

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KAVRAM DİZAYN AŞAMASINDA YAT YAPIM MALZEMESİNİN STABİLİTE
VE MUKAVEMET ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

ERDİNÇ AÇIKEL

**DOKTORA TEZİ
GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNELERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. AHMET DURSUN ALKAN**

İSTANBUL, 2018

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAVRAM DİZAYN AŞAMASINDA YAT YAPIM MALZEMESİNİN STABİLİTE
VE MUKAVEMET ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Erdinç AÇIKEL tarafından hazırlanan tez çalışması 30.04.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnş. ve Gemi Mak.Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Ahmet Dursun ALKAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof.Dr. Ahmet Dursun ALKAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof.Dr. Hüseyin YILMAZ
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof.Dr. Şakir BAL
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof.Dr. Abdi KÜKNER
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç.Dr. Muhsin AYDIN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Müşteri genellikle imkansız ister, mühendis de bu imkansıza en yakını tasarlamak için teorik ve uygulamadaki sonuçlar arasındaki ilişkileri ortaya koymaya çalışır. Yat tasarımı söz konusu olduğunda tasarımcı, bir yandan teknolojik sınırlar diğer yandan ulusal/uluslararası kuralların koyduğu sınırlar ve bu tip deniz araçlarında çok daha etken olan müşteri taleplerinin yer aldığı tasarım uzayında optimal tasarımı gerçekleştirmek için büyük çabalar göstermektedir. Yat tipi gezinti teknelerinde yaşam alanının geniş olması talep edilmekte ve bunu karşılamak için üstyapıya fazladan güverteler eklenirken, bir yandan da denge veya stabiliteyi karşılamak için ağırlık merkezinin konumu temel hattına doğru aşağı çekilmeye çalışılır. Bu durumda üstyapıda daha düşük yoğunluklu alternatif malzeme çözümleri düşünüldüğü gibi malzemeye göre azalan kesit mukavemet modülünü telafi etmek için gerekli tasarım önlemleri alınır. Tasarımcı, bu işlemlere etkiyen dizayn uzayındaki çok sayıda dizayn değişkeni ile teknik performans, konfor ve fiyat açısından kuracağı modeli eniyileştirmeye çalışır. Yat müşterileri genelde tekne teslim sürecini daha kısa tutmak istedikleri için tasarımcı zor problemleri en kısa sürede çözmek durumundadır.

Öncelikle bu çalışmalarım sırasında beni her zaman destekleyen ve bu tezi yazmamda bana yardımcı olan eşim Senem'e; kendileri ile geçirmem gereken vaktin bir kısmını bu çalışmaya harcadığım için hiç alınmayan kızlarım Ece Nur, Aleyna Cansu ve Nazlı Gülten'e teşekkürü bir borç bilirim.

Mukavemet bölümünde sonlu elemanlar analizinde yardımcı olan başta Royal IHC firması olmak üzere mühendislik ve AR-GE bölümlerinden Cor van Dijk ve Eugene Cleophas'a, mukavemet kısmında tecrübesiyle genel değerlendirmede yardımcı olan Rien Kleinjan'a; ayrıca tezimin başından sonuna kadar beni tecrübe ve bilgisi ile destekleyen hocalarım Ahmet Dursun Alkan, Abdi Kükner ve Şakir Bal'a, özellikle uzun süren çalışmama esneklik gösterdikleri için teşekkür ederim.

30 Nisan, 2018

Erdoğan AÇIKEL

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ÖZET	xviii
ABSTRACT	xx
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	7
1.3 Hipotez	8
BÖLÜM 2	
MOTOR YATLAR İÇİN BÜYÜK AÇILARDA GZ DEĞERLERİNİN ÖNGÖRÜLMESİ	10
2.1 Giriş	10
2.2 Stabilitenin Değerlendirilmesi	10
2.3 Artık Stabilite Teorisi	16
2.4 Yaklaşım Metodunun Analizi	20
2.4.1 Veri Tabanı.....	21
2.4.2 Doğrultma Kolları ve Artık Stabilitenin Hesaplanması	23
2.4.3 Kontrol Parametrelerinin Seçilmesi.....	23
2.4.4 Kavram Dizayn için Parametrik Yaklaşımın Geliştirilmesi.....	29
2.4.5 Parametrik Denklemin Doğruluğu	31
2.5 Stabilite Kısmı için Sonuç ve Tavsiyeler	34

BÖLÜM 3

MOTOR YATLARDA ÜSTYAPI BOYUTLARI VE MALZEMESİNİN GENEL MUKAVEMETE ETKİSİNİN TAYİNİ	36
3.1 Giriş	36
3.2 Sadeleştirilmiş İki Hücreli Yapının Analizi	37
3.3 İki Hücreli Yapının Genel Analizi	45
3.4 Diferansiyel Denklemin Sabit Moment M için Çözümü.....	50
3.5 Eşit Dağılmış Yükler için Diferansiyel Denklemin Çözülmesi	53
3.6 Orta Kesitte Herhangi Bir Yükleme için Gerilmelerin Belirlenmesi	55
3.7 Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Yeni Düzeltme Faktörünün Belirlenmesi....	59
3.8 Araştırma için Kullanılacak Yatın Seçilmesi.....	60
3.9 Kuvvet ve Momentlerin Belirlenmesi	70
3.10 Üstyapı Seçenekleri.....	71
3.11 Yapılan Modelin Özellikleri	74
3.12 Sonlu Elemanlar Analizi.....	75
3.13 Regresyon Analizi.....	79
3.14 Mukavemet Kısmı için Sonuç ve Tavsiyeler	82

BÖLÜM 4

SONUÇ VE ÖNERİLER	85
4.1 Stabilité ve Mukavemetle İlgili Sonuçların Değerlendirilmesi	85
4.1.1 Parametrelerin Seçilmesi.....	85
4.1.2 Uzman Görüşleri	86
4.1.3 Kıyas ve Değerlendirme	89
4.1.4 Sonuçlar	90
4.2 Pratikteki Uygulama için Tavsiyeler	93
4.3 Tezi Takip Edebilecek Tamamlayıcı Çalışmalar	95

KAYNAKLAR.....	96
----------------	----

EK-A

TEKNE ANA KARAKTERİSTİKLERİ VE STABİLİTE HESAP SONUÇLARI (KG=0,60D için)....	102
--	-----

EK-B

TEKNE ANA KARAKTERİSTİKLERİ VE STABİLİTE HESAP SONUÇLARI (KG=0,55D için)....	139
--	-----

EK-C

TEKNE ANA KARAKTERİSTİKLERİ VE STABİLİTE HESAP SONUÇLARI (KG=0,65D için)....	176
--	-----

EK-D

ÜSTYAPI KOMBİNASYONLARI İÇİN SONLU ELEMANLAR SONUÇLARI..... 213

EK-E

C_E İÇİN REGRESYON ANALİZİ VE SONUÇLARI 244

EK-F

STABİLİTE KRİTERİ 259

ÖZGEÇMİŞ..... 279

SİMGE LİSTESİ

A	Rüzgarın etki ettiği geminin yanal alanı
A_1	Üstyapı elemanlarının toplam kesit alanı
A_2	Tekne elemanlarının toplam kesit alanı
A_k	Yalpa omurga alanı
A_{WP}	Su kesit alanı
a	Üstyapı ve tekne tarafsız eksenleri arasındaki mesafe
B_W	Su hattındaki maksimum genişlik
B_{wl}	Gemi genişliği
BM	Metasantrik yarıçap
BM_T	Enine metasantrik yarıçap
C_B	Blok katsayısı
C_D	Rüzgar direnci katsayısı
C_E	Sapma faktörü
C_p	Prizmatik katsayı
C_{RS}	Artık stabilite katsayısı
C_U	Üst güverte alan katsayısı
C_W	Su hattı alan katsayısı
C_{WP}	Su kesit alan katsayısı
D	Derinlik
E	Elastiklik modülü
E_1	Üstyapı malzemesinin elastiklik modülü
E_2	Tekne malzemesinin elastiklik modülü
g, G	Ağırlık merkezi
GM	Metasantrik noktasının ağırlık merkezine mesafesi
GZ	Doğrultma kolu
H_S	Üstyapı yüksekliği
I_A	Atalet momenti düzeltme faktörü
I_T	Merkez hattın etrafında su kesit alanının atalet momenti
I_1	Üstyapının atalet momenti
I_2	Teknenin atalet momenti
k_x	Atalet yarıçapı
KG	Ağırlık merkezinin dikey konumu
KB	Yüzme merkezinin dikey konumu

L_{S1}	Üstyapı 1. katının boyu
L_{S2}	Üstyapı 2. katının boyu
L_{S3}	Üstyapı 3. katının boyu
L_W	Dalga boyu
L_{wl}	Gemi su hattı boyu
l_{w1}	Sabit rüzgar etkisi ile oluşan moment kolu
l_{w2}	Ani rüzgar etkisi ile oluşan moment kolu
M	Moment
$M_{SW,H}$	Sakin su eğilme momenti
M_{WV}	Dalgalara bağlı maksimum dikey eğilme momenti
N	Bertin'in yalpa sönümlleme katsayısı
n	Denizcilik notasyonuna bağlı katsayı
OG	G ile su hattı arasındaki dikey mesafe
P	Rüzgar basıncı = 504 N.m^{-2}
$Q_{WV(max)}$	Dalgalara bağlı maksimum kayna kuvveti
Q_{SW}	Sakin su kayma kuvveti
r	Efektif dalga eğim faktörü = $0,73 + 0,6 \cdot \frac{OG}{T}$
S_n	Üstyapı katsayısı
s	Dalga eğimi = Dalga yüksekliğinin dalga boyuna oranı
T	Gemi draftı
V	Sabit rüzgar hızı
Z	A alan merkezi ile su altındaki projeksiyon alan merkezi (veya yaklaşık olarak draftın yarısı) arasındaki mesafe
∇	Su altında kalan hacim
Δ	Deplasman
Φf	Güverte üstündeki ilk açıklıktan su girme açısı
ρ	Havanın yoğunluğu
σ	Gerilme
σ_1	Üstyapıdaki gerilme
σ_2	Teknedeki gerilme
μ	Boyut faktörü
Φ	Sapma faktörü (Bleich)
θ_w	Dalga eğimi
α_1	Üstyapı orta kesit tarafsız ekseninin güverteye orantısal uzaklığı
α_2	Tekne orta kesit tarafsız ekseninin güverteye orantısal uzaklığı

KISALTMA LİSTESİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
BV	Bureau Veritas
IACS	International Association of Classification Societies
IMCO	International Maritime Consultative Organization
IMO	International Maritime Organization
İTU	İstanbul Teknik Üniversitesi
RINA	Royal Institution of Naval Architects
SOLAS	Safety Of Life At Sea
YTÜ	Yıldız Teknik Üniversitesi

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1	Üstyağının boyuna mukavemet üzerindeki etkisinin incelenmesi üzerine yapılan çalışmalar [61]	6
Şekil 2.1	Küçük açılarda stabilite [29]	11
Şekil 2.2	Tipik bir doğrultucu kol eğrisi (GZ) [26]	13
Şekil 2.3	GZ eğrilerinin orta kesit form tipine göre karşılaştırılması	15
Şekil 2.4	Büyük açılarda stabilite [30]	17
Şekil 2.5	Örnek artık stabilite katsayı eğrileri	18
Şekil 2.6	Farklı KG değerleri için C_{RS} katsayıları	18
Şekil 2.7	Artık stabilitenin etkisi	20
Şekil 2.8	Kavram-1 posta kesitleri	21
Şekil 2.9	Kavram-2 posta kesitleri	22
Şekil 2.10	Kavram-3 posta kesitleri	22
Şekil 2.11	Bir barçın güverte suya girme ve sintine dönümü sudan çıkma açıları	25
Şekil 2.12	Genişlikteki değişmeye bağlı artık stabilite (Barç-1)	26
Şekil 2.13	Derinlikteki değişmeye bağlı artık stabilite (Barç-1)	26
Şekil 2.14	Genişlikteki değişmeye bağlı artık stabilite (Barç-2)	27
Şekil 2.15	Derinlikteki değişmeye bağlı artık stabilite (Barç-2)	28
Şekil 2.16	Barç-2 ve türevleri için artık stabilite	28
Şekil 2.17	Barç-3 ve türevleri için artık stabilite	29
Şekil 3.1	İki hücreli profil kesit	38
Şekil 3.2	İki hücreli enine kesit	38
Şekil 3.3	Üstyağı enine kesit	38
Şekil 3.4	Tekne enine kesit	39
Şekil 3.5	Üstyağı ve tekne üzerindeki moment ve kuvvetler	40
Şekil 3.6	Toplam moment diyagramı	40
Şekil 3.7	T_C ve T_D 'nin üstyağı boyunca dağılımı	41
Şekil 3.8	İki hücreli enine kesitin alan merkezi	44
Şekil 3.9	Her hücre için gerilmeler ve toplamaları	45
Şekil 3.10	Yer değişiminin profil kesitte gösterimi	46
Şekil 3.11	Yer değiştirmenin enine kesitte gösterimi ve yükleme-kesme kuvveti- moment diyagramı	47
Şekil 3.12	Üstyağı uzunluğunda profil kesit üzerinde yüklemenin gösterimi	48
Şekil 3.13	Φ_1 ve Φ_2 'nin u 'ya bağlı fonksiyonu	52

Şekil 3.14	Sabit moment ile dağılmış yükleme için sapma faktörünün değişimi	53
Şekil 3.15	Tekne boyuna kesitinde dış yüklere ve suyun kaldırma kuvvetine bağlı moment diyagramları	56
Şekil 3.16	Örnek üstyapı	59
Şekil 3.17	Test teknesi orta kesit	61
Şekil 3.18	Test teknesi üstyapı orta kesit (tek kat)	62
Şekil 3.19	Test teknesi üstyapı orta kesit (iki kat)	63
Şekil 3.20	Test teknesi üstyapı orta kesit (üç kat)	64
Şekil 3.21	Test teknesi (tek katlı üstyapı ile)	65
Şekil 3.22	Test teknesi (iki katlı üstyapı ile)	66
Şekil 3.23	Test teknesi (üç katlı üstyapı ile)	67
Şekil 3.24	Test teknesi dolu döşek görünüşü	68
Şekil 3.25	Test teknesi perde görünüşü	69
Şekil 3.26	Üstyapı uzunluk ve kat kombinasyonları	72
Şekil 3.27	Üstyapı uzunluk ve kat kombinasyonları (devamı)	73
Şekil 3.28	Modelin sonlu elemanlar uygulamasında sabitlenmesi	75
Şekil 3.29	Sabitlemeye dayalı bölgesel uç gerilmeler	76
Şekil 3.30	Modeldeki yer değiştirmeler	76
Şekil 3.31	Üstyapı boyuna bağlı gerilmelerdeki değişimler	77
Şekil 3.32	Üstyapı katsayısına bağlı gerilmelerdeki değişimler	77
Şekil 3.33	Tekne ve üstyapıdaki malzeme seçimine bağlı olarak güverte üzerindeki yer değiştirmeler	78
Şekil 3.34	Çelik tekne ve üstyapının güverte birleşim noktasında gerilim dağılımı	78
Şekil 3.35	Çelik tekne-alüminyum üstyapının güverte birleşim noktasında gerilim dağılımı	79
Şekil 3.36	Alüminyum tekne ve üstyapının güverte birleşim noktasında gerilim dağılımı	79
Şekil 3.37	Örnek ve test teknelerinin sonlu elemanlar ve Denklem 3.88 yaklaşımı ile hesaplanan C_E ilişki grafiği	82
Şekil 4.1	Dizayn spirali	91
Şekil 4.2	Önerilen dizayn akış şeması	94
Şekil EkA.1	BM_T yaklaşımı regresyon analizi ($KG=0,60D$)	110
Şekil EkA.2	GZ-Meyil açısı eğrileri ($KG=0,60D$)	117
Şekil EkA.3	GM-Meyil açısı eğrileri ($KG=0,60D$)	118
Şekil EkA.4	$MN.\sin(\Theta)$ Meyil açısı eğrileri ($KG=0,60D$)	119
Şekil EkA.5	C_{RS-10} Regresyon hesabı ($KG=0,60D$)	124
Şekil EkA.6	C_{RS-20} Regresyon hesabı ($KG=0,60D$)	125
Şekil EkA.7	C_{RS-30} Regresyon hesabı ($KG=0,60D$)	126
Şekil EkA.8	C_{RS-40} Regresyon hesabı ($KG=0,60D$)	127
Şekil EkA.9	C_{RS-50} Regresyon hesabı ($KG=0,60D$)	128
Şekil EkA.10	GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 1 ($KG=0,60D$)	135
Şekil EkA.11	GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 5 ($KG=0,60D$)	135
Şekil EkA.12	GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 10 ($KG=0,60D$)	136
Şekil EkA.13	GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 15 ($KG=0,60D$)	136
Şekil EkA.14	GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 21 ($KG=0,60D$)	137
Şekil EkA.15	GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 28 ($KG=0,60D$)	137
Şekil EkA.16	GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 33 ($KG=0,60D$)	138

Şekil EkA.17	GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 39 (KG=0,60D)	138
Şekil EkB.1	BM _T yaklaşımı regresyon analizi (KG=0,55D)	147
Şekil EkB.2	GZ-Meyil açısı eğrileri (KG=0,55D)	154
Şekil EkB.3	GM-Meyil açısı eğrileri (KG=0,55D)	155
Şekil EkB.4	MN.sin(Θ) Meyil açısı eğrileri (KG=0,55D)	156
Şekil EkB.5	C _{RS} -10 Regresyon hesabı (KG=0,55D)	161
Şekil EkB.6	C _{RS} -20 Regresyon hesabı (KG=0,55D)	162
Şekil EkB.7	C _{RS} -30 Regresyon hesabı (KG=0,55D)	163
Şekil EkB.8	C _{RS} -40 Regresyon hesabı (KG=0,55D)	164
Şekil EkB.9	C _{RS} -50 Regresyon hesabı (KG=0,55D)	165
Şekil EkB.10	GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 1 (KG=0,55D)	172
Şekil EkB.11	Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 5 (KG=0,55D)	172
Şekil EkB.12	GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 10 (KG=0,55D)	173
Şekil EkB.13	GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 15 (KG=0,55D)	173
Şekil EkB.14	GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 21 (KG=0,55D)	174
Şekil EkB.15	GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 29 (KG=0,55D)	174
Şekil EkB.16	GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 33 (KG=0,55D)	175
Şekil EkB.17	GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 39 (KG=0,55D)	175
Şekil EkC.1	BM _T yaklaşımı regresyon analizi (KG=0,65D)	184
Şekil EkC.2	GZ-Meyil açısı eğrileri (KG=0,65D)	191
Şekil EkC.3	GM-Meyil açısı eğrileri (KG=0,65D)	192
Şekil EkC.4	MN.sin(Θ) Meyil açısı eğrileri (KG=0,65D)	193
Şekil EkC.5	C _{RS} -10 Regresyon hesabı (KG=0,65D)	198
Şekil EkC.6	C _{RS} -20 Regresyon hesabı (KG=0,65D)	199
Şekil EkC.7	C _{RS} -30 Regresyon hesabı (KG=0,65D)	200
Şekil EkC.8	C _{RS} -40 Regresyon hesabı (KG=0,65D)	201
Şekil EkC.9	C _{RS} -50 Regresyon hesabı (KG=0,65D)	202
Şekil EkC.10	GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 1 (KG=0,65D)	209
Şekil EkC.11	Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 5 (KG=0,65D)	209
Şekil EkC.12	GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 10 (KG=0,65D)	210
Şekil EkC.13	GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 15 (KG=0,65D)	210
Şekil EkC.14	GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 21 (KG=0,65D)	211
Şekil EkC.15	GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 29 (KG=0,65D)	211
Şekil EkC.16	GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 33 (KG=0,65D)	212
Şekil EkC.17	GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 39 (KG=0,65D)	212
Şekil EkD.1	St-St-1 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları.....	214
Şekil EkD.2	St-St-2 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları.....	214
Şekil EkD.3	St-St-3 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları.....	215
Şekil EkD.4	St-St-4 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları.....	215
Şekil EkD.5	St-St-5 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları.....	216
Şekil EkD.6	St-St-6 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları.....	216
Şekil EkD.7	St-St-7 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları.....	217
Şekil EkD.8	St-St-8 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları.....	217
Şekil EkD.9	St-St-9 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları.....	218
Şekil EkD.10	St-St-10 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	218
Şekil EkD.11	St-St-11 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	219
Şekil EkD.12	St-St-12 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	219

Şekil EkD.13	St-St-13 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	220
Şekil EkD.14	St-St-14 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	220
Şekil EkD.15	St-St-15 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	221
Şekil EkD.16	St-St-16 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	221
Şekil EkD.17	St-St-17 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	222
Şekil EkD.18	St-St-18 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	222
Şekil EkD.19	St-St-19 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	223
Şekil EkD.20	St-Al-1 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	224
Şekil EkD.21	St-Al-2 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	224
Şekil EkD.22	St-Al-3 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	225
Şekil EkD.23	St-Al-4 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	225
Şekil EkD.24	St-Al-5 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	226
Şekil EkD.25	St-Al-6 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	226
Şekil EkD.26	St-Al-7 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	227
Şekil EkD.27	St-Al-8 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	227
Şekil EkD.28	St-Al-9 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	228
Şekil EkD.29	St-Al-10 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	228
Şekil EkD.30	St-Al-11 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	229
Şekil EkD.31	St-Al-12 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	229
Şekil EkD.32	St-Al-13 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	230
Şekil EkD.33	St-Al-14 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	230
Şekil EkD.34	St-Al-15 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	231
Şekil EkD.35	St-Al-16 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	231
Şekil EkD.36	St-Al-17 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	232
Şekil EkD.37	St-Al-18 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	232
Şekil EkD.38	St-Al-19 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	233
Şekil EkD.39	Al-Al-1 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	234
Şekil EkD.40	Al-Al-2 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	234
Şekil EkD.41	Al-Al-3 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	235
Şekil EkD.42	Al-Al-4 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	235
Şekil EkD.43	Al-Al-5 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	236
Şekil EkD.44	Al-Al-6 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	236
Şekil EkD.45	Al-Al-7 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	237
Şekil EkD.46	Al-Al-8 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	237
Şekil EkD.47	Al-Al-9 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	238
Şekil EkD.48	Al-Al-10 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	238
Şekil EkD.49	Al-Al-11 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	239
Şekil EkD.50	Al-Al-12 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	239
Şekil EkD.51	Al-Al-13 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	240
Şekil EkD.52	Al-Al-14 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	240
Şekil EkD.53	Al-Al-15 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	241
Şekil EkD.54	Al-Al-16 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	241
Şekil EkD.55	Al-Al-17 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	242
Şekil EkD.56	Al-Al-18 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	242
Şekil EkD.57	Al-Al-19 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları	243
Şekil EkE.1	C _E için regresyon analiz sonuçları	256
Şekil EkF.1	Japon kriteri stabilite eğrileri [32]	262

Şekil EkF.2 Rüzgar kolu [69]	270
Şekil EkF.3 Dinamik stabilite	275
Şekil EkF.4 Yalpa omurga	278

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	Barç-1 ve türevlerinin ana karakteristikleri.....	27
Çizelge 2.2	a, b, c ve d değerleri	31
Çizelge 2.3	Test teknelerinin ana karakteristikleri	32
Çizelge 2.4	Test teknelerinin KG/D oranları	33
Çizelge 2.5	BM _T (yaklaşım) fark oranı	33
Çizelge 2.6	GZ yaklaşım-gerçek değerlerin karşılaştırması.....	34
Çizelge 3.1	Analize dahil edilen dizayn değişkenleri	80
Çizelge 3.2	Bazı örnek yatlar için fark oranları	81
Çizelge 4.1	Uzman görüşleri	88
Çizelge 4.2	Değerlendirme tablosu.....	89
Çizelge EkA.1	Tekne ana karakteristikleri Tekne 1-10 (KG=0,60D)	103
Çizelge EkA.2	Tekne ana karakteristikleri Tekne 11-20 (KG=0,60D)	104
Çizelge EkA.3	Tekne ana karakteristikleri Tekne 21-30 (KG=0,60D)	105
Çizelge EkA.4	Tekne ana karakteristikleri Tekne 31-40 (KG=0,60D)	106
Çizelge EkA.5	Tekne ana karakteristikleri Tekne 41-50 (KG=0,60D)	107
Çizelge EkA.6	BM _T yaklaşımı için parametre katsayı tespiti Tekne1-24(KG=0,60D) ...	108
Çizelge EkA.7	BM _T yaklaşımı için parametre katsayı tespiti Tekne27-50(KG=0,60D) .	109
Çizelge EkA.8	GZ-Θ değerleri Tekne 1-24 (KG=0,60D)	111
Çizelge EkA.9	GZ-Θ değerleri Tekne 27-50 (KG=0,60D)	112
Çizelge EkA.10	GM.sin(Θ) Gerçek değerleri Tekne 1-24 (KG=0,60D).....	113
Çizelge EkA.11	GM.sin(Θ) Gerçek değerleri Tekne 27-50 (KG=0,60D).....	114
Çizelge EkA.12	MN _Θ .sin(Θ) Gerçek değerleri Tekne 1-24 (KG=0,60D).....	115
Çizelge EkA.13	MN _Θ .sin(Θ) Gerçek değerleri Tekne 27-50 (KG=0,60D).....	116
Çizelge EkA.14	C _{RS} Gerçek değerleri Tekne 1-24 (KG=0,60D)	120
Çizelge EkA.15	C _{RS} Gerçek değerleri Tekne 27-50 (KG=0,60D)	121
Çizelge EkA.16	KB Gerçek ve yaklaşım fark yüzdesi hesabı Tekne 1-24 (KG=0,60D)...	122
Çizelge EkA.17	KB Gerçek ve yaklaşım fark yüzdesi hesabı Tekne 27-50 (KG=0,60D).	123
Çizelge EkA.18	GZ Yaklaşım hesabı Tekne 1-22 (KG=0,60D).....	129
Çizelge EkA.19	GZ Yaklaşım hesabı Tekne 23-50 (KG=0,60D).....	130
Çizelge EkA.20	GZ Yaklaşık değerleri Tekne 1-22 (KG=0,60D)	131
Çizelge EkA.21	GZ Yaklaşık değerleri Tekne 23-50 (KG=0,60D)	132
Çizelge EkA.22	GZ Gerçek değerleri Tekne 1-22 (KG=0,60D).....	133

