi	Denizcilik Testi	İki Boyutlu	Gemi formu	
	Düzensiz dalgalar		12.7-ft Mariner Sta 2	0.086
	Düzensiz dalgalar		5.5-ft Mariner Sta 2	0.086
	Düzenli dalgalar		5.5-ft Mariner Sta3/2	0.145
Açık su			5.5-ft Mariner,Sta3/2	0.305
	Düz/Düzensiz dal.		17.5ft Düzenlenmiş Mar Sta2	0.033
	Düzensiz dalgalar		12.7ftDüzenlenmiş Mar St3/2	0.077
	↓		17.5ft Challenger.Sta 2	0.053
			17.5ft Challenger Sta3/2	0.125
			17.5ft Townsend. Sta 2	0.021
			17.5ft Townsend. Sta 3/2	0.077
İki boyutlu Test kanalı		Düz dip		0.365
↓		Düz dip		0.420
		Düz dip		0.495
		Uform		0.950
		UVform		0.780
		V form		0.580
Açık su		V kesit (10derece)		0.150
Açık su		Düz dip		0.210
İki boyutlu Test kanalı		Düz dip		0.660
		V Kesit (6 derece)		0.190
		V Kesit (10derece)		0.125
↓		V Kesit (15derece)		0.031

2.2.1 Model Ölçek Etkisi

Model testleri ile dövünme basıncına karar vermek için, simülasyon kuralları önem kazanmaktadır.Model deneyi ile ölçülen basınç ile gerçek basınç arasında aşağıdaki kurallar geçerlidir.

1. Froude ölçeği uygulanmalıdır.
2. Her etki bölgesinin kütlesi model ve gerçek ölçüde farklıdır.
3. Akış iki boyutlu durumda, üç boyutlu akışa göre daha kolaydır.
4. Basınç omurganın en alt seviyesinde en fazla olup, yukarıya çıkıldıkça belirli oranda azalmaktadır.

5. k katsayısı ölçüğe bağlı olmayıp, model ve gerçek ölçülerden bağımsız teknenin enine kesidine bağlıdır.



Şekil 2.9 : Üç tip dövünme deneyi ile alakalı basınç hız değerleri [11]

Şekil 2.9'da model testleri sonucu elde edilen k katsayısı değerlerinin değişimi görülmektedir.

2.2.2 Tam ölçek testler

Gemi model testleri ile karakteri yansıtılan teknenin gerçek değerleri tam ölçek testleri ile gerçekleştirilmektedir. İstenilen şartların sağlanmasındaki zorluk ve geminin inşasından sonra gerçekleşmesi dezavantajıdır. İlk tecrübeler USCGC UNIMAK ile yapılmıştır.[6]

2.3 Deneye Dayalı Ampirik Formüller

Dövünme basıncı deneye dayalı k değeri tanımlaması şeklinde hesap edilmektedir.

Gemi kesidi için k değeri regresyon denkleminde çıkarılır. k 'nın boyutsuz olmamasından dolayı üç parametrelilik tekne formuna bağlı, boyutsuz k_1 katsayısı tanımlanmıştır.[3]

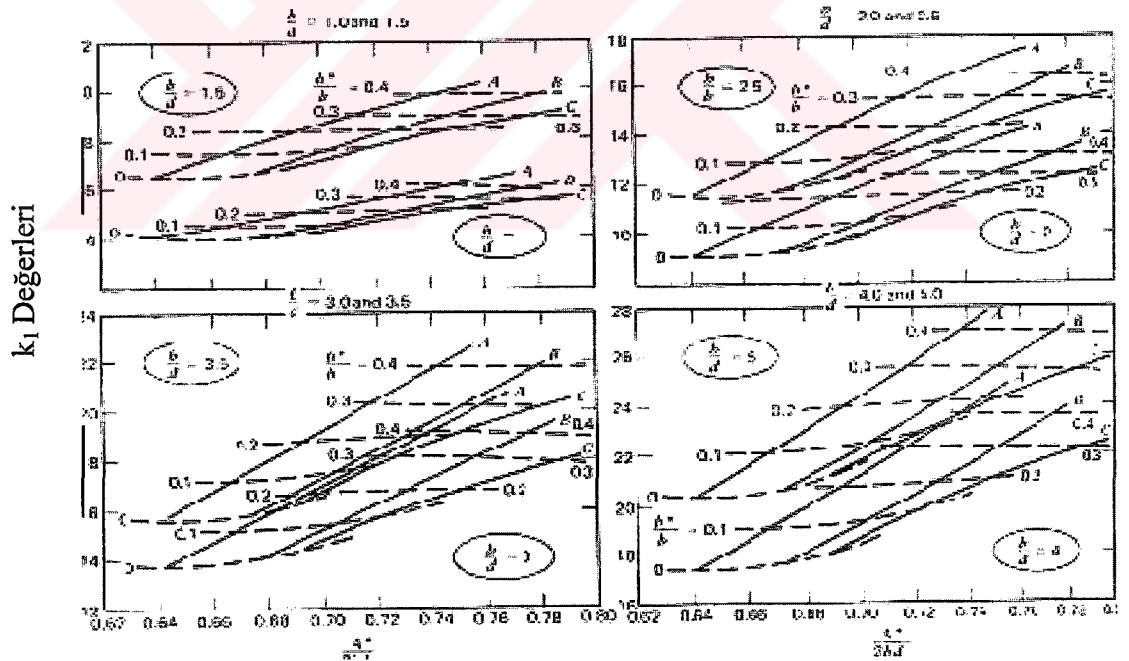
$$k_1 = 2k / \rho \quad \text{veya} \quad p = 1/2 * \rho * k_1 * V_r^n \quad (2.9)$$

$$P = k * V_r^n$$

k = Katsayı (sıvının yoğunluğu ρ 'yu içerdiği için boyutsuz değildir)

V_r = Baştaki dövünme sırasında darbe hızı (ilgili postada dalga ile gemi dibi arasındaki bağıl hız)

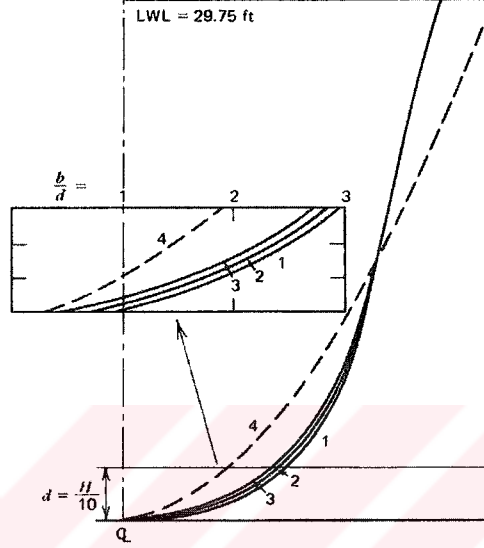
n = üs (1,7 - 1,9)



Şekil 2.10 : k_1 boyutsuz katsayı değerlerinin değişimi

Bu denklem çeşitleri, tatlı su ve tuzlu su arasındaki yoğunluk farkının ortaya çıktığı durumlarda değerlendirilir. 120 değişik enine kesitli tekne formları, genişlik/draft oranı (B/T); boyutsuz dip genişliği (b^*/B), bölgesel alan katsayısının fonksiyonları

olarak verilmiştir. Burada; $Ca = A^*/2bd$, b düz dibin yarı genişliği , A dizayn draftının onda birinin altındaki bölgesel alandır. k_1 değerleri b^*/b , b/d ile b/t oranı, kesit alanı ve dip düzlemliliğinin fonksiyonudur. Tekne parametrelerine bağlı olarak k_1 değerinin bulunması Şekil 2.10'da ve tekne kesidine bağlı olarak parametrelerin ifadesi Şekil 2.11'de verilmiştir.



Şekil 2.11 : k_1 değerinin belirlenmesine yönelik örnek gemi en kesidi [3]

Dövmüne basıncının hesaplanması için bir diğer yöntem Stavovy-Chuang tarafından geliştirilen bir yöntemdir. Bu metotta basınç tekne dip yapısından normal doğrultuda iki bileşene ayrılır.[12]

$$P_t = P_i + P_p$$

$$P_t = \text{Toplam basınç}$$

$$P_i = \text{Darbe basıncı (Bağıl hızın normal doğrultusunda oluşturduğu basınç)}$$

$$P_p = \text{Kayma basıncı (Bağıl hızın teğetsel doğrultuda oluşturduğu basınç)}$$

$$P_{\max} = (k_1 / \cos^4 \beta) * \rho * V_n^2 + 1/2 * \rho * V_t^2 \quad (2.10)$$

V_n = Normal doğrultudaki hız

V_t = Teğetsel doğrultudaki hız

$$k_1 = 24.2182 \beta + 72 \beta$$

$$0^\circ < \beta < 2.2^\circ$$

$$k_1 = 314.22087 - 136.10614 \beta + 29.34059 \beta^2$$

$$- 3.3681 \beta^3 + 0.19552 \beta^4 - 0.00451 \beta^5$$

$$2.2^\circ < \beta < 11^\circ$$

$$k_1 = 683.81885 - 193.6841 \beta + 22.70183 \beta^2$$

$$- 1.3385 \beta^3 + 0.039384 \beta^4 - 0.0004606 \beta^5$$

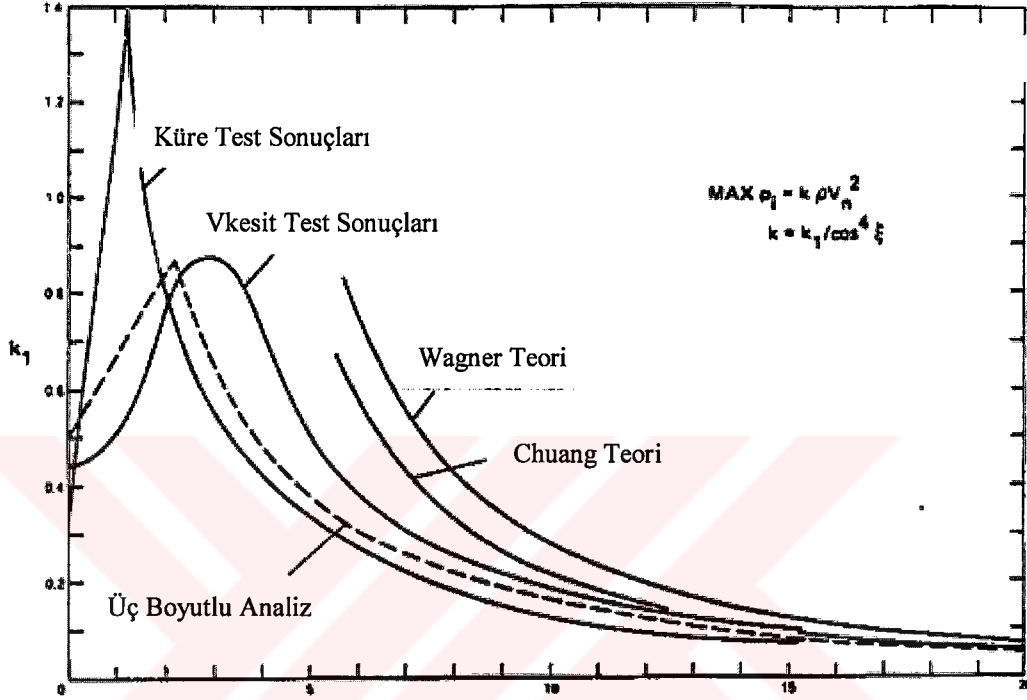
$$11^\circ < \beta < 20^\circ$$

$$k_1 = (1 + 2.4674 / \tan^2 \beta) 0.3842824$$

$$20^\circ < \beta [13]$$

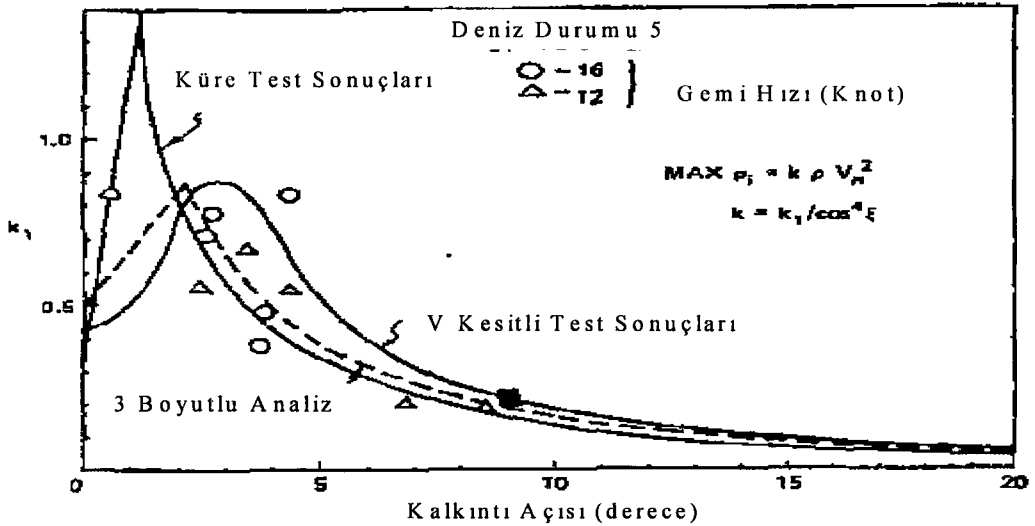
Yukarıdaki formüllere göre hesaplanan k_1 değerlerinin karşılaştırması

Şekil 2.12’de verilmiştir.



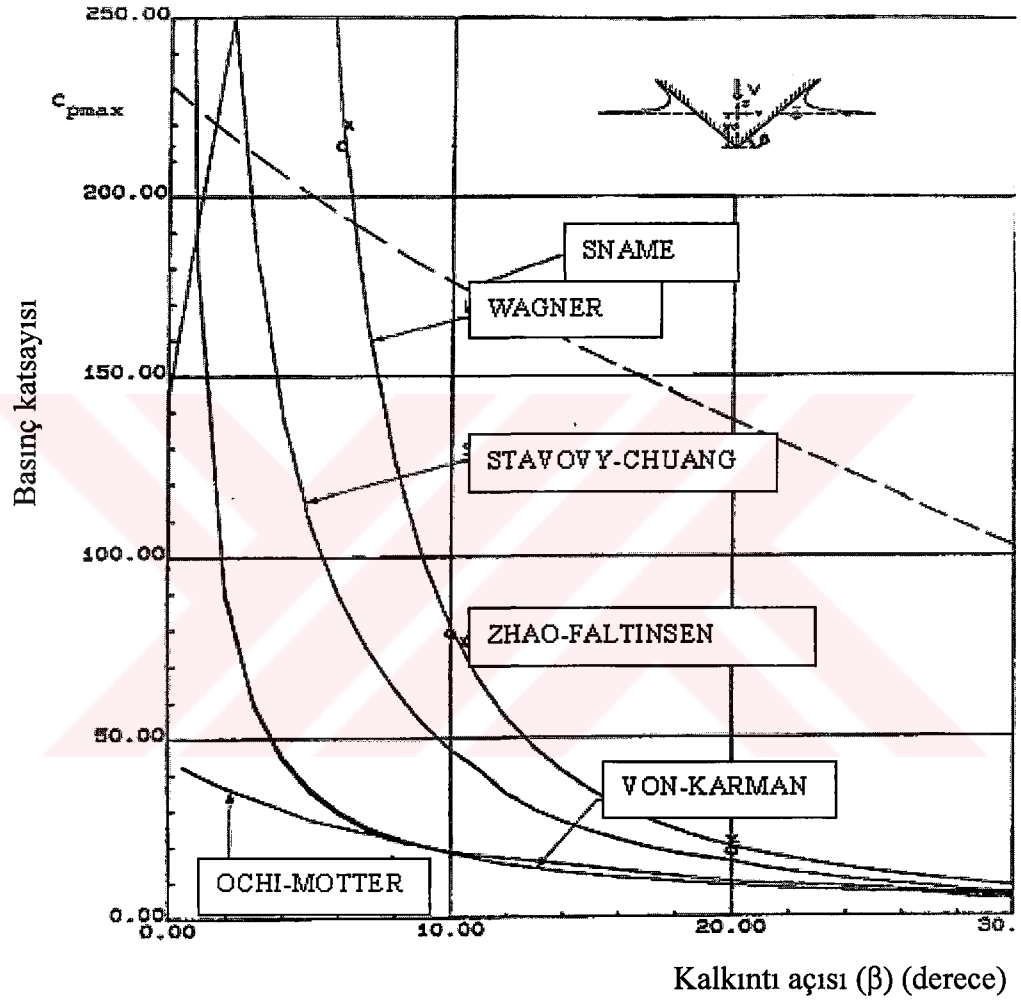
Şekil 2.12 : k_1 değerlerinin karşılaştırılması [1] Kalkıntı Açısı (derece)

Deneysel datalar ile teorik uygulamalar sonucu k_1 değerlerinin tam ölçekli testler ile karşılaştırması Şekil 2.13’de görülmektedir.



Şekil 2.13 : Teorik ve deneysel dataların karşılaştırması [12]

Şimdiye kadar incelediğimiz gerek teorik, gerekse deneye dayalı datalar ile bulunan yaklaşık yöntemlerin belirli bir katsayıya bağlı olarak tümünün değerlendirilmesi, ve tezin ilerleyen bölümlerinde referans olarak kullanılabilecek ana karşılaştırma tablosuna ihtiyaç duyulduğundan, tüm yöntemleri içine alan basınç katsayılarına bağlı olan karşılaştırması Şekil 2.14’de verilmiştir.



Şekil 2.14 : Bölüm 2’de sunulan ve basınç hesabında kullanılabilecek tüm yöntemlerin, basınç katsayılarının karşılaştırması[1]

3. KAYICI VE DEPLASMAN TEKNELERİNİN DALGALARDAKİ DAVRANIŞLARININ İNCELEMESİ

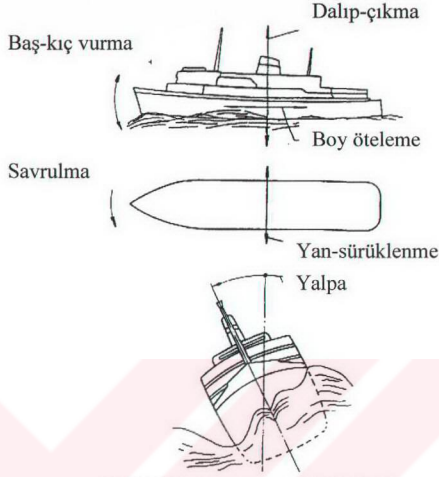
3.1 Dalgalardaki Hareketin Önemi

Bu bölümde gemi hareketlerinin açıklanması esas alınmıştır. Kayıcı ve deplasman teknelerinin dalgalar arasındaki etkisi incelenmiş ve tüm hareketlerinde yüksek hıza sahip kayıcı teknelerin hareket ve ivme değerlerinin önemi vurgulanmıştır.

3.2 Gemi Hareketleri

Karışık dalgalı denizlerde, gemi-dalga etkileşimiyle meydana gelen gemi hareketleri genel gemi performansı bakımından büyük bir öneme sahiptir. Genel olarak gemi bir katı cisim olarak incelendiğinde altı serbestlik derecesine sahip dinamik bir sistem oluşturur. Şekil 3.1’de görüldüğü gibi böyle bir sistemdeki gemi hareketlerini üç eksen doğrultusunda öteleme (doğrusal) ve dönme(açısal) olarak yapar. Burada OXYZ sabit eksen takımında ; boyuna X, enine Y ve düşey Z eksenleri boyunca gemi ağırlık merkezinin sırasıyla yaptığı boy öteleme, yan öteleme ve dalıp çıkma doğrusal hareketlerini ; başlangıç noktası , G ağırlık merkezinden geçen gemiye bağlı eksen takımına göre boyuna XG , enine YG ve düşey ZG eksenleri etrafında sırasıyla yaptığı yalpa, baş kıç vurma ve savrulma hareketleri periyodik karakterdeki dönme hareketlerini oluşturur. Genelde karışık denizlerde hareket eden gemiler bu altı serbestlik derecesindeki hareketlerin hepsini bir arada yapmaya zorlanmalarına rağmen dalgaların karakterlerine ve gemiye geliş yönlerine göre bu hareketlerin genlikleri kadar hız ve ivmeleri de önem kazanır. Yüksek ivmeler büyük atalet kuvvetlerine yol açmakta ve bu kuvvetler gemi bünyesi ve sistemlerinde zorlamalar yaparak arıza ve hasarların meydana gelebilme olasılıklarını arttırmaktadır. Bu durum ayrıca gemi personelinin de çalışmasını engelleyeceğinden performanslarını azaltmaktadır.[4, 14]

Hareketlerin genlikleri ise, dövünme gibi pek fazla istenmeyen olaylara yol açarak geminin denizcilik kabiliyeti üzerinde etkili olmaktadır.



Şekil 3.1 : Gemi hareketleri [14]

3.3 Dövünme ve Dip Basıncı

Bir nceki bölümde anlatılan hareketleri yanında, gemi ile dalga arasındaki bağlı hareket geminin baş ve kıçında maksimum değerlere ulaşmaktadır. Deniz durumu arttıkça bağlı hareket değerinin artması gemi başının ve pervanesinin sudan çıkması sonucunu doğurur. Omurganın tekrar suya girmesi sonucu slam(dövünme) denilen olay olur ki gemi dibi ve gemi başı su yüzeyine çarpar. Tipik dövünme olayı Şekil 3.2’de görülmektedir.[15]

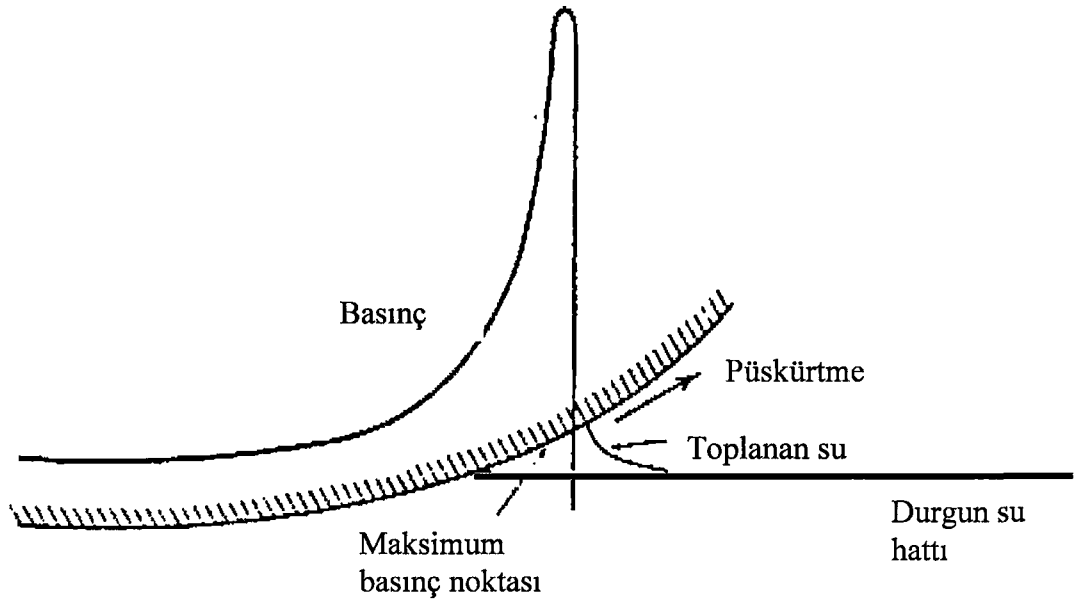


Şekil 3.2 : Gemi başının dövünmesi

Bağıl hareket genel olarak gemi karakteristiklerine ve çevre şartlarına bağlıdır ve birkaç bileşene ayrılır. Geminin dalıp-çıkma ve baş-kıç vurma hareketleri incelenerek dalga yapısına bağlı olarak geminin bağıl hareketine karar verilir.[3]

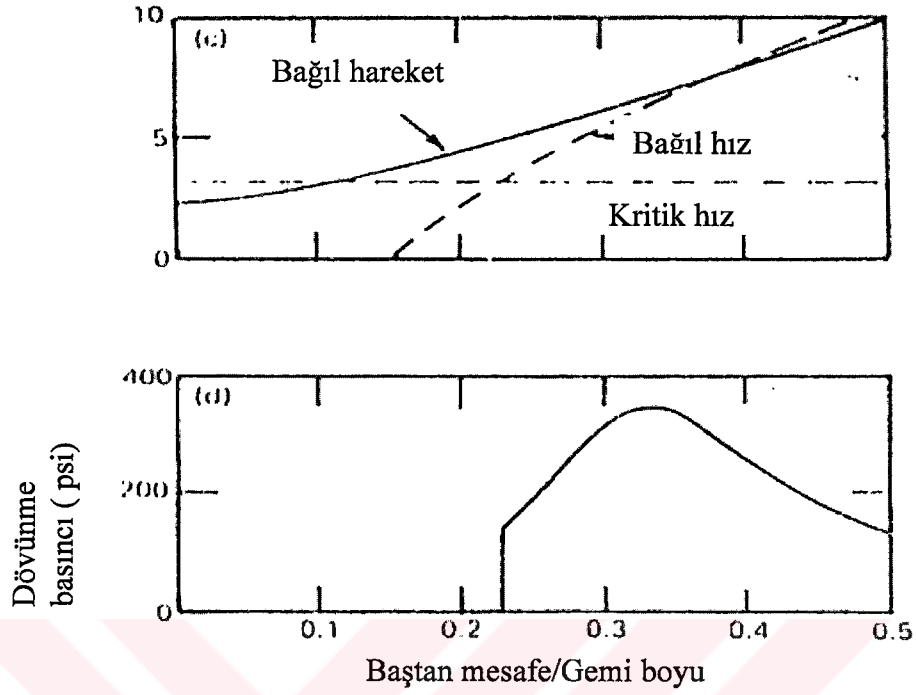
Gemi başında oluşan dövünme, bir çok geminin limit performansının kriteridir. Dövünmeden dolayı yapısal hasarlar zaman zaman meydana gelmektedir. Genel olarak dövünmeyi iki ana etkiye bağlayabiliriz. Bunlardan biri aşırı basınç ve basınç değişimlerine bağlı olarak gemi bünyesinde oluşan gerilme değişimidir. (Yatay ve düşey yönlerdeki periyodik şekil değiştirme 'whipping'(zamana bağlı değişken gerilme) olarak ifade edilmektedir.)

Dövünme basıncı çok kısa süreli ve lokaldır. Bu hareketten dolayı maksimum basınç, yüzey kenarında gemi başının su ile temas ettiği bölgede, gemi başı suyun üzerine çıktıktan sonra tekrar suya girmesi sırasında oluşur. Gemi suyun içine girdiğinde maksimum basınç dışı doğru yönelir ve büyüklüğü azalmaya başlar. Dövünme ani ivme değişikliği (acceleration/ deceleration) ile alakalıdır. Deplasman ve kayıcı teknelerde ivme değişimleri gemilerin başında oluşur ve değeri bu bölgede en büyüktür. İlave olarak basınç etkisi suya giriş anındaki serpintiden dolayı artmaktadır. Maksimum basıncın gemi dip yapısında oluşumu Şekil 3.3'te, örnek bir fırkateyndeki basınç, bağıl hareket ve hız değerleri Şekil 3.4'te görülmektedir.



Şekil 3.3 : Gemi dip yapısındaki basınç dağılımı [6, 14]

Bağıl hareket (m) ve bağıl hız (m / sn)



Şekil 3.4 : Örnek fırkateyden alınan basınç, bağıl yerdeğiştirme ve hız değerleri[6]

3.4 Gemiler İçin Dövünme Kriterleri

3.4.1 Dövünme basıncı için temel teorem

V kesidinde bir cisim, dikey olarak z kadar mesafeden suya girdiğinde, hareketin denklemi aşağıdadır.

$$F_i + F_d + (F_b - F_w - F_s) = 0$$

F_i : Eylemsizlik kuvveti

F_d : Sönüm kuvveti

F_b : Sephiye kuvveti

F_w : Kesit ağırlığı = $g \cdot M_o$

F_s : Gemi diğer kesitlerinin kuvveti

Başlangıç etkisi için; F_d , F_b ve F_w kuvvetleri oldukça küçüktür. Bu nedenle;

$$F_i = F_s \quad (3.1)$$

$$\text{Momentum} = (M_o + a_z) \cdot z$$

M_o : Kesit kütlesi

a_z : Kesit ek su kütlesi

$$F_i = \frac{d}{dt} (\text{Momentum}) = (M_o + a_z) \cdot \dot{z} + \dot{a}_z \cdot z \quad (3.2)$$

$\dot{a}_z$: Zamana bağlı ek su kütlesi

$$(M_o + a_z) \cdot \dot{z} + \dot{a}_z \cdot z = F_s \quad (3.3)$$

$$F_s - M_o \cdot \dot{z} = \dot{a}_z \cdot z + a_z \cdot \dot{z} \quad (3.4)$$

Eşitlik hidrodinamik kuvveti bulmak için kullanılır.

$$P = F_s - M_o \cdot \dot{z} = \dot{a}_z \cdot z + a_z \cdot \dot{z} \quad (3.5)$$

Ek su kütlesi değişimi;

$$\dot{a}_z = \frac{da_z}{dz} \cdot \frac{dz}{dt} = \frac{da_z}{dz} \cdot \dot{z} \quad (3.6)$$

(3.3) ve (3.6) denklemleri birleştirilirse;

$$(M_o + a_z) \cdot \dot{z} + \frac{da_z}{dz} \cdot (\dot{z})^2 \cdot z = F_s \quad (3.7)$$

Denklemden görüldüğü gibi, hidrodinamik etki hızın karesi ile orantılıdır. Başlangıç anında V kesidinde $t=0$, $z=0$ ve $z=V_o$ olduğunda;

$$\dot{z} = Mo \cdot Vo / Mo + az \quad (3.8)$$

$$\ddot{z} = Mo \cdot Vo \cdot az / (Mo + az)^2 \quad (3.9)$$

(3.5) denkleminde,

$$Etki = P = Mo \cdot Vo \cdot az / (Mo + az)^2 \quad (3.10)$$

$$P / Mo = Vo \cdot az / (1 + (az / Mo))^2 \quad (3.11)$$

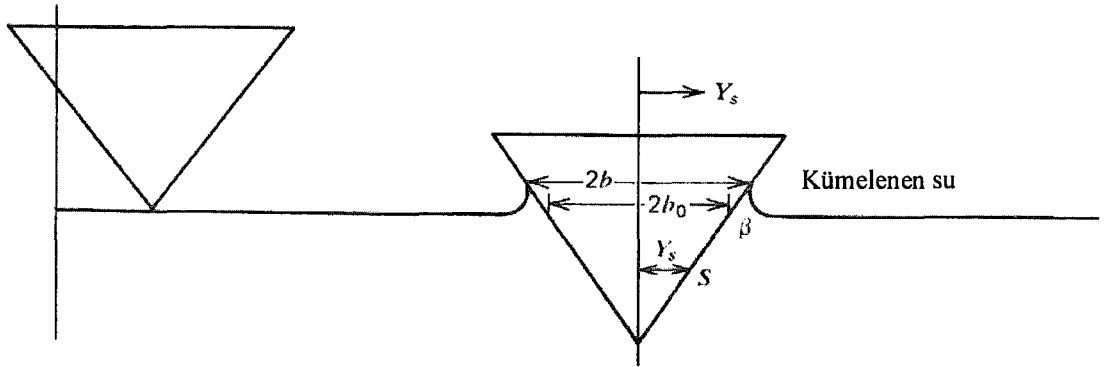
Mo , az 'ye göre çok büyük ise; $Etki \rightarrow Mo \rightarrow \infty$

$$P \rightarrow Vo \cdot az \text{ olur.} \quad (3.12)$$

Bu eşitlikten başlangıç anında ivmenin hidrodinamik kuvvete bir etkisinin olmadığı anlaşılmaktadır.