Çizelge EkA.23	GZ Gerçek değerleri Tekne 23-50 ($KG=0,60D$).....	134
Çizelge EkB.1	Tekne ana karakteristikleri Tekne 1-10 ($KG=0,55D$)	140
Çizelge EkB.2	Tekne ana karakteristikleri Tekne 11-20 ($KG=0,55D$)	141
Çizelge EkB.3	Tekne ana karakteristikleri Tekne 21-30 ($KG=0,55D$)	142
Çizelge EkB.4	Tekne ana karakteristikleri Tekne 31-40 ($KG=0,55D$)	143
Çizelge EkB.5	Tekne ana karakteristikleri Tekne 41-50 ($KG=0,55D$)	144
Çizelge EkB.6	BM_T yaklaşımı için parametre katsayı tespiti Tekne1-26($KG=0,55D$) ...	145
Çizelge EkB.7	BM_T yaklaşımı için parametre katsayı tespiti Tekne27-50($KG=0,55D$) .	146
Çizelge EkB.8	Parametre tespiti $GZ-\Theta$ değerleri Tekne 1-24 ($KG=0,55D$)	148
Çizelge EkB.9	Parametre tespiti $GZ-\Theta$ değerleri Tekne 25-50 ($KG=0,55D$).....	149
Çizelge EkB.10	$GM.\sin(\Theta)$ Gerçek değerleri Tekne 1-24 ($KG=0,55D$).....	150
Çizelge EkB.11	$GM.\sin(\Theta)$ Gerçek değerleri Tekne 25-50 ($KG=0,55D$)	151
Çizelge EkB.12	$MN_{\Theta}.\sin(\Theta)$ Gerçek değerleri Tekne 1-24 ($KG=0,55D$).....	152
Çizelge EkB.13	$MN_{\Theta}.\sin(\Theta)$ Gerçek değerleri Tekne25-50 ($KG=0,55D$).....	153
Çizelge EkB.14	C_{RS} Gerçek değerleri Tekne 1-24 ($KG=0,55D$)	157
Çizelge EkB.15	C_{RS} Gerçek değerleri Tekne 25-50 ($KG=0,55D$).....	158
Çizelge EkB.16	KB Gerçek ve yaklaşım fark yüzdesi hesabı Tekne 1-24 ($KG=0,55D$)....	159
Çizelge EkB.17	KB Gerçek ve yaklaşım fark yüzdesi hesabı Tekne 25-50 ($KG=0,55D$)..	160
Çizelge EkB.18	GZ Yaklaşım hesabı Tekne 1-24 ($KG=0,55D$).....	166
Çizelge EkB.19	GZ Yaklaşım hesabı Tekne 25-50 ($KG=0,55D$).....	167
Çizelge EkB.20	GZ Yaklaşık değerleri Tekne 1-24 ($KG=0,55D$)	168
Çizelge EkB.21	GZ Yaklaşık değerleri Tekne 25-50 ($KG=0,55D$)	169
Çizelge EkB.22	GZ Gerçek değerleri Tekne 1-24 ($KG=0,55D$).....	170
Çizelge EkB.23	GZ Gerçek değerleri Tekne 25-50 ($KG=0,55D$).....	171
Çizelge EkC.1	Tekne ana karakteristikleri Tekne 1-10 ($KG=0,65D$)	177
Çizelge EkC.2	Tekne ana karakteristikleri Tekne 11-20 ($KG=0,65D$)	178
Çizelge EkC.3	Tekne ana karakteristikleri Tekne 21-30 ($KG=0,65D$)	179
Çizelge EkC.4	Tekne ana karakteristikleri Tekne 31-40 ($KG=0,65D$)	180
Çizelge EkC.5	Tekne ana karakteristikleri Tekne 41-50 ($KG=0,65D$)	181
Çizelge EkC.6	BM_T yaklaşımı için parametre katsayı tespiti Tekne1-26($KG=0,65D$) ...	182
Çizelge EkC.7	BM_T yaklaşımı için parametre katsayı tespiti Tekne27-50($KG=0,65D$) .	183
Çizelge EkC.8	$GZ-\Theta$ değerleri Tekne 1-26 ($KG=0,65D$)	185
Çizelge EkC.9	$GZ-\Theta$ değerleri Tekne 27-50 ($KG=0,65D$)	186
Çizelge EkC.10	$GM.\sin(\Theta)$ Gerçek değerleri Tekne 1-26 ($KG=0,65D$).....	187
Çizelge EkC.11	$GM.\sin(\Theta)$ Gerçek değerleri Tekne 27-50 ($KG=0,65D$)	188
Çizelge EkC.12	$MN_{\Theta}.\sin(\Theta)$ Gerçek değerleri Tekne 1-26 ($KG=0,65D$)	189
Çizelge EkC.13	$MN_{\Theta}.\sin(\Theta)$ Gerçek değerleri Tekne 27-50 ($KG=0,65D$)	190
Çizelge EkC.14	C_{RS} Gerçek değerleri Tekne 1-26 ($KG=0,65$).....	194
Çizelge EkC.15	C_{RS} Gerçek değerleri Tekne 27-50 ($KG=0,65$).....	195
Çizelge EkC.16	KB Gerçek ve yaklaşım fark yüzdesi hesabı Tekne 1-24 ($KG=0,65D$) ...	196
Çizelge EkC.17	KB Gerçek ve yaklaşım fark yüzdesi hesabı Tekne 25-50 ($KG=0,65D$) .	197
Çizelge EkC.18	GZ Yaklaşım hesabı Tekne 1-26($KG=0,65D$).....	203
Çizelge EkC.19	GZ Yaklaşım hesabı Tekne 27-50 ($KG=0,65D$).....	204
Çizelge EkC.20	GZ Yaklaşık değerleri Tekne 1-26($KG=0,65D$)	205
Çizelge EkC.21	GZ Yaklaşık değerleri Tekne 27-50 ($KG=0,65D$)	206
Çizelge EkC.22	GZ Gerçek değerleri Tekne 1-26 ($KG=0,65D$).....	207
Çizelge EkC.23	GZ Gerçek değerleri Tekne 27-50 ($KG=0,65D$).....	208

Çizelge EkE.1 St-St için analize dahil edilen dizayn değişkenleri-1	245
Çizelge EkE.2 St-St için analize dahil edilen dizayn değişkenleri-2	246
Çizelge EkE.3 St-St için analize dahil edilen dizayn değişkenleri-3	247
Çizelge EkE.4 St-Al için analize dahil edilen dizayn değişkenleri-1	248
Çizelge EkE.5 St-Al için analize dahil edilen dizayn değişkenleri-2	249
Çizelge EkE.6 St-Al için analize dahil edilen dizayn değişkenleri-3	250
Çizelge EkE.7 Al-Al için analize dahil edilen dizayn değişkenleri-1	251
Çizelge EkE.8 Al-Al için analize dahil edilen dizayn değişkenleri-2	252
Çizelge EkE.9 Al-Al için analize dahil edilen dizayn değişkenleri-3	253
Çizelge EkE.10 Regresyon analizine dahil edilen deney tekne karakteristikleri-1	254
Çizelge EkE.11 Regresyon analizine dahil edilen deney tekne karakteristikleri-2	255
Çizelge EkE.12 Deney tekneleri fark yüzdeleri-1.....	257
Çizelge EkE.13 Deney tekneleri fark yüzdeleri-2.....	258
Çizelge EkF.1 Faktör k.....	266
Çizelge EkF.2 Faktör X_1	267
Çizelge EkF.3 Faktör X_2	267
Çizelge EkF.4 Faktör Y (sınırsız sefer için).....	267
Çizelge EkF.5 Faktör s.....	269
Çizelge EkF.6 Ochi period tip ailesi.....	277

KAVRAM DİZAYN AŞAMASINDA YAT YAPIM MALZEMESİNİN STABİLİTE VE MUKAVEMET ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Erdoğan AÇIKEL

Gemi İnş. ve Gemi Mak. Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Ahmet Dursun ALKAN

Çelik; mukavemeti, kaynak teknolojisinde erişilen bilgi birikimi ve erişim kolaylığı parametreleri nedeniyle 1990'lı yıllara kadar en popüler gemi inşaatı malzemesi olmuştur. Metalurji teknolojisi alanındaki gelişmelere bağlı olarak çalışmalar üretimde kullanılacak alternatif malzeme arayışına kaymıştır.

Alüminyum, düşük yoğunluğuna bağlı olarak ağırlık ve kolay form verebilme avantajları nedeniyle endüstriyel alanda dikkatleri üzerine çekmiştir. Gemi inşaatında da, adaptasyon çalışmaları tamamlandıktan sonra, kısa sürede içerisinde kısmi veya tüm gemi konstrüksiyonunda kullanılmaya başlanmıştır. Alüminyumun tek başına kullanımı haricinde, teknelerin kullanım amaçlarına bağlı olarak alüminyum ve çeliğin birlikte kullanılabilme gerekliliği doğmuştur.

Yat inşaatında alüminyumun en çok tercih edildiği bölüm üstyapılardır. Böylece mali dezavantajlar minimize edilebilmekte; stabilite, mukavemet ve denizcilik kabiliyeti parametreleri de optimize edilebilmektedir. Her ne kadar klas kuruluşları boyutlandırma formüllerini alüminyuma göre uyarlamaya başladılarsa da bu henüz sınırlı sayıdadır.

Bu araştırmada; teklif ve kavram dizayn aşamasında gemi mühendisine dizayn çevriminde yapmak zorunda olduğu iterasyon sayısını azaltıcı rehberlikler geliştirilmesi amaçlanmıştır. Araştırmada motor yatlar için stabilite ve mukavemet modelleri

geliştirilmiştir. Tekne ana dizayn değişkenleri cinsinden ifade edilebilen stabilite karakteristiği hakkında sağlam bir öngörude bulunulmuştur. Çalışmanın mukavemet kısmında, temel mukavemet prensiplerinden yola çıkarak üstyapı boyutlarının optimize edilerek kullanılacak malzemenin seçimine rehberlik edilmesi amaçlanmıştır. Stabilite çalışmalarında yük gemileri için Prohaska'nın yaptığı çalışmalardan yararlanarak 20-60 m. tam boy aralığındaki güncel motor yat formlarına uyarlanarak tekne dizayn değişkenlerini kullanan pratik olarak statik stabiliteyi değerlendirebilen bir rehber gerçekleştirilmiştir.

Mukavemet kısmında da Navier'in denklemleri incelenmiş olup, özellikle yatlar için gerekli geliştirmeler ve sadeleştirmeler yapılmıştır. Ortaya konulan yöntemlerin doğruluğunun ispatı için hali hazırda serviste bulunan tekneler modellenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca değerlendirme bölümünde uzman görüşlerine başvurularak elde edilen ağırlıklı değerlendirme katsayıları metodu ile dizayn sarmalındaki iterasyon sayısının azaltılabileceği ortaya konmuştur. Araştırma sırasında yatlar için uyarlamalar veya geliştirmeler yapılmış olup; pratik yaklaşımlar yardımıyla gemi mühendisi ön stabilite ve mukavemet alanında bazı değerlere ulaşacak ve bu değerlerin istediği sınırlara yakınlığına bağlı olarak tekrar tekne ana boyutlarına ve malzeme seçimine dönüş yapması gerekecektir. Minimize edilmiş iterasyon sürecinden sonra gemi mühendisi, teklif paketinde fiyat belirleme ve dizayn sürecinin ilerleyen aşamalarında kullanabileceği değerlere ulaşabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Üst bina, kavram dizayn, artık stabilite, motoryat, mukavemet, dizayn rehberliği

ABSTRACT

THE EXAMINATION OF CONSTRUCTION MATERIALS' IMPACT ON STABILITY AND STRENGTH DURING CONCEPT DESIGN PHASE OF YACHTS

Erdoğan AÇIKEL

Department of Naval Architecture and Marine Engineering

Ph.D. Thesis

Advisor: Prof. Dr. Ahmet Dursun ALKAN

Because of its strength, the gained knowledge in the welding technologies and the availability parameters, steel as a material was used to be the most popular ship building material for many years. Due to the improvements in metallurgy technology, the studies are canalized to find alternative material types for production.

As a natural result of its low density, Aluminium has a weight and easy forming advantages which collected the attention of industry on itself. After a short while, it has been started to be used in shipbuilding sector after the adaptation researches completed. Except for the usage of Aluminium as a single material of the construction, due to several purposes, a growing demand has been occurred in order to use Aluminium together with steel. This has forced the technology to find out new solutions.

Aluminium is being mostly chosen as a construction material for the superstructures. Thus, the financial disadvantage of it can be minimized and the strength, seakeeping and stability can be accordingly optimized.

Despite the class societies have started to update their scantling rules for the use of aluminium as a construction material, this number is still quite limited. Because of being a relatively new material compared with steel, it is still not possible to find the detailed rules for yachts except for LR and BV.

In this research it is aimed to guide the designer during the proposal and concept design phase by decreasing the number of iteration in design spiral. During the study stability and strength models are developed. A strong prediction is made for the stability characteristics which can be described by means of hull's main parameters. In the strength section of the research a guidance is aimed to be shown by using the basic strength principles in order to optimize the superstructure dimensions and choosing the right material combination for the hull and the superstructure. Among the stability section road map is explained step by step for the evaluation of the stability in a practical way by using the studies of Prohaska as a foundation.

In the strength section, Bleich's approach is observed which is based on Navier's theory and the required simplifications and developments are brought in order to use it for motor yachts. For proving the reliability of the method the finite element models of several superstructures are made and the results are compared with each other. Besides this, opinion of experts are interviewed and weighted estimation method is used in order to optimize the sequence of priorities and to decrease the number of iterations during the concept design phase. During the research several adaptations and developments are made, by developing practical approaches the naval architect will be able to calculate the main values in order to make clear predictions about preliminary stability and strength. After evaluating these results the engineer will decide whether an optimization should be made for material or main dimensions. The designer will be able to reach the values which will be required for preliminary design stage and for price estimation after the minimized iteration process.

Keywords: Superstructure, concept design, residuary stability, motor yacht, strength, design guidelines

1.1 Literatür Özeti

Bu çalışmada 20 m ile 60 m arasındaki motor yatların kavram dizayn aşamasında malzeme seçiminin, üstyapının da etkisi göz önünde bulundurularak stabilite ve mukavemet üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Kavram dizayn aşamasında ya da daha detaylı olarak belirtilecek olunursa pazarlama ve teklif aşamasında, henüz bilinemeyen değerlerin öngörülmesini sağlamak amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Çünkü bu aşamadaki en büyük sorunlardan biri fiyatlandırma ve devamındaki dizayn sürecinde, sonraki adımların atılmasında temel teşkil edecek olan gemi ve üstyapının boyu, genişliği, derinliği gibi sadece ana değerlerin bilinmesidir. Ancak bunu takip eden adımlarda kat yüksekliği, her bir katın oturma alanı ve buna bağlı olarak bu katların donatımı fiyatlandırılabilceği gibi, hatta bu değişkenler yatın dış dizaynını da etkileyecektir.

Kavram dizayn aşamasında kullanılacak ana değişkenlerin sayısının olabildiğince asgariye indirilmesi gemi mühendisinin de işini kolaylaştıracaktır. Zira incelenen stabilite ve mukavemet gibi değişkenlerin her birini belirleyen ayrıca alt değişkenler bulunmaktadır. Bunlarla ilgili kavram dizayn aşamasında bir öngöründe bulunabilmek için olabildiğince az veri ile gerçekçi bir sonuca ulaşmayı şüphesiz her gemi mühendisi hedeflemektedir.

Bu alt değişkenlerin sonuca etki yüzdelerinin incelenmesi ve yukarıda bahsedildiği gibi bunların sayısının asgariye indirilmesi gemi mühendisine yardımcı olacaktır. Dolayısıyla gemi mühendisi hangi değişkeni kullanırsa kullansın, bunun sonuca etkisinin diğer

değişkenlere kıyasla ne olacağını ve eniyileştirme çalışması esnasında hangi etkenlerin gözardı edilebileceğini görecektir.

İstatistiksel Dinamik Stabilite [1] ve Model Testi [2] çalışmalarının tümü geminin dinamik tepkilerini stabilitenin ölçülebilirliği ile ilişkilendirmeyi amaçlamıştır. Bir başka güncel olarak nitelendirilebilecek çalışma da, gemi hareketlerini doğrusal olmayan osilatorun dinamikleri ile ilişkilendirme konusunda yapılmıştır [3]. Bu araştırmada doğrultma kolu eğrisi, eğrisel yay kuvvetinden elde edilmiştir. Bu eğrinin şekli ve büyüklüğü yükleme ve tekne formuna bağlı olduğundan, gemi hareketlerinin tanımlanabilmesi için bunların etkilerinin anlaşılması önem arz etmektedir. Öncelikli olarak doğrultma kolu eğrisi, tek başına geminin stabilitesine en çok etki eden bileşendir. 1940'ların sonunda Prof.C.W.Prohaska tarafından doğrultma kolunun ağırlık bileşeni ve tekne form bileşeni olarak çözümlendiği yeni bir yöntem 'Artık Stabilite' ismiyle ortaya konulmuştur [5], [6]. Bu çözümleme ve özellikleri stabilite bölümünde işlenen konunun temelini oluşturmaktadır.

Prohaska'nın yöntemi, Brown'ın tekne form parametrelerinin 30 derece meyil açısındaki doğrultma kolu ile ilişkilendirdiği bazı yaklaşım ifadelerini oluşturmasına zemin hazırlamıştır [7]. Brown birçok sayıda tekne formu için C_{RS} eğrilerini ele almış ve çoklu lineer regresyon analizi yardımı ile bunları belli katsayılarla ilişkilendirmiştir. Brown'ın çalışmasının kusuru ise, form parametrelerini sadece belirli bir meyil açısındaki doğrultma koluyla ilişkilendirmesi olmuştur.

Bazı araştırmacılar Prohaska'nın yönteminin, bilinen stabilite kriterine dayanarak GM'nin kritik değerlerinin hesaplanmasında veya KG'nin konumunun belirlenmesinde kullanılabileceğini önermişlerdir [8]. Krishna Rao, Uluslararası Denizcilik Danışma Organizasyonu (IMCO) tarafından önerilen stabilite kriterini, doğrultma kollarının artık stabilite katsayılarına ilişkilendirilmesiyle bir seri parametrik denkleme uyarlamıştır. Kural olarak 15, 30, 35 ve 40 derece meyil açılarında C_{RS} değerini kullanarak GZ eğrisi altında kalan alanın 0-30 derece arasındaki değeri IMCO (1964)'e göre 0,055m.rad olacağından, altı stabilite kriteri için de bir ampirik formül oluşturulmuştur. Bu GM değerlerinden en büyüğü, diğerlerini de otomatik olarak sağlayacağından kritik GM olarak seçilmiştir. Bu kritik GM, geçmişte doğruluğu kanıtlanmış bazı formüllerle KG değerine çevrilmiştir. Krishna Rao, kritik KG değerinin D (derinlik) değeri ile normalize

edildikten sonra KG/D oranının test edildiği bütün gemiler için (küçük B/L oranına sahip olanlar hariç) neredeyse aynı kaldığını tespit etmiştir.

Kritik KG'nin hesaplanmasına yönelik aynı IMCO kriterini sağlayan bir diğer çalışma da Nümerik İntegrasyon Tekniği'dir [9]. Khoushy çalışmasında belirli bir draft için artık stabilitenin sabit kaldığına değinirken artık stabilitenin integralinin geminin draft ve triminin geometrik özelliği olduğunu söylemiş, fakat bu ilişkiyi tam olarak belirtmemiştir.

Üstyapının gemi mukavemetine etkisinin incelenmeye başlanması ise 1899'lı yıllara dayanmaktadır. Bruhn gemi yapısında devamsızlıkları incelerken üstyapıdaki gerilme değerlerinin üstyapı boyunun yüksekliğinden sekiz kat büyük olmadığı sürece basit kiriş teorisi ile hesaplanan değerlere yakın olamayacağı sonucuna varmıştır [37].

1913 yılında Foster King, geniş üstyapılardaki gerilmeleri hesaplamak için basit kiriş teorisini kullandığı makalesini yayınlamıştır [38]. Bu çalışmasındaki çıkış noktası, üst binadaki bu gerilmelerin üstyapının kendisi ihmal edildiğinde tekne kirişindeki gerilmeleri geçmemesi gerektiğidir.

Montgomerie 1915 yılında King'in çalışmasının kapsamını daha da genişleterek ve analitik bir yaklaşım kullanarak, daha sonraları bazı klaslama kuruluşlarınca da kullanılan rasyonel dizayn formüllerini türetmiştir [39]. Bu çalışmasında, 'Genleşme Derzi' olarak çevirebileceğimiz yapıyı herhangi bir gerilmeyi üstlenemeyecek yüksek düzeyde esnek olan bir üstyapının gemiye entegre edilmesini ele almıştır.

Hovgaard ise yaptığı çalışmalar sonucunda sınır katmanında kayma kuvvetleri ile karşılaşmış ve analizlerine bağlı olarak 'genleşme derzi' tasarımının gerilmeleri azaltmak yerine arttıracığı sonucuna varmıştır [40].

Hovgaard'ın çalışması da dahil olmak üzere 1934 yılına kadar bu konuda yapılan çalışmalar yüzeysel kalmıştır. Vasta 1947 yılında S.S. Philip Schuyler [41] ve 1949 yılında President Wilson [36] gemileri üzerinde kapsamlı olarak yaptığı çalışmalardan sonra konuya yönelik detaylı teorik bir yaklaşım getirmeye çalışmıştır. Vasta bu çalışmalarında, pratikte gerilmelerin ana güverte ile üstyapı güvertesi arasında değiştiğine vurgu yapmış ve daha sonra Caldwell tarafından da kullanılacak olan üstyapının etkinliği konusunu gündeme taşımıştır. Aynı yıllarda Holt [42] ve Muckle'in

[43] yaptığı deneysel çalışmalar dikkatleri bu problem üzerine çekmiştir. Fakat konuyla ilgili geri planı aydınlatmaya yönelik teorik açıklama o yıllarda henüz geliştirilememiştir.

Vasta kapsamlı test çalışmalarında kayma gecikmesi etkisine değinse de, bu etken 1950 yılında Crawford tarafından yapılan geniş çaplı teorik araştırmaya kadar tam olarak dikkate alınmamıştır. Crawford tekne ve üstyapı arasında yer alan dikey kuvvetler arasındaki dengeyi ve karinadaki kayma kuvvetlerini incelemiştir [44]. Bu iki yapı arasındaki diferansiyel eğrinin oluşmasının mümkün olduğunu tespit etmiş ve çalışmalarında bu eğrinin karakteristiğini açıklamaya çalışmıştır. Araştırmasında tek katlı ve gemi tam boyunun % 35'inden daha uzun olan üstyapıların tek bir kiriş olarak davranacağını varsaydığı boyutları ve gemi elemanları kalınlıklarını incelemiştir. Bulduğu sonuçlar her bir durum için değişen başka denklemlere dayandığı için çok genel sonuçlara varmıştır [64].

Bleich 1953 yılında Crawford'un yaptığı çalışmaların devamı niteliğinde ve S.S. President Wilson gemisi üzerinde yapılan deneysel çalışmaları açıklamaya yönelik olarak, gerilmeleri basit bir formda ifade etmeyi başarmıştır [66]. Navier'in kiriş teorisi ile ilgili hipotezinin üstyapı ve tekneye ayrı ayrı uygulanabileceği varsayımından yola çıkmıştır. Sabit potansiyel enerji teoremini kullanarak sırasıyla üstyapı ve teknedeki yer değişikliğini Euler diferansiyel denklemlerini hesaplamak için kullanmıştır. Bu denklemleri belirlerken güverte esnekliğini gösteren k sabit değerine atıf yapmış, fakat bu çalışmasında kayma gecikmesi etkisini hesaba katmamıştır.

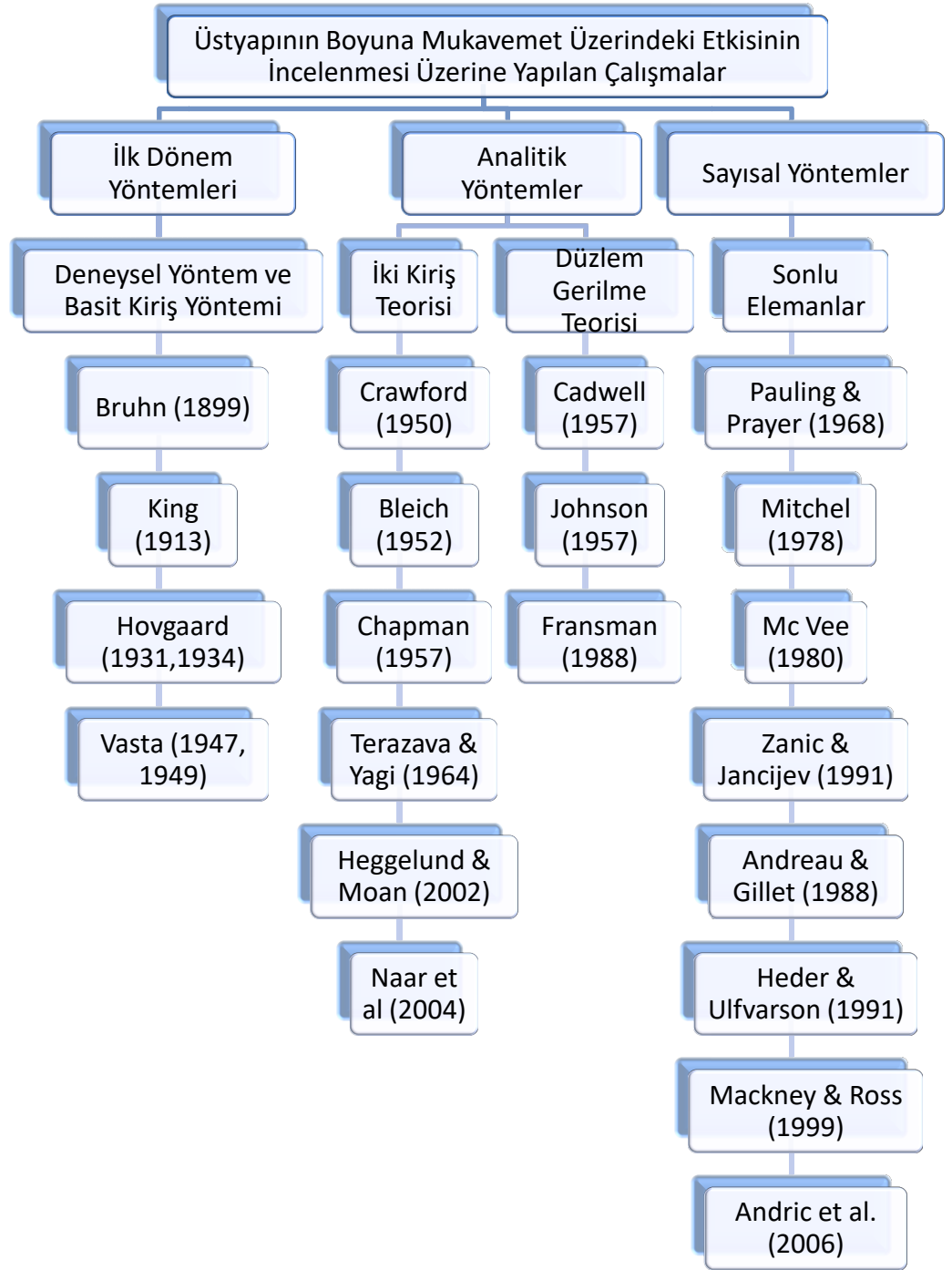
Terasawa ve Yagi, Bleich'in çalışmalarını takiben minimum gerilme enerjisi prensibini kullanmış; fakat bunun yanında Reissner'in kayma gecikmesi üzerinde yaptığı çalışmalardan da faydalanarak, kayma gecikmesi etkisini superpoze edecek bir metod geliştirmişlerdir [45]. Bu araştırmacıların yaptığı geniş kapsamlı çalışmalar, dizayn prosedürünün iyileştirilmesi konusunda diğer çalışmalara da referans olmuştur.

1957'de İngiltere'de bu konuda üç farklı bildiri hemen hemen eş zamanlı diyebileceğimiz şekilde yayınlanmıştır. Bunlar Chapman [48], Caldwell [49] ve Johnson'un [50] yaptığı çalışmalardır. Chapman'in yaklaşımı, üstyapı ve teknenin herbiri ayrı ayrı hareket eden kirişler olması varsayımına dayanmaktadır. Üstyapıyı elastik mesnet üzerinde bir kiriş olarak kabul etmiş, ilgili diferansiyel denklemleri

gevşeme teorisini kullanarak çözmüştür. Caldwell ve Johnson ise, önceki araştırmacılardan farklı bir yaklaşımda bulunarak düzlemsel gerilme teorisini kullanmışlardır. Üstyapıdaki kayma gecikme etkisi ve doğrusal olmayan gerilmeleri de hesaba katarak; gerilmelerdeki doğrusal olmayan yapıyı, sac plaka kalınlıklarının genel ölçülere kıyaslandığında çok ince kalmasına bağlamıştır. Caldwell'in yaklaşımı Johnson'ununkine kıyasla daha detaylı görünse de, tek katlı üstyapıları incelediğinden kapsamı sınırlı kalmıştır. Bunun yanında Caldwell, harici momenti Fourier Serileri açılımı ile ortaya koymuş, fakat işlemin karmaşıklığı dizayn ofislerinde kullanılmak için kullanışlı olmamıştır. Johnson'un yaklaşımı, bu anlamda bir dizayn metodu geliştirmesi sebebiyle aralarında en iyisi olmuştur. Bu çalışmasına müteakip A.W. Ayling ile birlikte dizayn ofislerde kullanıma yönelik iki çalışma daha yayınlamıştır [51], [52].

Son olarak Kaliforniya Üniversitesinden M.A. Shade, Belich'in teorisinin devamı niteliğinde fakat kayma gecikmesini de kapsayan bir üstyapı teorisi yayınlamıştır [53]. Bu çalışmada üstyapı ve tekne için değişik yapı malzemelerinin kullanımı ve üstyapının baş ve kış tarafları için farklı sınır koşulları dahil edilmiştir. Fakat bu çalışma da tek katlı üstyapı ile sınırlandırıldığından kapsamı geniş olmamıştır.

Yukarıda özeti verilen çalışmaların büyük bir kısmı başta savaş gemileri olmak üzere ticari gemilere yönelik olduğundan, yatlarla ilgili bir geçerliliklerinin olup olmadığı ve geçerlilikleri varsa bu yaklaşımlarda ne tür değişikliklerin yapılması gerektiği deneysel ve teorik araştırmaya muhtaçtır.



Şekil 1.1 Üstyapının boyuna mukavemet üzerindeki etkisinin incelenmesi üzerine yapılan çalışmalar [61]

1.2 Tezin Amacı

20 m ile 60 m arasında değişen değişik formlara sahip yatlar için uygulanabilecek C_{RS} katsayılarının elde edilmesi, bunların kavram dizayn aşamasında nasıl kullanılacağı ve en gerçekçi C_{RS} değerlerinin, uygun katsayılar seçildikten sonra regresyon yardımı ile elde edilmesi açıklanacaktır.

Yukarıda belirtilen çalışmaların yapıldığı yıllardan sonra gemi mühendisliğine yönelik hazırlanan yazılımlar, ön dizayn ve dizayn aşamalarında birçok kolaylık sunmuştur. Fakat kavram dizayn aşamasındaki veri yetersizliği, özellikle yük gemilerinin aksine yatların kendine özel karakteristiklerinin olması, eski usül olarak nitelendirebileceğimiz kağıt-kalem ile yapılan hesapların önemini korumuştur. 20 m ile 60 m arasındaki yat tasarımı yapan uzmanlarla görüşüldüğünde, birçok firmanın halen kavram dizayn aşamasında eski usül ile belirli parametreleri belirleyip, daha sonra bilgisayar uygulamalarına veri girişi yaptıkları teyid edilmiştir.

Kavram dizayn basamakları süresince gemi mühendisi, geminin sonuç olarak sahip olacağı form parametreleri ve katsayıları hakkında bir öngöründe bulunmak durumunda kalacaktır. Gemi mühendisi genellikle değişkenleri hız ve güç gereksinimlerini baz alarak seçecek, bir yandan da stabilite üzerinde bu değişkenlerin etkisini göz önünde bulundurması gerekecektir. Dizayn spiralindeki ilk döngü tamamlanmadan stabilite karakteristiklerinin hesaplanabilmesi gemi mühendisine zaman kazanmada yardımcı olacak ve gemi mühendisi şüphesiz bir adım önde başlayacaktır.

Bu çalışmada bu ilişki ayrıntılı şekilde incelenmiş ve artık stabiliteye etki eden değişkenler yeniden seçilmiştir. Bunun yanında seçilen değişkenler, daha önce çalışılmamış bir konu olan yatlara yönelik olarak formülize edilmiş ve sonuçlar hali hazırda serviste olan motor yatların değerleri ile kıyaslanmıştır. Bunun sonucunda çok düşük hatalarla özellikle kavram dizayn aşamasında kullanılmaya yönelik geliştirilen formüllerin doğruluğu gösterilmiştir.

Stabilite ile ilgili yukarıda amaçlanan çalışma yanında, mukavemet konusunda da üstyapının teknenin tamamına olan katkısı incelenmiştir. Bu konuda yapılan çalışmalarda çeşitli eksikliklere rastlanmıştır. Bunun başlıca nedeni, mukavemet konusunda hazırlanan sonlu elemanlar tekniğine dayalı yazılımların etkisiyle

araştırmacıların bu konuya fazla eğilmemesi olmuştur. Stabilité konusunda yukarıda belirtilen hedefler aynı şekilde mukavemet için de geçerli olmaktadır. Ön dizayn ve dizayn sürecinde kullanılan bu yazılımların kavram dizayn aşamasında kullanılması zaman ve maliyet açısından uygun görülmemekte olup, mühendislik bürolarında halen kendi geliştirdikleri basit metodlarla çeşitli değişkenlerin tahmin edilmesi yoluna gidilmektedir. Bu çalışmada amaçlanan; malzemenin de etkisi göz önüne alınarak üstyapının ana boyutların belirlenmesi, buna bağlı olarak tekne konstrüksiyon elemanlarında yapılabilecek olası hafifletmelerle maliyetin düşürülmesi ve son olarak da teklif aşamasında satın alma bölümünün ihtiyaç duyacağı diğer değerlerin yaklaşık olarak hesaplanmasına temel teşkil etmesidir.

Pratikteki tecrübelerle ilgili olarak, farklı değişkenlerin ortak etkenlerinin önem sıralarının da belirlenmesi gerekmektedir. Çünkü mukavemet ve stabilitenin ortak alt etkenleri, bazı durumlarda iki konu için de katkıda bulunabilecekleri gibi; bazı alt etkenler mukavemet ve stabilité için zıt şekilde çalışabileceklerdir. Bunun yanında her ikisi için de negatif görünen bir sonuç doğuracak gelişme, diğer yandan başka bir parametre için pozitif sonuçlar doğurabilmektedir. Bu ikileme olması gereken yaklaşım, sonuç bölümünde detayıyla açıklanmıştır. Yat dizaynında tecrübe ve kalitesini kanıtlamış firmalarda çalışan uzmanların görüşleri alınarak bu öncelikler belirlenmiş ve ağırlıklandırma yöntemi ile etkisi değerlendirilmiştir. Özet olarak; temelde karmaşık olan teorik hesaplamalardan, mega yatların kavram dizayn aşamasında kullanılabilecek ve olabildiğince düşük hata payıyla sonuç alınabilecek basit ve kullanışlı yaklaşımların gemi mühendislerine sunulması amaçlanmıştır.

1.3 Hipotez

Tezde temel olarak iki farklı konu birbirinden ayrı başlıklar altında incelenmiş ve her konu ile ilgili ortaya konan hipotez, alt başlıkları ile açıklanmıştır. Bunun akabinde son bölüm olan 'Değerlendirme' bölümünde bu iki ana başlığın sentezi yapılmış; bunların birbirleriyle etkileşimleri ve buna bağlı varılan ve varılabilecek çıkarımlar açıklanmıştır.

Kısaca değinilecek olunursa, stabilité kısmında sonuç olarak ortaya konan eşitlik ile yatlarda büyük açılarda GZ hesabı aşağıda belirtilen ana parametreler yardımıyla öngörülebilmektedir:

$$C_{RS} \cdot 10^3 = \left(\frac{B}{T}\right)^2 \cdot a + \left(\frac{KG}{B}\right) \cdot b + c \quad (\Phi \leq 30^\circ \text{ için})$$

$$C_{RS} \cdot 10^3 = \left(\frac{B}{T}\right)^2 \cdot a + \left(\frac{KG}{B}\right) \cdot b + \left(\frac{D}{T}\right) \cdot c + d \quad (\Phi > 30^\circ \text{ için})$$

Mukavemet kısmında ortaya konan hipotez ile, yatlarda üstyapının teknenin mukavemetine katkısı ile üstyapı-tekne etkileşimi ortaya konmaktadır. Daha önce Bleich'in çalışmalarında da gösterildiği gibi, pratikteki gerilme değerleri Navier'in denklemleriyle hesaplanandan belli bir sapma gösterecektir. Bu sapma faktörü için kavram dizayn aşamasında kullanılmaya yönelik çok daha basit bir önerme yapılmıştır:

$$\sigma = \sigma_N + C_E \cdot \Delta\sigma$$

Burada gerekli olan sapma faktörü C_E , 20 m ile 60 m arasındaki motor yatlar için aşağıdaki şekilde hesaplanabilecektir:

$$C_E = - \left[A \cdot \frac{L_{S1}}{L_{wl}} + B \cdot \frac{L_{S2}}{L_{wl}} + C \cdot \frac{L_{S3}}{L_{wl}} + D \cdot \frac{H_S}{H_S + D} + E \cdot \mu + F \cdot (E_2 - E_1) \right] + G$$

Fakat en önemlisi, 'Değerlendirme' bölümünde ortaya konan ve uzmanların pratikteki tecrübelerinin de hesaba katılarak detaylı olarak açıklanan bu iki ana başlığın birbiri ile olan etkileşimi ve buradan çıkarılacak sonuçlar olacaktır.

MOTOR YATLAR İÇİN BÜYÜK AÇILARDA GZ DEĞERLERİNİN ÖNGÖRÜLMESİ

2.1 Giriş

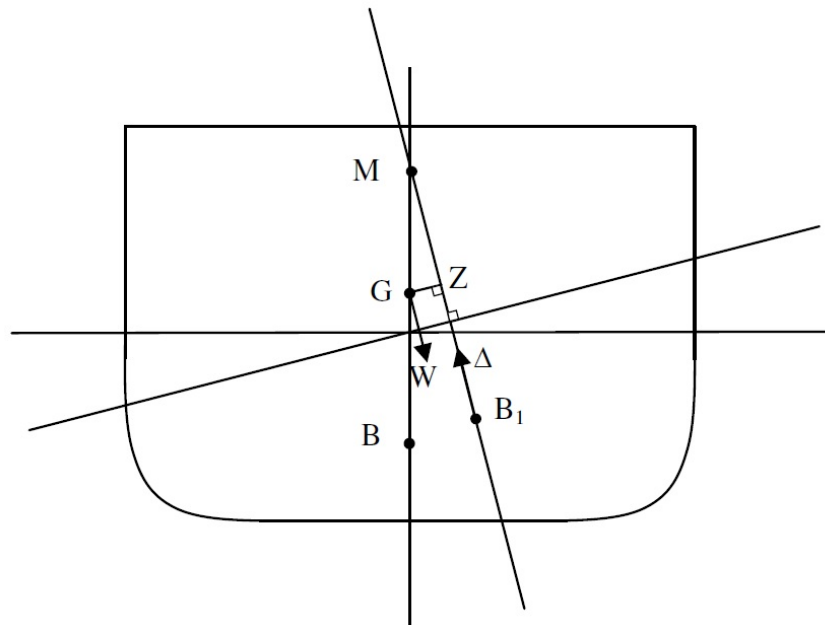
Bu kısımda Prohaska'nın yaptığı çalışmaların geri planı incelenecektir. Belirli değişkenlerin seçilme nedeni incelendikten sonra bunların iyileştirilmesi üzerinde çalışılmıştır. Varılan sonuçların sağlıklı bir şekilde değerlendirilebilmesi için klas kuruluşlarının da referans aldığı 'IMO Hasarsız Stabilitate Kodu (2008)' [13] ve kısa tarihi incelenmiştir.

Sonuç olarak, örnek teknelerden elde edilen sonuçlar istatistiksel yöntem izlenerek kavram dizayn aşamasına yönelik pratik çıkarımlar yapılmış; son olarak da bulunan yöntem beş adet test teknesi üzerinde denenmiş ve sonuçların hata payı kontrol edilmiştir.

2.2 Stabilitenin Değerlendirilmesi

Parametrik analizi tartışmadan önce gemilerde stabiliteyi iyi bir şekilde kavramak şarttır. Öncelikle statik stabilite hakkında; statik stabilitenin birincil parametrelerini, tekne formunun stabilite üzerindeki etkileri ve stabilite değerlendirmesinde yaklaşım metodlarından bahsederek bir özet yapılacaktır. Mühendisin daha çok kaygılandığı konu, gemilerin alabora olmasına sebep olan dinamik stabilitedir. Çeşitli dinamik stabilite metodları ve kriteri hakkında, bu metodların verimi ile ilgili bir analizle birlikte

Başlangıç Stabilitesi: Bir geminin başlangıçtaki denge durumundan meyil etmeye mukavemet gösterdiği karşı koyma yeteneği olarak tanımlanabilir. Bir geminin başlangıç stabilitesinin ölçüsü metasantr noktasının (GM) yüksekliğidir. Pozitif GM'ye sahip olan bir gemi dikey olarak yüzmeye eğilim gösterecek ve başlangıçta oluşacak dış kuvvetlere karşı direnç gösterecektir. Buna karşın, negatif GM'ye sahip olan bir gemi anlık dış kuvvetler etkisiyle dikey yüzme durumunu dahi koruyamayacaktır.



Burada GM ve KB belirgin olarak başlangıç stabilitesinin göstergeleri ve belirleyici faktörleri iken, KG ve BM genel stabilite için de önemli olan parametrelerdir. Hacim merkezi veya diğer bir deyişle su kaldırma kuvvetinin etkilediği nokta, teknenin suya batan kısmının hacim merkezidir. Şekil 2.1’ de gösterildiği gibi bir gemi Φ açısı kadar meyil yaptığında yüzdürme yeteği merkezi, suya batan yeni formun merkezine kayacaktır. Bu yüzden KB sadece denge durumu için belirlenir ve omurgadan hacim merkezine olan mesafedir. BM sabit bir şekilde tekne geometrisine bağlı bir fonksiyondur ve aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$BM_T = \frac{I_T}{\nabla} \quad (2.2)$$

Burada, BM_T = Enine metasantrik yarıçap

I_T = Merkez hattın etrafında su hattı alanının atalet momenti

∇ = Teknenin batmış kısmının hacmidir.

Gemi meyil ettikçe su kesit alanının şekli, buna bağlı olarak da atalet momenti değişir. Geminin stabilitesinde çok önemli bir faktör olan KG, salt olarak geminin yüklemesine bağlıdır. KG değişken olduğundan ötürü KB ve BM’nin tekne formuna ve deplasmana bağlı olarak belirlenmesi, daha sonra GM’nin pozitif veya minimum izin verilen değerinin elde edilmesi için gerekli KG’nin hesaplanması genel yöntem olarak kabul edilmektedir.

Statik Stabilite: Doğrultma momenti, birbirine zıt yönde çalışan yerçekimine bağlı olarak doğan ağırlık kuvvetleri ile dış kuvvet etkisiyle meyil yapan geminin hidrostatik kaldırma kuvvetinin sonucudur.

Doğrultma momenti, geminin deplasmanı ile doğrultma kolu GZ’nin çarpımı şeklinde ifade edilir. Böylece doğrultma momentinin denklemi aşağıdaki şekilde yazılır:

$$\text{Doğrultma Momenti} = \Delta \cdot GZ \quad (2.3)$$

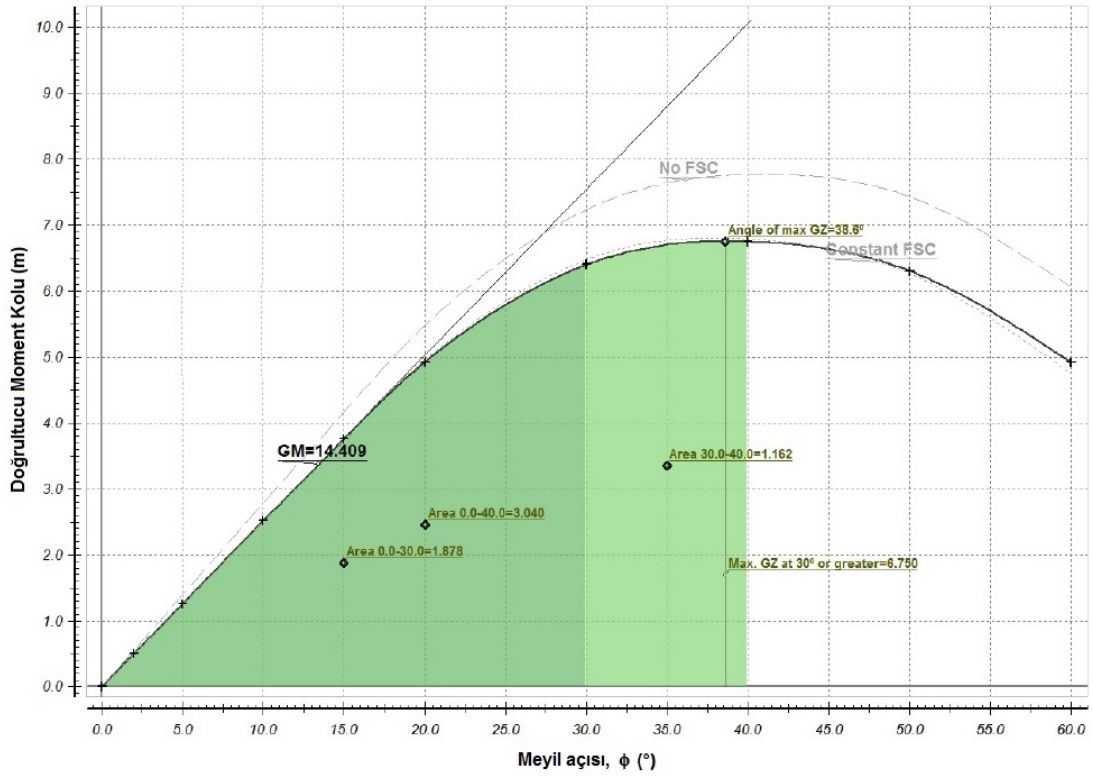
Denizde seyir halindeki geminin deplasmanı sabit kalacağından; dış kuvvetler etkisindeki bir geminin genel statik stabilitesinde öncelikli parametre olarak kabul edilen doğrultma kolu, doğrultma momentinin belirlenmesinde etkin olacaktır.

Şekil 2.2, 0 ile 90 derece arasındaki açılarda tipik bir GZ eğrisini göstermektedir. Gemi meyil yaptığında hacim merkezi, merkez hattından uzaklaşacağı için doğrultma kolu büyüyecektir. Tekne formuna bağlı olarak belli bir açıdan sonra hacim merkezi, merkez hattına tekrar yaklaşacak ve dolayısıyla GZ küçülecektir. Doğrultma kolu ile Şekil 2.2’den çıkarılan bir diğer sonuç ise, tanjantının GM’yi vermesidir. Böylelikle küçük açılar için aşağıdaki bağıntı yazılabilir:

$$GZ = GM \cdot \sin(\Phi) \quad (2.4)$$

Benzer bir ifade ile Denklem 2.5, paralel yan duvarlı gemiler için geliştirilmiştir. Pratikte hiçbir gemi gerçekten paralel yan duvarlı olmamasına rağmen, bu denklem dolgun formu bir çok gemi için ortalama 20 derecelik meyil açılarına kadar çok iyi yaklaşık sonuçlar vermektedir.

$$GZ = \sin(\Phi) \cdot \left[GM + \frac{BM}{2} \cdot \tan^2(\Phi) \right] \quad (2.5)$$



Şekil 2.2 Tipik bir doğrultucu kol eğrisi (GZ) [26]

Gemi stabilitesinin doğasının tam olarak anlaşılabilmesi için, doğrultma kolunun büyük açılardaki davranışının anlaşılması şarttır. Büyük açılarda GZ ve GM arasında direk bir bağıntı yoktur. Aslında bu açılarda metasantr noktasının yeri belirli değildir. Çünkü her meyil açısında hacim merkezinden yeni su hattına dikey olarak çekilen hat; merkez hattını sabit bir noktada değil, meyil açısına göre farklı noktalarda kesecektir. Tekne formuna bağlı olarak büyük açılarda merkez hattını kestiği nokta daha aşağılara dahi düşebilecektir. Büyük açılarda değişen meyil açısına bağlı olarak metasantr noktalarının oluşturacağı iz, metasantr iz olarak adlandırılmaktadır.

GZ eğrisi formunun tekne geometrisi tarafından belirlendiği bilinmesine rağmen GZ eğrilerini oluşturmak için halen en sık tercih edilen metod, su altındaki hacmin nümerik olarak integre edilmesidir. Bu yüzden gemi mühendisi, kavram dizayn aşamasında tekne formunun stabilite üzerine etkisini göz önüne almak ve belki de bazı yaklaşım metodları kullanmak zorunda kalacaktır [27].

Tekne Formunun Statik Stabilite Üzerindeki Etkisi: Genel olarak GZ eğrisine bakıldığında, maksimum GZ noktasının sol kısmında belli bir açıda eğim karakteristiğinin değiştiği gözlemlenir. Bu açı kabaca güvertenin suya girdiği açıya tekabül etmektedir ve ileriki kısımlarda analizde kullanılacaktır. Tekne formu bu açıda belirleyici olacağı gibi, maksimum doğrultma kolu ve alabora olma açısını da belirleyen ana etken olacaktır. Gemi formunun yanında geminin ağırlık merkezi genel olarak doğrultma kollarının (değişik açılarda) büyüklüğünü belirleyecektir.

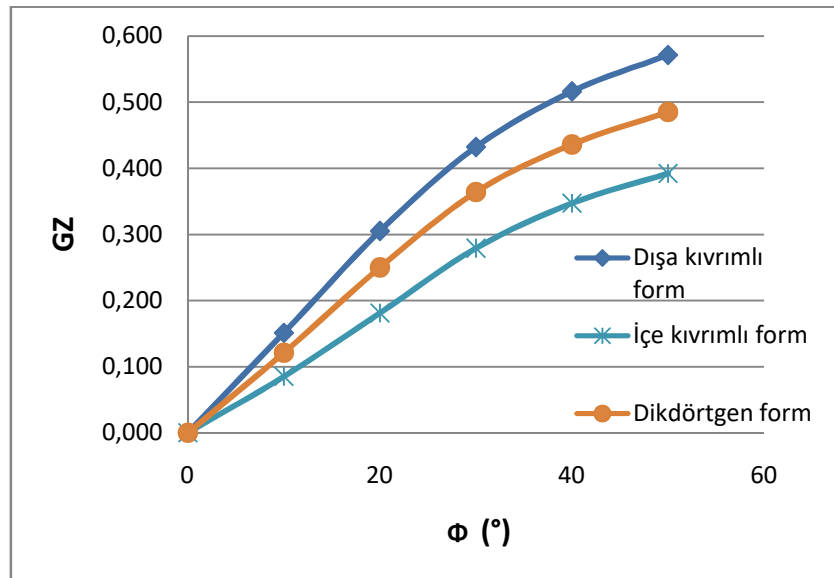
Geminin ana boyutlarından genişlik, enine stabilitede en büyük etkiye sahip olacaktır. Atalet momenti genişliğin küpü ile doğru orantılı olarak değişeceğinden, geminin genişliğindeki artış metasantrik yarıçapı ve dolayısıyla GM'yi kayda değer bir biçimde etkileyecektir.

Genel olarak genişliğin arttırılması küçük açılarda stabiliteyi iyileştirecek ve maksimum doğrultma kolunun değerini arttıracaktır. Buna karşın büyük açılarda stabiliteye ve pozitif stabilitenin olduğu alana olumsuz etkisi olacaktır.

Ağırlık merkezi sabit alınıp geminin derinliğinde artış yapıldığında, güvertenin denize giriş açısına kadar doğrultma kolunun büyüklüğünde bir değişiklik olmayacaktır. Derinlik (D)'deki artış, maksimum doğrultma kolunu grafik üzerinde sağa yani daha

büyük açılara taşıyacak ve pozitif stabilite aralığını genişletecektir. Fakat gemi mühendisinin bu durumda karşılaştacağı sıkıntı, derinliğin artmasına bağlı olarak gelen ek konstrüksiyon ağırlığının etkisiyle ağırlık merkezinin yukarıya kayması olacaktır.