Şekil 3.5'de verilmiş dalmış V kesitli düz bir yüzey için , $2bo$ 'lık genişliğe düşen ek su kütlesi,

$$az = 1/8 \cdot \Pi^3 \cdot \rho \cdot z^2 \cdot Cot g^2 \beta \quad (3.13)$$



Şekil 3.5 : Dalmış V (kama) kesitli yüzey [3]

Kesitte basınç dağılımı,

$$P = \frac{1}{2} * \rho * V_o^2 * \left[\left(\frac{\pi}{\beta} \sqrt{1 - (x/b)^2} - x^2 b^2 / (x^2/b^2) + 2 z / V^2 (\sqrt{b^2 - x^2}) \right) \right] \quad (3.14)$$

P = basınç (psf)

β = Kalkıntı açısı

x = Orta kesitten yatay mesafe (ft)

$V_o(z_x) = x$ kadar mesafedeki bağıl dikey hız (ft/sn)

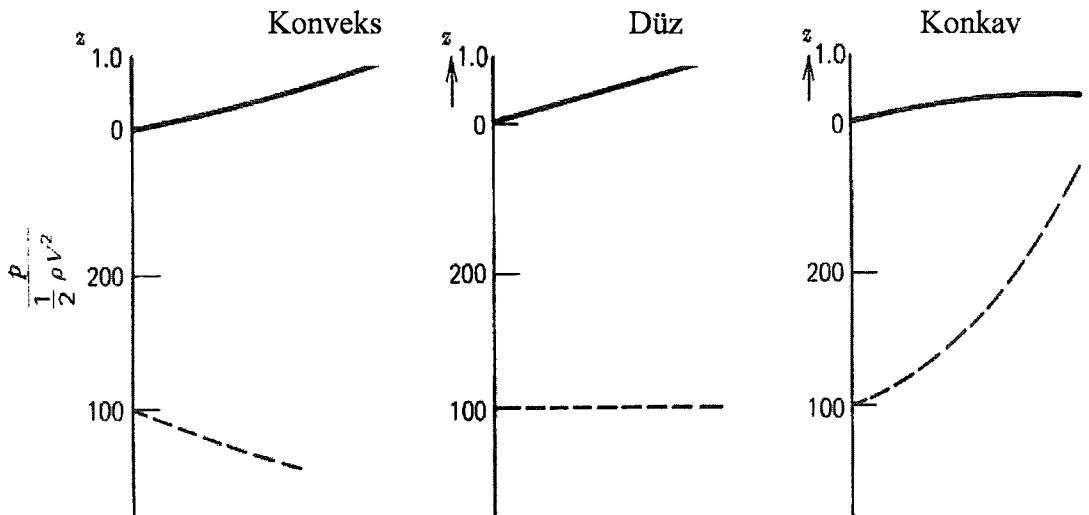
$z_x = x$ kadar mesafedeki bağıl ivme (ft/sn²)

b, z'nin bir fonksiyonu olarak ; $b = \pi z / 2 \beta$ olduğunda;

z'in değeri ek su kütleline göre küçük olduğundan, basınç aşağıdaki denklemden hesaplanır.

$$P / \frac{1}{2} * \rho * V^2 = \left[\frac{\pi}{\beta} \sqrt{x^2/b^2} - \left[x^2 b^2 / 1 - (x^2/b^2) \right] \right] \quad (3.15)$$

Değişik tekne şekillerine göre (konveks ve konkav) Şekil 3.6'da görüldüğü gibi, konveks şekilli gemide (dip yapısı için bilinen gemi kesidi) basınç suya penetre ederek azalır, konkav kesitli gemilerde basınç artar.



Şekil 3.6 : Farklı tip tekne baş formuna göre basınç değişimi

Gemide maksimum basınç omurgada oluşur. Geminin suyla temas noktasındaki basıncı aşağıdaki formül ile bulunabilir.

$$P/ \frac{1}{2} * \rho * V^2 = 1 + \Pi^2/4 \beta^2 \quad (3.16)$$

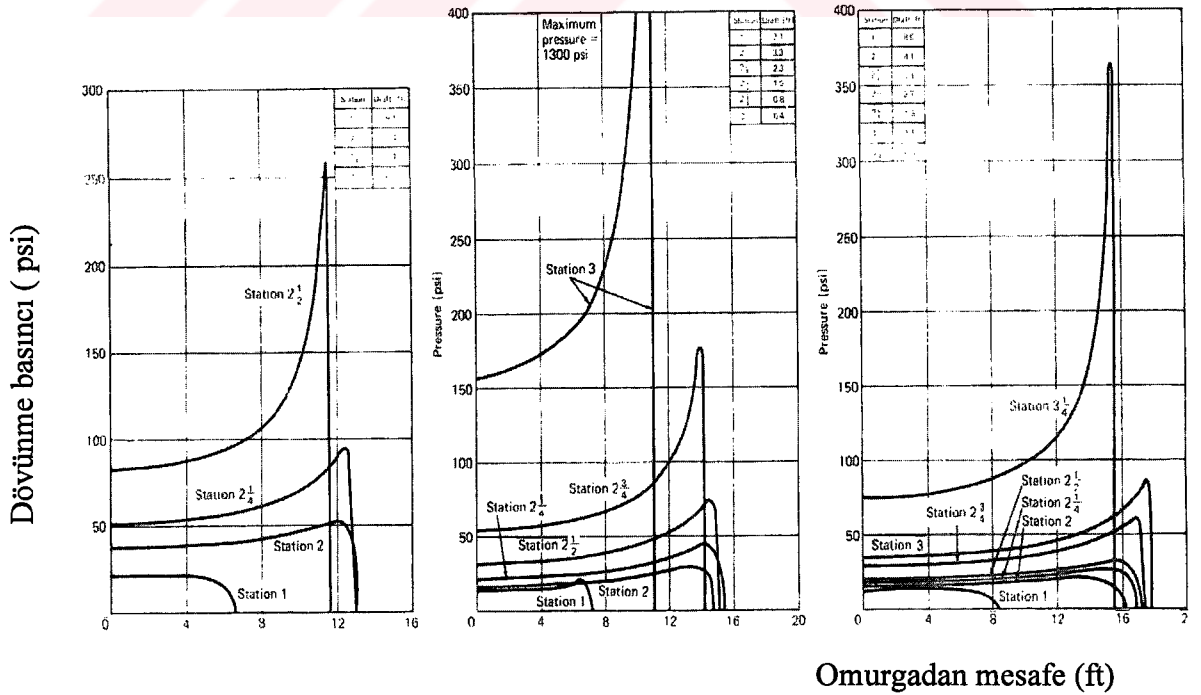
Maksimum basınç dikey hıza ve kalkıntı açısına bağlıdır. Düşük β yüksek basınç ifade etmektedir. Düz paneller için bu formül geçerli değildir. ($\beta=0$)

Gemi ile dalga arasındaki bağıl hıza bağlı olarak geminin herhangi kesidindeki belirlenmiş bir noktasındaki maksimum basıncı 3.17 denkleminde hesaplanır. Bu yöntemle elde edilmiş tekne basınç değerleri Şekil 3.7’de görülmektedir.

$$P = P_0 \left[\left(\frac{2}{\beta} \sqrt{1 - (Y_s/2b)^2} + \frac{2}{\delta} \sqrt{1 - (Y_s/2b)^2} - (Y_s/2b)^2 / (1 - (Y_s/2b)^2) \right) \right] \quad (3.17)$$

Bu denklemden;

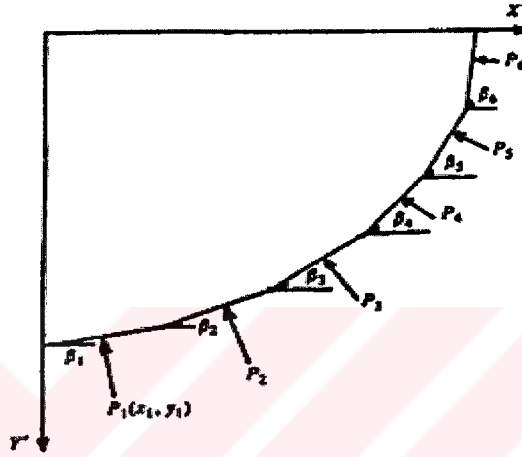
$$P_0 = \frac{1}{2} * \rho * (Z_x)^2 \quad \delta = (Z_x)^2 / 2bZ_x \quad (3.17a)$$



Şekil 3.7 : Farklı kesitlerdeki basınç dağılımı

Denklemlerden görüldüğü gibi basınç değerleri, tekne kesidi ve tekne kalkıntı açısına bağlıdır.[3]

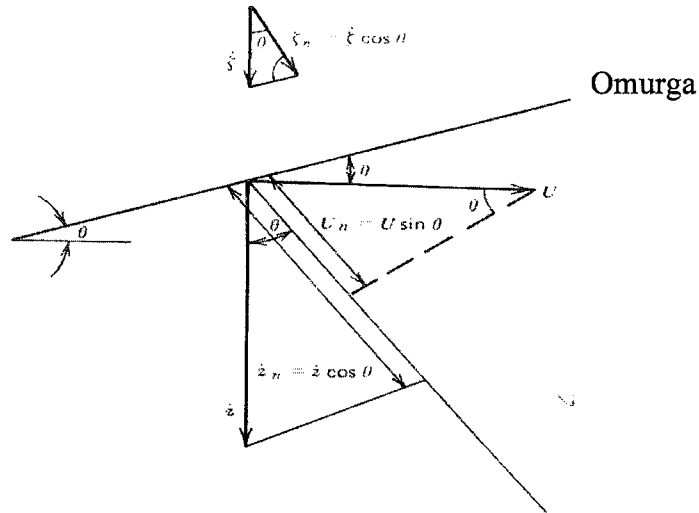
Gemi omurgasında basınç etkisi Y_s için gerçekleşir. Son terim sıfır olduğunda δ , β 'dan daha büyüktür, ilk terim daha önemlidir. Y_s arttıkça ise diğer terimler artacak ikinci terim azalacaktır. Böylelikle gemi en kesidi için bulunacak basınç değişimleri Şekil 3.8'deki gibi olacaktır.



Şekil 3.8 : Gemi en kesidindeki basınç dağılımı [1]

Basit ifadelerle de basıncın dikey bağlı hız ile gemi enine kesidine bağlı olduğu görülmektedir. Belirli kesit ve draftta bu basınca karar vermek için tekne hız ve ivme değerlerinin bilinmesine ihtiyaç vardır. Bu değerler;

Dikey hız ve ivme;



Şekil 3.9 : Gemi ilerleme hızının bağlı hıza etkisi.

$$\ddot{z}_x = \ddot{\zeta} - (\ddot{z} + \ddot{x} \theta) = -\omega_e \cdot \zeta_e \cdot (\omega_e \cdot t + 2 \Pi x / Lw) - \ddot{z} - \ddot{x} \theta \quad (3.18)$$

$$\ddot{z}_x = \ddot{\zeta} - (\ddot{z} + \ddot{x} \theta) = -\omega_e^2 \cdot \zeta_a \cdot \cos(\omega_e \cdot t + 2 \Pi x / Lw) - \ddot{z} - \ddot{x} \theta \quad (3.19)$$

İlerlemekte olan bir gemide oluşan dövmünme basıncı;

1. Gemi başındaki bağıl hareket, gemi hızına göre karşılaşma frekansının değişimine bağlıdır.
2. Bağıl hızın omurgaya göre normal bileşenine bağlıdır. Tekneler için geminin ilerleme hızının bu bileşene etkisi en büyüktür.

Gemi ilerleme hızının bağıl hıza etkisi Şekil 3.9' da görülmektedir

Baş-kıç vurma açısı sıfır olduğu zaman, geminin omurgaya göre normal kuvveti yoktur. Dövmünme sıfır baş-kıçvurma açısında oluşmaz. Bağıl hızın normal bileşeni;

$$V_n = U_n + \ddot{x} \theta + \ddot{z}_n - \ddot{\zeta}_n \quad (3.21)$$

$$V_n = U \sin \theta + (\ddot{z} - \ddot{\zeta}) \cos \theta + \ddot{x} \theta \quad (\text{Çok küçük baş-kıç vurma açılarında}) \quad (3.22)$$

$$V_n = U \theta + \ddot{x} \theta + \ddot{z} - \ddot{\zeta} \quad (3.23)$$

Dövmünme $\theta=0$ 'da meydana geldiğinde, gemi başının hızı en büyüktür ve gemi ilerleme hızı ihmal edilebilir. Şayet dövmünme yüksek baş-kıç vurma hareketinde meydana geliyor ise gemi başı hızı düşer, gemi ilerleme hızı önem kazanır. Çok küçük β açılarında, düz dip yapısında ve düşük draftta maksimum basınç suya girme esnasında oluşur. Maksimum basınç minimum kesit ve maksimum bağıl hıza bağlıdır. Bu değer ise gemi boyunca zaman ve konum ile değişir. [3]

3.4.2 Dövmünme olasılık teorileri

Gemi inşasında yaygın olarak kullanılmakta olan dövmünme olasılığı,

Dövmünme olasılığı= $P(T \leq S_a \leq \infty)$

$$= \frac{1}{m_{os}} \int_0^{\infty} x \cdot e^{-x^2/2 m_{os}} \cdot dx \quad (3.24)$$

ile verilir. Burada m_{os} dinamik etkilere göre düzeltilmiş baştaki dalıp çıkma hareketine ait varyans değeridir. Gemi başında dalıp-çıkma hareketine ait $S_{ss}(we)$ spektrumu we^2 ile çarpmak suretiyle ($S_{ss}(we) = S_{ss}(we) \cdot we^2$) bağıl hareketin hız spektrumunu elde ederiz. Bu halde m_{os} ve m_{2s} varyansı,

$$m_{os} = \int_0^{\infty} S_{ss}(we) \cdot dwe \rightarrow \int_0^{\infty} we^2 \cdot S_{ss}(we) \cdot dwe = m_{2s} \quad (3.25)$$

olarak elde edilir. Yani, aynı zamanda bu değer gemi başındaki dalıp çıkma spektrumunun altındaki alanın ikinci momentine eşit olmaktadır. Bunun yardımıyla hızların gemi başında kritik hızdan büyük olma olasılığı,

$$Dövmünme olasılığı= $P(S_c \leq S_a \leq \infty) = \frac{1}{m_{2s}} \int_0^{\infty} x \cdot e^{-x^2/2 m_{2s} - S_c^2/2 m_{2s}} \cdot dx = e^{-S_c^2/2 m_{2s}}$ \quad (3.26)$$

ile bulunur. Dövmünme için her iki şartın birlikte olabilme olasılıkları, bu olasılıkların çarpımına eşit olacağından, dövmünme olasılığı;

$$P(Dövmünme) = e^{- (T^2/2 m_{os} + S_c^2/2 m_{2s})} \quad (3.27)$$

Birim zamandaki dövmünme olasılığı ise;

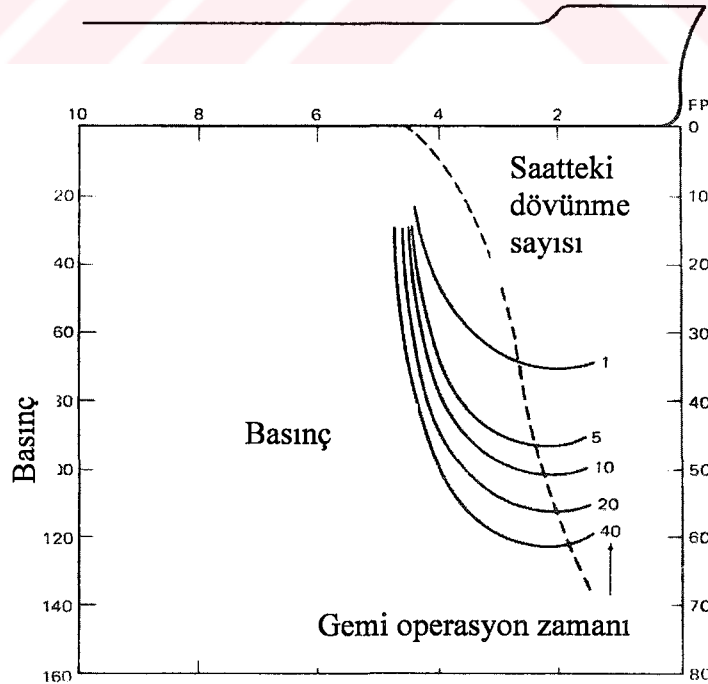
$$N = 3600/2 \Pi \cdot [\sqrt{m_{2s} / m_{os}}] (adet/saat) \cdot p(Dövmünme)' \text{ dir .} [16] \quad (3.28)$$

Dövmüne basıncı sadece bağıl hızın değil, oluşan basınç ve dip yapının maruz kalacağı yükün tespiti için önemlidir ve yüksek hızlı teknelerdeki inceleme deplasman teknelerine nazaran bir kat daha önemlidir.

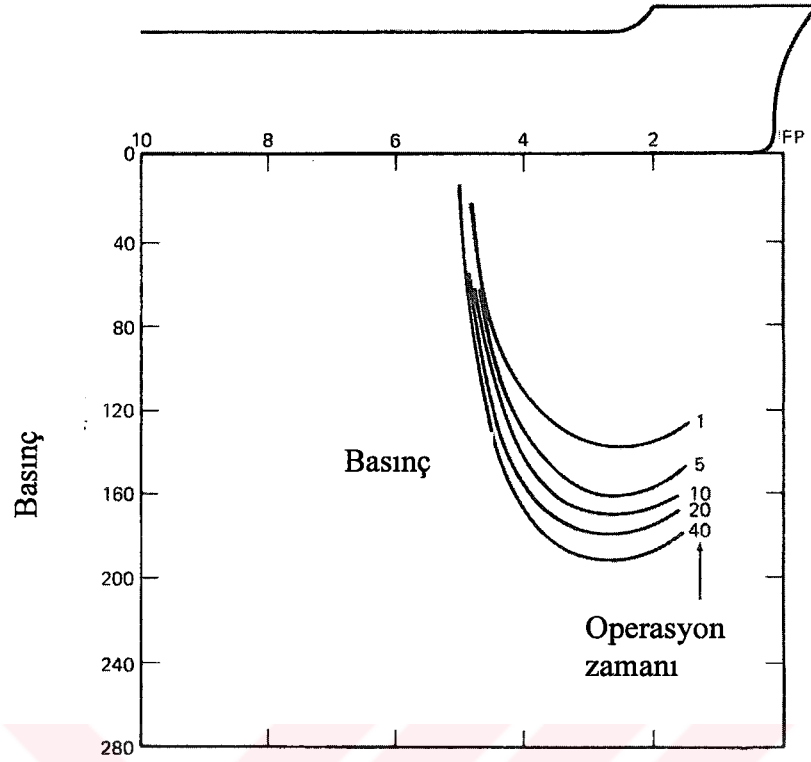
Genelde, denizli havalarda seyir eden gemiler için sonuç kriterin belirlenmesi önemlidir. Çalışmakta olan gemilerden elde edilen datalar göstermiştir ki, özellikle gemi dibindeki dövmüne operasyon sınırlamaları için de düşünülmelidir.[3]

Denizli havalarda gemi hareketlerine karar vermek için basit analitik yaklaşımlar bulunmaktadır. Teorik çalışmalarda gemi hareketleri karışık olduğundan, bu hareketleri sadece basit analitiksel ifadelerle belirtmek oldukça zordur. Bundan dolayı öncelikle model deneyi ve gemi tecrübelerinin yapılması ve sonuçların değerlendirilmesi gemi performansının tespiti için gereklidir. Model ve gemi test sonuçlarının değerlendirilmesi için bire bir ölçekli gemi testleri yanında, bir çok özellik içeren bilimsel model testleri geliştirilmiştir.[17]

Dövmüne olasılık ifadelerine göre dövmüne sayısı ve basınç değerleri Şekil 3.10'da, basınç olasılıkları Şekil 3.11'de görülmektedir.



Şekil 3.10 : Saatteki dövmüne sayısı ve basınç değerleri [3]



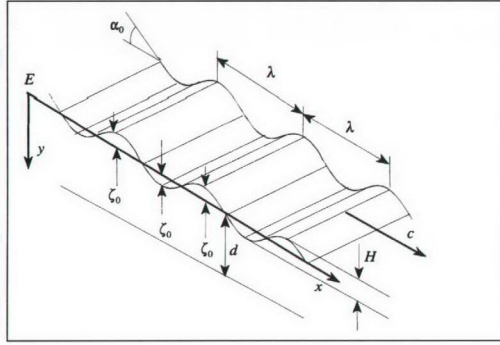
Şekil 3.11 : Dövmünme basıncı olasılıkları [3]

3.5 Dalgalar

Herhangi bir dış etkenle dengesi bozulan durgun su yüzeyinin yerçekimi nedeniyle tekrar orijinal konumuna dönebilmesi için yapmış olduğu hareketler su yüzeyinde dalga hareketlerini oluşturur. Gemilerin davranışını etkileyen dalgalar genelde düzensiz ve rastgeledir. Herhangi iki dalganın doğrultu, yükseklik ve hızları birbirinden farklıdır. Model deneylerinin ana unsurunu oluşturan düzenli dalgaları laboratuvar ortamında üretmek mümkündür. Bu dalgalar gerçek okyanus ortamında oluşmazlar. Düzensiz dalgalar, düzenli sinüzoidal dalgaların süperpozisi yaklaşımı ile ifade edilmektedir.

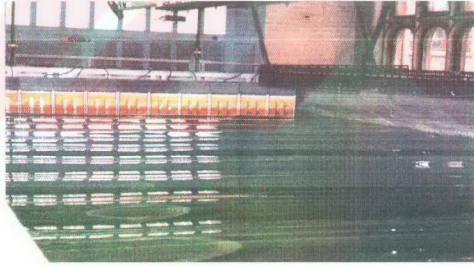
3.5.1 Düzenli dalgalar

Karışık deniz durumunda asla karşılaşmasalar bile, düzenli dalgalar gemilerin davranışını derin etkilemektedir. Şekil 3.12’de d derinliğindeki düzenli dalgaların parametreleri görülmektedir.



Şekil 3.12 : Düzenli dalga parametreleri [6]

Düzenli dalgalar iki boyutludur. Bunun anlamı dalganın x yönünde ve buna dik yönde hareket etmesidir. Düzenli dalgalar model deney havuzunda üretilmekte olup Şekil 3.13’de görülmektedir.



Şekil 3.13 : Model deney havuzunda üretilen düzenli dalgalar [15]

Düzenli dalgaların dalga karakteristikleri Tablo 3.1’de görülmektedir.

Tablo 3.1: Dalga karakteristikleri [14,6]

Düzenli Dalga Karakteristikleri		
ζ	Herhangi bir anda ve konumda sakin su yüzeyinin dalga hareketi ile birlikte yer değiştirmesi.	Metre
ζ_0	Dalga genliği, sakin su yüzeyinin dalga tepesine veya çukuruna ölçülen düşey uzaklık.	Metre
H	Dalga yüksekliği, dalga tepesiyle dalga çukuru arasındaki düşey uzaklık	Metre
λ	Dalga boyu, ardışık dalga tepeleri veya çukurları arasındaki yatay uzaklık.	Metre
c	Dalga hızı, dalga profilinin ilerleme hızı.	metre/sn
T	Dalga periyodu, ardışık iki dalga tepesinin ardarda bir noktadan geçme zamanı.	Saniye
f	Dalga frekansı	Hertz
ω	Dairesel frekans.	radyan/saniye
α	Anlık dalga meylı	radyan
α_0	Maksimum dalga meylı	radyan
H/λ	Dalga dikliği	-

Dalga'nın dairesel frekansı;

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (3.29)$$

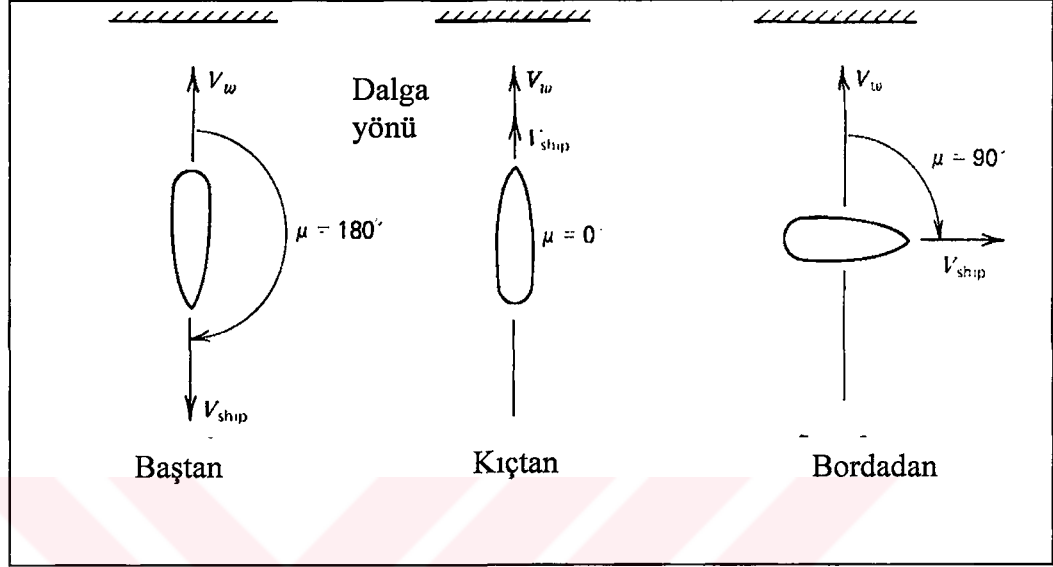
3.5.2 Karşılaşma frekansı ve periyodu

Dalga frekansı düzenli dalgalarındaki gemi hareketlerini etkilemektedir. Bu hareketler geminin dalgalarla karşılaşma frekansına bağlıdır. Karakteristik dalga frekansı, seyir halindeki geminin dalgalarla karşılaşma frekansından farklıdır. Gemi baştan dalgalarla karşılaştığında , gemi dalgalarla daha çabuk buluşur bu durumda frekans büyük periyot küçüktür. Şayet gemi dalgaların önünde seyrediyorsa bu durumda da ,dalgalardan daha çabuk uzaklaşacak bu durumda da daha kısa frekans daha uzun periyot sözkonusu olacaktır. Gemilerin dalgalarla buluşma frekansı karşılaşma frekansı, (ω_e) buluşma periyodu ise karşılaşma periyodudur.(T_e) Karşılaşma periyodu ve frekansı gemi hareketleri için en önemli parametrelerdendir.

Gemi ile dalga arasındaki açı karşılaşma açısıdır.(μ) Şekil 3.14'de karşılaşma açılarının konumu görülmektedir.

V gemi hızı olmak üzere karşılaşma frekansı;

$$\omega_e = \omega_{wave} \left(1 - \frac{\omega_{wave} V}{g} \cos \mu \right) . [3] \quad (3.30)$$



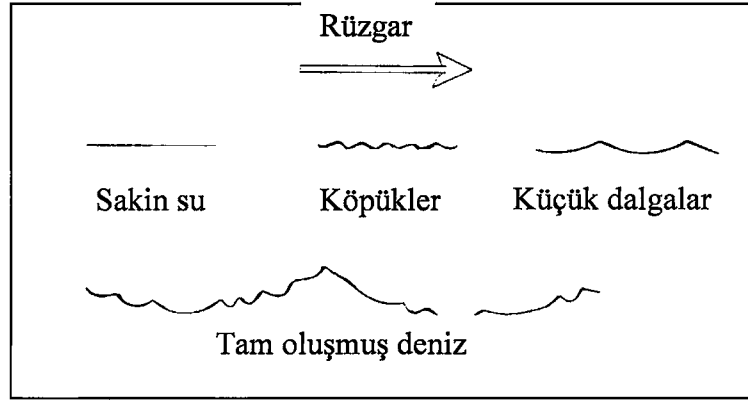
Şekil 3.14 : Karşılaşma açlarına göre dalgaların durumu [17]

3.5.3 Düzensiz dalgalar

Deniz yüzeyi her an değişen dalga çukur ve tepelerinden ibaret tam bir karışıklık içindedir. Karışık dalgalı denizler karmaşık görünüşleri altında tam bir istatistiki düzen içerisindedir. Rüzgar şiddetinin artması oranında dalga tepeleri sivrileşerek çatlamak suretiyle köpük ve uçuşan su zerreleri meydana gelir. Görünüşü itibariyle bu şekilde tarif etmiş olduğumuz deniz durumuna tam oluşmuş deniz adı verilir. Dolayısıyla belirli şiddette bir deniz dalga durumunun meydana gelebilmesi için, rüzgarın belirli bir hızda, en aşağı belirli bir süre ve rüzgar etki alanı uzunluğunda esmesi gerekir.