Dışa doğru açılan 'flaring' tarz yan duvarları olan gemilerde, su kesit alanındaki hızlı artış ve hacim merkezindeki hızlı kaymaya bağlı olarak büyük doğrultma kolları oluşacaktır. Aksi durumda, yani içe kıvrımlı formlarda tam tersi etki gözlenecek ve çok sığ bir GZ eğrisi ortaya çıkacaktır. Şekil 2.3, basit dikdörtgensel forma sahip bir pontonun her üç durum için de kıyaslanmasını göstermektedir. Her üç pontonun da stabil durumda su altı formları aynı olmakla beraber su üstünde kalan formları farklılık göstermektedir.



Şekil 2.3 GZ eğrilerinin orta kesit form tipine göre karşılaştırılması

Yaklaşık Yöntemler: Ana parametrelerin başlangıç stabilite için hesaplanmasında geniş çevrelerin kabul gösterdiği çeşitli yaklaşım metodları vardır. Bunlar arasında en bilinenlerden bir tanesi, standart gemi formları için geçerli ve yüzme merkezinin su hattına mesafesinin yaklaşık olarak elde edilmesi için geliştirilmiş olan Morrish'in formülüdür [27]. Denklem 2.6, bu formülün uyarlanmış ve günümüz gemi mühendisinin başvurabileceği şekliyle hacim merkezinin dikey konumunu vermektedir.

Bir diğer yaklaşım, Denklem 2.7'de Posdunine'nin formülü ile ifade edilmiştir. Pratikte KB, dolgun formlu gemiler için yaklaşık 0,52T ve narin formlu gemiler için ise 0,58T

civarında olacaktır. Bu değer, yüzen cismin formu dikdörtgen prizma formuna yaklaştıkça 0,5T'ye yaklaşacaktır.

$$KB = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{5T}{2} - \frac{\nabla}{A_{WP}} \right) \quad (2.6)$$

$$KB = T_m \cdot \frac{A_{WP}}{A_{WP} + \frac{\nabla}{T_m}} \quad (2.7)$$

Enine metasantrik yarıçap ile ilgili bir bağıntı da Saunders ve Mills tarafından ortaya konmuştur. Örnek olarak aşağıda bu ifadenin firkateynlere uyarlanmış hali verilmektedir.

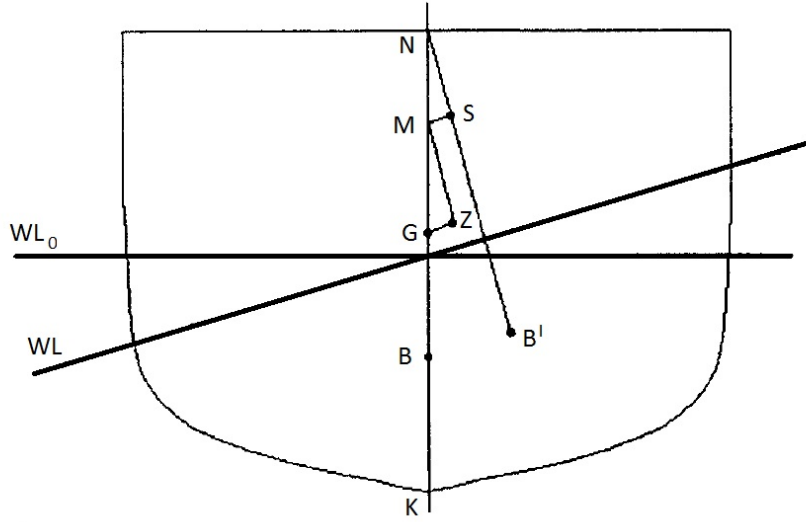
$$BM_T = \frac{LB^3}{12\nabla} [1.204C_P - 0.157] \quad (2.8)$$

2.3 Artık Stabilite Teorisi

Prohaska 1947 yılında doğrultma kolu için birinci kısmı ağırlıklı olarak yüklemeye, ikinci kısmı ise tekne formuna bağlı olan ve birbirinden bağımsız iki terimle ifade edilen artık stabilite kavramını ortaya atmıştır [19].

$$GZ = GM \cdot \sin \Phi + MS \quad (2.9)$$

Burada MS, tekne formunun artık stabilitesidir. Şekil 2.4'ten görüleceği üzere geniş açılarda meyil yapmış olan geminin stabilitesinde, metasantr noktasının yer değiştirmesi artık stabilitenin kökenidir.



Şekil 2.4 Büyük açılarda stabilite [30]

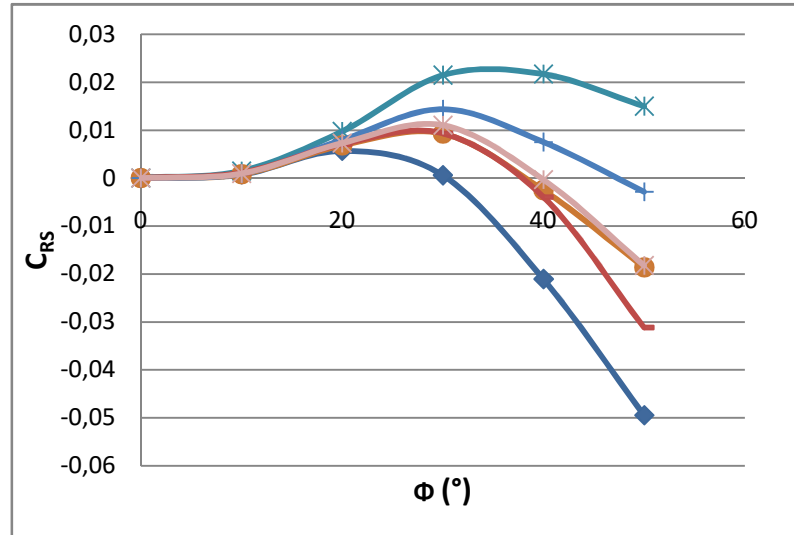
Yukarıdaki ifadeye ek olarak, boyutsuz parametrenin elde edilmesi amacıyla artık stabilite katsayısı aşağıda şekilde ifade edilmiştir:

$$C_{RS} = \frac{MS}{BM_T} \quad (2.10)$$

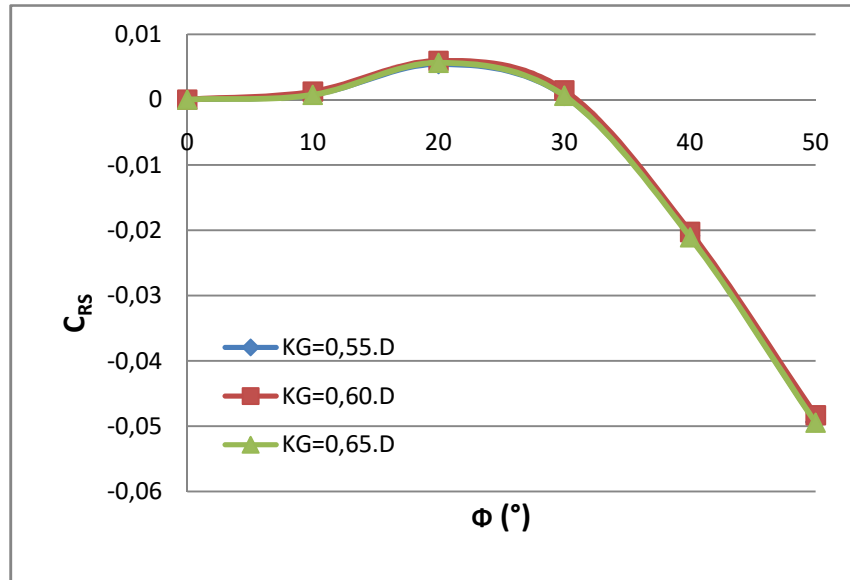
Şekil 2.5, çeşitli boyutlarda motor yatlar için hesaplanmış C_{RS} eğrilerini 50 derece açıya kadar göstermektedir. Burada görülen küçük açılardaki pozitif C_{RS} , GZ eğrisinin Denklem 2.4'te ifade edilenden daha dik bir eğim almasına neden olacaktır. Büyük açılarda C_{RS} hızla negatif yönde bir grafik izleyecek, bu da GZ değerlerinin belli bir açıdan sonra azalmasına neden olacaktır. Büyük ve küçük açılardaki geçiş noktası net bir şekilde belirgin olmasa da, güvertenin deniz giriş açısına tekabül etmektedir. Genel olarak GZ eğrisi yüksekliğini GM'den, şeklini ise C_{RS} 'den aldığı söylenebilir.

Artık stabilitede baskın etken sadece tekne formu değildir. Ayrıca belirtilmesi gereken bir diğer nokta ise, ağırlık merkezinin konumundan tamamiyle bağımsız olmasıdır. Şekil 2.6'da narin formlu bir teknenin C_{RS} eğrilerinin değişik KG konumları için çizimleri gösterilmektedir. Buna karşın artık stabilitenin yüklemekten tamamiyle bağımsız olduğunu söylemek de doğru olmayacaktır. Yükleme durumu ve toplam ağırlık deplasmanı ve o da draftı belirleyecektir. Dolayısıyla draftın artık stabilite üstünde büyük bir etkisi olacaktır.

Prohaska'nın artık stabilite ve tekne formunun enine stabiliteye etkisi üzerine ilerlettiği çalışmalar, B/T ve B/D oranlarının diğer form katsayılarına kıyasla çok daha belirleyici olacağını ortaya koymuştur. Ayrıca çalışmalarında, o zamanın güncel yük gemilerine ait çeşitli boyutlardaki 42 farklı formla sistematik olarak C_{RS} katsayılarının analizini bunların dolgunluk katsayıları ile yapmıştır [4].



Şekil 2.5 Örnek artık stabilite katsayı eğrileri



Şekil 2.6 Farklı KG değerleri için C_{RS} katsayıları

Çalışmasından çıkan bazı sonuçlar şunlardır:

- Sabit B/D için; en yüksek C_{RS} , $T=0,5D'$ 'de oluşacaktır.
- Sabit C_{WP} için; C_{RS} , CB ile doğru orantılı olarak azalır.
- Sabit C_M için karina açısındaki artış, büyük draftlar için C_{RS} 'de artışa neden olurken, düşük draftlarda azalmasına neden olacaktır.

Bu sonuçlar, çeşitli form parametreleriyle 30 derecede artık stabilite için yaklaşık ifade geliştiren diğer araştırmacılar için temel oluşturmuştur [7]. Prohaska, çok sayıdaki tekne formu için C_{RS} eğrilerini hesaplayıp çizmiş ve çoklu lineer regresyon analizi ile aşağıdaki ifadeleri sunmuştur [33] :

$$C_{RS}(30) = 0,8566 - 1,2262\frac{KB}{T} - 0,035\frac{B}{T} \quad (2.11)$$

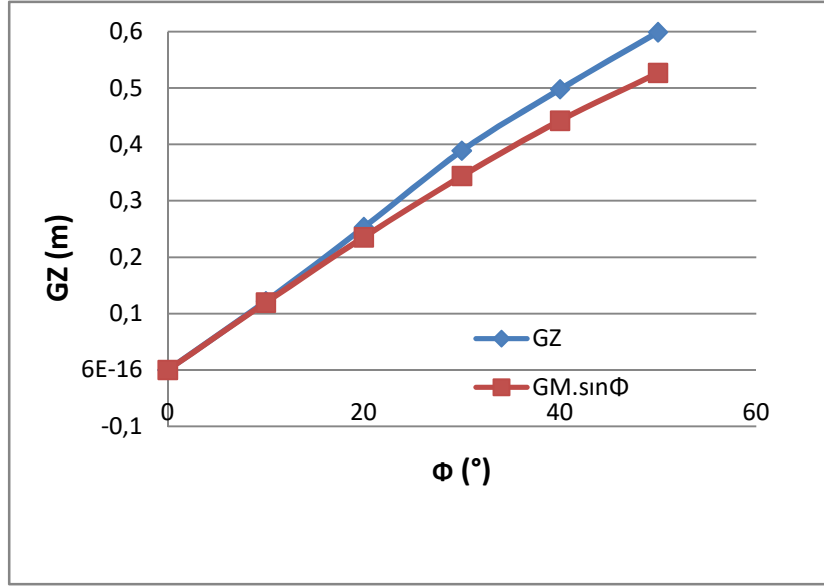
$$C_{RS}(30) = -0,1859 - 0,0315\frac{B}{T} + 0,3526C_M \quad (2.12)$$

Burada; $C_{RS}(30)$: 30 derecedeki artık stabilite katsayısı

C_M : orta kesit katsayısıdır.

Bu formüllerin kusuru, form parametrelerinin artık stabiliteye sadece bir tek açıdan ilişkilendirilmiş olmasıdır. Benzer ifadelerin yatlar ve bununla beraber doğrultma kolunun bütün bir stabilite aralığı için ortaya konulduğu yayınlanmış bir çalışma yoktur.

Artık stabilite metodunda, bir teknenin izin verilen KG maksimum değerini dinamik stabilite kriterleri ile birlikte kullanarak iyi bir yaklaşım elde edilmesi için çalışılmıştır. IMO tarafından önerilen altı kriter, kritik GM değerlerini hesaplamak için kullanılacak altı parametrik denklemin türetilmesinde kullanılmıştır (Şekil 2.7). Başlangıç stabilite parametreleri için yaklaşım metodları kullanılırken, bu değerlerin en kritik altısı kritik KG olarak ifade edilmiştir. Ulaşılan sonuçlardan bir tanesi, düşük genişliğe sahip gemiler hariç kritik KG'nin derinliğe oranının test edilen bütün formlarda sabit kaldığıdır [8].



Şekil 2.7 Artık stabilitenin etkisi

C_{RS} eğrisinin integrali, (eğri altında kalan alan) doğrultma enerjisinin kesiti ile doğru orantılı olduğundan ' $BM_T \cdot \Delta$ ' tekne formunun doğrultma enerjisi ile benzerlik göstermektedir. Bu incelemede elde edilen diğer bir sonuç da artık stabilitenin integralinin; geminin draft ve triminin bir geometrik özelliği olduğudur ki bu da Prohaska ve Brown'ın elde ettiği sonuçları desteklemektedir [9].

2.4 Yaklaşım Metodunun Analizi

Daha önce de belirtildiği üzere çalışmanın amacı, bir geminin ana geometrik karakteristikleri ile doğrultma enerjisi arasında fonksiyonel bir bağlantı kurmaktır. Prohaska'nın geliştirdiği metod, yaklaşım için temel olarak seçilmiştir. Bunun nedeni, doğrultma kolunun form bileşenlerini ağırlık bileşenlerinden ayırmış olmasıdır. Tekne form parametreleri ile artık stabilite katsayısı arasındaki fonksiyonel bağıntıyı belirleyebilmek için öncelikli olarak araştırma sonuçlarının olabildiğince genellenebileceği tekne form tiplerinin seçilmesi gerekmektedir. Daha sonra her bir tekne için hidrostatik ve stabilite hesapları yapılmış ve bunlar istatistiksel yaklaşımda kullanılmıştır. İstatistiksel yaklaşımda kullanılacak parametreler seçilmiş ve nihayet yaklaşım sonuçlarını test etmek için beş adet hali hazırda kullanımda olan teknelerin sonuçları ile karşılaştırılıp, sonuçların kalitesi kontrol edilmiştir [35].

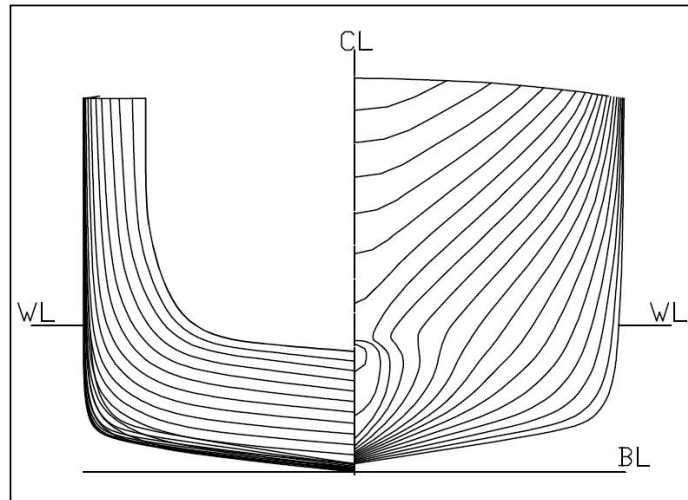
2.4.1 Veri Tabanı

Veri havuzunda kullanılacak gemi formu tipleri ve ana boyutları seçilirken çeşitli parametreler göz önüne alınmıştır.

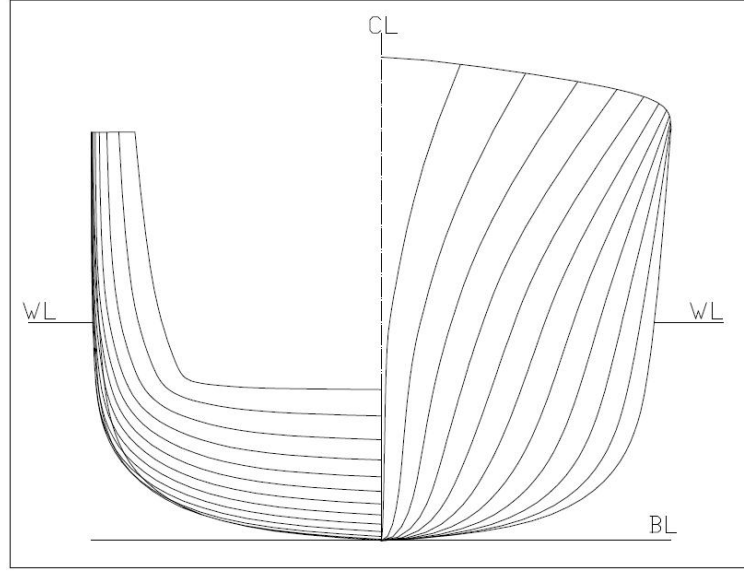
Ana boyut olarak son yıllarda hızla artan ‘daha uzun yat’ piyasa eğilimine karşın, gerek yaklaşımın gerçek sonuçlara yakınlığını sağlamak gerekse uzun boylarda devreye girecek diğer parametreler (farklı L/B oranı, değişken üstyapı talepleri vs.) yaklaşımın basitliğini bozup hedeften uzaklaştıracağı için, tam boyu 20 m ile 60 m arasında olan gemiler seçilmiştir.

Gemi form tipi olarak, bu boyutlar arasından son kırk sene içerisinde büyük yat üreticilerinin en çok kullandığı tekne form tiplerinden, sonuçların genellenmesini mümkün kılmak için üç farklı form tipi seçilmiştir (Şekil 2.8, 2.9 ve 2.10).

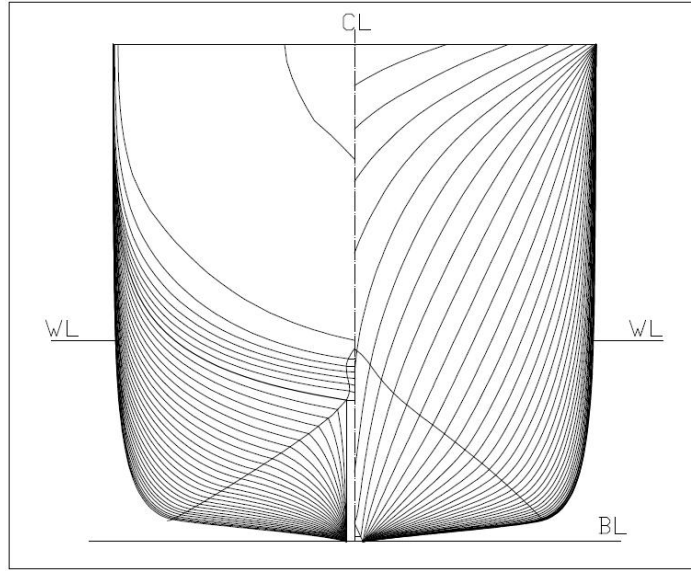
Bu üç form, birbirinden farklı hidrostatik karakteristikleri olan ve blok katsayıları genel olarak 0,5 ile 0,6 arasında değişen formlardır. Aşağıda örnek olarak seçilen form tiplerine ait kavramlar gösterilmiştir:



Şekil 2.8 Kavram-1 posta kesitleri



Şekil 2.9 Kavram-2 posta kesitleri



Şekil 2.10 Kavram-3 posta kesitleri

Seçilen tekne formları Maxsurf programında modellenip ayrıca bunlardan yeni tekne formları türetilmiştir. Sonrasında veri regresyon analizlerinde kullanılacak hidrostatik ve stabilite değerler HydroMax modülünde hesaplanmıştır [26]. Türetilen formlar orijinal tekne formuna yakın prizmatik ve blok katsayılarına sahiptir. Böylece etkisi incelenmesi istenen parametreler ön planda kalmış ve sonuçlar incelenirken bu katsayıların da etkilerinin olup olmadığı sorusuna mahal bırakılmamıştır. Bu tekne formlarının ana boyutları ve form katsayıları Ek A, Ek B ve Ek C' de verilmiştir.

2.4.2 Doğrultma Kolları ve Artık Stabilitenin Hesaplanması

Maxsurf'ün HydroMax modülü kullanılarak temel hidrostatik değerler ve GZ doğrultma kolları hesaplanmıştır. Doğrultma kolu hesaplamaları 0 dereceden başlanarak 10 derecelik adımlarla, stabilite kriterinde belirtilen parametreleri kapsayacak minimum değer olan 50 dereceye kadar yapılmıştır.

İleriki tespitlerde kullanılacak (Ek A, Ek B ve Ek C' de gösterilen) temel hidrostatik değerler (su-çekimi, GMT, BMT, KB gibi) bütün formlar için hesaplanmıştır. Bu değerlerin hesaplanmasında formun modellenmesi ve deplasman ile ağırlık merkezinin programa girişinin yapılması gerekmektedir. Artık stabilite eğrileri (MS), (2.9) eşitliğinin yeniden düzenlenmesi ile aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$MS = GZ - GM \cdot \sin(\Phi) \quad (2.13)$$

Bu denklemde kullanılan GM, denge durumdaki enine metasantr yüksekliğidir. Daha sonra her veri noktası, C_{RS} eğrisinin belirlenmesi için başlangıç BM_T değeri ile normalize edilmiştir.

Standart işlem sağlamak üzere LCG, gemiye sıfır trim yaptıracak boyuna konuma yerleştirilecektir. Ağırlık merkezinin dikey konumu enine stabilite üzerinde belirleyici faktörlerden olacağından, bunun için değişik seçeneklerin hesaba katılmasına karar verilmiştir. Bu seçeneklerin belirlenmesi için öncelikle bu boy aralığındaki teknelerde KG'nin genel olarak hangi aralıkta değiştiği incelenmiş ve yine çalışmada kullanılan ana parametrelerden biri olan derinlik ile oransal ilişkisi üzerinde durulmuştur. Sonuç olarak $KG/D=0,55$ (Ek A), $KG/D=0,60$ (Ek B) ve $KG/D=0,65$ (Ek C) konumları; ağırlık merkezinin dikey konumu (KG) ve derinlik (D)'ye bağlantılı olarak üç farklı seçenek şeklinde ayrı ayrı incelenmiş ve buna bağlı olarak herbir orantı için ayrı bağıntılar elde edilmiştir.

2.4.3 Kontrol Parametrelerinin Seçilmesi

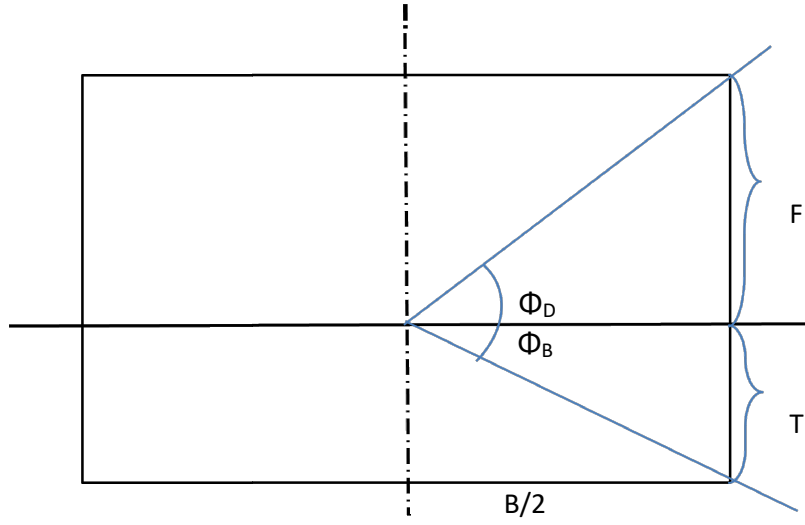
Seçilen tekne tiplerinde artık stabilite davranışını incelemek için öncelikli olarak üretilen denklemde kontrol değişkenleri olarak görev alacak parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada olabildiğince boyutsuz parametreler

kullanılıp, verilerin normalize edilmesi ve sonuç olarak da olabildiğince genelleyici standard bir yaklaşım elde edilmeye çalışılmıştır. Böylece sonuçlar, incelenen boy aralığındaki tekneler için kapsayıcı özelliğe sahip olacaktır.

Prohaska'nın yaptığı çalışmada en belirgin olan parametreler derinlik-deplasman oranı (D/Δ), genişlik-derinlik oranı (B/D), draft-derinlik oranı (T/D) ve genişlik-draft oranıdır (B/T). Sözü edilen çalışmada kullanılan diğer parametreler ise ağırlık merkezinin dikey konumu-derinlik oranı (KG/D) ve sephiye merkezi enine konumu-draft oranıdır (KB/T). Özellikle bu son iki oran, temel geometrik değişkenlere göre tekne formunun detay parametrelerine bağlıdır. Bu yüzden değişik gemi türleri için yapılan araştırmalarda KG sıfır olarak hesaba alınmış ve dolayısıyla bu parametrenin etkisi gözardı edilmiştir. Fakat bu değişkenin ana stabilite üzerindeki baskın ve belirleyici özelliğinden ötürü KG , çalışmaya özellikle dahil edilmiştir. Yine artık stabilite konusunda belirleyici olacak fribord büyüklüğü için çalışmaya; direk fribord'un derinliğe veya draftta olan oranı yerine, derinlik-draft oranı (D/T) dahil edilmiştir.

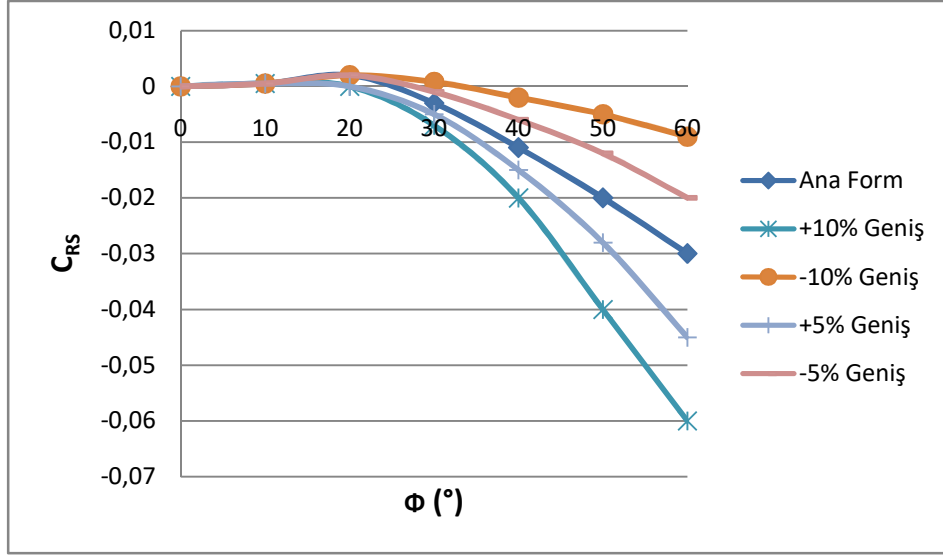
Başlangıç olarak sıradan dikdörtgen prizmatik forma sahip barç formları bu parametrelerin artık stabilite üzerindeki temel etkilerinin incelenmesinde kullanılmıştır. Basit forma sahip bu barçların seçilme nedenleri, dizaynlarının basit olması ve köşeli yapıya sahip oldukları için suya girme ve çıkma açılarının daha net bir şekilde ayırt edilebilmesi olmuştur. Şekil 2.11'de gösterilen güvertenin suya girme açısı (Φ_D) ve sintine dönümünün su üstüne çıkma açısının (Φ_B) artık stabilite üzerinde etkisi olduğu düşünülmektedir.

Parametrelerin belirlenmesi için üç farklı boyuta sahip barç seçilmiştir. Bunlar seçilirken, kullanılan yat form kavramlarına benzer karakteristik özelliklere sahip formlar seçilmeye çalışılmıştır. Daha sonra her tip barç formu ile %10'luk marjin sınırı içinde ve/veya genişlik ölçüleri ile oynanarak yeni barç formları türetilmiş ve değişik parametrelerin etkileri incelenmiştir.

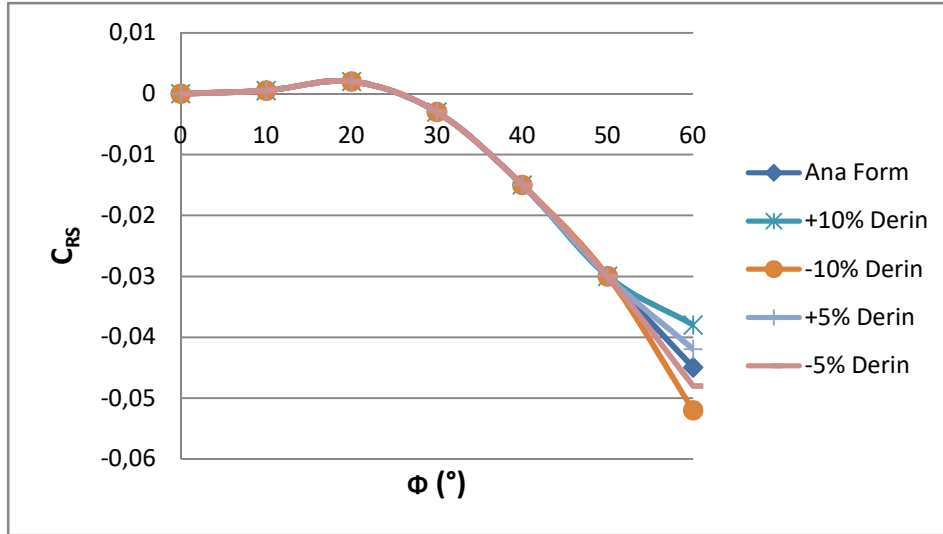


Şekil 2.11 Bir barçın güverte suya girme ve sintine dönümü sudan çıkma açıları

Barç-1 kavramında görüleceği üzere, genişliğin artık stabilite üzerindeki etkisi derinliğe kıyasla daha önce olmaktadır. Genişlik, enine atalet momenti üzerinde baskın bir şekilde etkin olacağından küçük meyil açılarında dahi etkisi fark edilecek; fakat bu etki güvertenin suya gireceği büyük açılarda aynı derecede büyük olmayacaktır. Diğer bir açık sonuç ise, genişliğin azaltılıp derinliğin arttırılmasının artık stabilite üzerinde pozitif bir etki yaratmış olmasıdır. Şekil 2.12 ve Şekil 2.13 barç-1 kavramı türevleri için artık stabilite eğrilerini göstermektedir. Bu kavramın derinlik değeri nispeten büyük olduğundan, derinlik değerleri farklı olan türevleri 45-50 dereceye kadar benzer karakteristiklere sahiptirler. Bu açılardan sonra eğriler yön değiştirmekte olup, büyük derinliğe sahip türevlerin daha büyük artık stabiliteye sahip olduğu görülecektir. Buna karşın genişliğin çeşitlilik gösterdiği türevlerin artık stabilite eğrileri çok daha düşük açılarda (15-20) birbirlerinden ayrılan karakteristiğe sahiptirler. Genişlikte azalma ile türetilen formlar daha yüksek MS değerlerine sahiptirler.



Şekil 2.12 Genişlikteki değişmeye bağlı artık stabilite (Barç-1)



Şekil 2.13 Derinlikteki değişmeye bağlı artık stabilite (Barç-1)

Bu incelemeler sırasında her iki eğri grubunun da güvertenin suya girmesi ve sintine dönümünün sudan çıkmasına bağlı olarak azalma eğilimine girdiği gözlemlenmiştir.

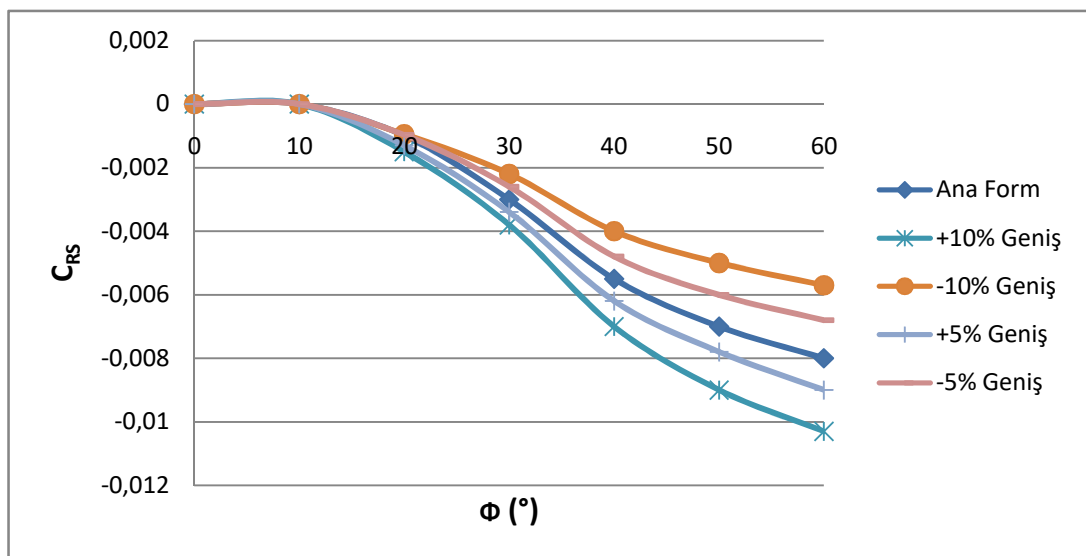
Çizelge 2.1'de her bir seçenek için bu iki açının alacağı değerler listelenmektedir. Gerçekte bir yatın tekne formu için her ne kadar sintine dönümün yuvarlak hatlı ve düzgün bir forma sahip olması, güvertenin suya girme açısı üstünde etkili olsa da; C_{RS}

eğrisinin davranışının incelenmesinde ve parametreleri belirleme safhasında bu modelin kullanılabileceği kabul edilebilir.

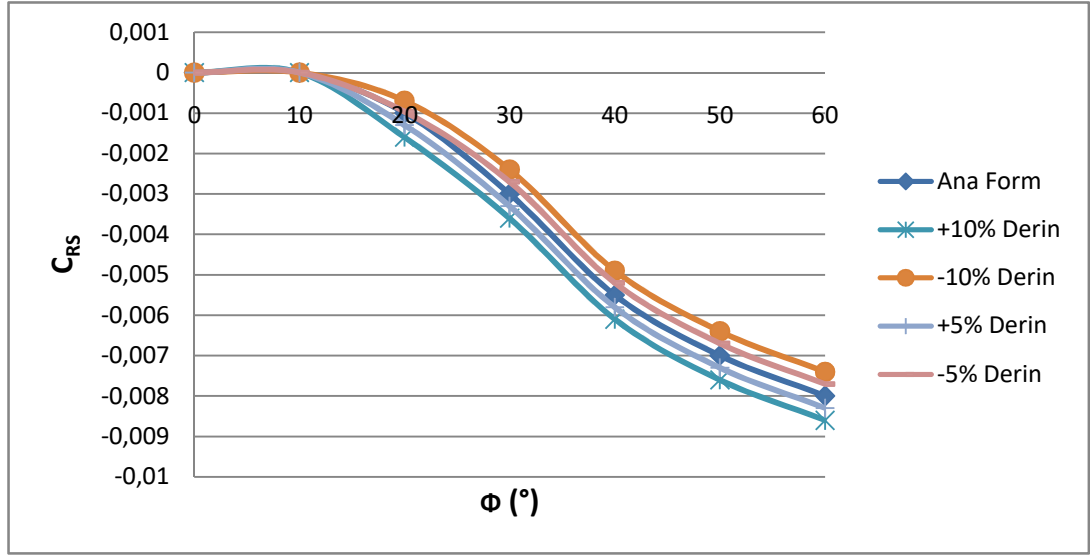
Çizelge 2.1 Barç-1 ve türevlerinin ana karakteristikleri

Türev adı	B (m)	D (m)	T (m)	Güverte suya girme açısı	Sintine sudan çıkış açısı
Ana tekne	14,3	9,4	2,2	45	17
+10% Genişlik	15,7	9,4	2,0	43	14
-10% Genişlik	12,9	9,4	2,5	47	21
+5% Genişlik	15,0	9,4	2,1	44	15
-5% Genişlik	13,6	9,4	2,3	46	19
+10% Derinlik	14,3	10,4	2,2	48	17
-10% Derinlik	14,3	8,5	2,2	41	17
+5% Derinlik	14,3	9,9	2,2	47	17
-5% Derinlik	14,3	9,0	2,2	43	17

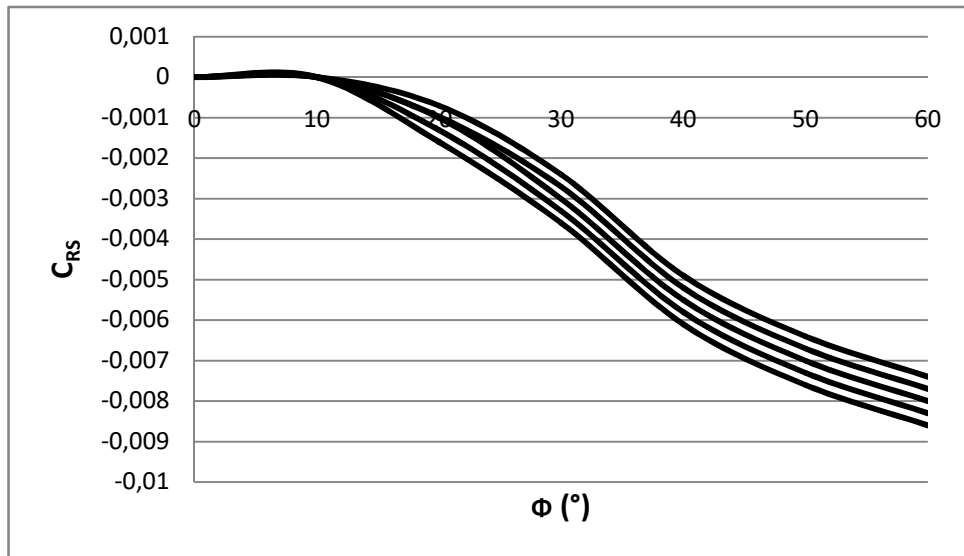
Bu teori barç-2 ve barç-3 formları tarafından da desteklenmektedir. Barç-2, bir sığ su barçıdır ve ortalama olarak derinliğinin yarısı büyüklüğünde bir drafta sahiptir. Şekil 2.14 ve 2.15'ten de görüleceği üzere derinlik türevlerinde eğriler aşağıya doğru kıvrım yaptıktan sonra eğriler arasındaki mesafe sabit kalmaktadır. Genişlik türevlerinde ise eğriler arasındaki mesafe, açı büyüdükçe artmaktadır. Düşük güverte suya batma açısı ve büyük bir sintine sudan çıkma açısına sahip barç-3 kavramı için Şekil 2.16'da, artık stabilitenin BM_T aracılığıyla normalize edilmesi durumunda artık stabilite katsayılarının değişimini gösterilmektedir.



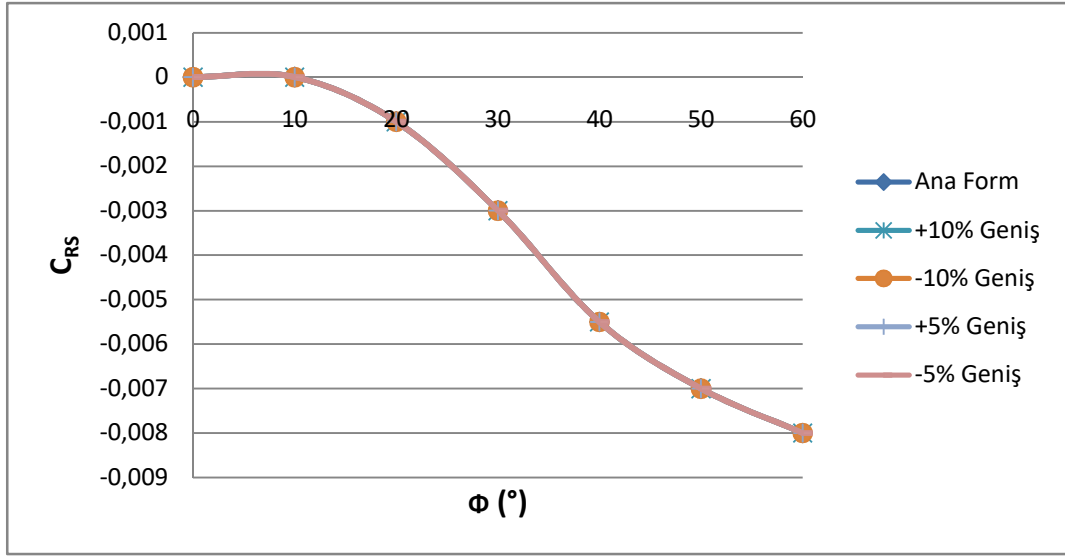
Şekil 2.14 Genişlikteki değişmeye bağlı artık stabilite (Barç-2)



Şekil 2.15 Derinlikteki değişmeye bağlı artık stabilite (Barç-2)



Şekil 2.16 Barç-2 ve türevleri için artık stabilite



Şekil 2.17 Barç-3 ve türevleri için artık stabilite

Şekil 2.17'de görüldüğü gibi bu barç kavramının türevleri için C_{RS} değerleri, 60°'lik meyil açısına kadar aynı değerleri almaktadır. MS ve C_{RS} eğrilerinin davranışları, bu temel geometrik parametreler ile bu iki açı arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu ilişki aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$B/F = 2\cot(\Phi_D) \quad (2.14)$$

$$B/T = 2\cot(\Phi_B) \quad (2.15)$$

$$B/D = \frac{1}{2} [\tan(\Phi_D) + \tan(\Phi_B)] \quad (2.16)$$

$$D/T = [\tan(\Phi_D) + \tan(\Phi_B)] / \tan(\Phi_B) \quad (2.17)$$

Sonuç olarak B/T, KG/B ve D/T analiz için birincil kontrol parametreleri olarak seçilmiştir.

2.4.4 Kavram Dizayn için Parametrik Yaklaşımın Geliştirilmesi

Bu aşamada gemi mühendisinin elinde henüz kesin bir form olmadığından, tekne form kavramının seçilmesinden sonra aşağıdaki öngörüler ve tercihler yapılabilecektir:

- Enine stabilite ile ilgili öngörüle bulunabilme

- Teknenin ana boyutlarının seçilmesi
- Ağırlık merkezindeki dikey yer değiştirmenin enine stabiliteye etkisi (dolayısıyla üst bina boyutları ve ağırlık dağılımının etkisinin incelenmesi)

Çalışmada ortaya konan tekniği kavram dizayn aşamasında kullanıma uygun hale getirebilmek için, stabilite denklemindeki parametrelerinin dönüştürülmesi gerekmektedir.

Bu noktadan itibaren Denklem 2.9'da yer alan parametrelerin, özellikle tekne ana boyutlarını içerecek şekilde nasıl yeniden belirlenebileceğine bakılacak ve sonuç olarak yeni bir yaklaşıma varılmaya çalışılacaktır. Yeniden parametre belirlemedeki temel amaçlar:

- Henüz kavram dizayn aşamasında yaklaşık olarak bilinen ana boyut değerlerinin kullanılması,
- Dizayn sarmalında başlangıç iterasyonu için en kullanışlı olacak parametrelerin kullanılması ve
- Gemi inşaatı literatüründe daha önceden başka tip gemiler için yapılmış yaklaşımların parametrelerinin ve buna bağlı olarak katsayılarının mega yatlar için seçilmesi ve amaca uygun uyarlanmasıdır.

Şimdi sırasıyla yapılacak iyileştirmeler ve ortaya konulacak yaklaşımlar incelenecektir. Denklem 2.9'a bakıldığında:

- I. GM yerine 'GM=KB+BM-KG' eşitliği yazılırsa elde KB, BM ve KG değişkenleri kalacaktır.
- II. KB için Denklem 2.6'da verilen Rawson & Tupper yaklaşımı baz alındığında, yeni ifade T ve C_{wp} 'ye bağlı olarak ifade edilebilir. Katsayıları veri havuzuna alınan tekne kavramları ve bunlardan türetilen formlar incelendiğinde (Ek A, Ek B ve Ek C'de gösterildiği gibi) aşağıdaki değerlere ulaşılabilecektir:

$$KB = \frac{T}{3}(a - C_{wp}) \quad (2.18)$$

- III. BM için ise, günümüze kadar yapılan yaklaşımlar arasında bir karşılaştırma yapıldığında yatlara en efektif biçimde uygulanacak yaklaşımın Saunders &

Mills'inki olduğu görülmüştür. Katsayılar, veri havuzunda yer alan tekneler için regresyon yöntemi ile belirlendiğinde (Ek A, Ek B ve Ek C'de gösterildiği gibi) aşağıdaki değerlere ulaşılabacaktır:

$$BM_t = \frac{LB^3}{12V} (C_p \cdot a + b) \quad (2.19)$$

IV. Varılan sonuçlar ve bunların fark yüzdelereine bağlı olarak 30°'ye kadar olan açılarda parametre olarak $(B/T)^2$ ve KG/B seçilmişken; 30° ile 50° arası açılarda ek bir parametre (D/T) eklenmesi uygun görülmüştür. Regresyon analizinden bulunan katsayılar a, b, c ve d'nin her bir KG seçeneği için genel görünüşü Çizelge 2.2'de verilmiştir. Sonuç olarak aşağıdaki denklemler elde edilmiştir:

$$\Phi \leq 30^\circ \text{ için: } C_{RS} \cdot 10^3 = \left(\frac{B}{T}\right)^2 \cdot a + \left(\frac{KG}{B}\right) \cdot b + c \quad (2.20)$$

$$50^\circ > \Phi > 30^\circ \text{ için: } C_{RS} \cdot 10^3 = \left(\frac{B}{T}\right)^2 \cdot a + \left(\frac{KG}{B}\right) \cdot b + \left(\frac{D}{T}\right) \cdot c + d \quad (2.21)$$

Çizelge 2.2 a,b,c ve d değerleri

	C _{RS} (10)			C _{RS} (20)			C _{RS} (30)			C _{RS} (40)				C _{RS} (50)			
	a	b	c	a	B	c	a	b	c	a	b	c	d	a	b	c	d
KG=0,55D	0	-3	-4	-1	-13	28	-6	75	56	9	1558	-183	-250	14	2337	-193	-580
KG=0,60D	0	-1	-4	-1	-13	29	-6	69	55	3	1143	-112	-218	5	1714	-85	-535
KG=0,65D	0	-1	3	-1	-12	28	-6	62	56	9	1307	-182	-246	14	1971	-191	-579

2.4.5 Parametrik Denklemin Doğruluğu

Bir sonraki adım, hali hazırda serviste bulunan tekneler için ulaşılan sonuçların test edilerek doğrulanması ve bunun yanında gemi mühendisine izleyeceği yol ile ilgili tavsiyelerde bulunmaktır.

Değişik ülkelerde muhtelif tersanelerde inşa edilmiş ve çalışmaya konu olan boy aralığındaki mega yatlardan bilgilerine ulaşılabilen beş yat, test teknesi olarak seçilmiştir. Bunların ana boyutları ve çalışmada ihtiyaç duyulacak karakteristikleri Çizelge 2.3'te belirtilmektedir. Bu noktadan itibaren tekneler Test-1, Test-2, Test-3, Test-4 ve Test-5 olarak adlandırılacaktır.

Çizelge 2.3 Test teknelerinin ana karakteristikleri

	Test-1	Test-2	Test-3	Test-4	Test-5
Deplasman (ton)	159,1	318,4	571,5	825,2	1005,6
Hacim (m ³)	155,0	310,0	557,0	808,0	984,0
Draft (m)	1,850	2,300	2,600	3,200	3,600
L _{WL} (m)	26,923	35,414	46,283	55,000	57,500
B _{WL} (m)	5,998	7,300	8,998	7,800	9,050
D	4,10	5,00	5,90	5,30	6,00
Su kesit alanı (m ²)	127,6	205,8	329,8	346,4	398,3
C _P	0,602	0,608	0,605	0,660	0,590
C _B	0,520	0,524	0,516	0,573	0,514
C _M	0,875	0,883	0,879	0,868	0,862
C _{wp}	0,790	0,796	0,792	0,789	0,751
LCB (m)	13,044	16,938	22,252	24,732	26,038
LCF (m)	12,061	15,861	20,746	23,305	23,869
KB (m)	1,155	1,442	1,635	1,913	2,206
KG (m)	2,255	2,750	3,500	3,445	3,900
BM _T (m)	1,984	2,382	3,218	1,846	2,240
GM _T (m)	0,883	1,075	1,313	0,315	0,546
KM _T (m)	3,138	3,825	4,853	3,760	4,446

Önceki kısımlarda açıklandığı üzere, ihtiyaç duyulan oransal parametreler Çizelge 2.4'te gösterilmiştir. Çizelge 2.4'ten de görüleceği gibi KG/D oranı Test-1 ve Test-2 için 0,55, Test-3 için 0,6 ve Test-4 ile Test-5 için 0,65'tir. Aynı zamanda stabiliteye büyük etkisi olacak B/T oranı Test-4 ve Test-5 için Test-1, Test-2 ve Test-3'e göre nispeten düşüktür. Bir diğer çıkarılabilecek sonuç da, düşük D/T oranı nedeniyle Test-4 ve Test-5'in güvertelerinin daha düşük meyil açılarında suya gireceğidir. Dolayısıyla test tekneleri, çalışmanın doğruluğunu test etmeye yetecek çeşitliliği göstermiş olacaktır.

Çizelge 2.4 Test teknelerinin KG/D oranları

	Test-1	Test-2	Test-3	Test-4	Test-5
B/T	3,24	3,17	3,46	2,44	2,51
$(B/T)^2$	10,51	10,07	11,98	5,94	6,32
D/T	2,22	2,17	2,27	1,66	1,67
KG/D	0,55	0,55	0,60	0,65	0,65
F /T	1,22	1,17	1,27	0,66	0,67
F/B	0,38	0,37	0,37	0,27	0,27
KG/B	0,38	0,38	0,39	0,44	0,43
KG/T	1,22	1,20	1,35	1,08	1,08

Ek A, Ek B ve Ek C’de arka planı ve ara adımları detaylı açıklanmış olan mega yatlarda BM_t ’nin hesaplanması için sunulan formül uygulandığında, ulaşılan sonuçlar Çizelge 2.5’te gösterilmiştir. Görüldüğü üzere, sunulan formül mega yatlar için çok düşük fark oranlarıyla olumlu sonuçlar vermekte olup rahatlıkla kavram dizayn aşamasında kullanılabilecektir.

Çizelge 2.5 BM_t (yaklaşım) fark oranı

	BM_t (yaklaşım)	BM_t (gerçek)	Fark (%)
Test-1	1,980	1,984	-0,2
Test-2	2,369	2,382	-0,5
Test-3	3,213	3,218	-0,1
Test-4	1,858	1,846	0,6
Test-5	2,246	2,240	0,3

Sonuç olarak üç farklı KG/D değerine göre ayrı ayrı ortaya konulan denklemlerle büyük açılar için varılan GZ değerleri ve gerçek değerler aşağıdaki Çizelge 2.6’da gösterilmiştir:

Çizelge 2.6 GZ yaklaşım-gerçek değerlerin karşılaştırması

	Yaklaşım				
	GZ-10	GZ-20	GZ-30	GZ-40	GZ-50
Test-1	0,147	0,307	0,464	0,587	0,681
Test-2	0,176	0,369	0,562	0,715	0,824
Test-3	0,225	0,466	0,686	0,862	1,000
Test-4	0,061	0,148	0,264	0,376	0,372
Test-5	0,091	0,213	0,363	0,492	0,488
	Gerçek Değerler				
	GZ-10	GZ-20	GZ-30	GZ-40	GZ-50
Test-1	0,156	0,321	0,484	0,611	0,706
Test-2	0,190	0,393	0,600	0,767	0,897
Test-3	0,232	0,473	0,692	0,843	0,948
Test-4	0,058	0,139	0,254	0,309	0,260
Test-5	0,099	0,220	0,370	0,500	0,519

Yukarıda da görüleceği üzere, ‘yaklaşım değerleri’ ve ‘gerçek değerler’ arasındaki fark payı önemsenmeyecek ölçüde azdır. Bunlarla ilgili bilgi Ek A, Ek B ve Ek C’de detaylı olarak gösterilmiştir.