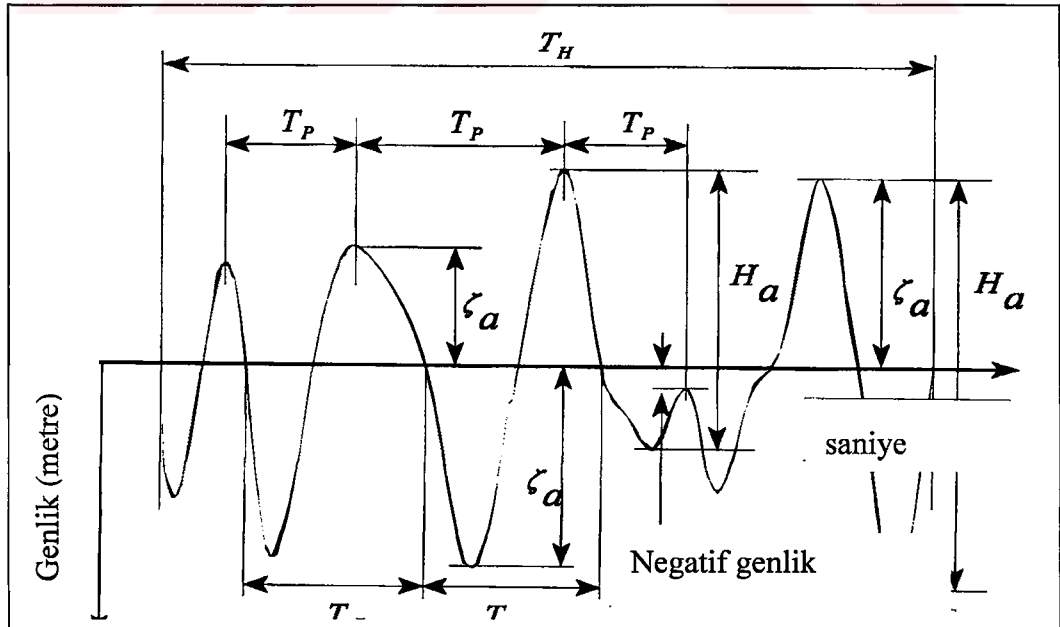
Oluşmakta olan denizlerde karışık dalgalar başlangıçta kısa ve küçük periyotlu olarak teşekkül ederler. Zamanla enerjilerinin artması suretiyle boylarına nazaran maksimum yükseklikte sivri tepeli dalgalara dönüşürler. Sivri tepeli dalgaların dengeli olmamaları nedeniyle kırılmaları suretiyle enerjilerini daha büyük dalgalara

aktarırlar. Bu şekilde karışık dalgalı denizi oluşturan dalga tipleri Şekil 3.15’de gösterilmiştir.



Şekil 3.15 : Rüzgar şiddetine göre dalgaların oluşumu.[6]

Uzun yıllardır karışık denizlerde gemi hareketleri tahmin edilememiştir. Gemilerin denize dayanıklılık datalarının tespitini zorlaştırmıştır. Halihazırda bir takım istatistiksel metodlar düzensiz dalgaları tanımlamak için kullanılmaktadır. Bu sayede tekne model deney karakterleri ile gemi karakterlerine geçilebilmektedir. Şekil 3.16’da okyanusta dalga sensöründen alınan tipik bir kayıttan dalga karakteristikleri görülmektedir.



Şekil 3.16 : Okyanustan alınan kayıttan dalga karakteristikleri [6]

Düzensiz dalga yapısının tutarsız olduğu görülmektedir. Bu dalgalar için karakteristikler alınan bir çok kaydın ortalaması olarak alınır ve düzensiz dalga karakteristikleri Tablo 3.2’de olduğu gibi belirtilir. Eğer değişik dalga boy ve periyotlarında farklı fazlarda çok sayıdaki basit dalgayı süperpoze edersek, bu taktirde uzun dalga tepeli karışık deniz dalgalarını temsil edebilen yaklaşık bir model elde edilir. Dalga enerji spektrumu, deniz yüzeyinin birim alanı başına isabet eden toplam enerjinin dalga bileşenlerinin frekanslarına göre dağılım şeklini belirten önemli bir fonksiyondur.[18]

$$\begin{aligned}\text{Varyans} &= \text{su yüzeyi deformasyonları kareleri ortalaması} \\ &= \text{spektral yoğunluk fonksiyonu altındaki alan}\end{aligned}$$

Böyle bir spektral yoğunluk fonksiyonu Pierson ve Moskowitz, Bretschneider ile ITTC, 1978 tarafından verilmiştir.[18]

$$S_d(w) = A/w^5 * (\exp -B/w^4) (m^2.sn) \quad (3.29)$$

$$A = 173 * \frac{H_1^2}{T_1^4} (m^2/sn^4) \quad B = \frac{691}{T_1^4} (sn^4)$$

Düzensiz dalga karakteristikleri Tablo 3.2’de görülmektedir.

Tablo 3.2 : Düzensiz dalga karakteristikleri. .[6]

Düzensiz Dalga Karakteristikleri		
$\bar{\zeta}_a$	Su yüzeyinden dalga tepe ve çukuruna doğru alınan değerlerin ortalaması.	Metre
$\bar{H}_a$	Birbirini izleyen dalga tepe ve çukurları için alınan düşey uzaklık değerlerinin ortalaması,görünen dalga yüksekliği.	Metre
$\bar{T}_p$	Dalga tepe noktaları ile deniz yüzeyi referans noktalarına göre dalgalar arasında alınan periyotların ortalaması.	Saniye
$\bar{T}_z$	Dalga çukur noktaları ile deniz yüzeyi referans noktalarına göre dalgalar arasında alınan periyotların ortalaması.	Saniye

3.6 Gemilerin Denizciliği

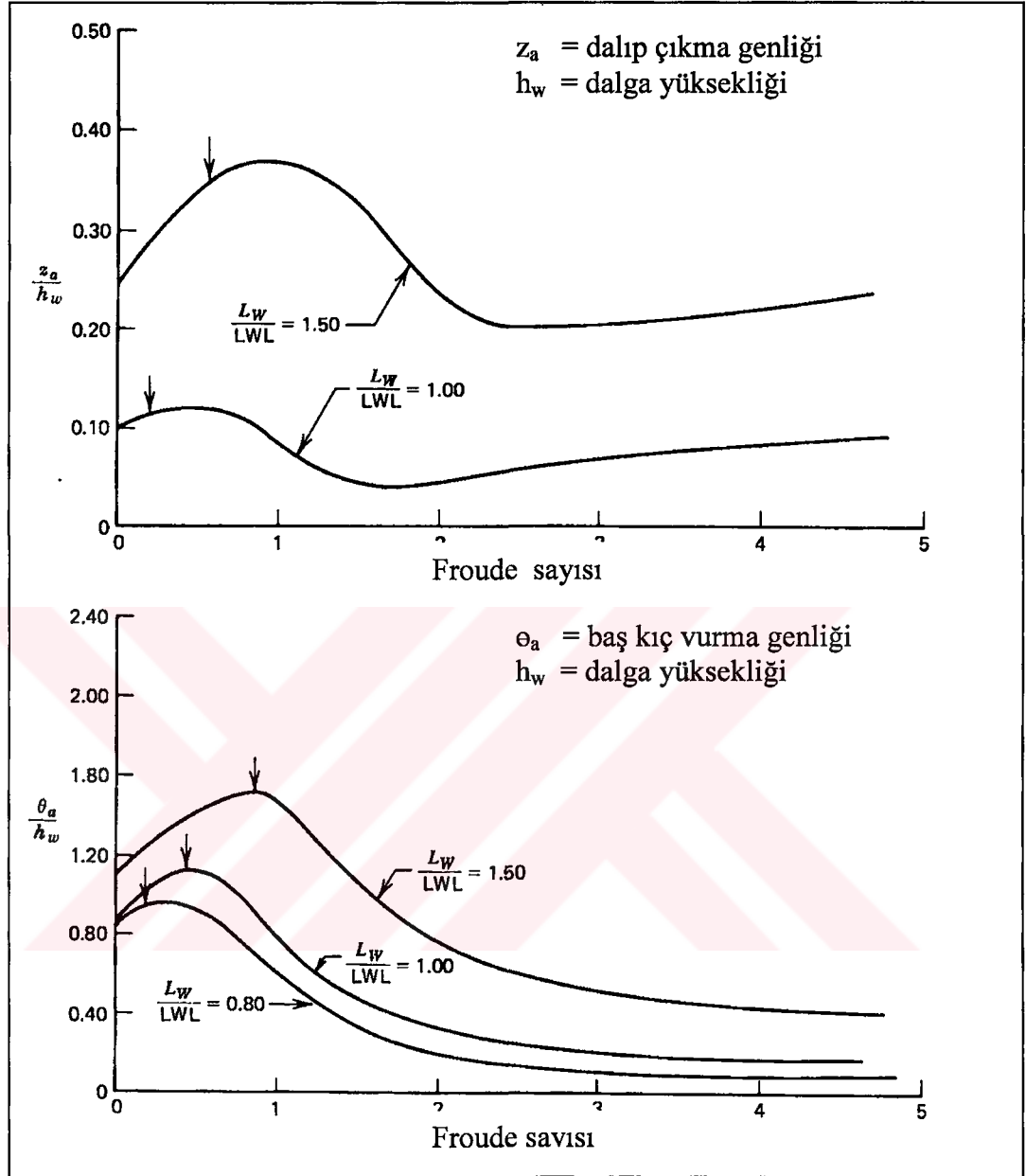
Belirli bir geminin denizcilik performansını değerlendirmek için uygulanan analiz denizcilik analizidir. Bu tezde ıcelediğimiz Seri-60 formu tekneler (düşük hız ve yüksek deplasman) ve kayıcı tekneler karşılaştırıldığında özellikle kayıcı teknelerin özel problemleri söz konusudur. Yüksek hızlar yüksek bağıl hareket ve ivmelere sebep olmaktadır. Denizcilik karakteri bu gemiler için; dalıp-çıkma ,baş-kıç vurma, bağıl hız ve ivme üzerinde olmuştur. Bu değerlere ve gemi en kesitlerine bağılı olarak dövünme ile ilgili hayli dikkate değer sonuçlara ulaşılmıştır.

3.6.1 Dalıp Çıkma ve Baş Kıç Vurma Transfer Fonksiyonu ve Genlik Karşılık Fonksiyonu (RAO)

Hareketin genliği ve fazı geminin hızı , karşılaşma açısı ve frekansına bağılıdır. Geminin genliği dalga genliği ile orantılıdır. Çok kullanılan ve uygun yöntem hareketin boyutsuz formda ifade edilmesidir. Doğrusal hareketlerde, genlik dalga genliğine bölünerek boyutsuzlaştırılır. Boyutsuz genlik fonksiyonunun karşılaşma frekansına göre karakterini veren fonksiyon transfer fonksiyonudur. Transfer fonksiyonu dalga genliği ile dalga meyli genliğinin oranıdır ki bu oran ile gemi hareketleri değerleri elde edilir.

Transfer fonksiyonu genellikle Genlik Karşılık Fonksiyonu (RAOs) olarak yanlış değerlendirilir. Gerçekte RAO transfer fonksiyonunun karesidir. Ayrıca, gemi ve model için denizcilik karakterlerinin değerlendirilmesi RAO ya da hareket transfer fonksiyonunun bilinmesini gerektirmektedir. Genelde, transfer fonksiyonu ve RAO dalıp çıkma ve baş-kıç vurma hareketlerinin zamana bağılı olarak ölçülüp değerlendirilmesi ile elde edilir.

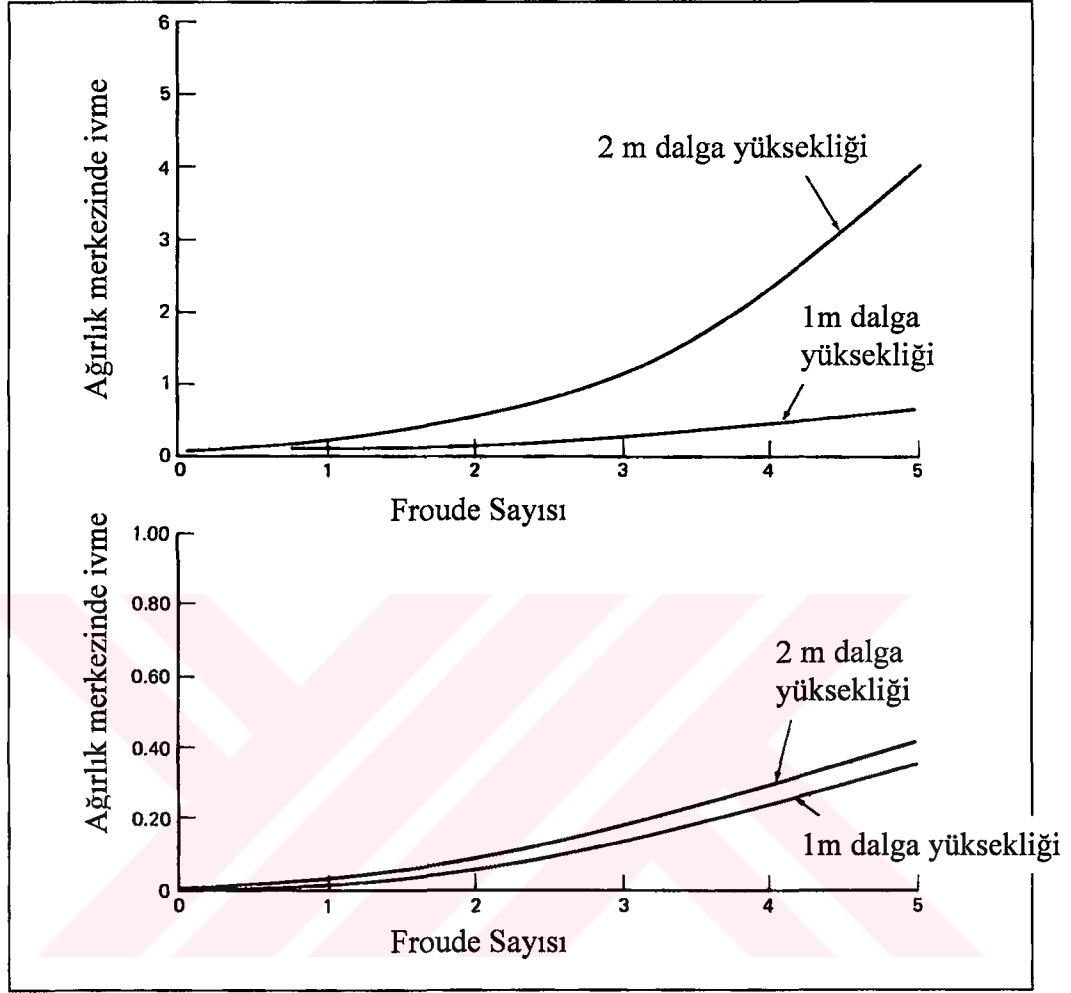
Şekil 3.17’de kayıcı teknelerin tipik dalıp çıkma ve baş kıç vurma genlik transfer değerlerinin dalga boyu / gemi su hattı boyu oranı değerlerine göre karakteri görülmektedir.



Şekil 3.17 : Düzenli dalgalarda dalıp-çıkma ve baş-kıç vurma hareketi karakteristikleri[3]

Kayıcı teknelerde dalıp çıkma genliğinin, hız arttıkça maksimum değere ulaştığı ancak Froude sayısı arttıkça azalma eğiliminde olduğu görülmektedir. Dalıp çıkma hareketi ile baş-kıç vurma hareketi Froude Sayısının 3.0 ve 4.0 değerine kadar benzerlik göstermektedir. Dalıp-çıkma hareketi düşük Froude oranında görülecektir. Rezonans hıza ulaşıldıktan sonra dalıp çıkma genliği düşmektedir.[3]

İvme, tekne formuna, trim, deniz ya da test şartlarına bağlıdır. Şekil 3.18’de ivme hız ve baştan gelen dalgalarda deniz durumunun fonksiyonudur.



Şekil 3.18 : Baştan ve kıçtan gelen dalgalarda ivme [3]

Kayıcı teknelerde Froude sayısının 2.0’den yüksek olması durumunda ivme hızın karesi ile orantılı olarak artmaktadır. Ağırlık merkezinde kıçtan gelen dalgalar durumunda 2m dalga yüksekliğindeki ivme değeri, 1m dalga yüksekliğindeki ivme değerinden çok az küçüktür. Kayıcı teknelerde Froude sayısının artması, dalıp-çıkma ve baş kış vurma hareket genlik değerlerini azaltmaktadır. Başka bir deyişle düşük hızlar için Froude oranının 2.0’den küçük olduğu durumlarda kayıcı tekneler deplasman teknesi gibi davranırlar. Operasyonda Froude sayısının 2.0’den büyük olduğu durumda dinamik kaldırma kuvveti önem kazanmakta, kayıcı teknenin tüm denizcilik karakteri deplasman teknelerinden farklı olmaktadır.

4. SERİ-60 FORMU GEMİLERİN DÖVÜNME ÖZELLİKLERİ

4.1 Dizayn Parametrelerinin Denizcilik Üzerindeki Etkileri

Bir dizayner için denizci bir gemi dizaynı meydana getirmek çok önemlidir. Bunu başarmak için gemi dizayneri, dizayn parametreleri denilen bir takım faktörleri göz önünde tutmak zorunda kalır. Bu parametreleri değiştirerek dizayn edeceği gemiye denizcilik yeteneği kazandırmaya çalışır.

Eskiden beri gemi boyunun, hızının, baş taraf kesitlerinin formunun, dalgaların ilerleme yönünün v.s. denizcilik açısından önemi bilinmektedir. Bu parametrelerde meydana gelecek değişimler gemi dizaynının denizcilik yeteneğini değiştirebilir. Fakat bir gemi dizaynının denizcilik karakteristiklerini belirleyen dizayn parametrelerini değiştirmekle görülen etkileri genelleştirmek tehlikeli olabilir.

Bir gemi dizayneri yaptığı yeni gemi dizaynına uygulanabilen ve temel dizayn parametrelerinin değiştirilmesiyle elde edilen sonuçları gösteren verileri kullanmak zorundadır. Bu verileri, ya önceki benzer gemilerden ya da dizayn edeceği gemi ile aynı metoda göre türetilmiş gemi formu serilerinin mevcut verilerinden sağlamalıdır.

4.2 Dizayn Parametreleri

Bir geminin denizciliğini belirleyen dizayn parametreleri 5 grupta toplanabilir

1. Geminin ana boyutları

- a- Gemi boyu
- b- Gemi genişliği
- c- Gemi draftı

2. Tekne formu

- a- Blok katsayısı
- b- Prizmatik katsayı
- d- Geminin su altı hacim merkezinin boyuna yeri
- e- Fribord ve flare
- f- Gemi baş taraf kesitlerinin formu
- g- Yumrubaş

3. Gemi hızı

4. Deniz şiddeti

- a- Dalga boyu
- b- Dalga ilerleme yönü
- c- Dalga yüksekliği

5. Gemi boyunca ağırlık dağılımı

Tüm bu parametrelerin değiştirilmesiyle ortaya çıkan olumlu ve olumsuz bütün sonuçlar, dizaynda dizaynere iyi bir denizcilik yeteneğine sahip gemi karakteristikleri seçme konusunda yardım edecektir.

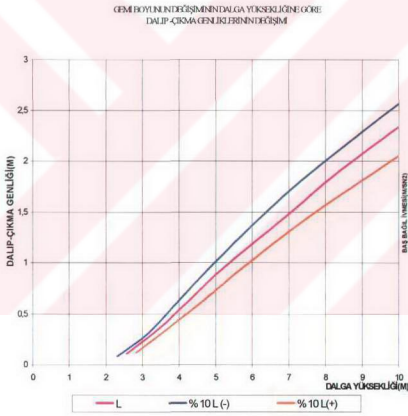
Denizci bir gemi dizaynı yapmak dizaynerin görevidir. Bunu gerçekleştirmek için de dizayner, dizayn parametrelerinin denizcilik üzerindeki etkilerini çok iyi bilmelidir. Bu bölümde amacımız Seri-60 formuna haiz tekneleri incelemek olacaktır. Bu inceleme teknelerdeki başın bağıl hareketine bağlı olan dalıp çıkma ve baş kış vurma genlik değerleri, basıncı etkileyen bağıl hız ve karşılaştırma yapılması açısından ivme üzerinde olmuştur.[16]

Parametre incelemesi geminin ana boyutları ile blok katsayısı üzerinde yapılmıştır. Böyle bir değerlendirme Seri-60 formuna haiz gemiler için yapılan model deneyleri, teorik çalışmalar ve paket programlardan elde edilen değerlerden çıkartılan dataolar üzerinden yapılmıştır.[19,20] Örnek bir geminin boyutlarının %10 arttırılıp azaltılması ile gemi ana boyutlarının denizcilik dataolarının değişimine etkisi incelenmiştir.

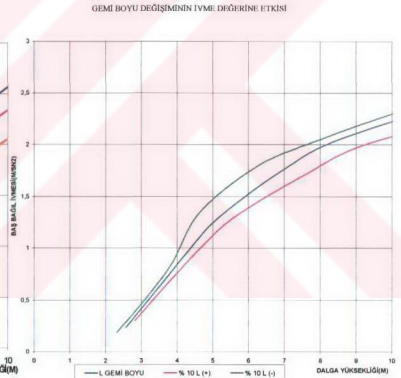
4.2.1 Geminin Ana Boyutları

4.2.1.1 Gemi Boyu

Bir geminin denizcilik yeteneğini tayin eden en önemli parametre gemi boyudur. Gemi boyunda görülen herhangi bir değişim geminin dalgalar arasındaki davranışlarını büyük ölçüde etkilemektedir. Bir geminin dalgalar arasında yapmış olduğu dalıp çıkma ve baş kış vurma değerleri üzerinde önemli bir etkisi vardır. Düzensiz baştan gelen dalgalarda, gemi uzunluğu arttıkça baş kış vurma ve dalıp çıkma genlikleri azalmaktadır. Hatta bu azalma deniz şiddetinin artmasıyla daha da fazlalaşmaktadır. Şekil 4.1’de bu durum görülmektedir.



Şekil 4.1: Dalıp çıkma genliği değişimi



Şekil 4.2 : İvmenin değişimi

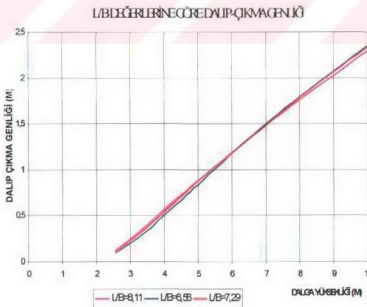
Gemi boyunun baş kış vurma, dalıp çıkma ve başın bağıl hareketi üzerine olan etkisi dalga karakteristikleri göz önüne alınarak incelenmiş olup gemi boyu arttıkça gemi başının bağıl hareketi ve Şekil 4.2’de görüldüğü gibi daha hızlı olmak üzere ivme değeri azalmaktadır.

L/λ boyutsuz değerine karşılık dalıp çıkma, baş kış vurma ve başın bağıl hareketine ait transfer fonksiyonlarının değerleri boyutsuz değer bire yakın olduğu noktalarda en büyük değerleri almaktadır.

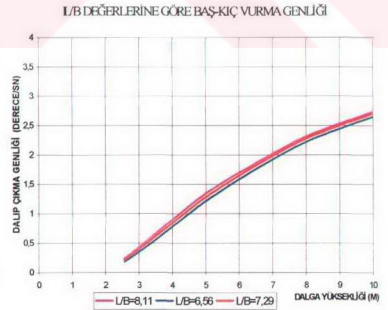
Tam ölçek gemilerde yapılan deneyler sonucu, kısa boylu gemilere nazaran uzun boylu gemilerde, baştaki düşey ivmeler azalmaktadır. Sabit bir gemi boyuna karşılık deplasman ne kadar küçük seçilirse geminin denizcilik karakterleri o derece iyileşme yoluna girmektedir. Deplasmanı azaltmak amacıyla draftın aşırı derecede küçültülmesi gemi başında dövünme olasılığını artırır. Boyun artması gemi genişliğini ve bir dereceye kadar gemi draftını azaltacağından geminin stabilitesinin azalması bakımından gemi olumsuz etkilenir.[16]

4.2.1.2 Gemi Genişliği

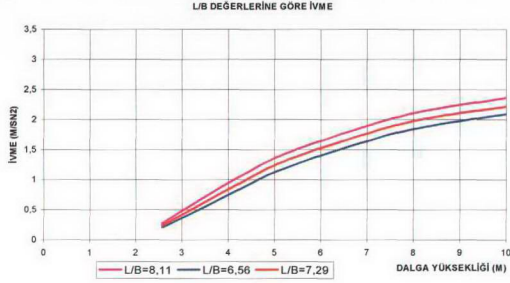
Bir geminin denizciliğini etkileyen parametrelerden biri de gemi genişliğidir. Gemi genişliği enine stabilize yönünden önemli bir parametre olmasına rağmen geminin denizciliği yönünden daha az önem taşır. Şekil 4.3 ve 4.4'de görüldüğü gibi L/B oranı arttıkça baş-kış vurma genliği hafif miktarda artmakta, dalıp çıkma ve başın bağıl hareketi gemi genişliğinden bağımsız bir karakter göstermektedir.



Şekil 4.3 : Dalıp çıkma genliği değişimi



Şekil 4.4: Baş kış vurma genliği değişimi



Şekil 4.5 : İvmenin değişimi

Gemi genişliğinin dövmeye etkisi çok önemsiz olarak görülmektedir. Ancak genişliğin azalması durumunda ivme değerinde bir miktar artma Şekil 4.5’de görülmektedir.

4.2.1.3 Gemi Draftı

Gemilerin draftı denizcilik yönünden önemli bir parametredir. Draft azaldıkça çok şiddetli denizlerde dövmeye kaçınılmaz olmaktadır. Dövmeye çarpma anında düşey hızın azalarak gemide ani ivme değişimlerinin meydana geldiğini Bölüm 2’de belirtmiştik. Bu esnada ivmeler en büyük değerlerine ulaşırlar. Gemi dibi, baş tarafta çok büyük su kuvvetlerinin etkisi altında zorlanarak çoğu kez hasar görür. Gemi kendi natürel frekansında bir süre titreşir. Dövmeye nedeniyle oluşan su kuvvetlerinin 70 ton/m^2 ’ye kadar büyük değerlere ulaşabildiği yapılan ölçümler sonucu bulunmuştur.

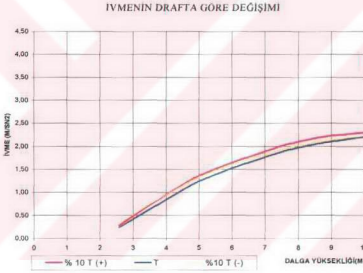
Bir gemide dövmeyi en çok etkileyen parametre gemi başındaki drafttır. Gemide dövmenin meydana gelebilme olasılığını, gemi başındaki draft ‘T’ ile göstermek suretiyle, başın sudan çıkma olasılığı olarak tanımlarsak, Rayleigh dağılım fonksiyonundan yararlanmak suretiyle Bölüm 2’de belirttiğimiz gibi dövmeye olasılığı aşağıdaki formül ile bulunur.

$$- (T^2 / 2 m_{os} + Sc^2 / 2 m_{2s})$$

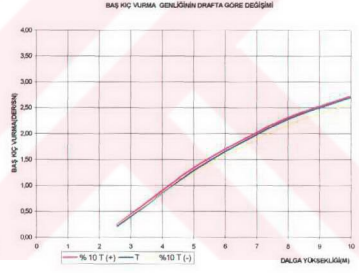
$$P (D\ddot{o}v\ddot{u}nme) = e \quad (4.1)$$

m_{os} ve m_{2s} bağılı hareket ve hıza ait varyans değerlerdir. Sonuç olarak gemi başındaki draft belirli bir kritik hızı geçtikten sonra dövünmeyi etkileyen en önemli parametre olmaktadır. Boş draftlarda dövünme olasılığı çok fazla, yüklü draftlarda dövünme olasılığı azdır. Yani draft azaldıkça dövünme olasılığı artmaktadır. Bu yüzden dalgalı denizlerde şiddetli dövünmelerden kaçınmak için T/L değerinin 0.045 değerinden büyük olması bir kriterdir.[16]

Yarı ve tam yüklü durumlarda 45 dereceye kadar dalgaların geliş açılarında dövünme basınçlarının hemen hemen sabit olması dikkati çekmektedir. Bununla birlikte geminin boş draftında görülen dövünme basınçları, diğer draftlarda görülen dövünme basınçlarından oldukça büyüktür. Draft değişimine göre ivme, baş kış vurma ve bağılı hız değerlerinin değişimi Şekil 4.6,7,8'de görülmektedir.