2.5 Stabilite Kısmı İçin Sonuç ve Tavsiyeler

Bu açılarda GZ değerlerinin hesaplanmasından sonra gemi mühendisinin takip etmesi gereken adımlar, stabilite kısmının değerlendirilmesi için aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

Bu kısımda yapılan çalışmanın sonuçları, mega yatlarda büyük açılarda GZ değerleri ile ilgili öngöründe bulunulabileceğini göstermiştir. Her ne kadar sonuçların test edilmesi için beş test teknesi kullanıldıysa da, seçilen test teknelerinin karakteristiklerindeki çeşitlilik sebebiyle bulunan formüllerin bu boy aralığındaki bütün monohull yatlarda kullanılabileceği söylenebilir. Benzer şekilde balıkçı gemileri, offshore destek gemileri ve benzer gemi tipleri için de çalışmaların yapılabileceği görülmektedir.

Bu çalışmada sunulan değerler bir sonraki adımlara ışık tutacak ve enine stabilite ile ilgili genel bir fikir sahibi olmak için kavram dizayn aşamasında kullanılabilecektir. Bu şekilde denizcilik sektöründe kullanışlı bir uygulama alanı bulacağına inanılmaktadır.

Sunulan bu metodun en büyük avantajı, gemi mühendisinin kısıtlı sayıdaki veri ile gayet makul sayılabilecek fark payları içerisinde öngörüler yapabilmesini sağlamasıdır. Bunun yardımıyla gemi inşaatı mühendisi kavram dizaynın optimizasyon sürecinde tekne formunun belirlenmesi ve iyileştirmesini yapabilecektir. Sadece gemi mühendisi için değil kaptan için de kısıtlı sayıda veri ile yararlı stabilite durumu hakkında öngörülerde bulunması için yardımcı bir araç olacaktır. Dolayısıyla ortaya konulan bu çalışmanın iki temel uygulama alanı olacaktır: Kavram dizayn aşamasındaki uygulaması ve çabuk stabilite değerlendirmesi.

Geleneksel dizayn spiralinde, başlangıç iterasyonu için tekne geometrisi seçimi toplam hacim veya yük taşıma hacminin tahminine dayanmaktadır. Bu aşamada hacim değerleri, sıklıkla önceki yapılmış teknelerin değerlerinden interpolasyon yöntemiyle elde edilir. Enine stabilitenin değerlendirilmesi, alışlageldiği üzere bundan bir kaç adım sonra yani ana makinanın seçimi ve konumunun belirlenmesinden sonra yapılır. Eğer stabilite yetersiz bulunursa gemi mühendisi bunu iyileştirecek yöntemler denemek zorunda kalacaktır. Genişliğin arttırılması veya ana makinanın dikey konumunun alçaltılması gibi her zaman da fizibil olmayan yöntemler örnek olarak verilebilir. Bu sıkça uygulanan, gemi dizaynında deneme-yanılma yönteminin kullanılmasıdır. Zaman açısından çok daha verimli olduğundan en güncel gemi sentez programları dahi dizayn spiralindeki her iterasyonun sonunda stabilite kontrolü uygulamaktadır.

Bir geminin enine stabilitesinin değerlendirilmesi için kullanılan integrasyon teknikleri güvenilir ve kabul edilebilir derecede hassastır. Tekrar vurgulanması gereken husus, artık stabilite tekniğinin bu tekniklerin yerini alması gerektiği değil, kavram dizayn aşamasında gemi mühendisine sağlayacağı kolaylık ve kazandıracağı zaman olacaktır.

Stabilite kısmı ile ilgili izlenecek sonraki adımlar olan mukavemet kısmı ile integrasyonu ve üstyapının malzeme seçimi, tezin son kısmı olan değerlendirme bölümünde açıklanacaktır.

MOTOR YATLARDA ÜSTYAPI BOYUTLARI VE MALZEMESİNİN GENEL MUKAVEMETE ETKİSİNİN TAYİNİ

3.1 Giriş

Gerek model testlerinde gerekse hali hazırda serviste olan gemilerde yapılan ölçümlerden açıkça görüldüğü üzere, Navier'in hipotezi uzun üstyapılı gemilerin orta kesit hesabında her zaman doğru sonuç vermemektedir. Holt tarafından yapılan deneyler, tekne ve üstyapı kısmında gerilme dağılımının düzgün hatlar şeklinde olduğunu; fakat güverte seviyesinde, üstyapının güverteye göre farklı genişlikte olduğu durumda bu düzgün hatlarda kırılma meydana geldiğini ortaya koymuştur. Benzer sonuçlar pratikte yapılan ölçümlerde de görülmüştür. Holt tarafından yapılan deneylerde ulaşılan bir diğer sonuç ise, üstyapının mukavemet güvertesi üzerine yerleştirilmediği durumlarda da Navier'in teorisinin uygulanabilecek olduğudur.

Dolayısı ile yapılan testlere göre, eğer üstyapının genişliği güverte genişliğinden farklı ise Navier'in teorisi geçerli olmayacaktır. Testlerden çıkarılan bir diğer sonuç da, Navier'in hipotezinin ayrı ayrı uygulanabileceği tekne ve üstyapının, pratikte ikisi arasında oluşan enine kayma kuvvetleri ve dikey kuvvetler nedeniyle belli bir düzeye kadar beraber hareket etmeye zorlanan yapılar olduğudur [65].

Tekne ve üstyapıdan her birinin Navier'in hipotezinin geçerli olacağı birer kiriş olduğu varsayımından yola çıkarak, bu çalışmada ortaya konan yer değiştirmeler ve gerilmelerle ilgili sonuçların sabit güverte-üstyapı kesiti için testlerde gözlemlenene yakın teorik değerler verdiği görülecektir [55].

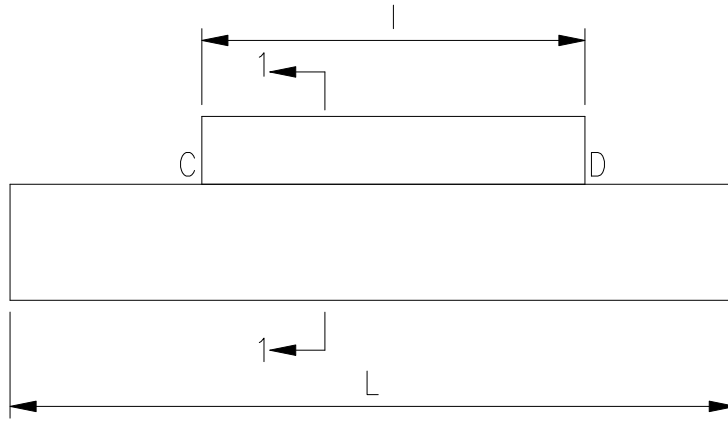
Orta kesitteki gerilmelerle ilgili olan bu teori, düzgün gerilme dağılımı sapmasının belirlenmesinde kullanılabilir. Yine bu metod üstyapının kısmen veya tamamen alüminyum olması durumunda da aynı şekilde kullanılabilir.

Bu çalışmada, önce tekne ve üstyapı arasındaki dikey kuvvetlerin ihmal edildiği basitleştirilmiş gemi yapısı incelenecektir. Basitleştirilmiş yapı, gemideki gerçek durumu tam olarak vermemesinin yanında nispeten kuvvetlerdeki değişikliğin etkisinin açık bir şekilde görülmesi ve bir sonraki adıma temel oluşturması açısından gereklidir. Basitleştirilmiş yaklaşım, teknenin eğilmesine bağlı olarak gerilme ve baskıya maruz kalan güverteye sabitlenmiş bir kirişi konu alan Hovgaard'ın teorisinin genellemesi olarak kabul edilebilir.

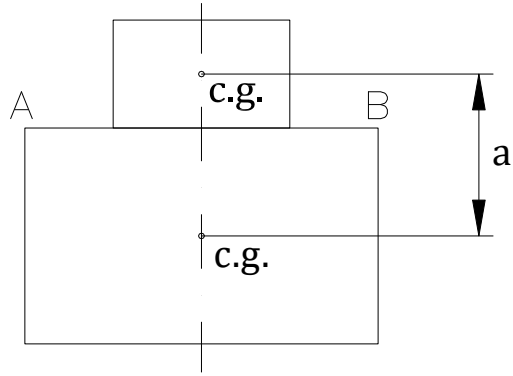
Sonraki adımlarda iki özel yükleme durumu için genel diferansiyel denklemin çözümü yapılmıştır. Bu adımlarda elde edilen bu sonuçlar, herhangi bir yükleme için yaklaşık çözüm geliştirilmesinde kullanılmıştır.

3.2 Sadeleştirilmiş İki Hücreli Yapının Analizi

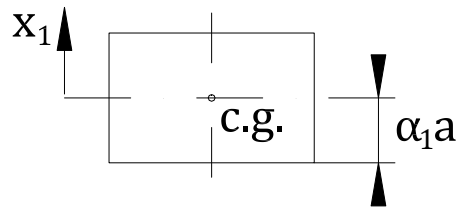
Şekil 3.1'de gösterilen iki hücreden oluşan içi boş profil yapı ele alındığında, alt kısım (tekne) L boyunda olup üst kısım (üstyapı) da l boyuna sahiptir. Her iki yapının da uzunlukları boyunca homojen bir kesite sahip olduğu varsayıldığında, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'de görüleceği üzere tekne kısmının kesit alan değeri A_1 ve atalet momenti I_1 , üst kısmın alan ve atalet momenti değerleri ise A_2 ve I_2 'dir. Şekil 3.2, 3.3 ve 3.4'de görüleceği üzere tarafsız eksenlerin birbirlerinden uzaklığı a, ana güverteden uzaklıkları ise $\alpha_1 a$ ve $\alpha_2 a$ 'dır.



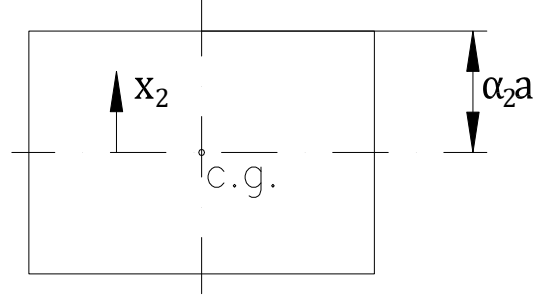
Şekil 3.1 İki hücreli profil kesit



Şekil 3.2 İki hücreli enine kesit



Şekil 3.3 Üstyapı enine kesit



Şekil 3.4 Tekne enine kesit

İlk incelemede olayı sadeleştirmek için güvertenin (Şekil 3.2) ve ona bağlı destek elemanlarının rijit olmadığı varsayılacaktır. Dolayısıyla güverte, tekne ile üstyapı arasındaki hiçbir dikey yer değiştirmeye mukavemet gösteremeyecektir. Elbette bu pratikte gerçekleşmeyecek ve basitleştirilmiş tanımlamadır.

Teknede eğilme momenti üreten dikey yüklerin ve suyun kaldırma kuvvetinin sadece tekne üzerinde etkili oldukları düşünülecektir. Ayrıca üstyapı üzerinde hiçbir dış kuvvetin olmadığı varsayılacaktır [47].

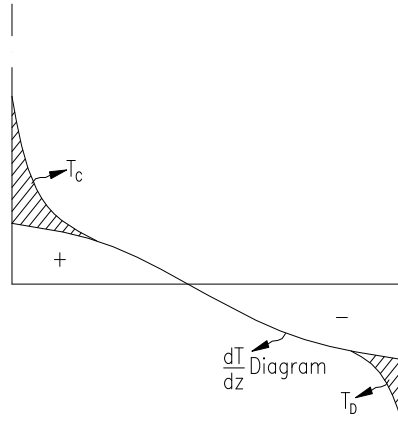
Üstyapı ve tekne üzerindeki moment ve kuvvetler sırasıyla M_1 , N_1 ve M_2 , N_2 'dir. Şekil 3.5'te M_1 ve M_2 momentleri, eğer üstyapının veya teknenin üst kısmında baskı oluşturuyorlarsa pozitif olarak alınacaktır. N_1 ve N_2 kuvvetleri, çekme oluşturuyorlarsa pozitif olarak alınacaklardır. Tekneye etki eden dış kuvvetler ve suyun kaldırma kuvveti, kesitin sol tarafında bir M momenti doğuracak; ayrıca bilinmeyen büyüklükteki bir T kayma kuvveti üstyapının alt tarafından etki edecek ve aynı büyüklükte T kuvveti ters istikamette tekne üzerinde etkili olacaktır. Şekil 3.5'de görülebileceği üzere T kuvveti aşağıdaki doğrusal ilişkiye sahiptir:

$$N_1 = -T \quad (3.1)$$

$$M_1 = -a \alpha_1 T \quad (3.2)$$

$$N_2 = T \quad (3.3)$$

$$M_2 = M - a \alpha_2 T \quad (3.4)$$



Şekil 3.7 T_c ve T_b 'nin üstyapı boyunca dağılımı

Navier hipotezinin üstyapı ve tekne için geçerli olduğu varsayımına dayanarak ağırlık merkezinden x_1 ve x_2 uzaklıktaki herhangi bir noktada gerilme belirlenebilir. Çekme gerilmesi σ pozitif olacak şekilde üstyapıda,

$$\sigma_1 = -\frac{T}{A_1} + \frac{a \cdot \alpha_1 \cdot T}{I_1} \cdot x_1 \quad (3.5)$$

ve teknede aşağıdaki şekilde olacaktır:

$$\sigma_2 = \frac{T}{A_2} - \frac{M}{I_2} \cdot x_2 + \frac{a \cdot \alpha_2 \cdot T}{I_2} \cdot x_2 \quad (3.6)$$

σ_1 ve σ_2 gerilmeleri üstyapı ve teknenin birbirleriyle bağlantı noktasında eşit olmak zorunda olacağından, $x_1 = -\alpha_1 a$ ve $x_2 = \alpha_2 a$ alınıp, denklemler aşağıdaki şekilde düzenlenir:

$$-\frac{T}{A_1} - \frac{a^2 \alpha_1^2 T}{I_1} = \frac{T}{A_2} - \frac{M}{I_2} \cdot a \cdot \alpha_2 + \frac{a^2 \alpha_2^2 T}{I_2} \quad (3.7)$$

Böylece T değeri belirlenebilir [66]:

$$T = \frac{a \cdot \alpha_2 \cdot I_1}{\frac{I_1 \cdot I_2}{A_1} + \frac{I_1 \cdot I_2}{A_2} + a^2 (\alpha_2^2 \cdot I_1 + \alpha_1^2 \cdot I_2)} \cdot M \quad (3.8)$$

Bulunan bu T değeri denklem (3.1), (3.2), (3.3), (3.4), (3.5) ve (3.6)'da yerine koyulursa, herhangi bir noktadaki moment ve gerilme değeri belirlenebilir.

T değeri, üstyapının sol tarafı ile z kesiti arasında etki eden toplam yatay kayma kuvveti olarak tanımlanır. Denklem (3.8)'e bağlı olarak T değeri, M momenti ile orantılıdır ve kaynaklar vasıtasıyla tekneden üstyapıya transfer olan birim yatay kayma $\frac{dT}{dz}$ aşağıdaki şekilde hesaplanabilir [72]:

$$\frac{dT}{dz} = \frac{a \cdot \alpha_2 \cdot I_1}{\frac{I_1 \cdot I_2}{A_1} + \frac{I_1 \cdot I_2}{A_2} + a^2 (\alpha_2^2 \cdot I_1 + \alpha_1^2 \cdot I_2)} \cdot V \quad (3.9)$$

$$V = \frac{dM}{dz} \quad (3.10)$$

Buradaki $V = \frac{dM}{dz}$ yapıdaki kaymadır. Ayrıca üstyapının sonu olan C noktasında kaymanın sıfır olmadığı ve aşağıdaki değere eşit olduğu görülecektir:

$$T_C = \frac{a \cdot \alpha_2 \cdot I_1}{\frac{I_1 \cdot I_2}{A_1} + \frac{I_1 \cdot I_2}{A_2} + a^2 (\alpha_2^2 \cdot I_1 + \alpha_1^2 \cdot I_2)} \cdot M_C \quad (3.11)$$

Şekil 3.5'de görüleceği üzere, C noktasından biraz daha sola doğru gidildiğinde artık üst bina devam etmediğinden $T=0$ olacaktır. Bu demek oluyor ki, C noktasında (3.9)'a göre düzgün olarak dağılmış $\frac{dT}{dz}$ kaymasına ek olarak, (3.11)'de ifade edilen konsantre bir T_C kayma kuvveti bulunacaktır.

$$T_D = - \frac{a \cdot \alpha_2 \cdot I_1}{\frac{I_1 \cdot I_2}{A_1} + \frac{I_1 \cdot I_2}{A_2} + a^2 (\alpha_2^2 \cdot I_1 + \alpha_1^2 \cdot I_2)} \cdot M_D \quad (3.12)$$

Benzer kayma kuvveti T_D , üstyapının diğer ucunda yani D noktasında da oluşacaktır. $\frac{dT}{dz}$ kuvvetlerinin dağılımı Şekil 3.7'de gösterilmiştir. Denklem (3.12)'deki "-" işareti, Şekil 3.5'de daha önceden de tanımlanan pozitif–negatif yön tanımlamasına bağlı olarak eklenmektedir.

Konsantre kayma kuvvetleri olan T_C ve T_D 'nin gerçek bir yapıda var olamayacağı aşikardır. Bunların tanımlanan bu teoride bulunmalarının nedeni, başlangıçta yapılan kabullenmeye, yani Navier'in hipotezinin tüm üstyapı boyunca doğru olduğu; buna bağlı olarak kayma gecikmesi (Shear Lag) etkisinin ihmal edilmiş olmasıdır [46]. Gerçekte T_C ve T_D kuvvetleri belirli bir mesafe üzerinde, beklendiği gibi üstyapının derinliği boyunca yayılacaklardır. Bu dağılım, Şekil 3.7'de kesikli çizgi ile gösterilmiştir. Taralı alanlar T_C ve T_D 'yi ifade etmektedir. Bu demek oluyor ki, üstyapının sonlandığı

nokta civarında Denklem (3.5) ve (3.6)'ye bağlı olarak elde edilen gerilmeler doğru değildir. Fakat St.Venant teoremine bağlı olarak yapılan bu sadeleştirme ve varsayım orta kesitteki gerilmeler üzerinde etkili olmayacaktır [66].

Bir sonraki adımda M_1 ve M_2 momentleri ile N_1 ve N_2 kuvvetleri bulunacaktır. Bu ifadeleri biraz daha basitleştirmek için aşağıdaki tanımlamalar kullanabilir:

$$I_A = a^2 \cdot \frac{A_1 \cdot A_2}{A_1 + A_2} \quad (3.13)$$

$$\mu = \frac{I_1 + \alpha_1 \cdot I_A}{I_2 + \alpha_2 \cdot I_A} \quad (3.14)$$

Bu ifadeye μ boyut faktörü olarak adlandırılacaktır. Bu faktör, üstyapının tekneye oranla boyutunu ifade etmek amacıyla kullanılmıştır. Bunun dışında tekne ve üstyapıyı kapsayan tüm yapının atalet moment değeri olan I 'ya ihtiyaç olacaktır. I değeri I_1 , I_2 ve sabit I_A cinsinden aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$I = I_1 + I_2 + I_A \quad (3.15)$$

Bu tanımlamalardan faydalanarak aşağıdaki denklemler düzenlenebilir:

$$N_2 = -N_1 = T = \frac{M \cdot I_A}{a \cdot I} - \frac{M \cdot I_A}{a} \cdot \frac{\mu \cdot (\alpha_1 - \mu \alpha_2)}{(1 + \mu) \cdot (\alpha_2 \cdot I_1 + \mu \cdot \alpha_1 \cdot I_2)} \quad (3.16)$$

$$M_1 = M \cdot \frac{I_1}{I} - M \cdot I_1 \cdot \frac{\mu}{(1 + \mu) \cdot (\alpha_2 \cdot I_1 + \mu \cdot \alpha_1 \cdot I_2)} \quad (3.17)$$

$$M_2 = M \cdot \frac{I_2}{I} + M \cdot I_2 \cdot \frac{\mu^2}{(1 + \mu) \cdot (\alpha_2 \cdot I_1 + \mu \cdot \alpha_1 \cdot I_2)} \quad (3.18)$$

Bu ifadeler üstyapı ve teknedeki σ_1 ve σ_2 gerilmelerinin belirlenmesinde kullanılabilir. Üç ifade de iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım Navier'in teorisinin tüm kesit boyunca geçerli olması durumunda N ve M değerlerini vermektedir. Denklem (3.16), (3.17) ve (3.18)'i kullanmak yerine, gerçek gerilmesi Navier'e bağlı olarak toplam gerilmeler σ_N ve düzeltme faktörü $\Delta\sigma$ olarak ifade edebiliriz:

$$\sigma = \sigma_N + \Delta\sigma \quad (3.19)$$

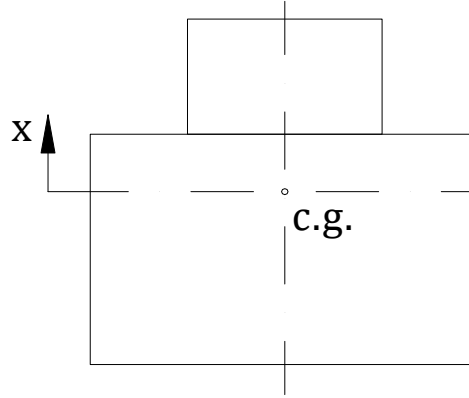
Navier gerilmeleri σ_N , konvensiyonel gerilme denkleminde bulunabilir:

$$\sigma_N = -\frac{M}{I} \cdot x \quad (3.20)$$

Burada x, Şekil 3.8’de de görüleceği üzere bütün kesitin alan merkezinden ölçülen dikey mesafedir. Tekne ve üstyapı için düzeltme faktörleri şu şekilde ayrı ayrı ifade edilebilir:

$$\Delta\sigma_1 = \frac{\Delta N_1}{A_1} - \frac{\Delta M_1}{I_1} \cdot x_1 \quad (3.21)$$

$$\Delta\sigma_2 = \frac{\Delta N_2}{A_2} - \frac{\Delta M_2}{I_2} \cdot x_2 \quad (3.22)$$



Şekil 3.8 İki hücreli enine kesitin alan merkezi

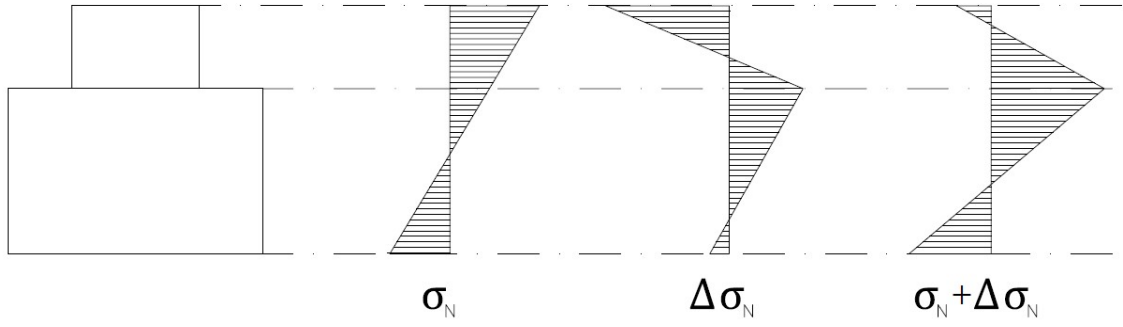
Burada ΔN ve ΔM ; (3.16), (3.17) ve (3.18) eşitliklerinin ikinci kısımlarında ifade edilen N ve M için yapılan düzeltmelerdir.

$$\Delta N_1 = -\Delta N_2 = \frac{M \cdot I_a}{a} \cdot \frac{\mu \cdot (\alpha_1 - \mu \cdot \alpha_2)}{(1 + \mu) \cdot (\alpha_2 \cdot I_1 + \mu \cdot \alpha_1 \cdot I_2)} \quad (3.23)$$

$$\Delta M_1 = -M \cdot I_1 \cdot \frac{\mu}{(1 + \mu) \cdot (\alpha_2 \cdot I_1 + \mu \cdot \alpha_1 \cdot I_2)} \quad (3.24)$$

$$\Delta M_2 = M \cdot I_2 \cdot \frac{\mu^2}{(1 + \mu) \cdot (\alpha_2 \cdot I_1 + \mu \cdot \alpha_1 \cdot I_2)} \quad (3.25)$$

σ_N ve $\Delta\sigma$ gerilmelerinin yukarıdaki eşitlikler ile hesaplanmaları basittir. Şekil 3.9, ileride örnek olarak verilecek hesaplamalar için gerilmeleri ayrı ayrı ve aynı zamanda toplam olarak göstermektedir.



Şekil 3.9 Her hücre için gerilmeler ve toplamaları

Bu bölümde yapılan analizden sonra tekne ile üstyapı arasında etkiyen dikey kuvvetlerin ihmal edildiği gerçeğine bağlı olarak sonuçlar sınırlı derecede önem taşımaktadır; fakat güverte seviyesinde gerilme dağılımındaki ani kırılma halen mevcuttur. Bir sonraki bölümde daha hassas olarak yapılan analiz sonucunda gerçek gerilmeler; Φ_1 tekne ve üstyapının çeşitli ölçülerine ve perdelerin mukavemetine bağlı sayısal bir faktör olmak üzere $\sigma = \sigma_N + \Phi_1 \cdot \Delta\sigma$ şeklinde ifade edilir.

3.3 İki Hücreli Yapının Genel Analizi

Şekil 3.1'deki yapı tekrar dikkate alındığında; Bölüm 3.2'de tekne ve üstyapı sabit kesitler olarak kabul edilmişlerdi. Fakat şimdi üstyapının tekneden bağımsız olarak dikey yönde hareket edemeyeceği gerçeği de hesaba katılacaktır. Dolayısıyla üstyapıdaki herhangi dikey yer değiştirmenin, onu destekleyen perdeler ve destek elemanları ile de bir etkileşim halinde olacağı gerçeğini kapsayan bir yaklaşım yapılacaktır. Diğer bir deyişle üst bina, elastik destekler üzerindeki bir kiriş olarak ele alınacaktır [78].