Şekil 4.6 : Drafta göre ivmenin değişimi

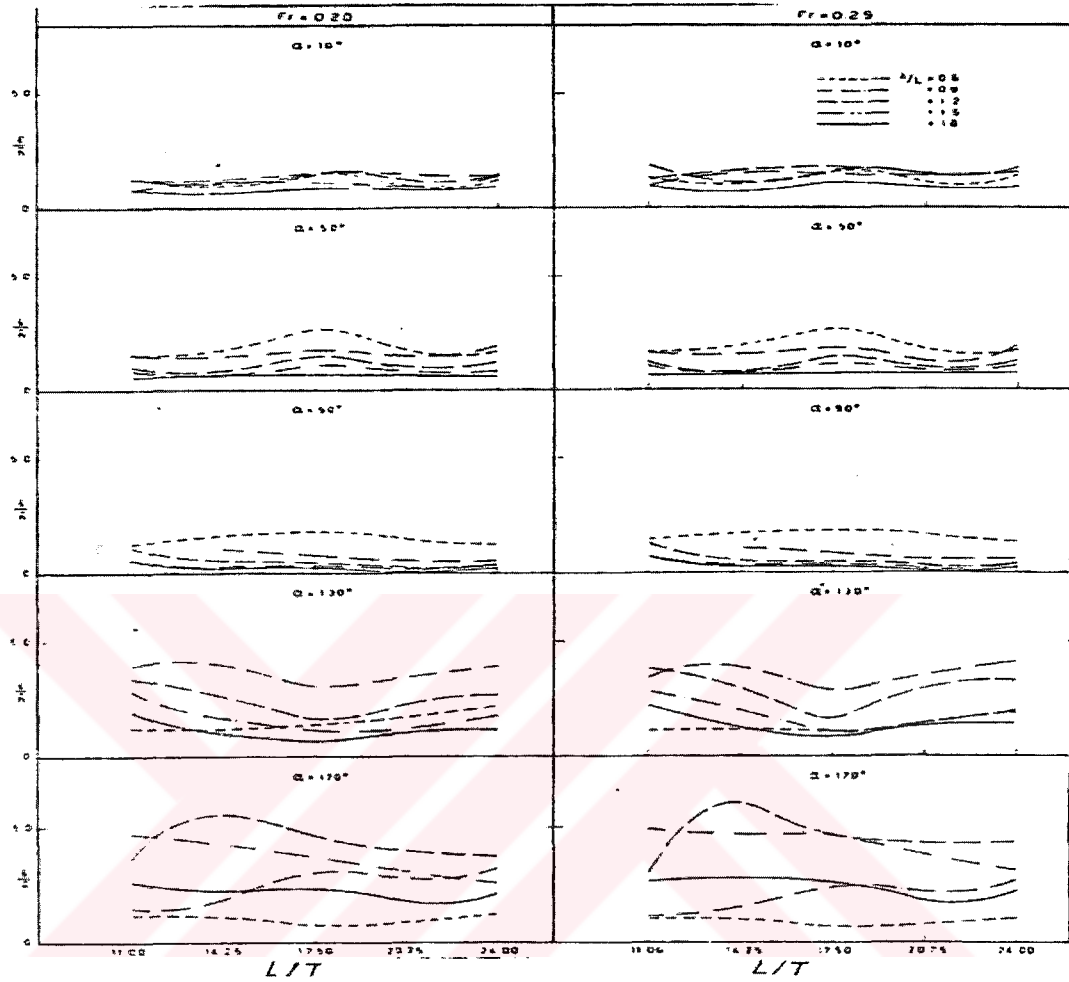


Şekil4.7: Drafta göre baş kış vurma



Şekil 4.8 : Drafta göre bağılı hız değerlerinin değişimi

Şekil4.9’da ise draft değişiminin başın bağıl hareketine etkisi görülmektedir.

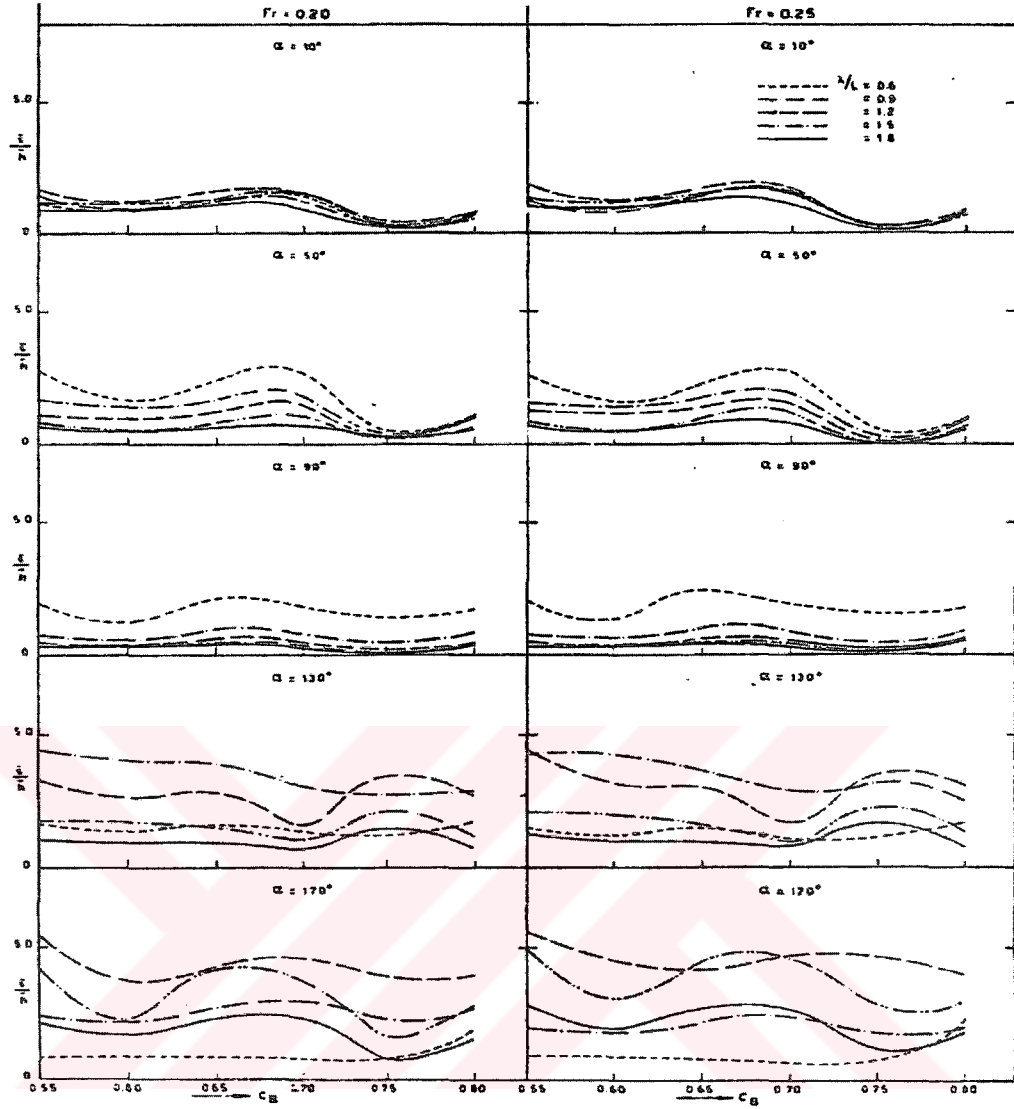


Şekil 4.9 : Draft değişiminin başın bağıl hareketine etkisi [16]

4.2.2 Tekne formu

1. Blok katsayısı

Gemi formunun bütününe etkileyen bir parametre olarak blok katsayısının genel olarak geminin denizciliğine etkisi azdır. Blok katsayısı değişiminin başın bağıl hareketine etkisi Şekil 4.10’da görülmektedir.



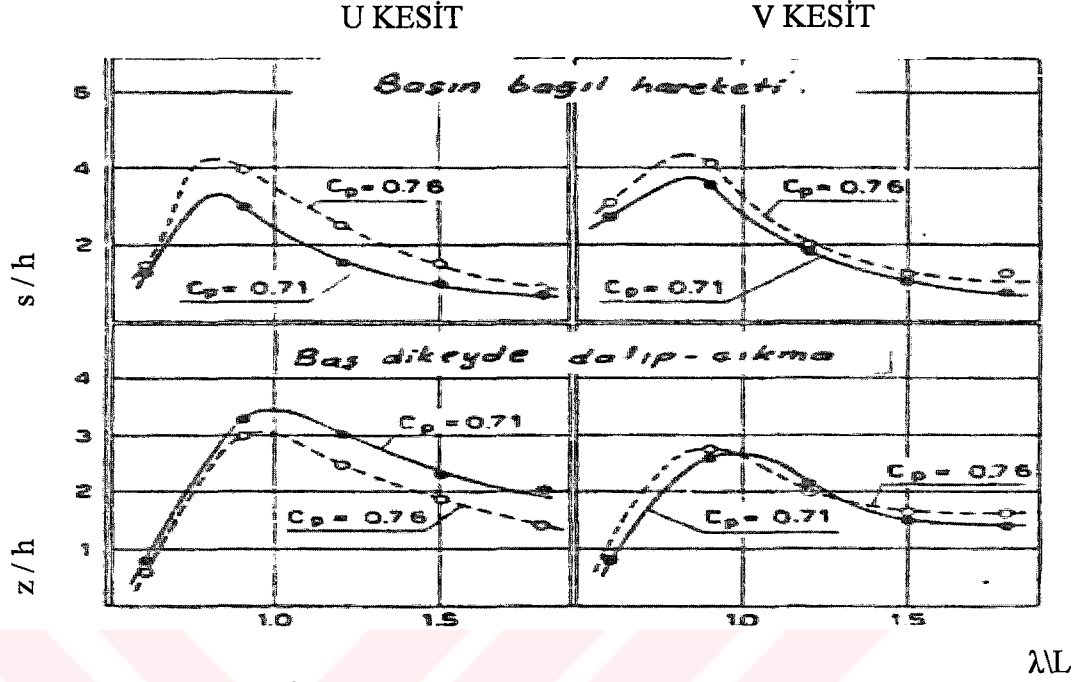
Şekil 4.10 : Blok katsayısının başın bağıl hareketine etkisi [16]

2.Prizmatik katsayı

Prizmatik katsayının değerinin değişimi gemi hareketlerini önemli ölçüde etkilemektedir. Prizmatik katsayı baş taraf kesitleri U ve V olan gemiler için ayrı ayrı incelenmelidir. Dalgalarda gemi başının bağıl hareketi düşünüldüğünde küçük prizmatik katsayı ile hemen hemen düşük genlikler oluşacaktır.

Dövmüne açısından prizmatik katsayının azalması olumludur. Şekil 4.11’de prizmatik katsayının değerinin değişimi ile ortaya çıkan farklar baş tarafı U şeklindeki modeller için büyük, V kesitli olan modeller için küçüktür. U kesitler için

$C_p=0.76$ gibi büyük bir prizmatik katsayı, V kesitler için $C_p=0.71$ değeri daha iyidir.



Şekil 4.11: Prizmatik katsayının değişik baş formlu modellerin dalgalarındaki davranışlarına etkisi [16]

Orta kesit katsayısını azaltarak prizmatik katsayıyı artırmak geminin yüklü durumunda dövmünmeye yol açacağı için uygun görülmemektedir. U şeklindeki baş taraf kesitleri için prizmatik katsayısının büyük değerleri, V şeklindeki baş taraf kesitleri için prizmatik katsayının küçük değerleri tercih edilmelidir.

Gemi hareketlerinin küçük genlikli olması için prizmatik katsayının büyük tutulması tavsiye edilmektedir.

3. Geminin su altı hacim merkezi boyuna yeri

Geminin su altı hacim merkezinin boyuna yeri dövmünme için etkisi ihmal edilebilecek bir parametredir. Blok katsayısı küçüldükçe LCB'nin denizcilik üzerine etkisi sıfıra düşmektedir.

Blok katsayısı büyüdükçe, LCB az da olsa etkisini göstermektedir.[16]

4. Fribord ve Flare

Fribord ve flare geminin denizcilik karakterlerini belirleyen önemli parametrelerdir.

Teknenin su üstü formunu değiştirmekle yani fribord değerini artırarak, şiyer eğrisini daha iyileştirmekle dalgalarda geminin yapmış olduğu hareketlerin genliklerini küçültmek bakımından çok az bir kazanç sağlanır. Yüksekliği az olan dalgalar için flarenin gemi hareketleri üzerindeki etkisi oldukça küçüktür. Baş kışırma ve dalıp çıkma hareketleri üzerindeki etkisi zorlukla farkedilir.

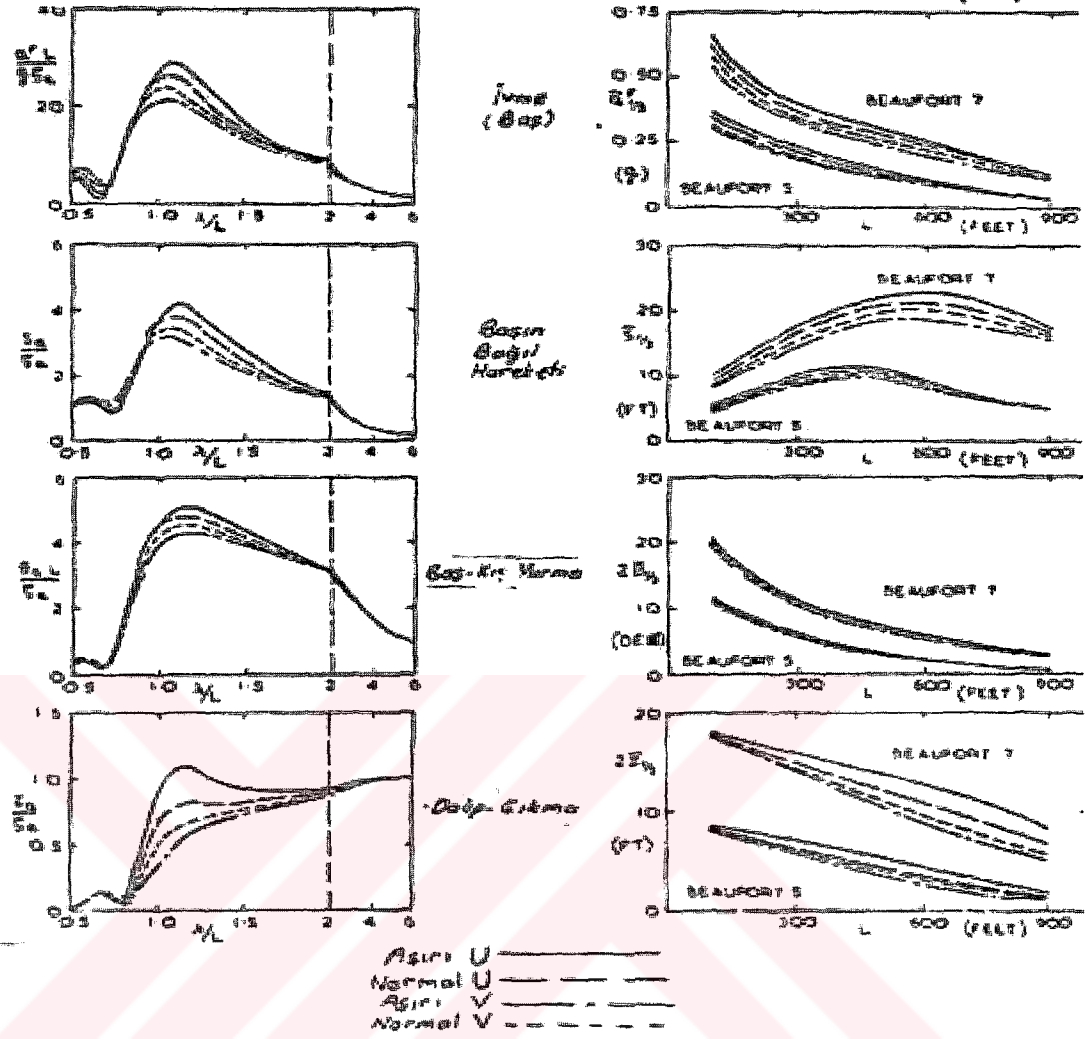
Flareye bağlı olarak dövünmenin etkisi çok ciddi bir sorun olarak görülmektedir. Aşırı flareye sahip gemi başı, önemli dövünme titreşimleri göstermektedir. Orta derecede bir flare daha az dövünme ve dinamik etkiler gösterecektir.

5. Gemi Baş Taraf Kesitlerinin Formu

Gemi baş tarafındaki kesit formu geminin denizcilik kabiyetini önemli derecede etkileyen dizayn parametresidir. Genel olarak gemi baş formlarını U, UV, V kesitler olmak üzere üçe ayırabiliriz. U şeklindeki kesitler yerine V şeklindeki kesitlerin kullanılmasıyla λ/L durumları için dalıp-çıkma genlikleri küçüktür. U şeklindeki kesitler yalnız uzun dalga boylarında baş kışırma genliklerini azaltabildikleri halde, kısa boylu dalgalarda baş kışırma genlikleri artar.[3,16]

Neticede V şeklindeki kesitler gemilerde dövünmeyi arttırmakta, buna karşılık basınç değerleri U kesitli gemilere nazaran küçük kalmaktadır. Dolayısıyla baş taraf kesitleri V tipinde olan gemiler daha az yol keserek daha hızla gidebilirler.

Gemi hareketleri göz önüne alındığında baş taraf V şeklindeki kesitler uygunluk göstermekte ancak dövünme için uygunluk göstermemektedir. Şekil 4.12'de aşırı U, normal U, aşırı V ve normal V tipi baş kesit formlarına bağlı olarak dalıp çıkma, baş kışırma ve başın bağıl hareketinin değişimi görülmektedir.



Şekil 4.12 : Baştan gelen dalgalarda baş taraf kesit formlarının gemi hareketlerine etkisi [16]

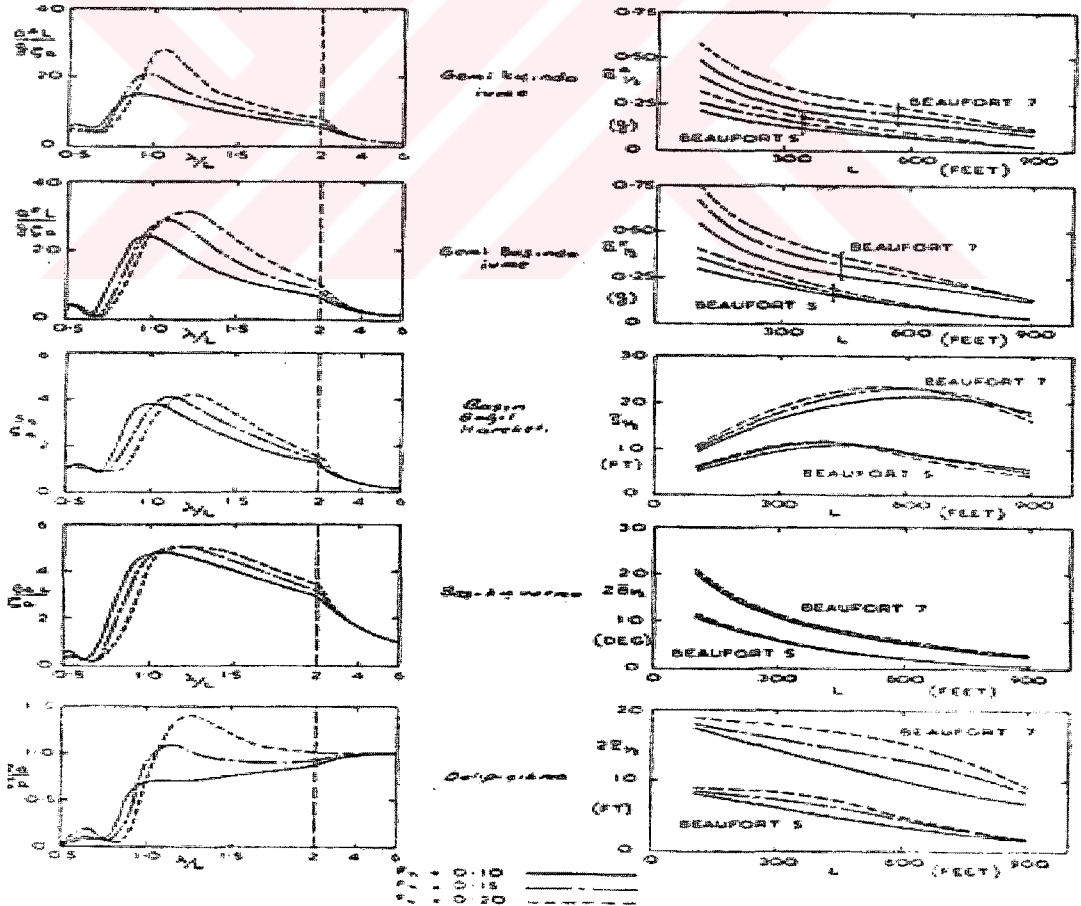
6. Yumrubaş:

Tam yüklü durumda geminin omurgası su altında kalmaya devam ettikçe dövünme olmaz. Dolayısıyla yumrubaşın etkisi görülmemektedir. Ancak balast durumunda tam aksine dövünmenin meydana gelme olasılığı ve dövünme basınçlarının artması kaçınılmaz olacaktır.

4.2.3 Gemi Hızı:

Kısa boylu gemilere nazaran uzun boylu gemilerde hızın etkisi daha büyük olmaktadır. Küçük boylu gemilerde hızın artması karakteristik ivme değerini arttırmaktadır. $\Delta / (L/100)^3$ değerini azaltmak yüksek hız elde etmek için uygun görünse de, draftın azalmasından dolayı dövünme artmaktadır.

Şiddetli denizlerde gemi hızı, baş ve kıç taraftaki ivme değerleri, dalıp çıkma hareketini önemli ölçüde etkilemektedir. Fakat baş kıç vurma hareketi üzerinde etkisi ise nispeten daha küçüktür. Şekil 4.13'de gemi hızına bağlı olarak baş ve kıç taraftaki ivme, başın bağıl hareketi, baş kıç vurma ve dalıp çıkma hareketlerinin değişimleri görülmektedir.[3,16]



Şekil 4.13 : Baştan gelen dalgalarda hızın gemi hareketlerine etkisi

Gemi hızının dövünme olayı üzerine etkisi çok büyüktür. Dövünme olayında üç çeşit gemi hızı düşünülmelidir.

- a-) Dövünmeden dolayı dip kaplamaya zarar verebilecek gemi hızı
- b-) Dövünme olmadan ulaşılacak gemi hızı
- c-) Dövünme etkisinin kabul edilebileceği en büyük gemi hızı

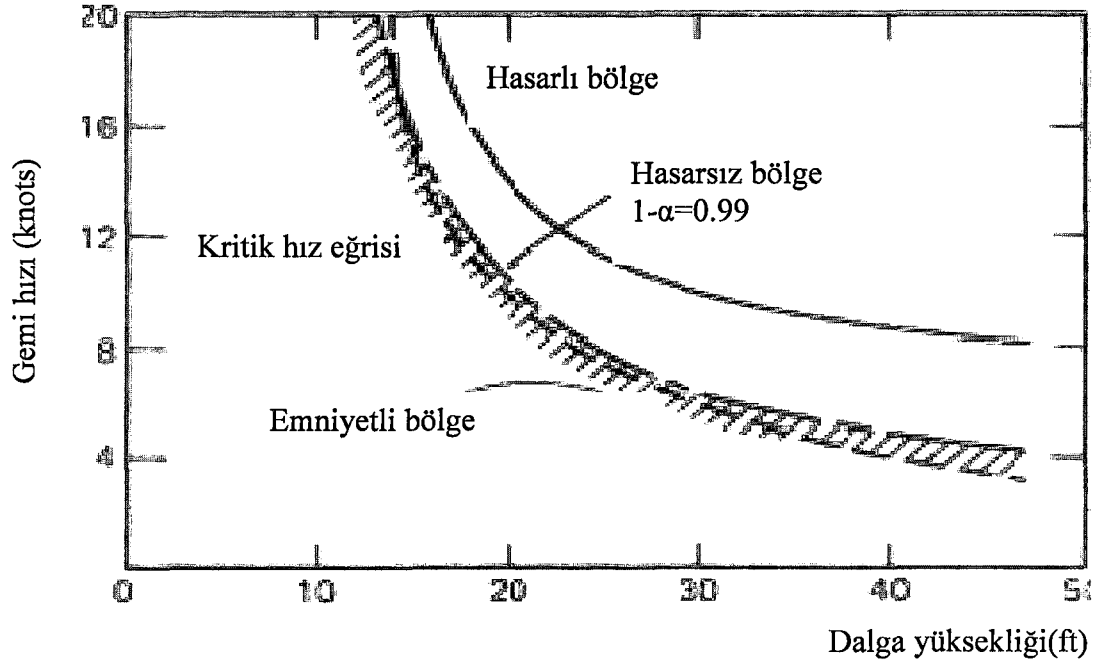
Burada ilk iki madde gemi hızı ve geminin çalışma zamanının fonksiyonu olarak gerekli yöntemlerle bulunabilir. Özellikle ikinci madde geminin dizaynı safhasında büyük önem taşımaktadır. Çünkü burada dövünme basınçlarının ekstrem değerleriyle bağlantılı olarak geminin çalışmasını ciddi şekilde etkileyen dövünme olasılıkları tahmin edilmektedir. Üçüncü madde ise belirli bir kriter gözönüne alınarak tahmin edilebilir.

1. Dövünmeden dolayı dip kaplamaya zarar verebilecek gemi hızı

İstenilen deniz şiddetinde gemi hızının fonksiyonu olarak gemi baş taraf postalarındaki ekstrem basınçlar bulunur. Bu basınçlara göre levhanın boyutları kontrol edilir. Bundan sonra ekstrem basınç hıza bağlı olarak levhayı çökmeye başlatacağı basınç değerine vardığı zamanki gemi hızı belirlenir. Bu hıza dövünme için kritik hız (treshold hız) denir. Gemi boyunca kritik hızların eğrisi çizilir. Eğrideki kritik hız plastik deformasyonun yani levhanın çökmesinin meydana geleceği yeri gösterecektir.

2. Dövünme olmadan ulaşılacak gemi hızı

Gemi boyunca herhangi bir yerdeki levhaya ait hiçbir dövünme hasarının olmayacağı gemi hızı elde edilebilir. Bu durumda olasılık kavramları da işin içine girmektedir. Gerekli emniyeti sağlamak için %99 olasılık değeri kabul edilerek dövünme olmadan ulaşılacak gemi hızı (treshold hız) tayin edilir. Gemi hızı ve dalga yüksekliğine bağlı örnek bir dövünme hasarı grafiği Şekil 4.14'de verilmiştir.[16]



Şekil 4.14 : Gemi hızı ve dalga yüksekliğine bağlı dövünme hasarı [3]

3. Dövünme etkisinin kabul edilebileceği en büyük gemi hızı

İlk iki madde hidrodinamik ve gemi yapısı bakımından ele alınmıştır. Özellikle geminin boş olduğu durumlarda çok şiddetli denizlerde aşırı gemi hareketlerinden kaçınmak için gemi hızı azaltılır. Böylece sadece gemi kaptanının isteğine bağlı olarak hızın azaltılmasıyla mürettebatın dayanabileceği ve rahatının nispeten bozulmayacağı dövünme seviyesi sağlanmış olur.

Eğer dövünme etkisinin kabul edilebileceği en büyük gemi hızı, dövünme olmadan ulaşılacak maksimum gemi hızından küçük ise o zaman gemi dövünme olayı hiç görülmeden tamamen emniyet sınırları içinde kalacaktır. Durum tersi olursa gemi, dip kaplamanın zarar görebileceği bir hızda ilerliyor demektir. Bu yüzden yeterli önlemler alınmalı, dip kaplama levha kalınlıkları artırılmalıdır.

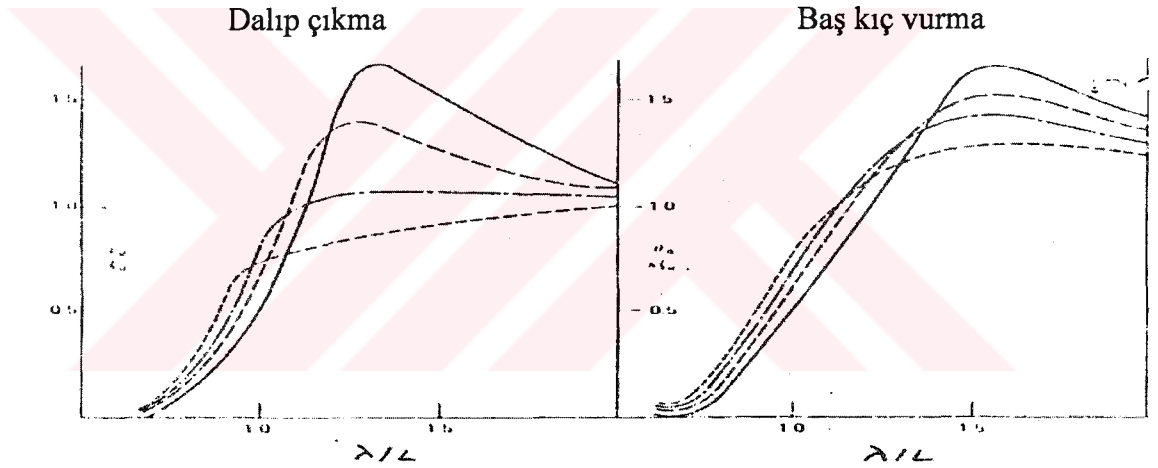
Gemi hızının eğilme momenti üzerindeki etkisi o kadar fazla değildir. Gemi hızı attıkça eğilme momenti değeri yavaşça artmakta hatta çoğu durumlarda sadece çok küçük bir artış göstermektedir.

4.2.4 -Deniz şiddeti:

1. Dalga boyu:

Dalga boyundaki değişim geminin denizdeki tüm hidrodinamik davranışlarını ve çalışmasını etkilemektedir. Gemilerin dalgalarda yapmış olduğu gemi hareketlerine önemli ölçüde etki eden dalga boyları gemi boyunun 1 ila 2.5 katıdır.

Dalga boyunun geminin dövünmesine etkisi Şekil 4.15’de görülmektedir. Gemi boyundan kısa veya uzun dalgalarda dövünme olayı fazlaca görülmez. Fakat dalga yüksekliği arttıkça λ / L ’nin 0.75 ile 2.25 arasında dövünme olayı sık görülür.

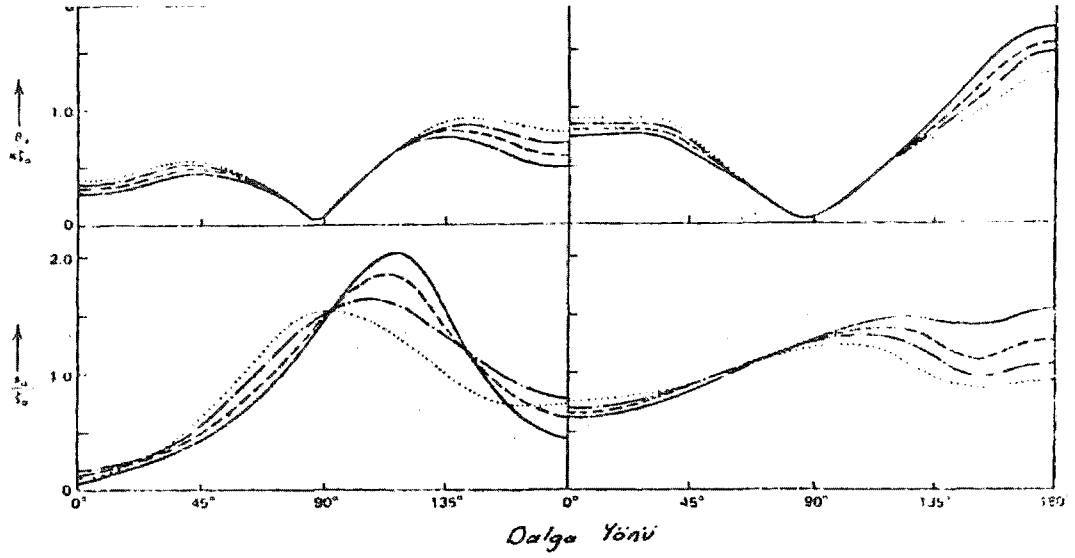


Şekil 4.15 : Dalga boyunun dalıp çıkma ve baş kış vurma artışına etkisi
($F_n = 0.1, 0.15, 0.20, 0.25$) [16]

2. Dalga ilerleme yönü

Geminin dalgalara karşı gidiş açısı veya geminin ilerlerken dalgaların geliş açısı değiştikçe geminin davranışı değişmektedir. Baştan gelen dalgalarda dalıp çıkma ve baş kış vurma birleşik hareketlerinde çok büyük genlik değerleri oluşur. Dalganın gemiye geliş açısı küçüldükçe dövünme daha az olmaktadır. Dövünmenin frekansı kısa dalga tepeli denizlerde daha yüksek olmasına rağmen, dövünmenin şiddeti uzun dalga tepeli denizlerde daha etkili olmaktadır. Dalga ilerleme yönünün Froude

sayısına bağılı olarak dalıp çıkma ve baş kıç vurma hareketine etkisi Şekil 4.16’da görülmektedir.



Şekil 4.16 : Dalga yönünün dalıp çıkma ve baş kıç vurma datalarına etkisi

3. Dalga yüksekliği

Dalga yüksekliğindeki artış dövünme olasılığını dolayısıyla dövünme basınçlarını arttırmaktadır. Genellikle dövünme 0.7 ile 1.5 gemi boyundaki dalgalarda oluşmakla beraber en şiddetli dövünmeler gemi boyuna eşit dalgalarda meydana gelmektedir.

5.KAYICI TEKNELER İÇİN DALIP-ÇIKMA VE BAŞ-KIÇ VURMA HAREKETLERİ İÇİN MODEL TESTLERİ

5.1 Denizcilik Tahmini İçin Model Testleri

Yeterli olarak görünmese bile gemilerin denizcilik karakterlerinin tahmin edilmesinde yıllardır strip teori kullanılmıştır. Gemiler için tam ölçekli modellerde denizcilik kriterlerinin saptanması ekonomik olmamakla birlikte çok zaman harcanan bir iştir. Çoğu zaman istenilen hava şartlarının oluşması zaman gerektirir veya bazen mümkün olmaz. Ölçülmesi istenilen performans kriterlerinin ise deniz durumuna göre değerlendirilecek kesin kanıtlanmış sonuçları bulunmamaktadır.

Tam ölçekli testlerin diğer bir dezavantajı ise geminin testten önce inşa edilmiş olmasıdır. Bu nedenle model testleri önemli bir alternatiftir. Modeller ekonomiklik ve deney şartlarının oluşturulması yönünden avantajlıdır. Gemi inşasından önce model testleri ile bir çok alternatif dizayn geliştirilebilir. Bu nedenle model testleri dizayn aşamasında gemi denizcilik karakterlerinin belirlenmesi için tek yöntemdir. Model testleri ile yapılan ölçümler, tam ölçekli yapılan testlerden daha kolaydır. Düzgün dalgalarda belirlenen RAO'nun belirlenmesi amaç olmalıdır. Böylelikle farklı deniz durumları için denizcilik karakteristiklerin belirlenmesi sağlanmış olacaktır.

Model testlerinde model hızı,dalga periyodu ve dalga yüksekliği gemi model boyutlarına uygun seçilmelidir.

5.1.1 Kayıcı Tip Bir Tekne İçin Model Testi

Model ölçümleri geminin boyuna ağırlık merkezine göre yapılır. Çekme tankında model, shaft hattında veya gemi merkez hattı boyunca çekilir. Böylelikle dalıp çıkma ve baş kıç vurma hareketleri bağımsız olarak ölçülür.[15]

Bu tezde örnek olarak çalıştığımız tekne için yapılan model testlerindeki deney havuzu, model, modele benzer (Tip I) ve RAO yaklaşımı ile bağıl hız ve ivme değerlerini hesapladığımız (Tip II) gemilere ilişkin parametreler aşağıdadır.

TİP I Gemi ve modele ilişkin parametreler:

Dalga Yükseklikleri	:2.0cm-6.0cm (1cm artışlar ile)
Dalga Periyodu	:0.5sn-1.5 sn (1sn artışlar ile)
Model hızı	:3 m/sn
Model boyu	:2834 mm
Kalkıntı açısı	:12.5°
Gemi su hattı boyu	:28.76 metre / 43.09metre (TİP II gemi)
Güverte Boyu	:33.00 metre / 48.00metre (TİP II gemi)
Gemi genişliği	:6.70 metre / 10.05metre (TİP II gemi)
Gemi Draftı	:1.34 metre

5.1.1.1 Dalıp çıkma ve baş kış vurma hareketleri

Dalgalarındaki teknenin hareketine karar vermek için her dalga periyodu ve yükseklikte genlik değerlerinin karşılaşma frekansına göre belirlenmesi gerekmektedir. Kayıcı teknelerde deplasman teknelerine nazaran kayma sırasında ağırlık merkezi yükseldiğinden, kayıcı teknelerin dalıp çıkma ve baş kış vurma genlik değerlerinin doğru bir şekilde tespit edilmesi için Şekil 5.1’de görüldüğü gibi sakin suda ağırlık merkezinin yükselmesi sonucu değişen değerlerin, dalıp çıkma ve baş kış vurma için tespit edilen değerlerden çıkartılması gerekmektedir.

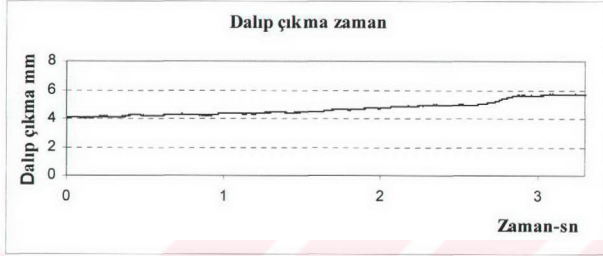
Kayıcı teknelerde kayma esnasındaki ıslak yüzey alanı azalacak ve hidrodinamik kaldırma sonucu ağırlık merkezi yükselecektir.



Şekil 5.1 : Sakin suda ağırlık merkezinin yükselmesi

5.1.1.2 RAO'nun belirlenmesi

Dalıp çıkma ve baş kıç vurma hareketinde kayma hareketinden dolayı dalıp çıkma ve baş kıç vurma değerlerindeki değişimler Şekil 5.2 ve 5.3'de, 3 m/sn model hızında yapılan deney Şekil 5.4 ve 5.5'te görülmektedir.



Şekil 5.2 :Sakin suda dalıp çıkma hareketi

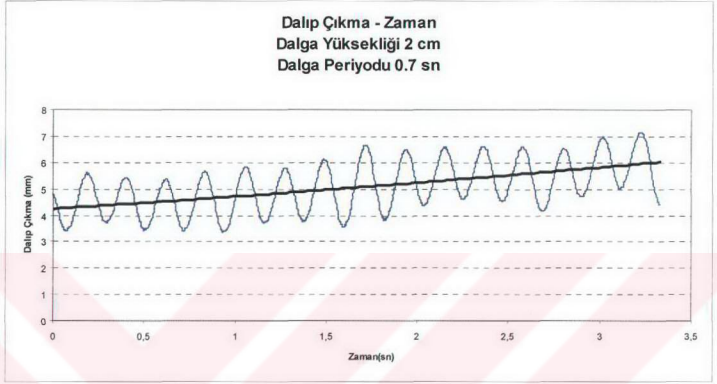


Şekil 5.3 : Sakin suda baş kıç vurma hareketi.

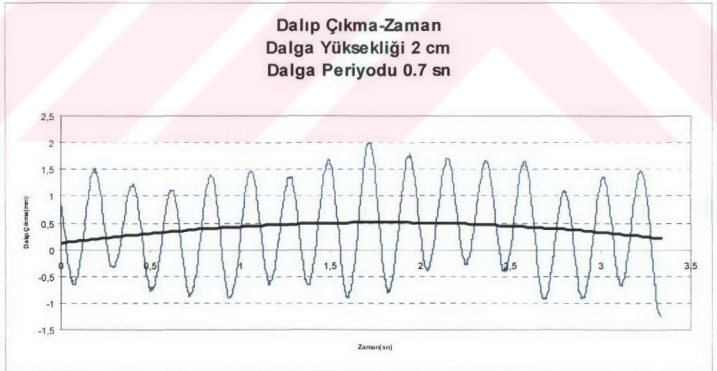


Şekil . 5.4 & 5.5: Sakin suda 3m/sn model hızında yapılan deney [15]

Sakin su ağırlık merkezinin yükselmesinden doğan dalıp çıkma değerlerinin 2 cm dalga yüksekliği için elde edilen değerlerden her dalga periyodu için ayrı ayrı olmak üzere Şekil 5.6 değerleri, 5.7'de görüldüğü şekilde çıkartılır ve bu hesaplamalar diğer dalga yükseklikleri için de gerçekleştirilir.



Şekil 5.6 : 2 cm dalga yüksekliğinde ağırlık merkezinin yüksekliği dahil değerleri



Şekil 5.7 : Ağırlık merkezinin yükseklik değerlerinin çıkartılması

RAO değerlerini boyutsuzlaştırmak için dalıp çıkma değerleri, dalga genliğine bölünür.

RAO değerleri karşılaşma frekansına bağlı olarak bulunur. Bu amaçla dalga periyodu sırasıyla karakteristik frekans, dairesel frekans ve karşılaşma frekansına dönüştürülür. Model testinde karşılaşma açısı 180 derece olarak alınmıştır. Test sonuçları incelendiğinde; örneğin 0.5sn dalda periyodu için;

$$\text{➤ } T = 1/f \text{ Karakteristik frekans; } f = 1/T = 1/0.5 = 2 \text{ Hz} \quad (5.1)$$

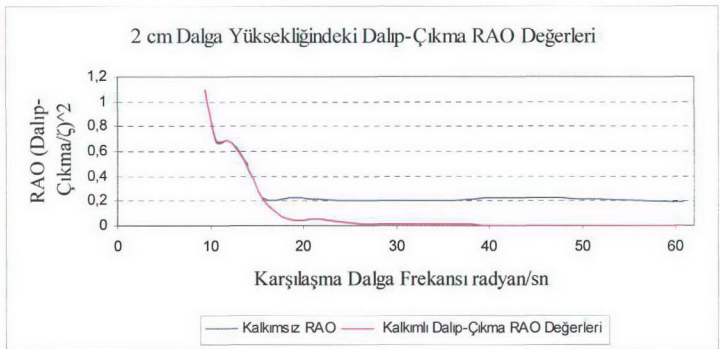
$$\text{➤ } \text{Dairesel frekans } \omega = 2 * \Pi * f = 12.566 \text{ rad/sn} \quad (5.2)$$

$$\text{➤ } \text{Karşılaşma frekansı } \omega_c = \omega_{dalga} (1 - \omega_{dalga} * V/g * \cos\mu) = 60.8579 \text{ rad/sn} \quad (5.3)$$

$$\text{➤ } \text{Karşılaşma periyodu ise } 3\text{m/sn hızındaki model için } T_e = 2 \Pi / \omega_c \\ 2 / 60.8579 = 0.103\text{sn} \quad (5.4)$$

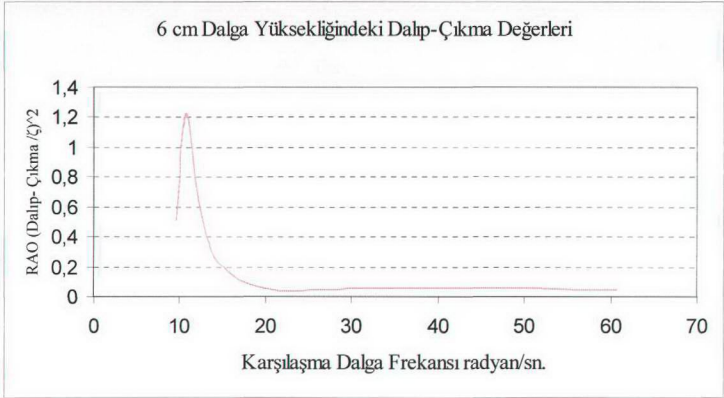
RAO grafiklerinde ağırlık merkezinin yükselmesinin dahil edildiği/edilmediği iki eğri görülmektedir. Grafiklerde 5.0cm ve 6.0cm dalga yüksekliklerinde ağırlık merkezinin yükselmesi direk olarak hesaplanmış, o nedenle ağırlık merkezinin yükselmesi ayrıca gösterilmemiştir. RAO değerleri Şekil 5.8-12'de görülmektedir.

1. Dalıp çıkma hareketi için RAO'nun belirlenmesi



Şekil 5.8 : 2cm dalga yüksekliğindeki dalıp çıkma RAO değerleri

Şekil 5.11 : 5cm dalga yüksekliğindeki dalıp çıkma RAO değerleri



Şekil 5.12 : 6 cm dalga yüksekliğindeki dalıp çıkma RAO değerleri

Gemiler için RAO, gemi denizcilik karakterlerinin karşılaştırılmasını sağlar. Bu sayede gemilerin denizciliği için bir çok bilgi edinilmiş olur. RAO belirli bir dalga yüksekliğinde, tüm dalga periyotlarında geminin tepkisini göstermektedir. Model dalıp çıkma karakteristiği 9.5545 rad/sn ile 60.8579rad/sn aralığındadır. Burada 9.5545 rad/sn karşılaşma frekansı, 4.188 rad/sn dairesel frekansına ve bu da 1.5 sn'lik dalga periyoduna karşılık gelmektedir. Aynı şekilde 60.8579 rad/sn karşılaşma frekansı, 12.566 rad/sn dairesel karşılaşma frekansa ve 0.5sn dalga periyoduna karşılık gelmektedir.

Karşılaşma frekansı büyük değerlerle başlamaktadır. Model hızının fazla olmasından dolayı modelin dalgalarla karşılaşması kısa periyotla olmaktadır. 1,5 sn dalga periyodunda gerçek dalga periyodu 0.658sn olmaktadır. Bundan dolayı uzun dalgalar gerçekte çok kısa sürede karşılaşmaktadır. Aynı şekilde 0.5sn dalga periyodunda, aynı model hızı ile gerçek dalga periyodu 0.103 sn olmaktadır. Kısa dalgalar daha kısa sürede karşılaşmaktadır. Kayıcı teknelerde yapılan model testlerinde hızın düşürülmesi söz konusu olmaz zira, hızın azaltılması froude sayısını düşürecek, bu durumda teknenin kayıcı tekne özelliği kaybolacaktır.

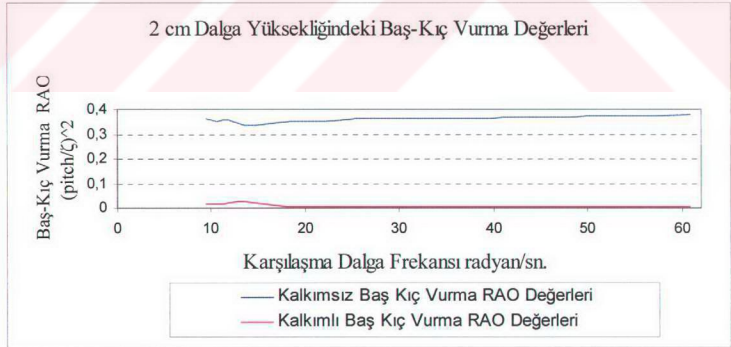
Dalıp çıkmaya ilişkin RAO'lar yukarıdaki şekillerde görülmektedir. RAO'larda maksimum nokta 11.9 rad/sn'de görülmektedir. RAO değerleri 9.5545 rad/sn'den (1.5sn dalga periyoduna karşılık gelmektedir.) daha aşağıda görülmemektedir. Bu nedenle test dalga periyodu 1.5sn'den daha büyük dalga periyotları, örneğin 2.4 sn dalga periyoduna artırıldığında bu artış ; (4.7139 rad/sn karşılaşma frekansı)

$$\lambda = g \cdot T_{\text{wave}}^2 / 2 \cdot \Pi = 9.81 \cdot 2.4^2 / 2 \cdot \Pi = 8.99 \text{ metre dalga boyu gerektirir.} \quad (5.5)$$

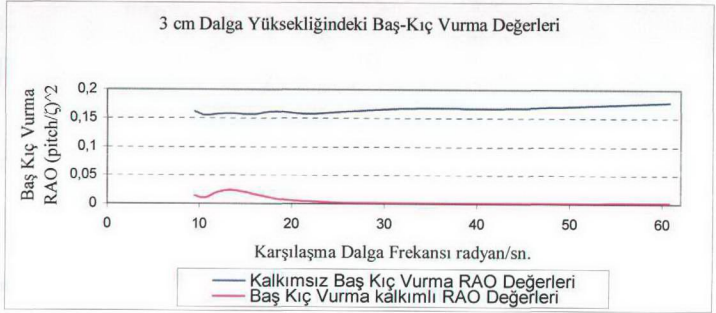
Pratikte böyle bir dalga boyuna haiz dalga üretmek zordur. RAO değerlerinin bu nedenle diğer bölümleri tahmin edilmiştir. Ağırlık merkezinin yükselmesi 18 rad/sn'den sonra görülmektedir. Bunun anlamı 1 sn'den daha düşük dalga periyotlarında, ağırlık merkezinin yükselmesinin önemli olmadığıdır.

2. Baş kıç vurmaya ait RAO'nun belirlenmesi

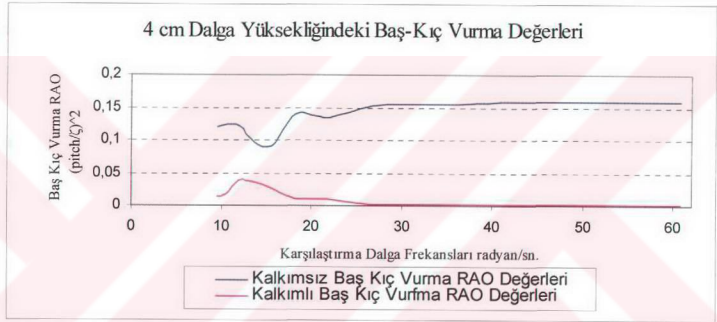
Baş kıç vurma hareketlerinin RAO değerlendirilmesinde de 5.0cm ve 6.0cm dalga yüksekliklerinde ağırlık merkezinin yükselmesi direk olarak hesaplanmış, o nedenle bu şekillerde ağırlık merkezinin yükselmesi ayrıca gösterilmemiştir. Dalıp çıkma hareketine ilişkin RAO değerleri Şekil 5.13-17'de görülmektedir.



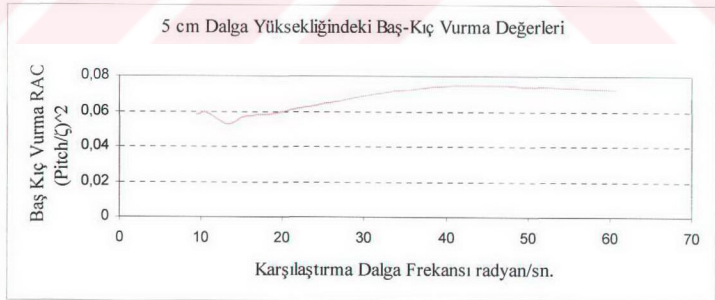
Şekil 5.13 : 2 cm dalga yüksekliğindeki baş kıç vurma RAO değerleri



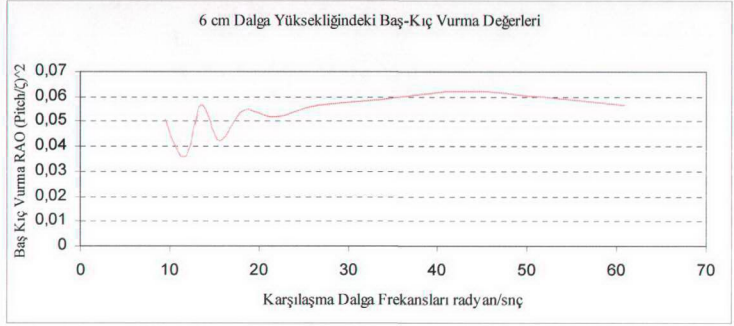
Şekil 5.14 : 3 cm dalga yüksekliğindeki baş kıç vurma RAO değerleri



Şekil 5.15 : 4 cm dalga yüksekliğindeki baş kıç vurma RAO değerleri



Şekil 5.16 : 5 cm dalga yüksekliğindeki baş kıç vurma RAO değerleri



Şekil 5.17 : 6 cm dalga yüksekliğindeki baş kıç vurma RAO değerleri

5.2 DÖVÜNME TESTİ VE SONUÇLARI

5.2.1 Dövünme Basıncı

Yüksek hızlı teknelerde dövünme basıncı baş kıç vurma hareketi esnasında teknenin başının su yüzeyine vurması sonucu oluşur. Bu etki tekneye her bir yönden gelen dalgalar ile oluşur.[17]

5.2.2 Dövünme basıncı testinin önemi

Kayıcı tekneler klas kurallarına göre inşa edilse bile, dövünme basıncının tespit edilmesi çok önemlidir. Kompozit malzeme ile inşa edilecek kayıcı teknelerde, ağırlık artışının tolerans azlığı bu teknelerde basınç tespitinin önemini bir kat daha artırmaktadır.

Genede hidrodinamik basınç;

- Omurga ve su yüzeyinde oluşan enine basınç
- Su yüzeyinden belli bir uzaklıkta jet akışın sebep olduğu basınç'tır.[22]

Kayıcı teknelerde tekne ilerleme doğrultusundaki basınç, dalıp çıkma doğrultusundaki basınçtan daha büyüktür.

Lloyd's Register of Shipping kurallarına göre; yüksek hızlı teknelerde hidrostatik yükler hidrostatik basınca göre verilmiştir. Klas kuruluşu tarafından belirtilen hususlar aşağıdadır.

- Dikey ivme
- Hidrodinamik dalga basıncı, dalıp-çıkma ve teknenin başındaki basıncın meydana getirdiği yükler
- Tekne dibi kaplama sacında hidrostatik basınçtan doğan hidrostatik yükler

Lloyd's Register of Shipping kuralına göre dip yapıya etkiyen basınç;

$$Phl = 10(T - h) \text{ kN/m}^2 \text{ olarak hesaplanır. Burada} \quad (5.6)$$

T = Yüklü su hattı (metre)

h = Tekne omurgasından basıncı hesaplanacak noktaya olan dikey uzaklık (metre)

Phl = Dip basınç yükü

Bu tezdeki diğer amacımız klas kuruluşları tarafından verilen bu yükleri değerlendirmek olmuştur.[23]

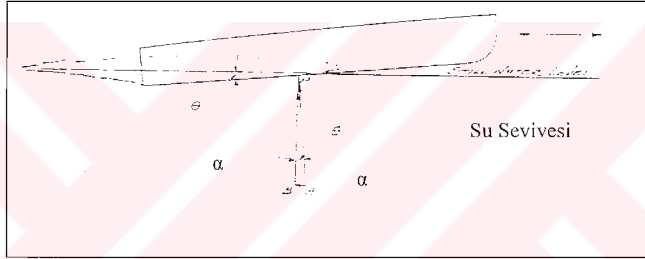
Tekne başında ulaşan dövünme basıncına tekne hızı en büyük katkıyı yapmaktadır. Öyle ki tekne hızı 45knot değerine ulaştığında stagnation noktasında basınç, atmosfer basıncının 3 veya 3,5 katı olmaktadır. Bu nedenle kayıcı teknelerde yüksek dövünme basıncı değerlerinden dolayı, teknenin mukavemetini artırıcı tedbirlere başvurulmalıdır.

5.2.3 Kayıcı tekneler için darbe basıncı

Dövmüne basıncı tekne dibini normal doğrultuda etkiler ki bu basıncı iki kısımda ifade edebiliriz.

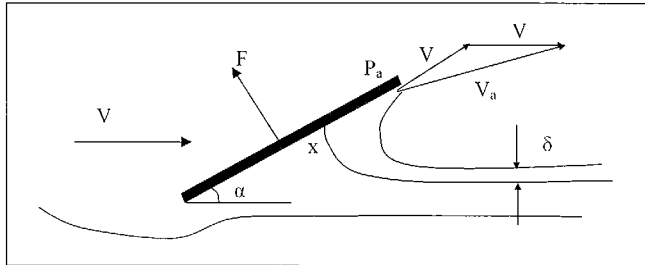
1. Dalga yüzeyine göre dikey hızın normal bileşeni sebebiyle oluşan darbe basıncı.
2. Dalga yüzeyine belli bir açıda oluşan kayıcı basınç

Kayıcı basınç bileşeni, darbe basıncına göre çok küçük ve önemsiz olduğundan darbe basıncına göre ihmal edilebilir. Bu nedenle dövmüne basıncı darbe basıncı bileşenine çittir. Kayıcı tekne basınç noktası Şekil 5.18’de görülmektedir.



Şekil 5.18 : Kayıcı bir teknede basınç noktası

Kayıcı teknenin α açısı ve V hızı ile hareketi Şekil 5.19’da görüldüğü gibi olacaktır.



Şekil 5.19 : Kayıcı teknenin α açısı ve V hızı ile hareketi

Bağıl su hızı;

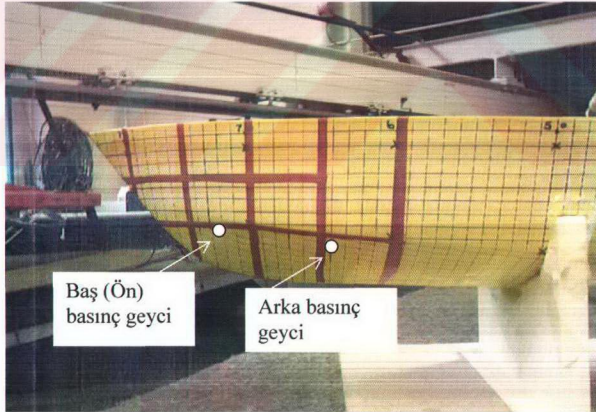
$$V_a = 2 * V * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

- ✓ $\alpha/2$ is the V ve V_a arasındaki açıdır.
- ✓ V kayıcı teknenin hızıdır.
- ✓ α kayma açısıdır.

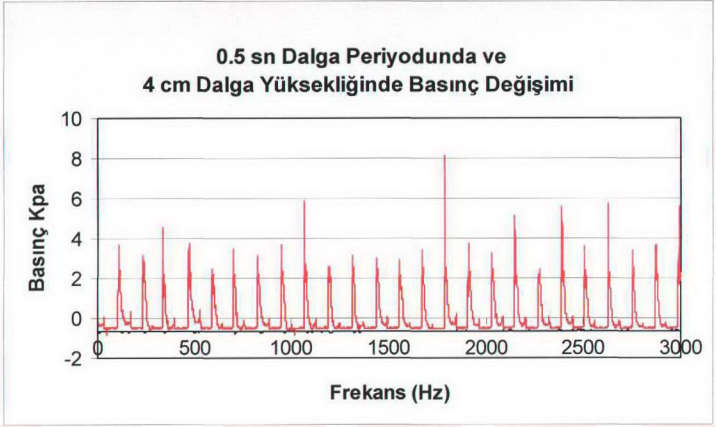
Şekil 5.18 ve 5.19'da kayıcı basınç bileşeninin darbe basıncına göre küçük olduğu görülmektedir.

5.2.4 Model dövünme basıncı testi

Model aynı deney şartlarında 4.0 cm, 5.0 cm, 6.0 cm dalga yüksekliklerine göre incelenmiştir. Basınç büyüklüğünün tespit edilmesi için en önemli nokta basınç geyçlerinin mevkisinin doğru tespitidir. Model deneylerinde uygulanabilecek basınç geyçleri mevkileri Şekil 5.20, alınan kayıtlar Şekil 5.21-5.24'de gösterilmiştir.

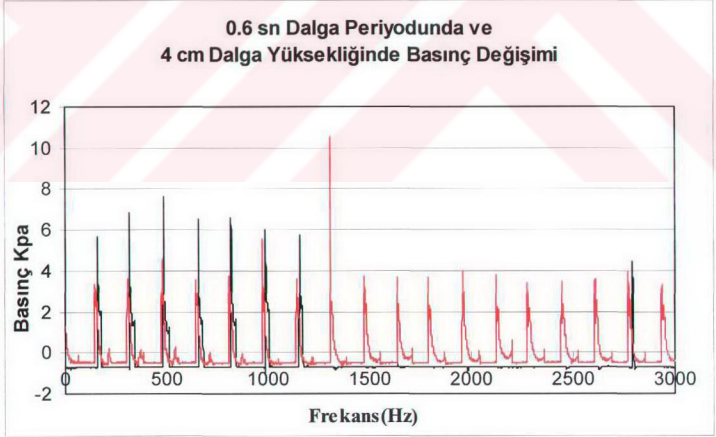


Şekil 5.20 : Basınç geyçlerinin yerleşimi



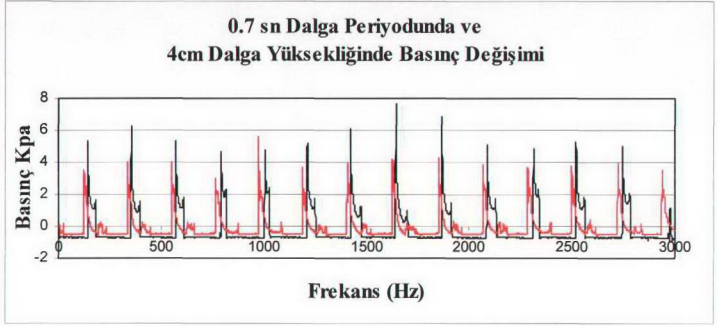
Şekil 5.21: 0.5 sn dalga periyodu ve 4cm dalga yüksekliğinde basınç değişimi

Bu periyotta ve dalga boyunda ön basınç gecici suyun dışında olduğundan herhangi basınç kaydedilmemektedir.