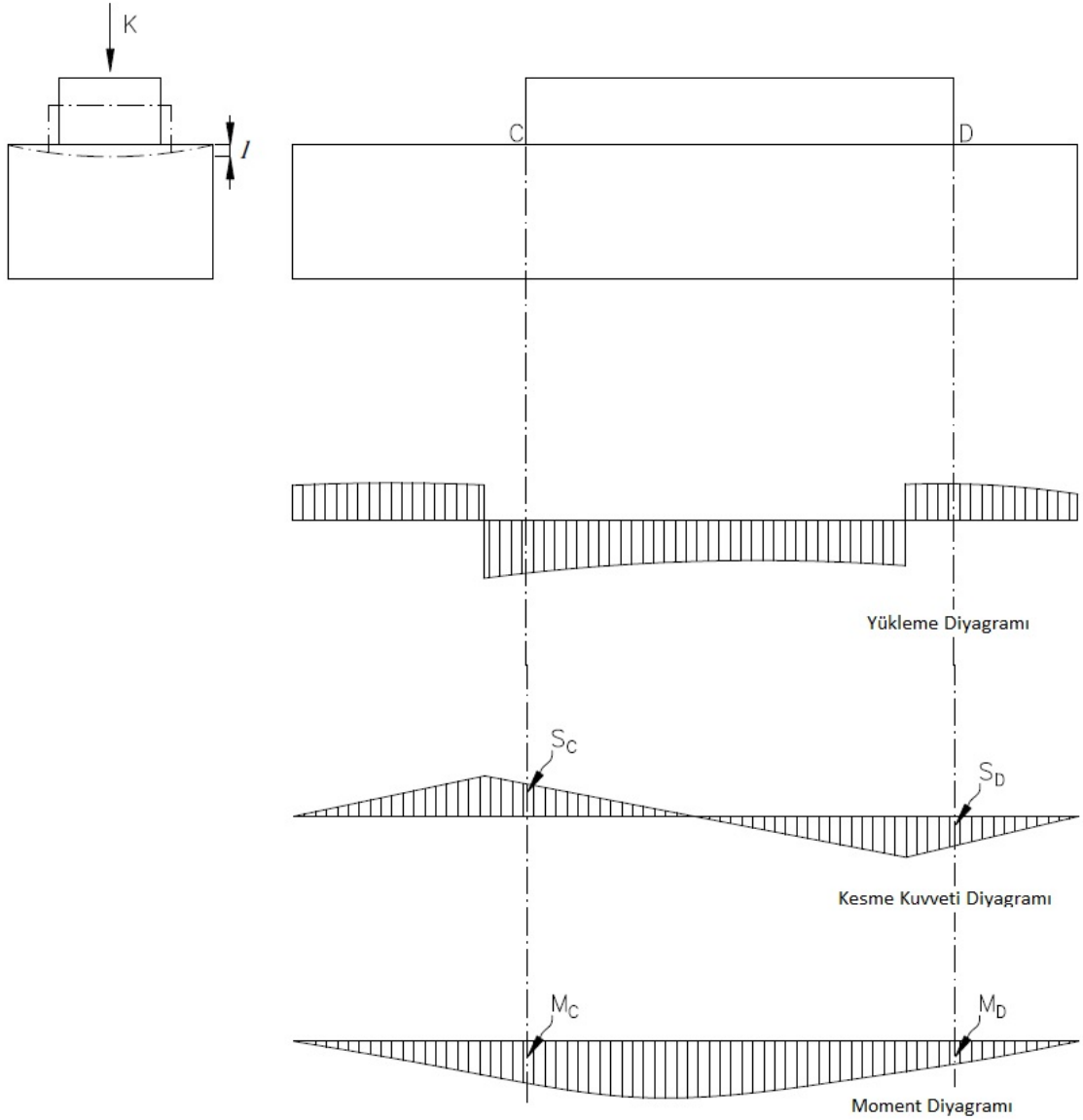
Dışarıdan gelen dikey kuvvetler ve suyun kaldırma kuvveti etkisiyle Şekil 3.10'da gösterilen yapı eğilecek ve yer değiştirecektir. Bu yer değiştirme üstyapı ve teknenin merkez hatlarının y_1 ve y_2 bağıl eğilmeleriyle tarif edilebilir.



Şekil 3.10 Yer değişiminin profil kesitte gösterimi

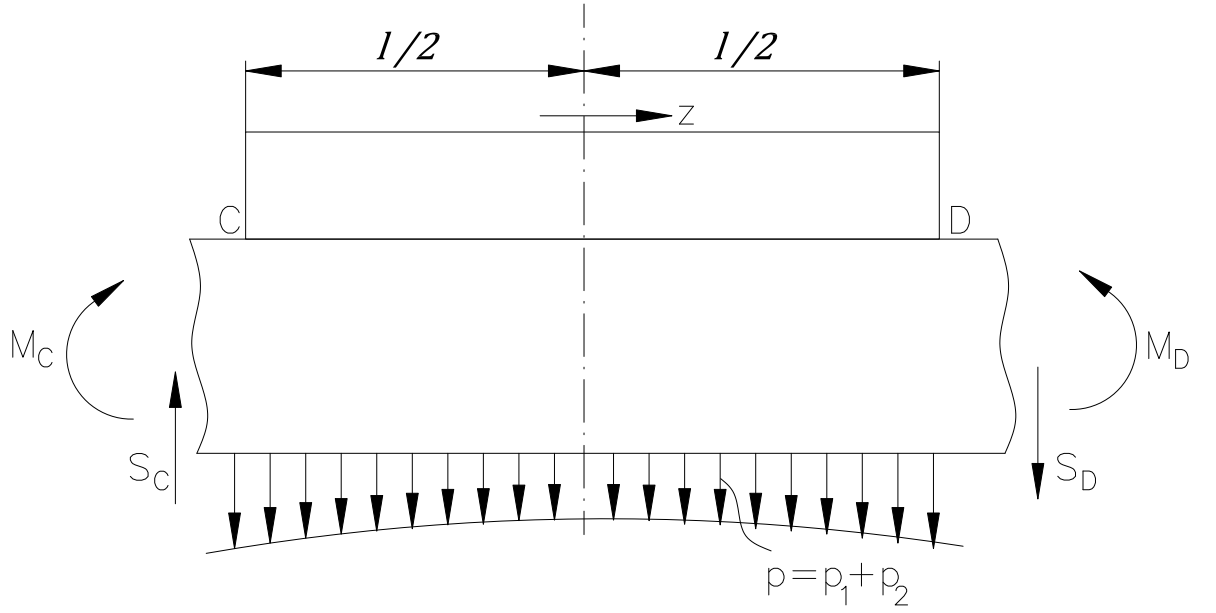
Pratikte bütün tekne tek bir rijid yapı gibi davranmayacağı için; y_1 ve y_2 bağıl değerler olarak değil, tekne ile üstyapının birleştiği CD hattından relatif yer değiştirme olarak tanımlanmıştır. Bu kabulün bir sonucu olarak teknenin C ve D noktalarındaki y_2 yer değiştirmesi sıfır olacaktır.

Bunun yanında üstyapıdan kaynaklanan dikey yer değiştirmelerine karşı koyan güverte altındaki perdelerin ve güverte kemerelerinin, üstyapının uzunluğu boyunca rijitlik değerinin aynı olduğu varsayılacaktır ve bu eğilme sabiti K ile ifade edilecektir. K, birim boydaki üstyapıyı bir birim eğilmeye maruz bırakacak kuvvet olarak tanımlanabilir. Şekil 3.11’de görüleceği gibi tekne ile üstyapı arasındaki dikey etkileşim böylece birim uzunluk için $K(y_1 - y_2)$ olacaktır. Perdeler arası veya güverte kemereleri arasındaki uzaklık olan gerçek bir gemide K sabiti, bir perdeyi veya güverte kemeresini eğilmeye zorlayacak kuvvetin s mesafesine bölünmesiyle bulunacak değer olacaktır.



Şekil 3.11 Yer değıştirmenin enine kesitte gösterimi ve yükleme-kesme kuvveti-moment diyagramı

Şimdi incelenecek yapı; A_1 , A_2 kesit alanları ve I_1 , I_2 atalet momentlerine sahip iki kirişten oluşacaktır. Bu kirişler, CD hattı boyunca birbirlerine yatay ve dikey kayma kuvvetlerini transfer edebilecek şekilde bağlı olacaktır. Şekil 3.11 kayma kuvvetleri ve moment diyagramlarını da kapsayacak şekilde genel olarak bir geminin yükleme durumunu göstermektedir. Navier'in hipotezinin tekne ve üstyapı için ayrı ayrı geçerli olduğu varsayılacak ve çalışma, CD hattının merkez kısmında yoğunlaştırılacaktır. Şekil 3.12'de gösterilen bu merkez kısım; üstyapı üzerindeki P_1 dikey kuvvetinin, tekne üstündeki P_2 kuvvetinin (suyun kaldırma kuvveti de dahil edilerek), kayma kuvvetleri S_C , S_D 'nin ve momentler M_C , M_D 'nin etkisi altındadır.



Şekil 3.12 Üstyapı uzunluğunda profil kesit üzerinde yüklemenin gösterimi

Buradan hareketle yapıdaki deformasyonu tarif eden y_1 ve y_2 eğilme değerleri için diferansiyel denklemleri elde etmek üzere devam edilecektir. Bu diferansiyel denklemler, Sabit Potansiyel Enerji (Stationary Potential Energy) teoreminden kolayca elde edilebilir. Bu durumda potansiyel enerji U , iç gerilme enerjisi V ve dış kuvvetler P_1 , P_2 , S_C , S_D , M_C ve M_D 'de kaynaklı potansiyel enerji U_w 'nin toplamı olarak ifade edilebilir.

Dolayısıyla toplam potansiyel enerji $U=V+U_w$ aşağıdaki şekilde yazılabilir [66]:

$$U = \frac{1}{2} \int_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} [E \cdot I_1 \cdot y_1^{iv} + E \cdot I_2 \cdot y_2^{iv} + E \cdot I_A \cdot (\alpha_1 \cdot y_1^{iv} + \alpha_2 \cdot y_2^{iv})^2 + K \cdot (y_1 - y_2)^2 - 2 \cdot p_1 \cdot y_1 - 2 \cdot p_2 \cdot y_2] \cdot dz + [M \cdot y_1^2]_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} - [S \cdot y_2]_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} \quad (3.26)$$

İntegral kuralları uygulanıp asgari U değeri aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\delta U = 0 \quad (3.27)$$

Buradan Euler'in denklemleri elde edilir. Bu durumda eşitlikler y_1 ve y_2 'nin 4. dereceden iki denklemleri olarak aşağıdaki şekilde yazılır:

$$E (I_1 + \alpha_1^2 \cdot I_A) \cdot y_1^{iv} + K \cdot y_1 + \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot E I_A \cdot y_2^{iv} - K \cdot y_2 = p_1 \quad (3.28)$$

$$\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot E I_A \cdot y_1^{iv} - K \cdot y_1 + E (I_2 + \alpha_2^2 \cdot I_A) \cdot y_2^{iv} + K \cdot y_2 = p_2 \quad (3.29)$$

Aşağıdaki işlemler, (3.28) ve (3.29) no.lu diferansiyel denklemlerin çözümünde karşılaşılabilecek sekiz sabitin tespitinde $Z=+l/2$ ve $z=-l/2$ için sınır koşullarının bulunmasını sağlayacaktır:

$$y_2 = 0 \quad (3.30)$$

$$E (I_1 + \alpha_1^2 I_A) \cdot y_1^{II} + \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot EI_A \cdot y_2^{II} = 0 \quad (3.31)$$

$$\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot EI_A \cdot y_1^{II} + E (I_2 + \alpha_2^2 I_A) \cdot y_2^{II} = -M \quad (3.32)$$

$$E (I_1 + \alpha_1^2 I_A) \cdot y_1^{III} + \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot EI_A \cdot y_2^{III} = 0 \quad (3.33)$$

Bu sınır koşullarından birincisinin anlamı gayet açıktır. Fakat diğer üçünün fiziksel olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Üstyapı ve teknedeki boyuna gerilmeyi oluşturan M_1 ve M_2 momentleri, bilinen $M_1 = -EI_1 \cdot y_1^{II}$ ve $M_2 = -EI_2 \cdot y_2^{II}$ bağıntılarıyla ifade edilebilir. Böylece (3.31) ve (3.32) eşitlikleri şu şekilde yeniden yazılabilir:

$$M_1 = \alpha_1 \cdot EI_A (\alpha_1 \cdot y_1^{II} + \alpha_2 \cdot y_2^{II}) \quad (3.34)$$

$$M_2 = M + \alpha_2 \cdot EI_A (\alpha_1 \cdot y_1^{II} + \alpha_2 \cdot y_2^{II}) \quad (3.35)$$

Bu denklemler M_1 ve M_2 momentlerinin üstyapı sonlarında sıfır olmadığını gösterir. Şekil 3.5'te görüleceği üzere, üstyapı ile tekne arasındaki yatay kayma kuvveti T olarak görülmektedir. T şu şekilde ifade edilebilir:

$$T = -\frac{EI_A}{a} \cdot (\alpha_1 \cdot y_1^{II} + \alpha_2 \cdot y_2^{II}) \quad (3.36)$$

Böylece (3.34) ve (3.35) eşitlikleri şu şekilde yeniden ifade edilebilir:

$$M_1 = -a \cdot \alpha_1 \cdot T \quad (3.37)$$

$$M_2 = M - a \cdot \alpha_2 \cdot T \quad (3.38)$$

Bu denklemler, Bölüm 2'de incelenen basitleştirilmiş yapı için 1 no.lu denklemler ile aynıdır. Hatırlanması gerekir ki, (3.37) ve (3.38) eşitlikleri üstyapının bitiş noktalarına uygulanabilir. Ayrıca bu noktalara etki eden kayma kuvvetleri (3.36)'ya göre $z=\pm l/2$ sınır koşulları ile hesaplanır.

4.sınır koşulu, (3.33) eşitliği kayma kuvvetinin üstyapı sonunda sıfırlanması gerektiğini ifade eder.

3.4 Diferansiyel Denklemin Sabit Moment M için Çözümü

Öncelikle P_1 , P_2 yükleriyle S_C , S_D kayma kuvvetlerinin sıfır olduğunu ve etkiyen tek yükün $M_C = M_D = M$ olduğu basit durum ele alındığında; (3.28) ve (3.29) eşitliklerinden aşağıdaki iki homojenik diferansiyel denklem elde edilir:

$$E(I_1 + \alpha_1 \cdot I_A)y_1^{iv} + K \cdot y_1 + \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot EI_A \cdot y_2^{iv} - K \cdot y_2 = 0 \quad (3.39)$$

$$\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot EI_A \cdot y_1^{iv} - K \cdot y_1 + E(I_2 + \alpha_2^2 \cdot I_A)y_2^{iv} + K \cdot y_2 = 0 \quad (3.40)$$

Bu denklemlerin genel çözümü sekiz sınır koşulunu sağlamak için sekiz sabit içerir. Burada incelenen problem z koordinat eksenine göre simetriktir ve sadece simetri fonksiyonları kullanılarak genel simetri denklemi çözümü dört sabit içerecektir. Genel çözüm aşağıdaki şekilde olacaktır:

$$y_1 = C_1 + C_2 \cdot z^2 + C_3 \cdot \sin \gamma z \cdot \sinh \gamma z + C_4 \cdot \cos \gamma z \cdot \cosh \gamma z \quad (3.41)$$

$$y_2 = C_1 + C_2 \cdot z^2 - \mu \cdot C_3 \cdot \sin \gamma z \cdot \sinh \gamma z - \mu \cdot C_4 \cdot \cos \gamma z \cdot \cosh \gamma z \quad (3.42)$$

Burada γ aşağıdaki gibidir:

$$\gamma = \sqrt[4]{\left(\frac{K}{4E} \cdot \frac{1+\mu}{\alpha_2 \cdot I_1 + \mu \cdot \alpha_1 \cdot I_2}\right)} \quad (3.43)$$

(3.43) eşitliğindeki μ , daha önce (3.14)'de tanımlandığı gibi boyut faktörüdür. (3.41) ve (3.42) eşitliklerinden hesaplanan y_1 ve y_2 ; (3.39) ve (3.40) eşitliklerinde yerlerine koyularak çözülebilir.

(3.41) ve (3.42)'nin sınır koşulları olan (3.30), (3.31), (3.32) ve (3.33) eşitliklerinin ortak çözülmesiyle C_1 , C_2 , C_3 ve C_4 sabitleri için dört lineer denklem elde edilir. C_2 , C_3 ve C_4 değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$C_2 = -\frac{M}{2EI} \quad (3.44)$$

$$C_3 = \frac{1}{2\gamma^2} \cdot \frac{\mu \cdot \Phi_1 \cdot M}{(1+\mu)E(\alpha_2 \cdot I_1 + \mu \cdot \alpha_1 \cdot I_2)} \quad (3.45)$$

$$C_4 = \frac{1}{2\gamma^2} \cdot \frac{\mu \cdot \Psi_1 \cdot M}{(1+\mu)E(\alpha_2 \cdot I_1 + \mu \cdot \alpha_1 \cdot I_2)} \quad (3.46)$$

C_1 sabiti, bu bölümün amacına hizmet etmeyeceği için belirtilmemiştir. Yukarıdaki eşitliklerde yer alan Φ_1 ve Ψ_1 değerleri aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$\Phi_1 = \frac{\sin u \cdot \cosh u + \cos u \cdot \sin u}{\sin u \cdot \cos u + \sin u \cdot \cosh u} \quad (3.47)$$

$$\Psi_1 = \frac{\cos u \cdot \sinh u - \sin u \cdot \cosh u}{\sin u \cdot \cos u + \sin u \cdot \cosh u} \quad (3.48)$$

$$u = \frac{\gamma \cdot l}{2} = \frac{l}{2} \cdot \sqrt[4]{\frac{K}{4E} \cdot \frac{1+\mu}{\alpha_2 \cdot I_1 + \mu \cdot \alpha_1 \cdot I_2}} \quad (3.49)$$

Orta kesitteki gerilmeler, bu ifadeler aracılığıyla M_1 , M_2 momentleri ve N_1 , N_2 kuvvetleri için hesaplanabilir:

$$M_1 = -EI_1 \cdot y_1'' \quad (3.50)$$

$$M_2 = -EI_2 \cdot y_2'' \quad (3.51)$$

$$N_1 = -N_2 = \frac{EI_A}{a} \cdot (\alpha_1 \cdot y_1'' + \alpha_2 \cdot y_2'') \quad (3.52)$$

Orta kesitte $z = 0$ konumunda (3.41) ve (3.42) eşitliklerinin diferansiyeli aşağıdaki şekilde yazılır:

$$y_1'' = 2C_2 + 2\gamma^2 \cdot C_3 \quad (3.53)$$

$$y_2'' = 2C_2 - 2\mu \cdot \gamma^2 \cdot C_3 \quad (3.54)$$

(3.44), (3.45) ve (3.46) eşitliklerinin yukarıdaki denklemlerde yerine yazılmasıyla aşağıdaki denklemler elde edilir:

$$N_2 = -N_1 = M \cdot \frac{I_A}{a \cdot I} - \Phi_1 \cdot M \cdot \frac{I_A}{a} \cdot \frac{\mu \cdot (\alpha_1 - \mu \cdot \alpha_2)}{(1+\mu) \cdot (\alpha_2 \cdot I_1 + \mu \cdot \alpha_1 \cdot I_2)} \quad (3.55)$$

$$M_1 = M \cdot \frac{I_1}{I} - \Phi_1 \cdot M \cdot I_1 \cdot \frac{\mu}{(1+\mu) \cdot (\alpha_2 \cdot I_1 + \mu \cdot \alpha_1 \cdot I_2)} \quad (3.56)$$

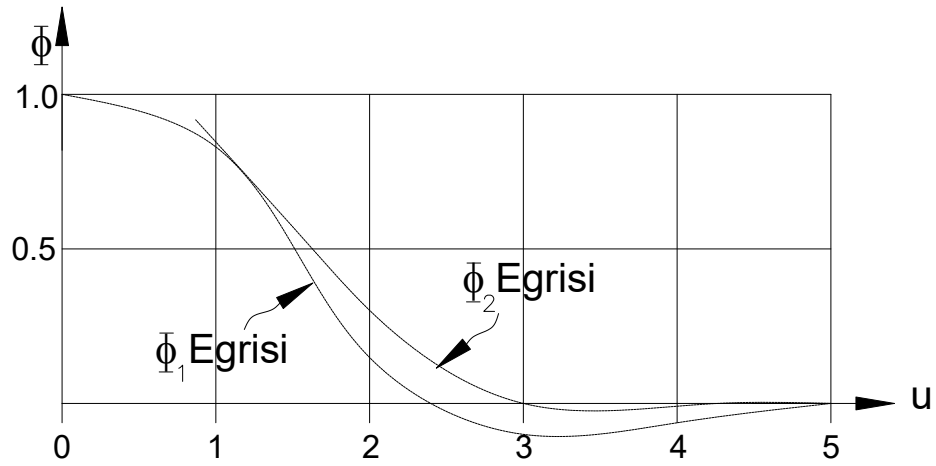
$$M_2 = M \cdot \frac{I_2}{I} + \Phi_1 \cdot M \cdot I_2 \cdot \frac{\mu^2}{(1+\mu) \cdot (\alpha_2 \cdot I_1 + \mu \cdot \alpha_1 \cdot I_2)} \quad (3.57)$$

Bu denklemler, Bölüm 3.2'deki (3.16), (3.17) ve (3.18) eşitlikleri ile kıyaslandığında, aradaki tek farkın yukarıdaki denklemlerin her birinin ikinci kısmında yer alan Φ_1 faktörü olduğu görülür. Bölüm 3.2'de (3.16), (3.17) ve (3.18) eşitliklerinin her birinin ikinci ifadeleri düzeltme faktörü olacak şekilde Navier'in teorisinin sonuçlarını verdiği görülmüştü. Bu bölümde ortaya konulan teori de benzer sonuçlar vermektedir, fakat Denklem 3.19'da bulunan düzeltme kısmı Φ_1 faktörü ile çarpılmıştır. Bu teoriye göre gerilmeleri hesaplamak için aşağıdaki bağıntı kullanılabilir:

$$\sigma = \sigma_N + \Phi_1 \cdot \Delta\sigma \quad (3.58)$$

Burada Navier gerilmeleri σ_N , düzeltici gerilmeler $\Delta\sigma_1, \Delta\sigma_2$ ve düzeltici kuvvetler $\Delta N_1, \Delta N_2$ ile $\Delta M_1, \Delta M_2$ momentleri Bölüm 3.2'deki ilgili eşitliklerden hesaplanacaktır.

Bu sonuç, yani (3.58) eşitliği, şaşırtıcı derecede sadedir. Bu denklemlerle Navier'in teorisinden bulunan gerilmelerin, bir Φ_1 sapma faktörü ile değişimleri gösterilmiştir. Φ_1 , Şekil 3.13'de (3.49) eşitliğinde tanımlanan u 'nun bir fonksiyonu olarak gösterilmiştir. u , üstyapı ve teknenin boyutları ve perdelerin K stiflik faktörünün bir fonksiyonudur. u değeri üstyapının boyu ile orantılıdır ve K faktörünün artmasıyla beraber artmaktadır. Şekil 3.13'e göre $u=0$ için $\Phi_1 = 1$ 'dir ve u 'nun artışıyla düşer. u 'nun 2'den büyük olduğu durumda Φ_1 , küçük bir pozitif sayı hatta negatif bir değer alır. Bu durum da Navier'in teorisinin orta kesitte yaklaşık olarak doğru olduğunu gösterir [62].

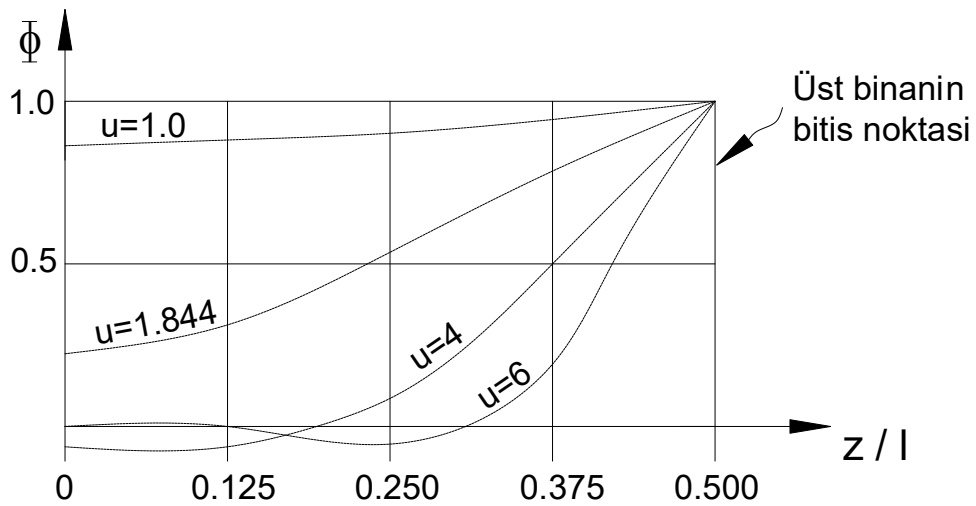


Şekil 3.13 Φ_1 ve Φ_2 'nin u 'ya bağlı fonksiyonu

(3.58) eşitliği orta kesitte üretilmiştir. Yukarıda verilen diferansiyel denklemler, diğer kesitlerdeki gerilmelerin bulunması için de kullanılabilirler. Benzer bir bağıntı olarak aşağıdaki denklem verilebilir:

$$\sigma = \sigma_N + \Phi_1(z) \cdot \Delta\sigma \quad (3.59)$$

Bu denklem, bütün üstyapı boyunca geçerlidir. Fakat sapma faktörü, orta kesitte olduğu gibi değil; $\Phi_1(z)$ faktörü ile ifade edilir ve bu da u 'nun ve kesitin yerini tanımlayan z/l oranının bir fonksiyonu olacaktır. Şekil 3.14'de $\Phi_1(z)$, z/l oranının ve değişik u değerlerinin fonksiyonu olarak gösterilmiştir. Büyük u değerleri için $\Phi_1(z)$, üstyapı bitim noktaları haricinde her yerde düşük bir değer almaktadır. Bu da Navier'in teorisinin üstyapının orta kısımlarında geçerli olduğunu göstermektedir [63].