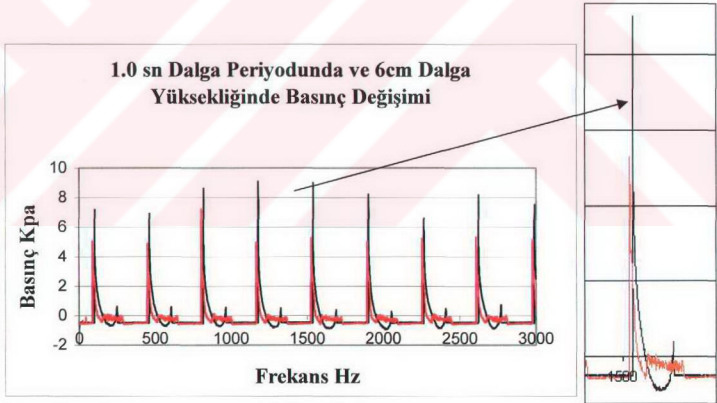
Şekil 5.22 : 0.6 sn dalga periyodu ve 4cm dalga yüksekliğinde basınç değişimi

Baştaki basınç gecicinden basınç değerleri alınmaya başlamaktadır.



Şekil 5.23 : 0.7 sn dalga periyodu ve 4cm dalga yüksekliğinde basınç değişimi

0.7 sn ve daha yüksek dalga periyotlarında baştaki basınç geyci değeri, arkadaki basınç geyci değerinden her zaman büyüktür. Dalga periyodu arttıkça baştaki basınç geycinden alınan değerler her zaman büyük olmaktadır.

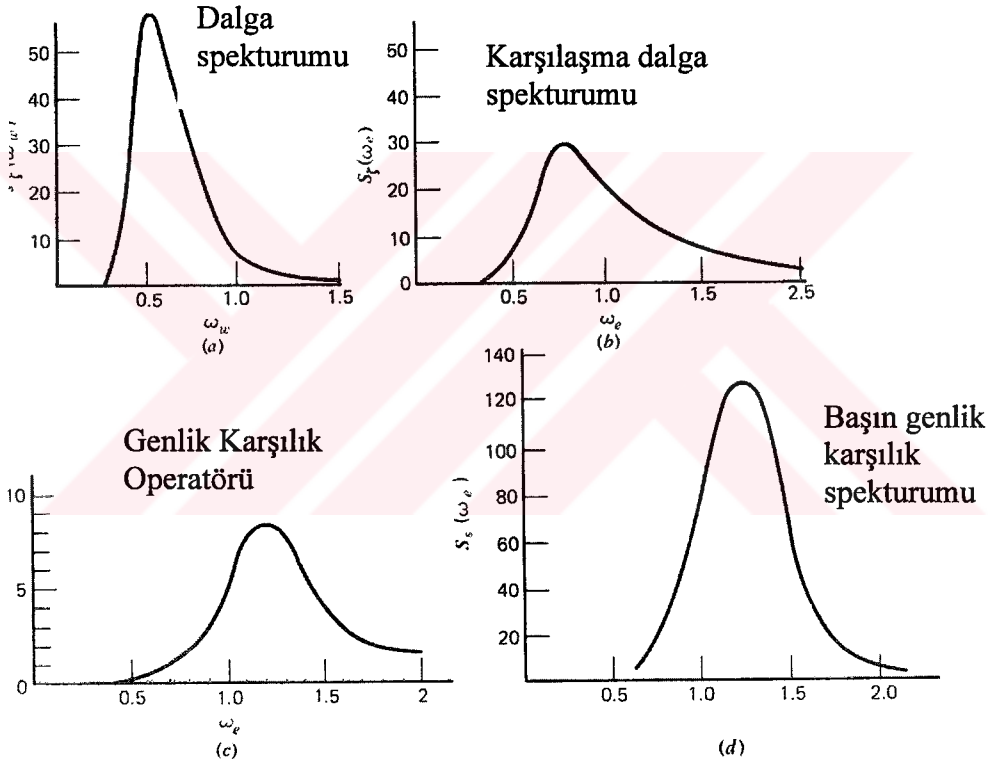


Şekil 5.24 : 1.0 sn Dalga periyodu ve 6cm dalga yüksekliğinde basınç değişimi

Önceki bölümlerde de belirttiğimiz gibi maksimum basınç teknenin su ile temas ettiği noktada oluşmakta, teknenin su içine girmesi ile basıncın dışarı doğru hareketi ile basınç büyüklüğü azalmakta olup bu durum Şekil 5.24’de görülmektedir.

Test süresince iki basınç geycinden alınan sonuçlarda baştaki basınç geyci 11 Kpa, ve arkadaki basınç geyci 7 Kpa değerlerine ulaşmaktadır.

Bu tezde genlik operatörleri yaklaşımıyla, düzensiz dalgalardeki iki tip geminin yerdeğiştirme, hız ve ivme değerleri bulunmuştur. Bu yöntem uygulanırken Şekil 5.25’de örneği görülen işlemler sırasıyla gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde iki tip gemiye uygulanan hesaplamalar sonucu elde edilen hız, ivme ve basınç grafikleri Ek-B ve model deneyi değerleri belirtilen (Tip I) ve RAO yaklaşımı ile bağlı hız ve Tip II kayıcı teknelerinin dizayn değerleri Ek-C’de verilmiştir.



Şekil 5.25 : Başın bağıl hareketinin düzensiz dalgalarda bulunması

6. DÖVÜNME LİMİTLERİ

6.1 Tepki (Cevap) Kriteri

Teknenin dizayn hatları üzerinde sahip olduğu potansiyel etki ile gemide istenilen yönde davranış göstermesini sağlayan denizcilik kriterine ‘Tepki (Cevap) Kriteri’ denir.

Denizcilik terimi; dalga ve rüzgardan dolayı müsait olmayan çevre koşullarına bağlı olarak, geminin görevini başarıyla yerine getirmesi için geminin yardımcı sistemleri ve personel dahil yeteneğini tanımlamak için kullanılır.[4]

Denizciliğin personel, ekipman ve gemi yapısı üzerindeki etkileri, dizayn sırasında gemi hareketlerinin kabul edilebilir seviyeleri, çevre ve işletmeyle ilgili koşulların belirlenmesi ile tanımlanabilir. Kriterler ve limit değerler amaçlanan görevlere /işlere, gemi yapısı /malzemesine ve ekipmanların hassasiyetine bağlıdır.

Gemilerin denizciliğinde kullanılmak üzere çeşitli tepki kriteri ve limitler önerilmiştir. Bunların bazıları tam ölçekli deneylerden elde edilmiş, bazıları da genel deniz deneyimlerinden rastgele alınmıştır. Çoğu geminin kriteri ile gemi/mürettebat kriteri arasında açık bir ayrım yapmaz. Limitler genellikle kaptanın gözlem limitleridir. Bunların dizayn sırasında dizayn limitleri olarak kullanılması uygun kabul edilir. Çok yaygın olarak kullanılan kriterler dövünme frekansı ve baş dikmedeki ivmelerdir.

Dövünmenin bütün dünyada bugün uygun ve kabul edilebilir bir tanımlama sınırının olmamasından dolayı dövünme kriterlerinin de farklı anlamları vardır. Ochi’nin verdiği kriter gibi dövünmenin ne olduğunu tanımlayan ‘kriterler’, dövünmenin kaptan ve gemi üzerindeki etkilerini tanımlayan diğer dövünme kriterleri ile karıştırılmamalıdır.

Gemi kriter olasılığına göre hasar %5 ve %95 seviyesindedir. Düşük olasılıklı olan 'hasar mümkün', yüksek olasılıklı olan da 'hasar olasılığı kuvvetli 'olarak tanımlanmıştır.

Gemi/Mürettebat kriteri, gemi hareketleri ve bağıl rüzgar hızından dolayı, gemi hareketleri artarken verimde düzenli bir düşmeyi tanımlayan, insanoğlunun performans düşüş eğrisinden ibaret olan kriterdir. Helikopter inip/kalkma işlemleri için hareket limitleri, sistem ve personel limitleri diğer kriterler arasındadır.

6.2 Dövmeme Kriteri

Dövmemeyi kısıtlayıcı kriterler ele alınmadan önce iki yönden tariflediğimiz dövmemeyi tekrar iki yönden değerlendirmek uygun olacaktır. Bunlardan birincisi bünyesel zorlamaların yapısal yönden oluşturduğu dövmemelerdir. Bunun için aşağıdakiler önerilmiştir.

- Dövmmeden doğan darbe yükünün yarattığı titreşim ve dolayısıyla meydana gelen gemi ortası dövmeme gerilmesinin 19.6 MN/M^2 'yi aşması durumunda (225m boyunda yumuşak çelik yapı tekne)
- Gemi ortası dövmeme gerilmesinin 29.5 MN/M^2 'yi aşması durumu (yüksek gerilim çelik yapı tekne)

Yukarıdaki değerler gemi boyunun karesi oranında artırılır veya azaltılır.

- Gemi ortası dövmeme gerilmesinin 15.7 MN/M^2 'yi aşması durumunda yumuşak dövmeme oluşur.
- Gemi ortası dövmeme gerilmesinin 24.55 MN/M^2 'yi aşması durumunda şiddetli dövmeme oluşur.

Dövmüne gerilmesine dayalı yukarıda verilen tanımları model deneylerine ve teorik yaklaşımlara uygulamak zordur. İkinci olarak dövmüne kinematik yönden incelenir. Deneylerde ve teorik yaklaşımlarda dövmüne incelemesinin bu yöntemle yapılması tercih edilir.

Ochi'nin Bölüm 2'de verilen kriterden farklı olarak, kritik hızın tekne su altı şeklini hesaba katan başka şekli de $4.56 \sqrt{(g \cdot D/k)}$ 'dir. Burada;

$k = \Pi^2 \cot \beta / 4$, $D = \text{Draft}$, $\beta = \text{Baş dikmenin } 0.2L \text{ gerisindeki sintine kalkım açısıdır}$. Kritik hız için verilen bu formül genelde Ochi'nin formülünden daha yüksek basınç değerleri verir.

Denizcilik olaylarında dövmüne limitleri 100 dalıp çıkmadaki dövmüne sayısı olarak ifade edilir ve 1'den 6'ya kadar değişir. En çok kullanılan Ochi'nin dövmüne kriteridir. Bu kriter geminin baş dikmesinden 0.15L mesafedeki bölgenin her 100 baş kış vurma salınımında 3 dövmünmeyi ifade eder. Dövmüne ile ilgili uygun limitler Tablo 6.1'de verilmiştir.

Tablo 6.1 : Dövmüne limitleri

GEMİ TİPİ	LİMİT		TANIM	YER	KAYNAK
	Kaynakta verilen	100/baş kış vurma			
Dökme Yük		2			Yamamoto(1984)
Yük		6	PSW>2	Gemi ortası	Aertssen(1968)
Yük		1			SR 108 (1975)
Konteyner		1	Ochi	FP'den 0.15L geride	Kitazawa(1976)
Kanal		5	PSW>3.9	Gemi ortası	Aertssen(1968)
Ticaret		3	Ochi	FP'den 0.15L geride	Ochi-Motter(1974) Journée-Meijers1980 Bau (1981)
Ticaret	15 dak. 2	2	PSW>15.7	Gemi ortası	Hoffman(1976)
Ticaret		1	Ochi	FP'den 0.15L geride	Chrysostomidis1972
Ticaret	15 dak. 2	1	PSW>24.5	Gemi ortası	Hoffman(1976)
Ticari ve Askeri		3	Ochi	FP'den 0.15L geride	Chilo-Sartori (1978)
Tanker		6	Ochi		Landsburg – Cruikshank (1976)
Tanker (büyük) Ve Dökme Yük		3	PSW19.6		Aertssen(1968)
Balıkçı		6	0.98 decel.		Aertssen (1968)

(PSW = MN/M² olarak maksimum dövmüne gerilmesi)

Dövmüne limitlerini verirken gemide oluşan düşey ivmeler isteğe bağlı hız kesmelerin ya da yön değiştirmelerin birinci sebebi değildir. Dövmüne kriterinin kritik olabildiği hava şartlarında geminin düşey hareketlerini ifade eden düşey ivmeler üzerine diğer kriterlerden daha güvenilir veriler mevcuttur. Bu veriler alternatif dizaynlarda denizcilik performansının mukayesesi için kullanılabilirler. Deniz tutmasına sebep olduğundan dolayı, düşey ivmelerin gemi yaşanabilirliğine çok büyük önemi vardır. Bu limitler Tablo 6.2’de verilmiştir.

Tablo 6.2 : Düşey ivme limitleri

GEMİ TİPİ	LİMİT		YER	KAYNAK
	Kaynakta verildiği gibi	RMS (g)		
Yük Gemisi	0.45 k.t.g.	0.225	Baş	Aertssen
Yük Gemisi		0.21	FP	SR 108
Konteyner	$P(\text{amp.} > 0.8) < 0.001$	0.215	FP	Kitazawa
Konteyner	$P(\text{amp.} > 0.8) < 0.001$	0.215	FP	Kim-Nakamura
Kanal	0.5 k.t.g.	0.25	Baş	Aertssen
Ticaret	Ortalama $1/10 < 1.0$	0.392	Yük alanları	Chrysostomidis
Ticaret	$P(\text{amp.} > 0.5) < 0.05$	0.204	FP	Yamamoto
Ticaret	0.4 k.t.g.	0.2	FP	Bau
Ticaret	$P(\text{amp.} > 0.4) < 0.05$	0.163	Köprü üstü	Yamamoto
Ticaret	$P(\text{amp.} > 0.4g) < 0.04$	0.158	Çalışma alanları	Lewis
Ticaret	0.5 max	0.15	Baş	Hoffman
Ticaret		0.15	Herhangi bir yer	Gianotti
Ticaret(Yüklü)	$P(\text{amp.} > 0.4g) < 0.07$	0.2	Baş	Ochi-Motter
Ticaret(Boş)	$P(\text{amp.} > 0.4g) < 0.03$	0.2	Baş	Ochi-Motter
Ticaret(125 m)	0.55 k.t.g.	0.275	Baş	Aertssen
Ticaret(190m)	0.35 k.t.g.	0.175	Baş	Aertssen
Ticaret(260m)	0.25 k.t.g.	0.125	Baş	Aertssen
Ticaret ve Askeri	0.4 k.t.g.	0.2	FP	Chilo-Sartori
Tanker(büyük) ve Dökme yük	0.25 k.t.g.	0.125	Baş	Aertssen
Balıkçı	0.7 k.t.g.	0.35	Baş	Aertssen

(k.t.g.= Karakteristik tek genlik; $p(\)$ = Olasılık)

Askeri gemiler ile ilgili denizcilik kriterleri Tablo 6.3 ve Tablo 6.4’de verilmiştir.[4]

Tablo 6.3 : Hava hareket işlemlerinde dövünme kriteri

ALT SİSTEMLER	HAVA HAREKAT İŞLEMLERİNDE DÖVÜNME LİMİTLERİ		
	YER	NAVSEA LİMİTİ	ARE(H) LİMİTİ
Tekne(LHA,VSS)	Posta 3	20/saat	Ochi/DRA
Tekne(CV,LHA)	Güverte çıkışında	20/saat	
Swath	Enine yapıların giriş ucu	20/saat	
FF-Destroyer	Posta 4		Ochi Olasılık eksponansiyeli > 2.4

Tablo 6.4 : Harekat için kriterler

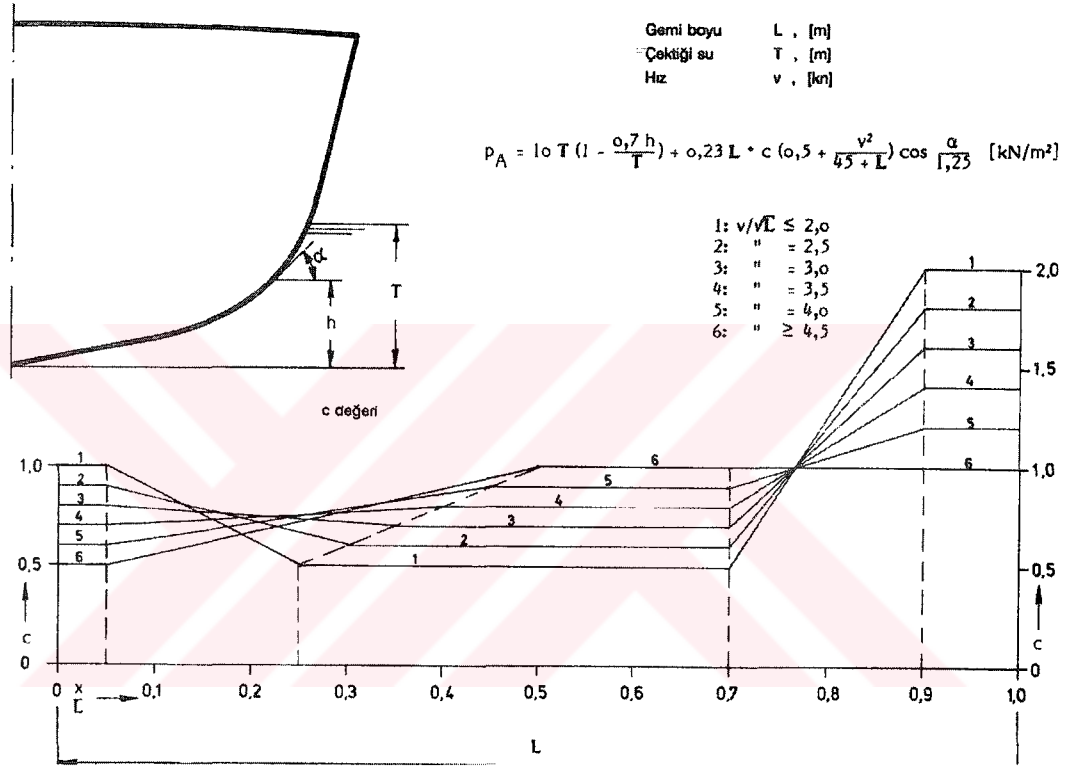
SİSTEM VEYA İŞLEM	LİMİTLER
Dip Dövünmesi	20/saat
Sonarın sudan çıkması	3 ° baş-kıç vurma

Mürettebat	0.4 g düşey ivme
Düşey hız	2.1 m/sn
Helikopter güvertesi	1.5 m
Sonar	1.07 m/sn ²

Tablo 6.5 : Dövünmeye ilişkin klas kuruluşları kuralları.

Klas Kuruluşu	Kuvvetlendirilecek bölge	Gemi başındaki dip kaplama	Gemi hızı
ABS	Cb< 0.6 ise 0.25L Cb> 0.8 ise 0.30L	Tekne dip kaplaması kuvvetlendirilmelidir.	
BV	0.25L	Tekne dip kaplaması kuvvetlendirilmelidir.	
CCRS	Makine ortada ise 0.2 L Makine kıçta ise 0.25L	Tekne dip kaplaması kuvvetlendirilmelidir.	Yüksek hızlarda baştan 0.25 L mesafede kuvvetlendirme.
DNV	Balast draftı,dipteki gemi genişliği ve gemi boyuna bağlı olarak.	Dövünme basıncına göre kuvvetlendirilmelidir.	Dövünme basıncına bağlı.
GL	Makine ortada ise 0.25L L<100m ise 0.3L L>150m ise 0.25L 100m<L<150m ise (0.4L-0.001L)	Tekne dip kap. kuvvetlenmeli. T<0.03L tüm gemi kuvvetli. T>0.04L kuvvetlendirme yok. L>200 m olan gemilere uygulanmaz.	V> 1.6√L knots'da kuvvetlenme gemi kıçına uzatılmalı. V>10kts veya 1.2√L knots ise her ekstra knots değeri için 0.5 mm artım.(Artım 2mm'den fazla olmaz.)
KRS	Froude sayısına bağlı olarak 0.15L-0.3L arasında	Dövünme basıncına göre kuvvetlendirilmelidir.	Dövünme basıncına bağlı.
LRS	0.3L	Dövünme basıncına göre kuvvetlendirilmelidir.	
NKK	Froude sayısına bağlı olarak 0.15L-0.3L arasında	Dövünme basıncına göre kuvvetlendirilmelidir.	Dövünme basıncına bağlı.
RINA	0.25L-0.05L arasında	Tekne dip kaplaması kuvvetlendirilmelidir.	
RSUR	0.25L	Tekne dip kaplaması kuvvetlendirilmelidir.	Fr>1.25 ise kuvvetlendirme baştan 0.25 L mesafeye kadar her ilave knot değeri için 0.03L bölgeye ilave edilmeli(0.5L'yi aşamaz)

Klas kuruluşları dövünmeye ilişkin tekne yapısını meydana getiren elemanların özellikle teknenin başında eleman sayısının arttırılarak eleman arasının azaltılması ya da tekne kaplama sacının kalınlığının arttırılmasına yönelik sınırlandırmalar getirmişlerdir. Klas kuruluşlarının ilave ihtiyaçları Tablo 6.5’dedir. Türk Loydu tarafından verilen dövünme basıncı hesabı Şekil 6.1’de olup, 40 Knot gemi hızındaki Tip I gemi için dövünme basıncı 185 Kpa hesaplanmıştır.[24]



Şekil 6.1 : Hızlı devriye botlarında TL’na göre dış kaplamaya gelen yük

DNV Klas Kuruluşunun Hızlı Devriye Botları için ön gördüğü dokümanının 3.Bölüm 1.Konuda dövünme basıncı ve ivme değerlerinin hesabına yönelik verilen formülasyonda C 200’e dövünme basıncı 172 Kpa, B204’e göre ivme değeri 4,05 m/sn² hesaplanmıştır..[25]

Bu tez çalışmasında kullanılan kriterlerin değerleri RMS cinsinden verilmiştir. RMS Root Mean Square(Kareler Ortalamasının Karekökü)’in baş harflerinden oluşur. Pratikte anlamı ölçülen bütün değerlerin (bu tezde düşey hız ve ivme, dalıp-çıkma, baş kış vurma genlikleri) her birinin karesini alıp, daha sonra bunların toplamalarının alınan bütün değerlerin toplamına bölünmesiyle elde edilen sayının karekökünün

alınmasından sonra bulunan değerdir. Gerçek hayatta karşılaşılan değerler RMS değerinin yaklaşık 2-2.5 katıdır. Örneğin karakteristik genlik değerleri (ölçülen değerlerin 1/3'ü alınırsa) RMS'in 2 katı, ölçülen değerlerin 1/10'u alınırsa bu durumda genlik değerleri RMS'in 2.55 katı olmaktadır. Bu tezde 2 katı bir yaklaşım (karakteristik genlik yaklaşımı) uygulanmıştır.[4]

6.2.1 Kayıcı teknelerin dövünme kriterleri

Dövünme kriteri, omurganın zarar görmesinden çabucak etkilenen durumları göz önünde tutar. Şartların sınırlandırılması ile ilgili kriterler üç kaynaktan oluşur.

- Gövde hasarının önlenmesi.
- Çalkantıdan dolayı oluşan atalet yüklerini karşılamak için yapı ve donanımın yeterliliği.
- Etkilere karşı personel toleransı.

Hızlı devriye botları için dövünme yükleri yapısal gerilmeye çok önemli bir şekilde yansır.Bundan dolayı; gövdeye eğmeye çalışan momentlerin kabul edilebilir sınırlarının tanımı ve levha yükleri göz önüne alınmak zorundadır ki dövünme gemiye hasar verecek kadar tehlikeli olmasın. Normal şartlarda verilen dalga koşullarında gövdeyi eğmeye çalışan momentin tahmini, model testleriyle veya doğrusal olmayan simülasyonlar ile elde edilir.

Doğrusal olmayan simülasyon modelleri tam anlamıyla kesin sonuç veren kriterleri oluşturmazlar.Taban basınç kriteri deneysel formülasyonlar temel alınarak bulunabilir. Dövünme frekanslarının tahmini değerini baz alan dolaylı bir yöntem fırkateynler ve destroyerler için alışılmış bir yoldur.[25]

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1 SONUÇLAR

Gemilerin dalgalarındaki baş kıç vurma ve dalıp çıkma birleşik hareketlerine bağlı olarak meydana gelen dövünme olayı önemi sürekli artan ve bir çok gemi tipinin performansına limit getiren bir konudur. Dövünmeye bağlı olarak meydana gelen maksimum basınçlar ve gerilmeler tekne bünyesinde zaman zaman kalıcı şekil değiştirme ve yapısal hasarlara sebep olur.

Dövünme olayının düzenli dalgalarda incelenmesi model deneyleri ile olur ve bu husus gerçeğin yansıtılmasıdır ve dizaynere sadece bir görüş verir. Asıl amaç dövünme olayının karışık tam oluşmuş deniz durumunda tam ölçekli olarak araştırılması olmalıdır.

Bu tezdeki amacımız deplasman teknesi olarak nitelenen Seri 60 tipindeki yük gemileri ile kayıcı teknelerin dövünme kriterlerinin incelenmesi olmuştur.

1. Kayıcı tekneler için düzenli dalgalar ile elde edilen model deney sonuçlarının (RAO Değerlerinin) uygulanabilir olması için deney havuzunun özellikleri, model hızı ve model boyutları uygun seçilmelidir. Dalga boyu ve dalga periyodu gemi rezonans bölgesinde seçilmelidir. Model hızı fazla olduğunda modelin dalgalarla karşılaşması kısa periyotlarla olmaktadır. 8, 15 ve 30 knot gemi hızları için karşılaşma frekansları sırasıyla 0,126-11,2, 0,149-19,4, 0,197-36,9 rad/sn karşılaşma frekansı değerleri arasında incelenmiştir. 1,5 sn dalga periyodunda model hızı 3m/sn olduğunda karşılaşma periyodu, 0.658 sn değerine düşmektedir. Gerçekte kayıcı tekneler için rezonans bölgesinin tespit edilmesi imkansızdır. Dalıp-çıkma için 8.99m ve baş-kıç vurma için ise 17.002m dalga boyu gerektirmektedir ki böyle bir dalgayı model havuzunda üretmek

imkansızdır. Model hızının düşürülmesi ise modeli kayıcı tip tekne özelliğinden uzaklaştıracaktır.

2. Geminin suya girişi esnasındaki basıncı ilk darbe anında omurganın en alt seviyesinde maksimum değer almaktadır. Geminin diğer kesitleri ve omurgadan belirli yükseklikteki basınç değerleri sırasıyla gemi kesidinin gemi başından mesafesi ve omurgadan yukarıya dikey uzaklık mesafelerine göre değişir ve bu husus tezde teorik olarak belirtilmiştir.
3. Deneye dayalı yarı ampirik formülasyonda k katsayısı yaklaşımı uygulanır. İlk darbe esnasında basınç gemi başı bağlı hızının karesi ile orantılı olduğu teorik olarak doğrulanmıştır. Dövünme basıncı hesabında kullanılan k değeri deniz durumu, tekne hızı ve model ölçeği değerlerinden bağımsız gemi en kesidine bağlıdır.[1] Dolayısıyla k katsayısı model ve tekne için aynı değerdir. 3 knot gemi hızı için 1/1000 model test ölçeği ile yapılan denizcilik testlerinde $k=0,145$ değerinde 140 Kpa, 3 boyutlu olarak yapılan düşme testlerinde $k=0,205$ değerinde 280 Kpa ve 2 boyutlu düşme testinde $k=0,775$ değerinde 560 Kpa basınç değerleri elde edilmektedir. k katsayısı yaklaşımı teorisini incelediğimiz yöntemlere uygulandığında, 12,5 kalkıntı açısı değerine karşılık Chuang teoride boyutsuz basınç katsayısı 0,2 olmakta ve V kesit test sonuç grafiği ile Chuang grafiği bu kalkıntı açısında kesişmektedir. Üç boyutlu analizde k ; 0,18 değerini almaktadır.
4. Gemilerde dövünme sırasında meydana gelen basınç teknenin su ile temas ettiği bölgede, gemi başı suyun üzerine çıktıktan sonra tekrar suya girmesi sırasında en büyük olup, teknenin su içine girmesi ve basıncın dışa doğru hareketi ile basınç azalır. Şekil 5.24 'deki grafik incelendiğinde bu husus görülür.
5. Basıncın büyüklüğünün tespit edilmesi için en önemli nokta basınç geyçlerinin teknenin bünyesine monte edilecek yerinin doğru tespitidir. İki sensör tekne başına monte edildiğinde (bir geyç gemi ilerleme, diğeri düşey doğrultuda basıncı ölçecek şekilde) 6cm dalga yüksekliğinde 1.0 sn dalga periyodunda ölçülen sırasıyla 7Kpa ve 11 KPa basınç büyüklükleri kayıcı teknelerde gemi

ilerleme doğrultusundaki basıncın, dalıp çıkma doğrultusundaki basınçtan yaklaşık 1.35 kat büyük olduğunu göstermiştir.[15] Klas kuralları özellikle kayıcı tekneler için bu durumu kurallarında uygulamalıdır. Zira dövünme basıncına göre gemi dizaynı bu tekneler için hayli önemlidir. Det Norske Veritas ve Türk Loydu kuralları ilk yaklaşım basınç değerleri için kullanılabilir.

6. Kayıcı tekneler için dalıp-çıkma ve baş-kıç vurma genliklerinin tespit edilmesi için teknenin kayması esnasında ağırlık merkezinin yükselmesi sonucu oluşan dalıp çıkma genlik değerlerinin model deneyleri sonucu elde edilen değerlerden çıkartılması gerekmektedir.
7. Dövünme hesapları için asıl amaç genel kabul görmüş teoriler, tam ölçekli ve model testleri ve yarı ampirik formül yaklaşımları ile bulunan basınç değerlerinin tekne yapısına göre değerlendirilmesi olmalıdır. Gemilerin global kiriş mukavemeti açısından değerlendirmesi ile darbe şeklindeki basınç değerleri gemi başının kesitlerinde lokal yapının mukavemetinin değerlendirilmesi açısından son derece önemlidir.
8. Dövünme basıncının doğru olarak tespit edilmesi gemiden beklenen görevin yerine getirilmesi için çok önemlidir. Dizayner bu basınca göre kritik şartları belirlemelidir.
9. Model ve tam ölçekli testler dövünme basıncının doğru tespit edilmesi için en güvenilir yöntemler olup, model deneyinde bulunan değerlerin karışık denizlere uygulanması ve bunun sonucu olarak basıncın hesaplanması bu tezde verilen RAO yaklaşımı yöntemiyle yapılabilir. Tezde iki tip örnek kayıcı tekneye RAO yaklaşımı uygulanmıştır. Dalga spektrumunu için ITTC iki parametrelili spektrum kullanılmıştır. Spektrum 1m, 2m ve 3m dalga yüksekliklerinde, ortalama dalga periyodu 5 sn değeri ile hesaplanmıştır. Ağırlık merkezinde 8,15,30 ve 40 knot gemi hızları için 3 metre dalga yüksekliğinde (yaklaşık deniz durumu 4-5'e karşılık gelmektedir) elde edilen ivmeler sırasıyla 1,86 m/sn², 2.19 m/sn², 2,94 m/sn² ve 3,44 m/sn² elde edilmiştir ki bu değer gerçek gemi dizayn değerlerine çok yakın değerlerdir. Ağırlık merkezinden 9,605 metre gemi başına doğru

mesafede her üç dalga yüksekliği için sırasıyla 2,40 m/sn², 2,73 m/sn² ve 3,43 m/sn² ivme değerleri elde edilmiştir. İvme değerleri yanında başın bağıl yer değiştirmesi, basınç hesaplamalarında kullanılacak bağıl hız değerleri de elde edilmiştir. Teorik olarak basınç Ochi-Motter, Stavovy-Chuang, Von Karman ve Wagner yaklaşımına göre tespit edilen basınç katsayılarına göre hesap edilen dövünme basıncı değerleri geminin gerçek basınç değerleri ile karşılaştırıldığında 40 knot gemi hız değeri için dövünme noktasında hesap edilen 180 Kpa basınç değerinin gemi ilerleme doğrultusundaki basınç artışı ile 245 Kpa değeri RAO yaklaşımının doğruluğunu ispat etmiştir. (Hesap yöntemiyle 164 Kpa bulunmuştur) İkinci olarak 48 metre boyunda Tip II kayıcı teknesi için dövünme noktasında aynı RAO yaklaşımı kullanılarak yapılan hesaplarda elde edilen basınç değerlerinin gerçek değerler ile uyuşmadığı gözlenmiştir. EK-C’de verilen ve hesap edilen basınç değerlerine gemi ilerleme doğrultusundaki basınç ilavesi yapılmalıdır.

10. Genlik karşılık fonksiyonu her gemiye özgü, gerçek tespiti model deney yöntemleri ile gerçekleştirilen değişik parametrelere bağlı operatördür. Gemi ve model için denizcilik karakterlerinin değerlendirilmesi hareket transfer fonksiyonu ile olmaktadır. RAO, dalıp çıkma ve baş kış vurma hareketlerinin zamana bağlı olarak ölçülüp değerlendirilmesi ile elde edilir.
11. Mühendislik yaklaşımında dövünme basıncının tespiti basit teorilere ve yarı ampirik formüllere dayanmaktadır. Maksimum basınç Stavovy ve Chuang metod ile güvenilir sonuçlar verecektir.
12. Dövünme basıncı tekne baş formunun kalkıntı açısına bağlıdır. V şekilli baş formunun su içine girmesi daha kolaydır. Bu açı büyüdükçe basınç büyüklüğü yavaşça azalır. Örneğin kalkıntı açısının 10 dereceden 15 dereceye artırılması dövünme basınç değerini Wagner yöntemine göre 2,285 katı oranında, Stavovy ve Cuhang yöntemine göre 1,563 katı oranında azaltmakta, Von Karman ve Ochi Motter yaklaşımlarında ise basıncın azalması yönünde farklılık getirmemiştir.

13. Ochi Motter metodu dövünmenin meydana gelme olasılığını tespit eder Dövünme için istatistiksel bir tanımlama getirir. Gemilerde dövünme, baş-kıç vurma hareketine göre adet olarak verilmemeli dövünme basıncı ve bu basınç değişimlerine bağlı olarak gerilme değişimi ve ivme değişimine göre verilmelidir. Dövünmede önemli kriter başın sudan çıkması tarifinin aksine, ivmedeki değişim ve gemi başındaki maksimum basınç değerleri olmalıdır.
15. Gemilerde dövünme için kritik hız gemi başının bağıl hızına bağlı olarak meydana gelen dövünme basıncına göre diğer tekne parametreleri de düşünülerek verilmelidir.
16. Dizayn parametreleri tüm gemiler için genelleştirilemez. Dizayner dizayn edeceği gemiye benzer gemilerin deniz tecrübeleri sonucunda elde edilen RAO değerlerinden faydalanabilir. Gemiler için RAO'nun tespit edilmesi, bu operatörün kullanılarak tekne başı hidrodinamik karakteristiklerinin bulunarak dövünme basıncının hesaplanması uygun bir yaklaşım olacaktır.
17. Gemi boyunun artması dövünmeyi ve buna bağlı olarak dövünme basıncını azaltmaktadır.
18. U şeklindeki kesitler dalgalara daha az direnç gösterirken, V kesitler daha küçük genliklerde dövünmeyi etkileyen baş-kıç vurma, dalıp çıkma ve başın bağıl hareketlerini üretir.[16,19]
19. Blok katsayısı büyüdükçe gemi hareketleri azalır.2,58m dalga yüksekliği için blok katsayısının %10 arttırılması, %3'lük bir iyileşme sağlarken, 17,2metre dalga yüksekliğinde bu iyileşme %23 oranında olmaktadır.[16,19]
20. L/B oranının denizcilik karakterlerine etkisi azdır. Tablo A.1.'de görüldüğü gibi, tüm dalga yüksekliklerinde gemi baş kıç vurma ve dalıp çıkma değerleri yaklaşık aynı değerlerdedir.[16,19]

21. L/T oranı küçüldükçe dövünme olaylarında azalmalar görülür. L/T değeri yüksek olursa uzun dalgalarda baş-kıç vurma ve dalıp-çıkma genlikleri küçülür, kısa dalgalarda ise büyür.[16]
22. Dalga boyu, dalga ilerleme yönü ve dalga yüksekliği arttıkça dövünme basıncı artar. Dalga yüksekliğinin 6 kat artışı, dövünme basıncını 7,5 kat arttıracaktır.
23. Bu tezde Seri-60 standart serileri kullanılmış, kayıcı tekneler için verdiğimiz teorik sonuçlar dizayn aşamasında yararlanılabilir bir duruma getirilmiştir.
24. Dalgalardaki gemi davranışının incelenmesi geminin RAO değerlerinin geminin çalışacağı denizin spektrum özelliklerine göre uygun olan spektrum kullanılarak tespit edilmelidir. Geminin çalışacağı denizlere göre Jonswap, I.T.T.C iki parametrelili spektrum ya da Pierson Moskowitz spektrumlarından uygun olanı seçilir.
25. İlerlemekte olan geminin dövünme basıncı karşılaşma frekansının değişimi ve bağıl hızın normal bileşenine bağlıdır. Maksimum basınç, minimum kesit ve maksimum bağıl hıza bağlıdır.
26. Askeri gemilerde de dövünme kriteri düşey hız ve ivme değerlerine bağlı olarak sualtı ve hava hareket faaliyetlerinde kullanılan sistemler için gerekli minimum çalışma kriterlerine göre belirlenmeli, dövünme adet veya olasılık olarak ifade edilmemelidir. Dövünme basıncının yanı sıra, sonarın sudan çıkması, başın bağıl hızı, helikopter güvertesindeki bağıl yerdeğiştirme ve sonar bölgesindeki ivme değerleri dizayn esnasında göz önüne alınmalıdır. Askeri ihtiyaçlara cevap verecek üstün denizcilik özelliklerine sahip geminin inşası, başlangıç dizayn hedeflerinin iyi bir şekilde belirlenmesiyle mümkün olur. Bunun için görev ihtiyacı ve çalışılacak deniz önem kazanmaktadır. Dövünme basıncının tespiti model ve tam ölçek testler ile belirlendiği gibi, bu tezde verilen yöntem ile gemideki performans azalışının tespit edilmesi, dövünme denizcilik kriterinin saatteki adedi yerine dövünme basıncının belirlenen değerlerinin dizaynda kullanılması ile mümkündür.

7.2 ÖNERİLER

1. Kinematik yönden incelediğimiz dövünmenin basınca bağlı olarak gemi yapısal analizinin de incelenmesi gereklidir. Özellikle kayıcı teknelerde ilave basıncın etkisi konusu araştırılmalıdır.
2. Dövünme için ters ivme (geminin su yüzeyine çarması sonrasında ivme değerinde artış veya azalış) ve basınç değişimleri birlikte incelenmelidir.
3. RAO'nun gemi tiplerine ve boyutlarına bağlı olarak seri deneylerle bir data oluşturulması sağlanmalıdır.
4. Gerek kompozit yapıların gerekse yüksek hızlı teknelerin davranışları halen tam olarak açıklanmamıştır. Tam ölçek bir test düzeneği ile ayrıntılı veri toplama ve uygun korelasyonlar ile matematik modeller oluşturulmalıdır. Böylelikle gelecekteki test ihtiyacı büyük ölçüde korelasyonun ve hesabın doğrulanması ile sınırlanabilecek, bilinen test laboratuvarlarının yeteneklerinin çok ötesinde performanslar denenebilecek ve çok daha sınırlı kaynaklarla çok güvenilir sonuçlara ulaşılabilecektir.

Özellikle kayıcı tekneler için tam ölçekli bir test sisteminin oluşturulması kapsamında, gelecekte aşağıda belirtilen hususların incelenmesi faydalı olacaktır.

- a- Geminin ölçüm gerektiren özellikle baş bölgesine yaklaşık her biri 100 adet sensöre sahip fiber optik hatlar döşenebilecektir.
- b- Bu sensörler uygun bir ölçme sistemine bağlanarak tekne yapısı hakkında ayrıntılı bilgi toplayacaklar, ayrıca test programından sonra yerlerinde kalacaklarından daha basit bir ölçme/uyarma sistemiyle geminin yapısal mukavemet sınırlarını gemi personeline ikaz ederek kötü deniz şartlarında yapısal hasarların oluşması önlenilebilecektir.

c- Deniz ve manevra şartlarının aşağıda önerildiği şekilde ölçülebilecektir.

- ✓ Geminin ağırlık merkezine yerleştirilecek cayro sistemi ile teknenin açısal hareketleri ve mutlak konumu
- ✓ Geminin başına, kıçına, sancağa, iskeleye ve ağırlık merkezine yerleştirilecek düşey akselerometreler ile seçilmiş frekanslarda düşey ivme
- ✓ Yatay akselerometreler ile seçilmiş frekanslarda ters ivme.
- ✓ GPS ile enlem, boylam, yön ve hız
- ✓ Pruvaya monte edilecek sonar altimetre ile dalga profili
- ✓ Rüzgar hızı ve ortam ısısı

Bu veriler bir matematik filtrede değerlendirilerek korelasyon/matematiksel model kurulmasına çalışılabilir. Önerilen yöntem ile kayıcı tip teknelerde yararlanılabileceği gibi en önemlisi İnsansız Deniz Aracı Kontrol Sistemine ciddi bir altyapı sağlanacaktır.

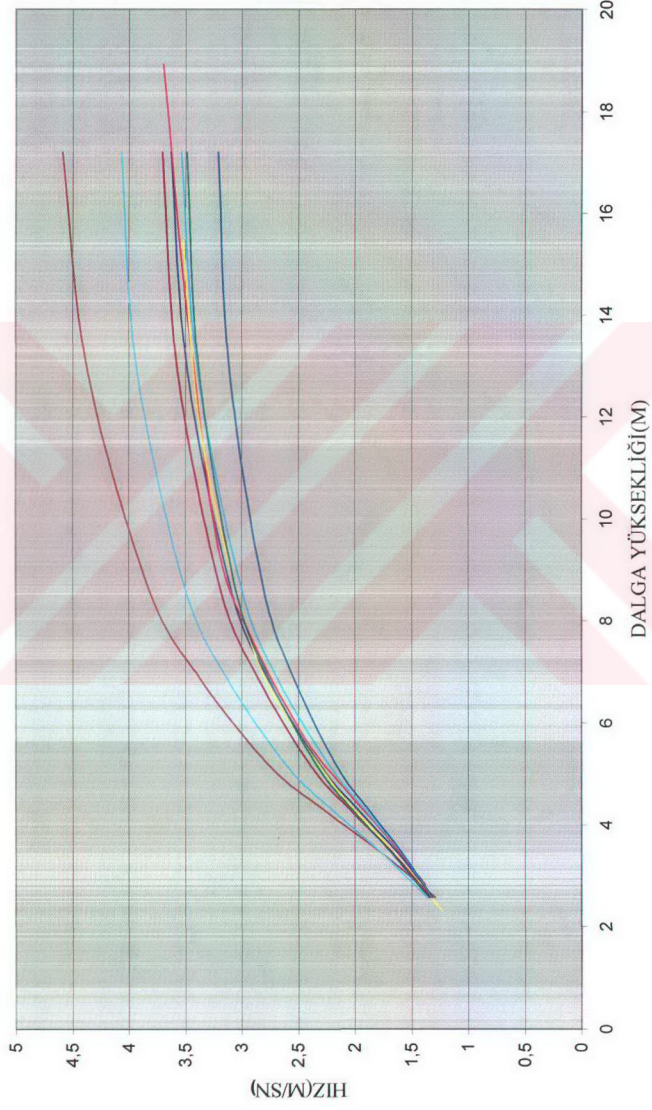
KAYNAKLAR

- [1] **Ship Structure Committee**, 1995 Hydrodynamic Impact on Displacement Ship Hulls, SSC-385 Washington, U.
- [2] **Belik,Ö., ve Gökmen M.**, 2004, Gemilerin Aşırı Deniz Şartlarında Davranışının Bilgisayar İle Simülasyonu, Dz.K.K 2. Teknik Sempozyumu, Ankara , 24-27 Mayıs 1995, Tebliğ No:8
- [3] **Bhattacharyya R.**, Kasım 1972 Dynamics of Marine Vehicles, U.S.
- [4] **Kükner, A., Baykal, M.A.**, Gemilerin Denizciliği ve Denizcilik Kriterleri İstanbul.
- [5] **Web Sayfası.**, ‘<http://www.yonca-onuk.com>’
- [6] **Lloyd A.R.J.M.**, Seakeeping Behaviour in Rough Weather, s 413-421.
- [7] **Von Karman, T.**, The Impact on Seaplane Floats During Landing NACA , Tech Note 321, SITDL TR 1854 1929 October
- [8] **Wagner, H.**, Landing of Sea Planes NACA Tech.Memo 622, SITDL TR 2101 1931 , May
- [9] **Zhao, R., Faltinsen, O.**, 1993. Water Entry of Two Dimensional Bodies Journal of Fluid Mechanics, Vol. 246
- [10] **Dobrovol'skaya, Z. N.**, 2001. On Some Problems of Similarity Flow of Fluid With a Free Surface Journal of Fluid Mechanics, Vol. 36 1969
- [11] **Paulling, R.**, 1998. Strength of Ship Principle Of Naval Arhitecture, 2. Rev, SNAME, Vol.1
- [12] **Stavovy, A. B., Chuang, S.L.**, Analytical Determination of Slamming Pressure for High Speed Vehicles in Waves SNAME, JSR, Vol 20iNo:4 1976,December
- [13] **Belik,Ö.**, The Occurrence of Slamming in Regular Head Waves İ.T.Ü Gemi İnşaatı ve Deniz Teknolojisi Mühendisliği Ders Notları
- [14] **Bhattacharyya, R., Lawrence, J.**, Seakeeping Design Analysis of High Speed Marine Vehicles' Sydney, University of South Wales, V1, 10-12 Agust 1994 1999,

- [15] **Onuk , İ.N.E., 2004 Kişisel Görüşme**
- [16] **Aldoğan, A. İ., Denizciliğin Gemi Dizaynı Üzerindeki Etkileri 1989, Türk Loydu Vakfı Seri Konferansları III s.117-228**
- [17] **Bhattacharyya, R., Dynamics of Marine Vehicles, USA and Canada, John Wiley&Sons, Inc., 1978**
- [18] **Sabuncu , T., Gemi Hareketleri , 1983, Matbaa Teknisyenleri Basımevi , İstanbul**
- [19] **Loukakis, A. T., Chrysostomidis, C., Seakeeping Standart Series for Cruiser Stern Ships (1975)**
- [20] **Sarıöz, K., Ship Design For Seakeeping Ders Notları , 2004, İ.T.Ü**
- [21] **Trubscott, S., The N.A.C.A. Tank, a High Speed Towing Basin For Testing Models of Seaplanes Floats' Langley Field,1933**
- [22] **RINA International Conference , Hydrodynamics of High Speed Craft London, 25 November 1999**
- [23] **Lloyd's Register of Shipping Rules and Regulations for The Classification of Special Service Craft Published by Lloyd's, London,1996**
- [24] **Türk Loydu Yüksek Hızlı Tekneler 1993 Bölüm 2 Dizayn Yükleri**
- [25] **DNV High Speed, Light Craft and Naval Surface Craft Part 3 Chapter 1 Design Principles, Design Loads (1993)**

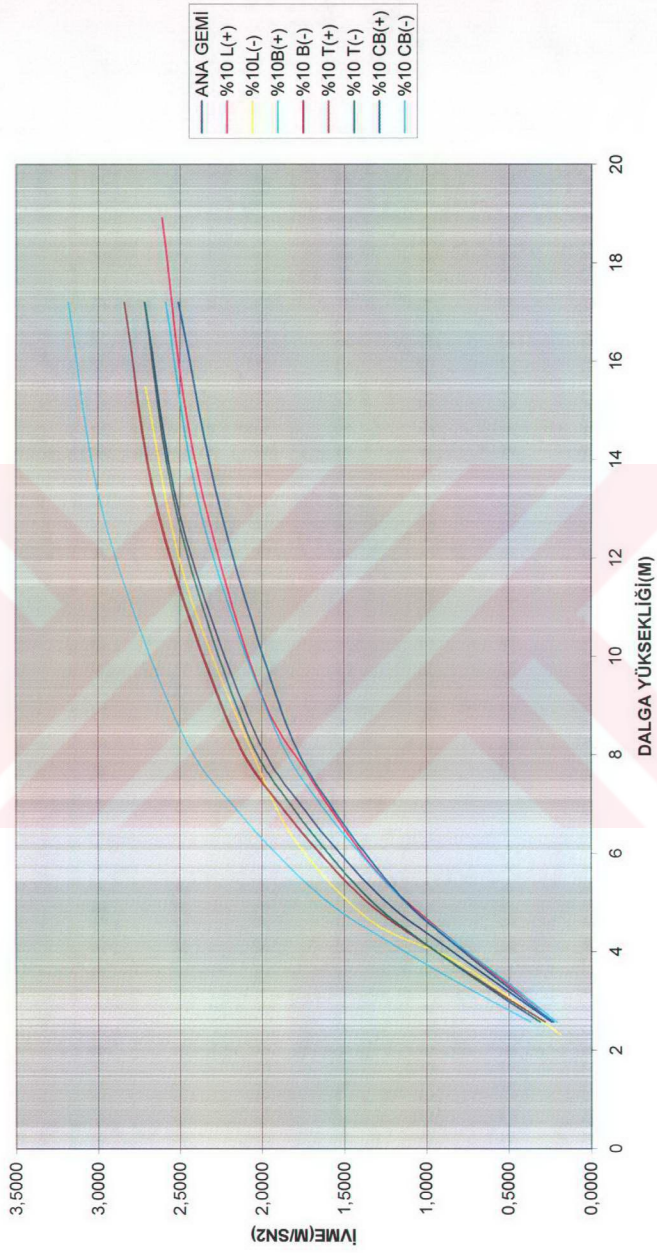
GEMİ ANA BOYUTLARININ DEĞİŞİMİNİN BAĞIL HIZA ETKİSİ

TABLO A.1.



İVMENİN GEMİ ANA BOYUTLARINA GÖRE DEĞİŞİMİ

TABLO A.2.



TİPİ GEMİNİN 8 KNOT GEMİ HIZINDA DÖVÜNME NOKTASINDA VERDEĞİSTİRME, HIZ VE İVME DEĞERLERİ

TABLO B.4.

[illegible]

TİPİ GEMİNİN 15 KNOT GEMİ HIZINDA DÖVÜNME NOKTASINDA VERDEĞİSTİRME HIZ VE İVME DEĞERLERİ

TABLE B.5.

[illegible]

TOP/LAM	5.36E-02	2.81E-03	2.14E-01	1.13E-02	4.82E-01	2.53E-02
SIG.	2.31E-01	5.30E-02	4.63E-01	1.06E-01	6.94E-01	1.59E-01
HEAV/PITC.	4.63E-01	1.06E-01	9.26E-01	2.12E-01	1.39E+00	3.18E-01
		0.00		0.00		0.01

[illegible]

TOPLAM	5,78E-02	2,31E-01	5,20E-01	8,18E-02	3,27E-01	7,36E-01
SIG.(X.V)	2,40E-01	4,81E-01	7,21E-01	2,86E-01	5,72E-01	8,59E-01
GEN./HIZ	4,81E-01	9,62E-01	1,44E+00	5,72E-01	1,14E+00	1,72E+00

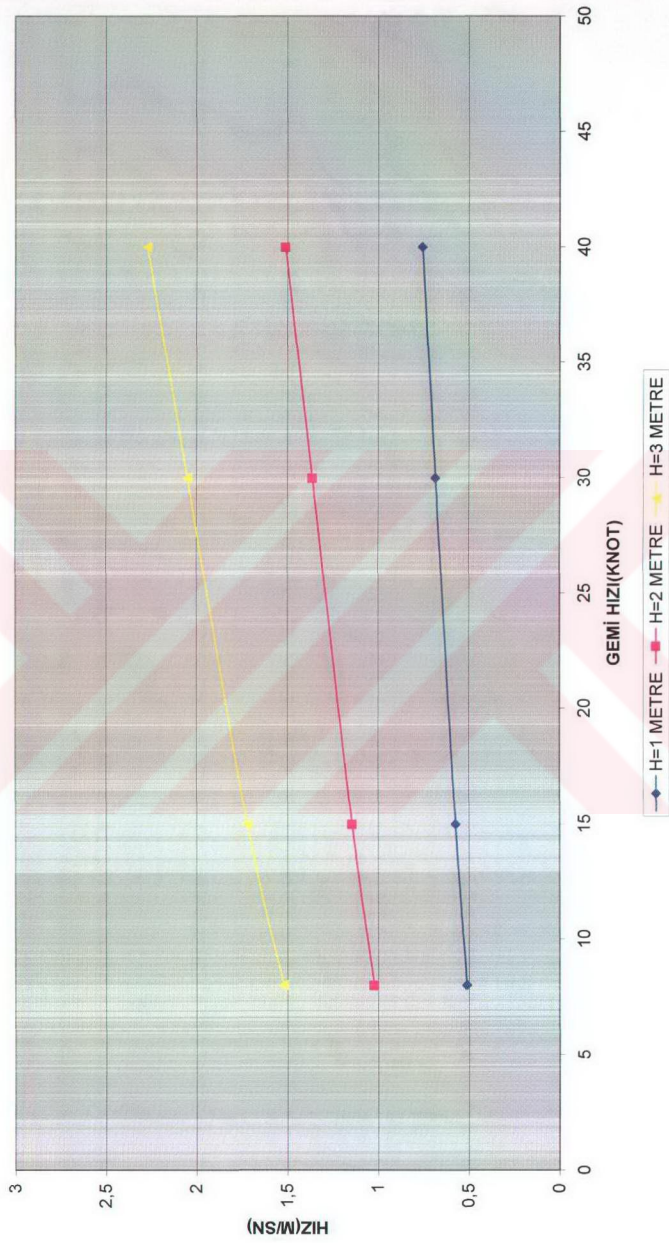
TİPİ GEMİNİN 15 KNOT GEMİ HIZINDA DÖVÜNME NOKTASINDA VERDEĞİSTİRME HIZ VE İVME DEĞERLERİ

TABLE B.6.

[illegible]

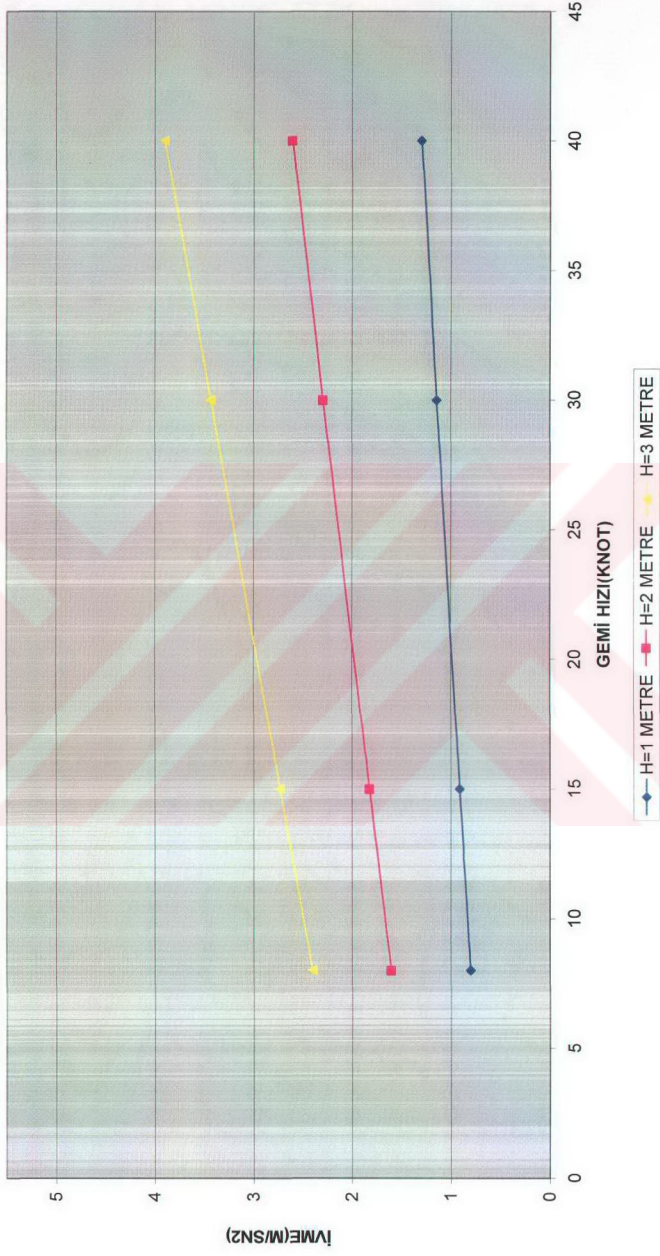
TİP I GEMİNİN DÖVÜNME NOKTASINDA GEMİ HIZINA GÖRE BAĞIL HIZ DEĞİŞİMİ

TABLO B.7.



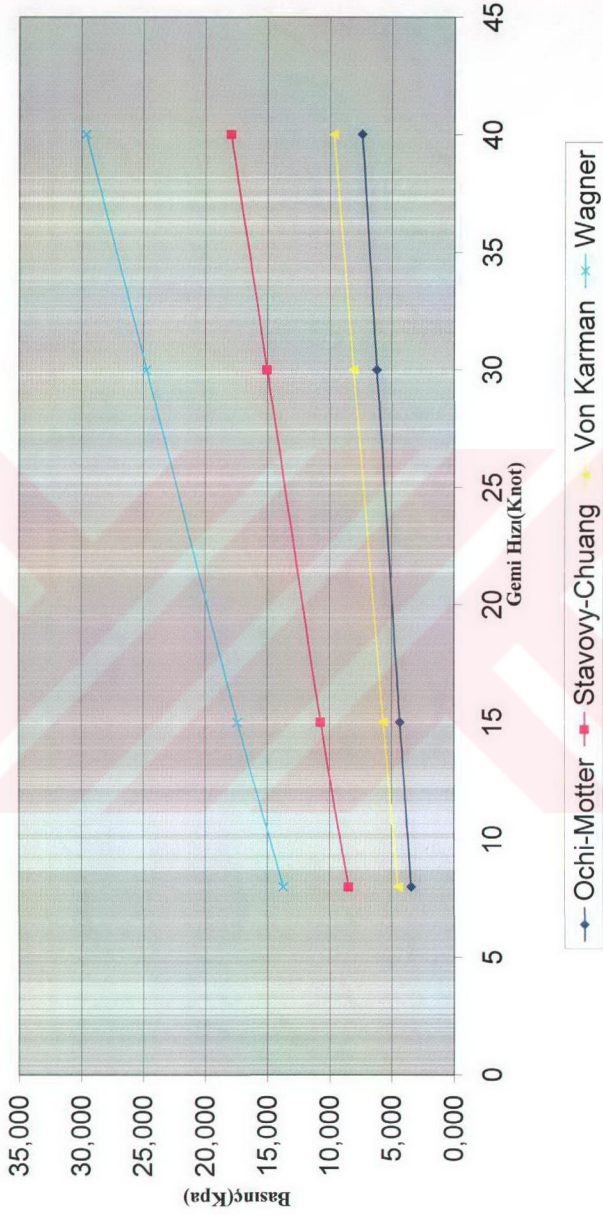
TİP I GEMİNİN DÖVÜNME NOKTASINDA GEMİ HIZINA GÖRE BAĞIL İVME DEĞİŞİMİ

TABLO B.8.



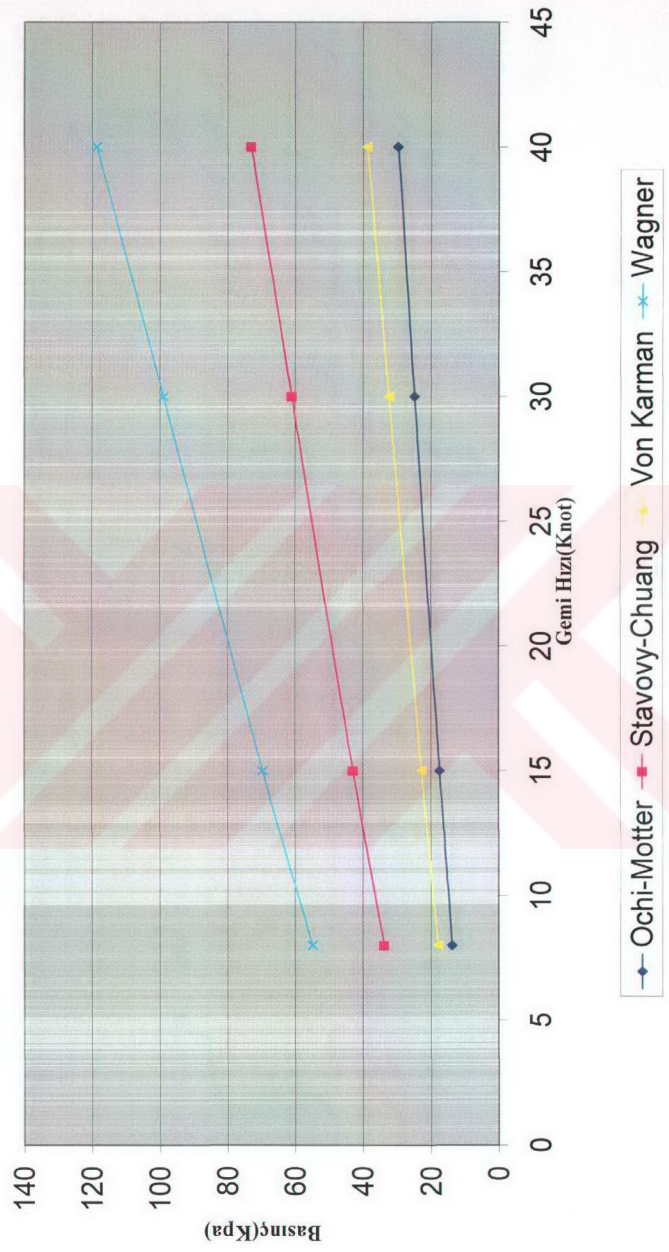
Tip I Geminin 1 metre dalga yüksekliği için dövünme noktasındaki basınç değerleri

TABLO B.9.



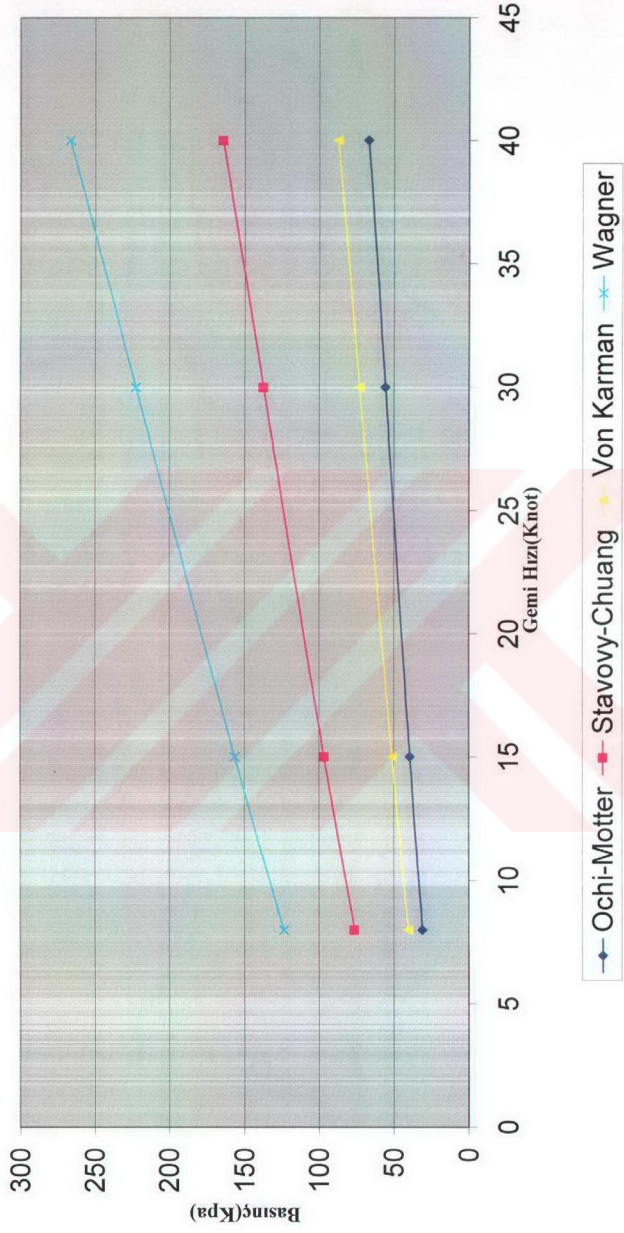
Tip I Geminin 2 metre dalga yüksekliği için dövinme noktasındaki basınç değerleri

TABLO B.10.



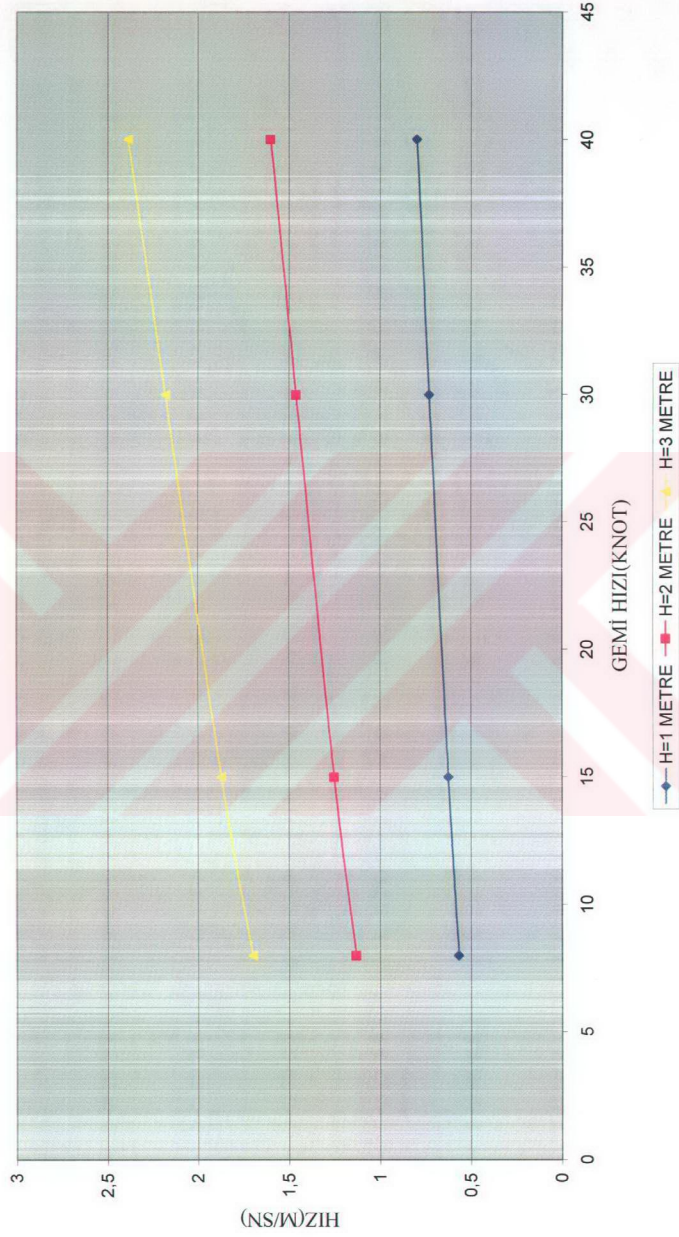
Tip I Geminin 3 metre dalga yüksekliği için dövüme noktasındaki basınç değerleri

TABLO B.11.



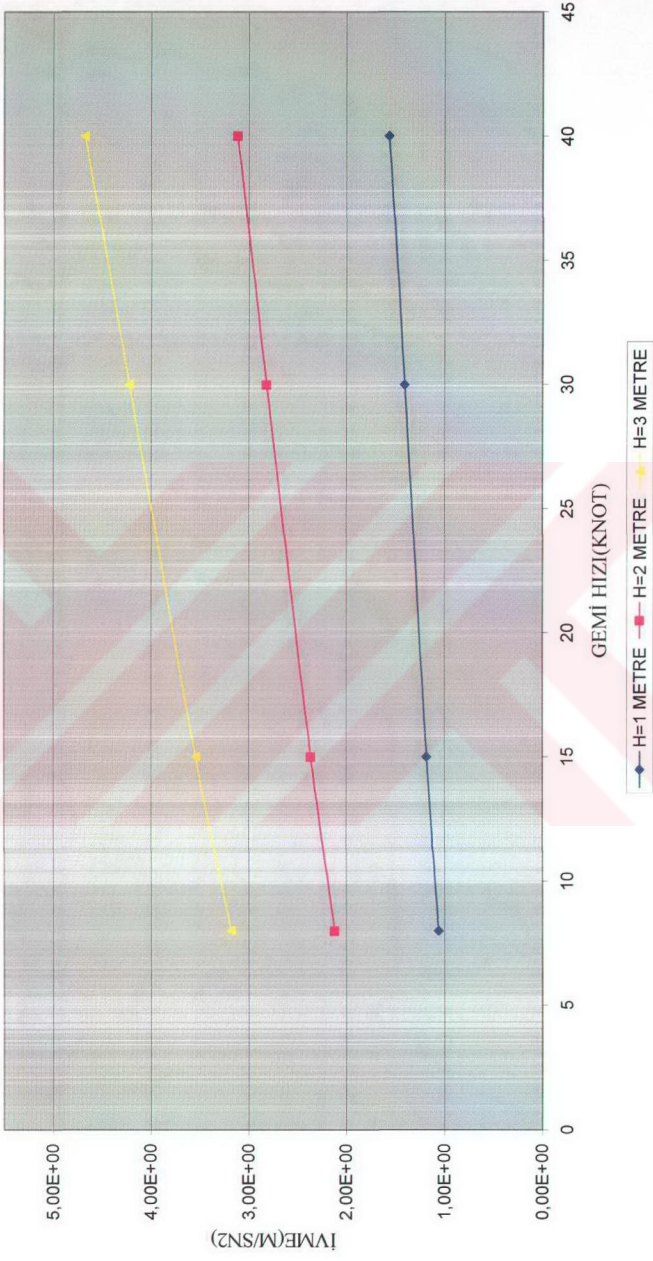
TİP II GEMİNİN DÖVÜNME NOKTASINDA GEMİ HIZINA GÖRE HIZ DEĞİŞİMİ

EK B.12.



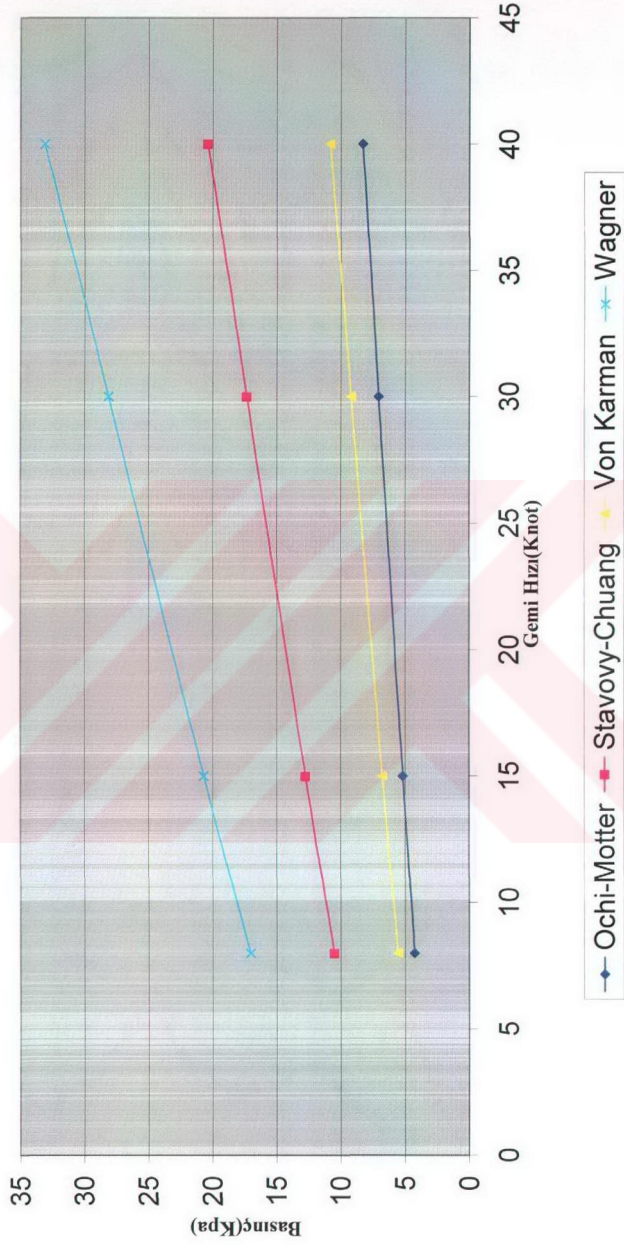
TİP II GEMİNİN DÖVÜNME NOKTASINDA GEMİ HIZINA GÖRE İVME DEĞİŞİMİ

EK B.13.



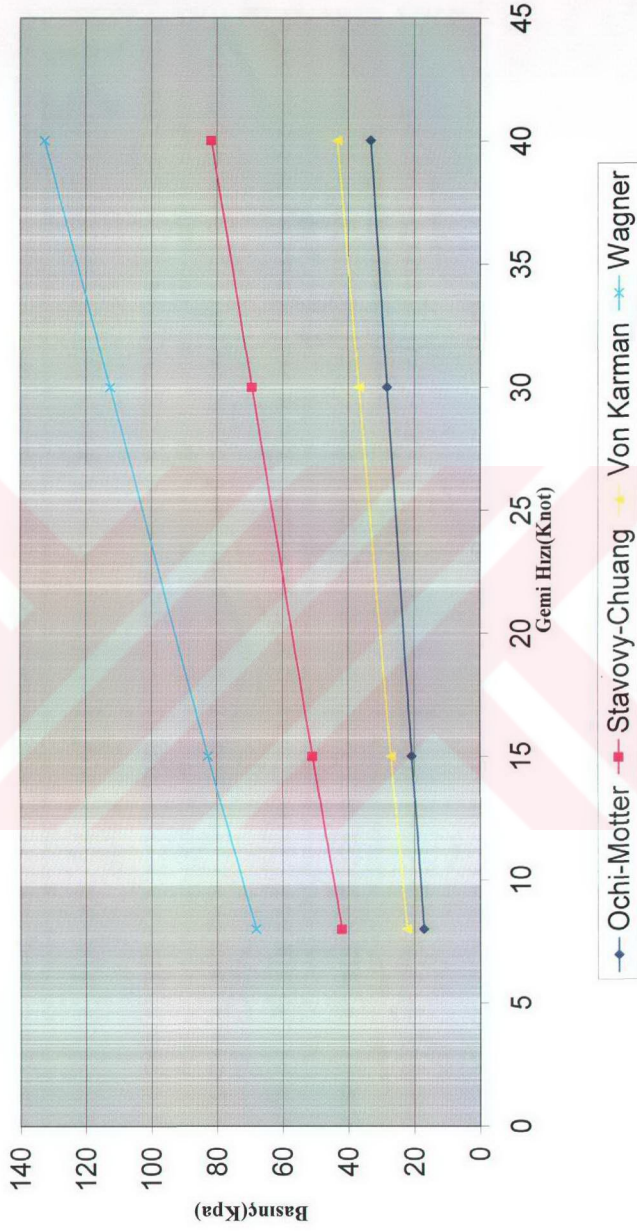
Tip II Geminin 1 metre dalga yüksekliği için dönünme noktasındaki basınç değerleri

TABLO B.14.



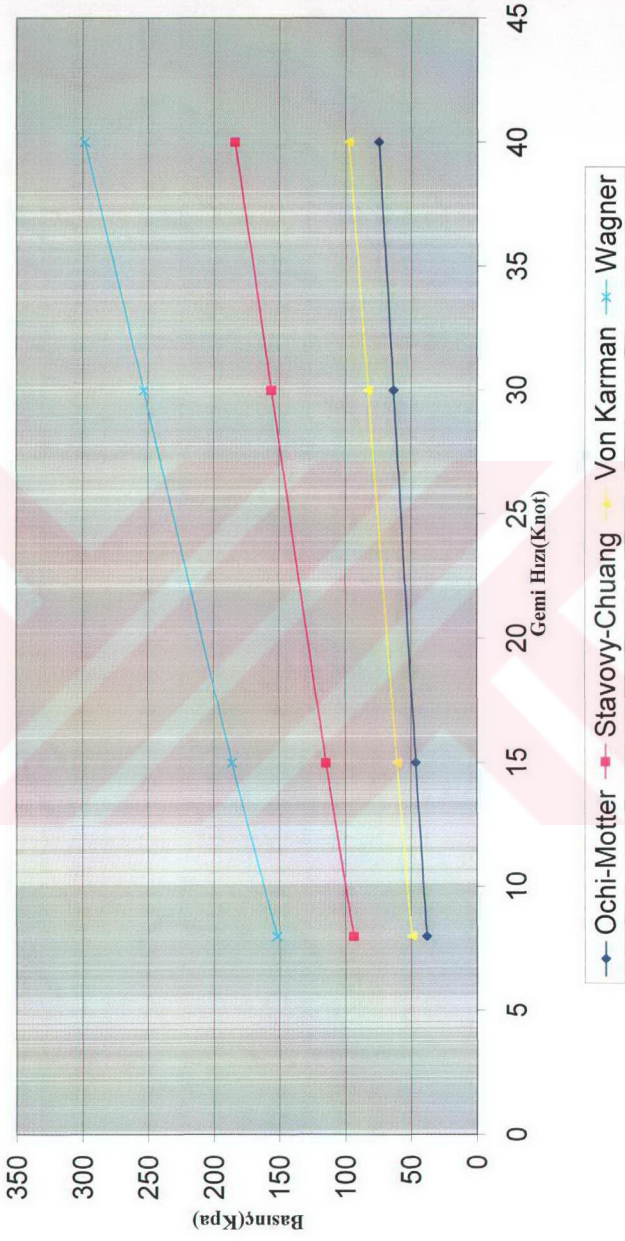
Tip II Geminin 2 metre dalga yüksekliği için dövümme noktasındaki basınç değeri

TABLO B.15.

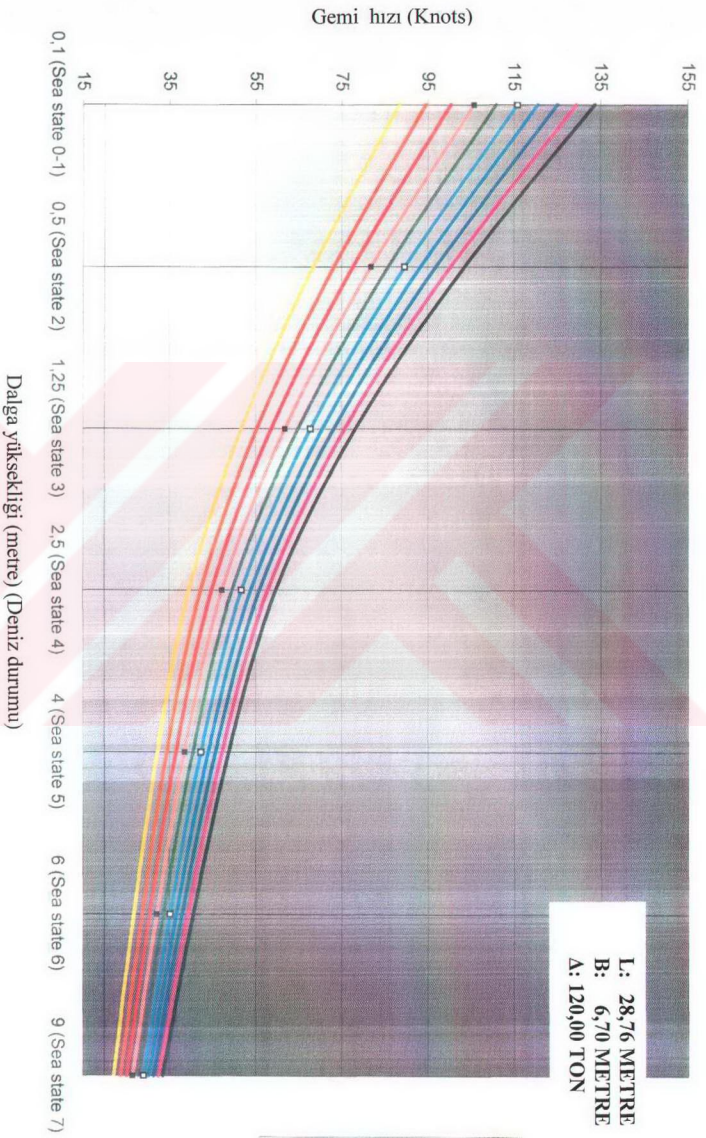


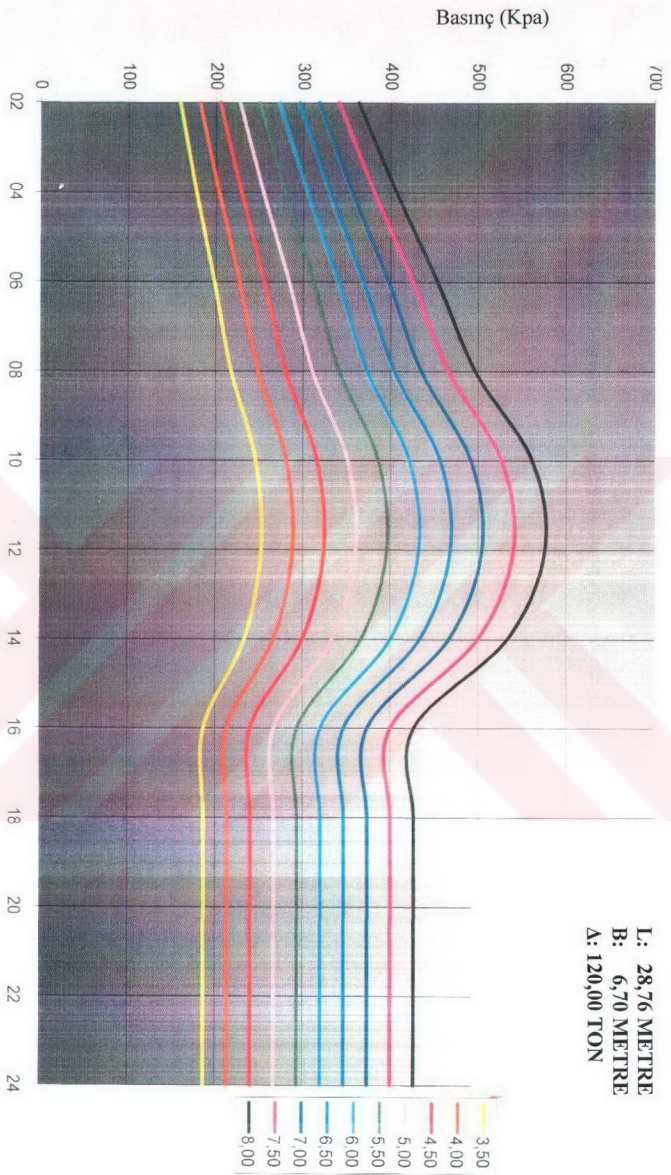
Tip II Geminin 3 metre dalga yüksekliği için dövünme noktasındaki basınç değerleri

TABLO B.16.



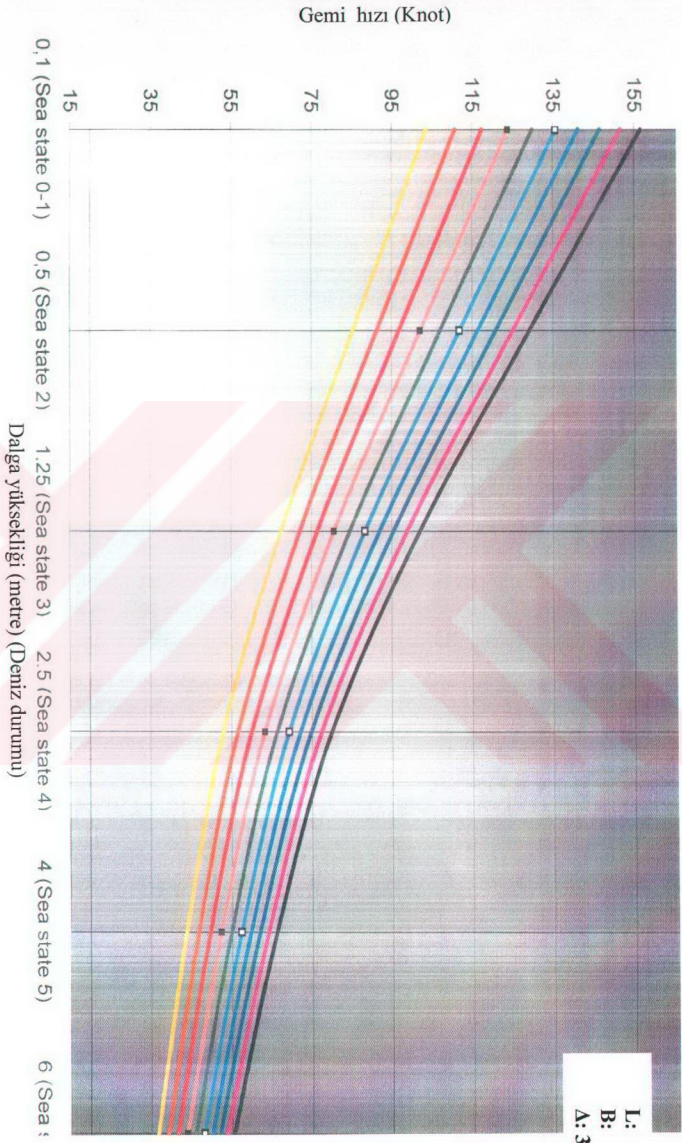
L: 28,76 METRE
B: 6,70 METRE
A: 120,00 TON





Posta Numarası

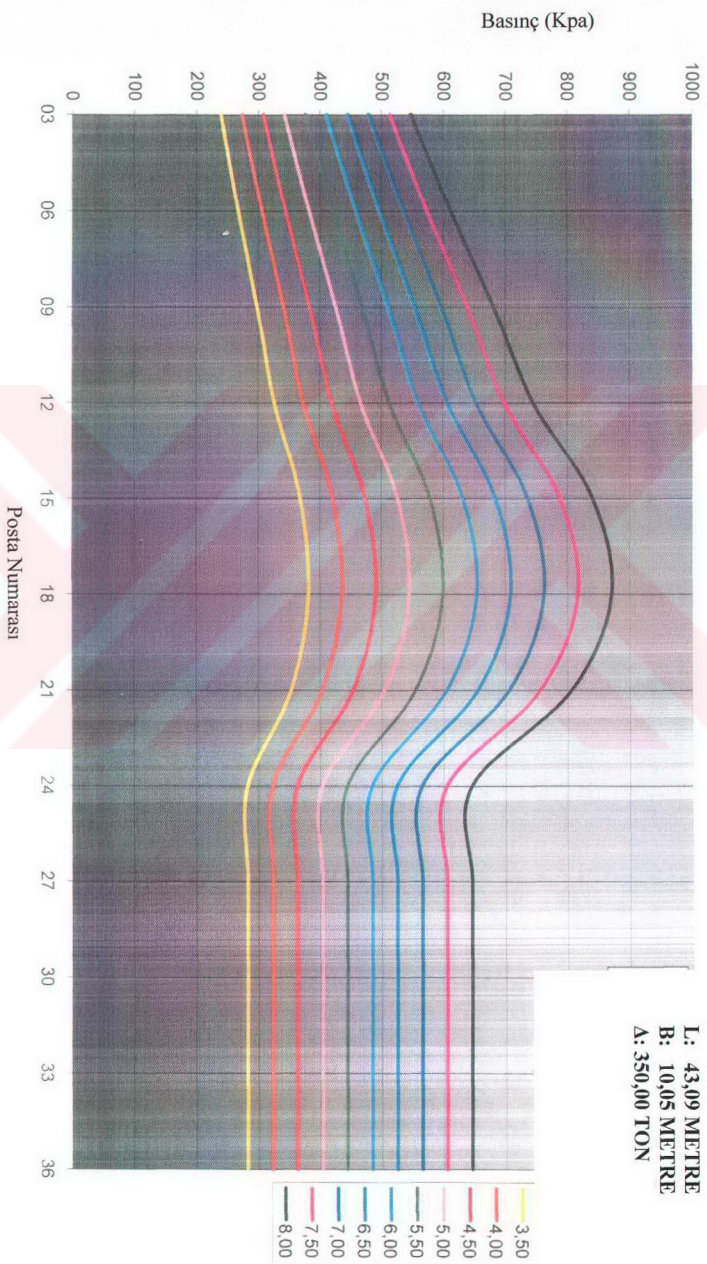
Tip II geminin gemi hızı ve deniz durumuna bağlı olarak ağırlık merkezindeki dikey ivme değerlerinin değişimi



Tip II geminin posta kesitlerindeki dövmüne basıncı değerlerinin değişimi

Tablo C.4.

L: 43,09 METRE
B: 10,05 METRE
A: 350,00 TON



ÖZGEÇMİŞ

1972 yılında Erdek’te doğan Semih VARDI, 1989 yılında Bandırma Şehit Mehmet Gönç Lisesi’nden mezun oldu. 1989 yılında İ.T.Ü. Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi Gemi İnşaatı Mühendisliği bölümünü kazandı. Üniversiteyi D.Z.K.K. adına okuyarak, 1993 yılında iyi dereceyle mezun olduktan sonra, 1993 yılında Gölcük Tersanesi Komutanlığı Plan Keşif ve Dizayn Müdürlüğü’nde Dizayn Baş Mühendisliği’nde donatım mühendisi olarak göreve başladı. 1997 yılında Sahil Güvenlik Komutanlığı Teknik Şube Müdürlüğü’ne ataması yapıldı. Burada proje subayı olarak görev yaptı. 2002 yılında İstanbul Tersanesi Komutanlığı İşletme Müdürlüğü Gemi İnşa Baş Mühendisliği’nde Proje Subayı olarak görevlendirildi. Halen aynı tersanede Müh.Yzb. rütbesinde göreve devam etmektedir.