Şekil 3.14 Sabit moment ile dağılmış yükleme için sapma faktörünün değişimi

3.5 Eşit Dağılmış Yükler için Diferansiyel Denklemin Çözülmesi

Bu bölümde tekne ve üstyapıya ayrı ayrı etki eden eşit dağıtılmış p_1 ve p_2 yükleri incelenecek ve üstyapı sonlarındaki M_C ve M_D momentlerinin sıfır olduğu varsayılacaktır.

Denge durumundan C ve D uç noktalarındaki S_C ve S_D kuvvetleri aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$S_C = -S_D = \frac{l}{2} \cdot (p_1 + p_2) \quad (3.60)$$

p_1 ve p_2 yüklerine bağlı olarak orta kesitteki moment aşağıdaki şekilde bulunabilir:

$$M_p = \frac{p_1 + p_2}{8} \cdot l^2 \quad (3.61)$$

Yüklemeler simetrik olduğundan; (3.28) ve (3.29) eşitliklerinin genel simetri çözümünden aşağıdaki bağıntılar elde edilebilir:

$$y_1 = C_1 + C_2 \cdot z^2 + C_3 \cdot \sin \gamma z \cdot \sinh \gamma z + C_4 \cdot \cos \gamma z \cdot \cosh \gamma z + \frac{p_1 + p_2}{24 \cdot EI} \cdot z^4 + \frac{p_1}{(1 + \mu)K} \quad (3.62)$$

$$y_2 = C_1 + C_2 \cdot z^2 - \mu \cdot C_3 \cdot \sin \gamma z \cdot \sinh \gamma z - \mu \cdot C_4 \cdot \cos \gamma z \cdot \cosh \gamma z + \frac{p_1 + p_2}{24 \cdot EI} + \frac{\mu \cdot p_2}{(1 + \mu)K} \quad (3.63)$$

Buradaki γ , (3.43) eşitliğinde ifade edildiği gibidir.

(3.30), (3.31), (3.32) ve (3.33) denklemlerinde verilen sınır koşulları ile (Denklem (3.32)'deki M değerinin bu durumda sıfır olduğu unutulmamalıdır.) (3.62) ve (3.63) no.lu denklemlerdeki C katsayıları aşağıdaki şekilde düzenlenir:

$$C_2 = -\frac{M_p}{2EI} \quad (3.64)$$

$$C_3 = \frac{1}{2\gamma^2} \cdot \frac{\mu \cdot \Phi_2 M_p}{(1 + \mu) \cdot E \cdot (\alpha_2 \cdot I_1 + \mu \cdot \alpha_1 \cdot I_2)} \quad (3.65)$$

$$C_4 = \frac{1}{2\gamma^2} \cdot \frac{\mu \cdot \Psi_1 M_p}{(1 + \mu) \cdot E \cdot (\alpha_2 \cdot I_1 + \mu \cdot \alpha_1 \cdot I_2)} \quad (3.66)$$

Burada M_p , (3.61) eşitliği ile bulunan orta kısımdaki moment değeridir.

$$\Phi_2 = \frac{2}{u} \cdot \frac{\sin u \cdot \sin u}{\sin u \cdot \cos u + \sinh u \cdot \cosh u} \quad (3.67)$$

$$\Psi_2 = \frac{2}{u} \cdot \frac{\cos u \cdot \cosh u}{\sin u \cdot \cos u + \sinh u \cdot \cosh u} \quad (3.68)$$

$u = \frac{\gamma \cdot l}{2}$ (3.49) eşitliğinde ifade edilmiştir.

(3.64), (3.65) ve (3.66) eşitlikleri (3.44), (3.45) ve (3.46) eşitlikleri ile benzerlik gösterirler ve bir önceki bölümdeki yapılan işlemler takip edilmelidir. Tek fark Φ_1 yerine Φ_2 sapma faktörünün kullanılmasıdır. Buna göre orta kesitteki gerilmeler:

$$\sigma = \sigma_N + \Phi_2 \cdot \Delta\sigma \quad (3.69)$$

Denklem (3.20), (3.21), (3.22), (3.23), (3.24) ve (3.25) σ 'yi hesaplamakta kullanılır ve bu denklemlerdeki M, (3.61) eşitliği yardımı ile hesaplanır.

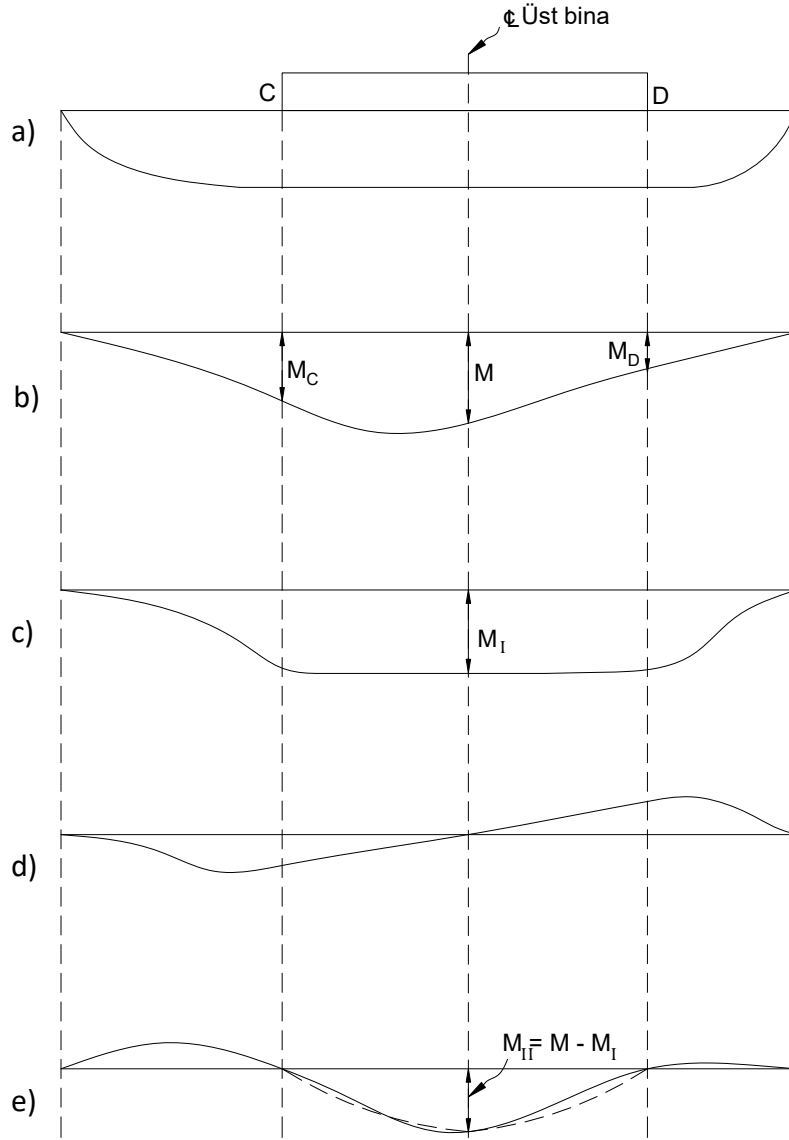
Şekil 3.13; Φ_1 ve Φ_2 'yi u 'ya bağlı bir fonksiyon olarak ifade eder. u 'nın 3'ten küçük olduğu durumlarda Φ_2 , Φ_1 'den büyüktür. Yani eşit dağılmış yükleme, sabit momente göre Navier'in gerilme değerlerinden daha fazla sapma gösterir. Bu bölümdeki yükleme durumu ile bir önceki yükleme durumları arasında yalnız bir belirgin fark vardır. Sabit moment ile dağılmış yükleme için sapma faktörünün değişimi Şekli 3.14'de gösterildiği gibi olacaktır.

Bu bölümde elde edilen sonuçlardan özellikle birine dikkat etmek gerekmektedir. Yer değiştirmeler için yazılan (3.62) ve (3.63) eşitlikleri p_1 ve p_2 yüklemelerine bağlı olan ifadeler içermekte, ayrıca (p_1 ve p_2 yükleri üst bina ve tekne üstüne ayrı ayrı etki etmektedir) gerilmeler sadece p_1+p_2 toplamına bağlı olacaktır. Yine bunların toplamı (3.61) eşitliğine bağlı olarak M değerinin hesaplanması için de gereklidir. Üstyapı ve tekne arasındaki eşit dağılmış yükleme, gerilme dağılımında bir değişiklik oluşturmaz; fakat y_1 ve y_2 yer değiştirme değerlerini etkiler. Eşit dağılmış yüklerin üstyapıdan tekneye transferi eğilme gerilmesinde bir değişiklik oluşturmayacak şekilde sadece y_1-y_2 bağıl yer değiştirme farkı meydana getirir.

3.6 Orta Kesitte Herhangi Bir Yükleme için Gerilmelerin Belirlenmesi

Önceki başlık altında iki basit yükleme durumunda gerilmeler hesaplanmış olup; bu kısımda da, bu iki yükleme durumunun birleşiminin herhangi bir yükleme durumu için nasıl kullanılabileceği gösterilmeye çalışılacaktır.

Şekil 3.15(a)'da bir geminin tekne ve üst bina kısmı, Şekil 3.15(b)'de ise dış yüklere ve suyun kaldırma kuvvetine bağlı olarak moment diyagramı genel olarak görülmektedir. C ve D noktaları arasında tekne ve üstyapı kesitinin sabit devam ettiği varsayılmaktadır. (Bu noktalar dışında teknenin kesiti değişkenlik gösterebilir.)



Şekil 3.15 Tekne boyuna kesitinde dış yüklere ve suyun kaldırma kuvvetine bağlı moment diyagramları

Süperpozisyon kuralı geçerli olmak üzere geminin toplam yüklemesi üç kısma ayrılabilir. Bunların gemi yapısında oluşturdukları momentler ayrı ayrı Şekil 3.15(c), 3.15(d) ve 3.15(e)'de de gösterilmiştir. Birinci kısım tüm üstyapı boyunca sabit bir moment $M_I = \frac{1}{2} (M_C + M_D)$ oluşturmaktadır. İkinci kısımda, moment eğrisinin karakteristiği C ve D noktaları arasında yatay bir doğrudur ve bu noktalardaki momentler sırasıyla $\frac{1}{2}(M_C - M_D)$ ve $-\frac{1}{2} (M_C - M_D)$ olacaktır. Üçüncü kısımda ise geri kalan yüklemenin doğurduğu moment görülecektir. Öyle ki, Şekil 3.15(c), 3.15(d) ve 3.15(e)

moment diyagramlarının toplamı Şekil 3.15(b)'de gösterilen asıl moment diyagramına denk olacaktır. Şekil 3.15(c) ve 3.15(d)'deki momentlerin seçimi nedeniyle Şekil 3.15(e)'deki son diyagramda momentler C ve D noktasında daima sıfır olacaktır.

Bu bilgiler ışığında, orta kesitteki gerilmeler bu üç kısım için ayrı ayrı belirlenip, bunların toplamı ile toplam gerilmeye ulaşılabilir.

Yüklemenin birinci kısmı için moment, C ve D noktaları arasında sabit M_I değerini alacaktır. Bu tam olarak bölüm 3.4'de tartışılan yükleme durumudur ve gerilme (σ_I) bu yüklemeye göre (3.58) eşitliği yardımı ile hesaplanabilir.

$$\sigma_I = \sigma_{NI} + \Phi_1 \cdot \Delta\sigma_I \quad (3.70)$$

Burada I indisi, σ_N ve $\Delta\sigma$ 'nın (3.20), (3.21), (3.22), (3.23), (3.24) ve (3.25) eşitliklerinden ve bu denklemler içerisinde M değeri yerine M_I değeri kullanarak belirlendiğini göstermek için kullanılmıştır.

İkinci moment diyagramı Şekil 3.15(d) ile devam edildiğinde, orta kesitteki momentin aslında sıfır olduğu ve moment eğrisinin antisimetrik olduğu gerçeğine bağlı olarak bu kısımdaki gerilmelerin kaybolduğu görülmektedir. Yükün bu kısmının orta kesitteki gerilmeler üzerinde herhangi bir katkısı bulunmamaktadır.

Moment diyagramının üçüncü kısmı, bir önceki kısımda anlatılan eşit dağılımlı yüklemenin oluşturduğu ve C-D noktaları arasında parabolik olan moment diyagramına benzer tiptedir. Eğer gerçek moment diyagramına, orta kesitte aynı momente sahip ($M_{II}=M-M_I$) bir parabolle yaklaşırsa, orta kesitteki gerilmeler (3.69) eşitliğinden bulunabilir.

$$\sigma_{II} = \sigma_{NII} + \Phi_2 \cdot \Delta\sigma_{II} \quad (3.71)$$

Burada II indisi; (3.20), (3.21), (3.22), (3.23), (3.24) ve (3.25) eşitliklerinden σ_N ve $\Delta\sigma$ hesaplanırken M_{II} momentinin kullanıldığını işaret etmektedir.

Orta kesitteki bütün gerilmeler aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\sigma = \sigma_I + \sigma_{II} = \sigma_{NI} + \sigma_{NII} + \Phi_1 \cdot \Delta\sigma_I + \Phi_2 \cdot \Delta\sigma_{II} \quad (3.72)$$

Bu denklem, σ_N ve $\Delta\sigma$ değerlerini orta kesitteki toplam M değeri ile ifade ederek basitleştirilebilir. (3.20), (3.21), (3.22), (3.23), (3.24) ve (3.25) eşitliklerinden açıkça görüleceği üzere aşağıdaki bağıntılara ulaşılabacaktır:

$$\sigma_{NI} = \frac{M_I}{M} \cdot \sigma_N \quad \Delta\sigma_I = \frac{M_I}{M} \cdot \Delta\sigma$$

$$\sigma_{NII} = \frac{M_{II}}{M} \cdot \sigma_N \quad \Delta\sigma_{II} = \frac{M_{II}}{M} \cdot \Delta\sigma$$

$M = M_I + M_{II}$ eşitliği (3.72)'de kullanılarak aşağıdaki denklem elde edilebilir:

$$\sigma = \sigma_N + \frac{\Phi_1 M_I + \Phi_2 M_{II}}{M} \cdot \Delta\sigma \quad (3.73)$$

Bu kısmın başında M_I ve M_{II} değerleri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

$$M_I = \frac{M_C + M_D}{2} \quad (3.74)$$

$$M_{II} = M - M_I = M - \frac{M_C + M_D}{2} \quad (3.75)$$

(3.74) ve (3.75) eşitliğindeki M_I ve M_{II} değerleri, (3.73)'de yerlerine yazılırsa sonuç olarak aşağıdaki ifade elde edilir:

$$\sigma = \sigma_N + \Phi \cdot \Delta\sigma \quad (3.76)$$

Burada sapma faktörü Φ aşağıdaki formül tarafından bulunur:

$$\Phi = \Phi_2 - (\Phi_2 - \Phi_1) \cdot \frac{M_C + M_D}{2M} \quad (3.77)$$

Φ_1 ve Φ_2 değerleri (3.47) ve (3.67) eşitliklerinde de tanımlandığı gibidir.

Bu bölümde kullanılan yaklaşım; sapma faktörü Φ 'nin, genel tip bir yükleme için iki temel faktör Φ_1 ve Φ_2 'den ve sonuç olarak da basit bir işlem prosedürü ile belirlenmesini sağlamaktadır [66].



Şekil 3.16 Örnek üstyapı

3.7 Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Yeni Düzeltme Faktörünün Belirlenmesi

Bleich'in modeli diğer çalışmalara temel oluşturmıştır. Ortaya koyduğu model itibariyle geliştirmeye yönelik bir çalışma yapmıştır. Bu modeldeki en önemli sorun, çalışmanın kapsayıcı olmamasıdır. Belirli bir gemi tipinin yine belirli bir formuna yönelik yapılmıştır. 'K' katsayısına dayandırdığı Φ_1 ve Φ_2 düzeltme faktörleri, deneysel sonuçlara bağlı olarak elde edildiğinden, pratikte diğer gemiler için uygulanabilir hale getirilmesi çok zahmetli olmaktadır. Bunun yanında yukarıda belirtilen deneysel sonuçlar elde edilse bile bu yöntem, kavram dizayn aşamasında kullanılması için çok karmaşıktır.

Literatür araştırmasında bahsedildiği gibi sonraki yıllarda daha yaklaşık sonuçların elde edilmesine yönelik geliştirilen sonlu elemanlar yazılımları, dizayn aşamasında kullanılmaya yöneliktir. Gerek eldeki bilgilerin sınırlı olması gerekse sonlu elemanlar analizi için gerekli modelin oluşturulması zahmetli olduğundan, kavram dizayn aşamasında kullanılamamaktadır.

Bleich'in ortaya koyduğu modeldeki düzeltme katsayısının hesaplanmasının pratik hale getirilmesi için; sonlu elemanlar analizi ile elde edilen sonuçlar, istatistiksel yöntem kullanılarak kavram dizayn aşamasında kullanışlı hale getirilebilecektir.

3.8 Araştırma için Kullanılacak Yatın Seçilmesi

20 m ile 60 m arasındaki motor yatlarda üstyapının formu ve konumu tamamıyla müşterinin istekleri ve dizaynerin hayal dünyası ile kısıtlıdır. Araştırma için kullanılacak tekne seçilirken, geçmişten bugüne en çok talep almış ve halen sıkça kullanılan geleneksel form ve üstyapı modeli seçilmiştir.

Araştırma için seçilen teknenin boyutları aşağıdaki gibidir:

Lwl : 46.3 m

B : 9 m

D : 5.9 m

T : 2.6 m

Servis Hızı : 15 kn

$h_{\bar{u}}$: 3 m

s : 0.5 m

S : 2 m

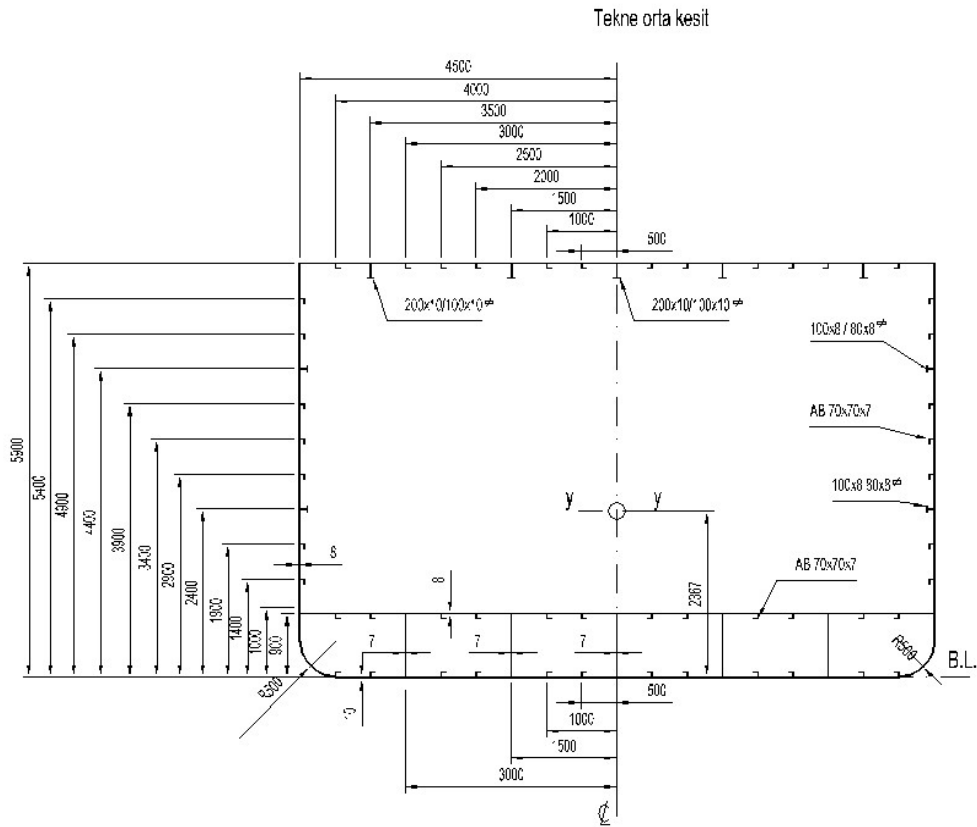
Burada; s : Boyuna postalar arası mesafe

S : Enine postalar arası mesafe

$h_{\bar{u}}$: Her bir üstyapı katının yüksekliğidir.

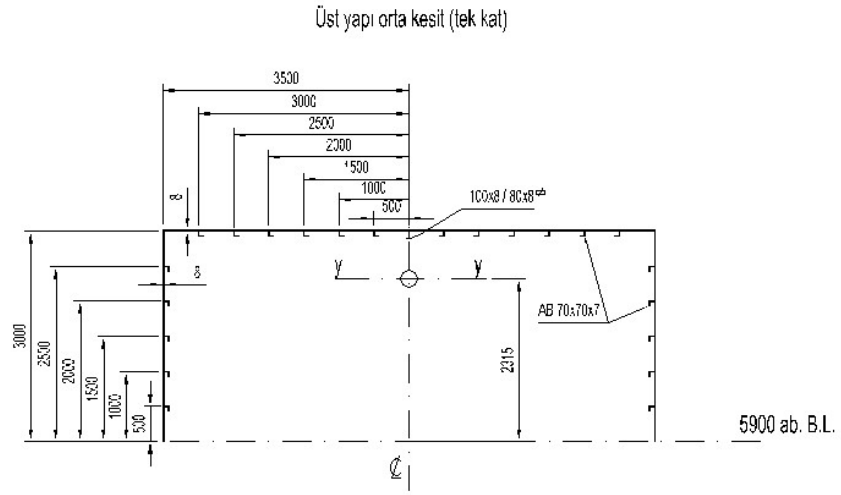
Seçilen motor yat Bureau Veritas'ın NR-500 isimli yatların klaslanması ve boyutlanmasına yönelik kural kitabına göre boyutlandırılmıştır [10]. Bir sonraki kısımda detaylarının açıklandığı kuvvet ve momentlere bağlı olarak orta kesit planları hazırlanmış ve buna göre sonlu elemanlar analizinde sonuçlar incelenmiştir [12].

Kesit Bilgileri		
Elemanların Kesit alanı		A= 427203 mm ²
	C.O (mm)	Atalet Momenti (mm ⁴)
Y	2366	2.41995e+012



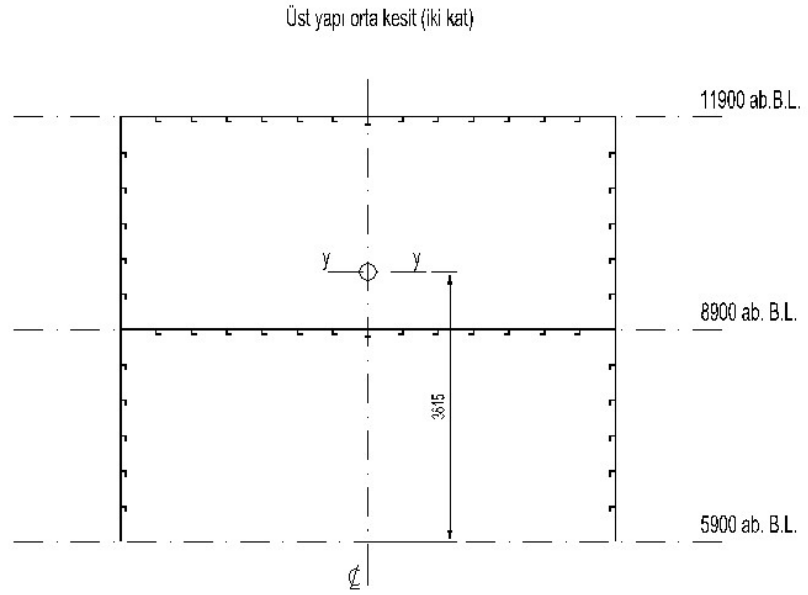
Şekil 3.17 Test teknesi orta kesit

Kesit Bilgileri		
Elemanların Kesit alanı		A= 125794 mm ²
	C.O (mm)	Atalet Momenti (mm ⁴)
Y	2366	1.09986e+011



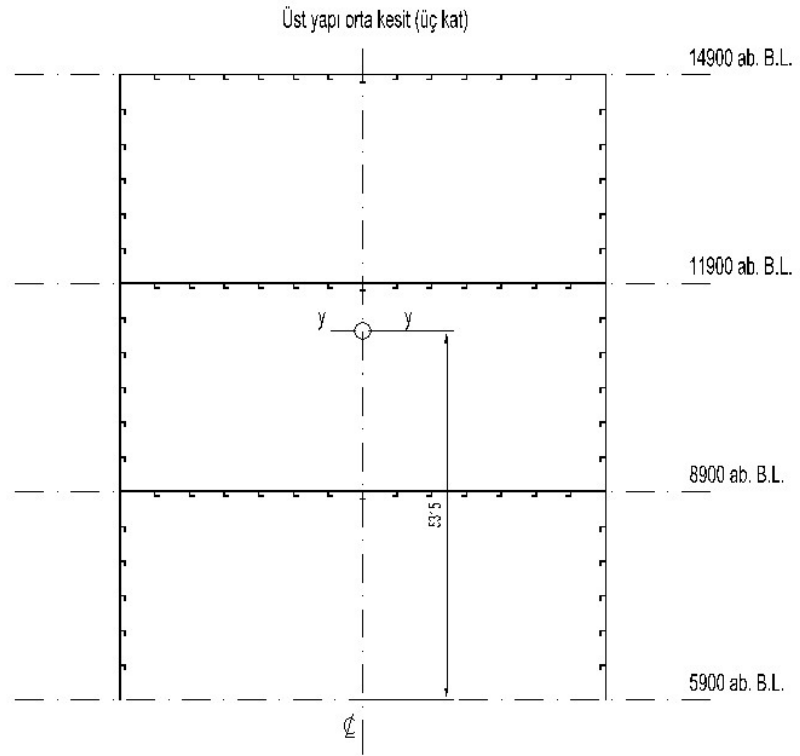
Şekil 3.18 Test teknesi üstyapı orta kesit (tek kat)

Kesit Bilgileri		
Elemanların Kesit alanı		A= 251588 mm ²
	C.O (mm)	Atalet Momenti (mm ⁴)
Y	2366	7.86045e+011



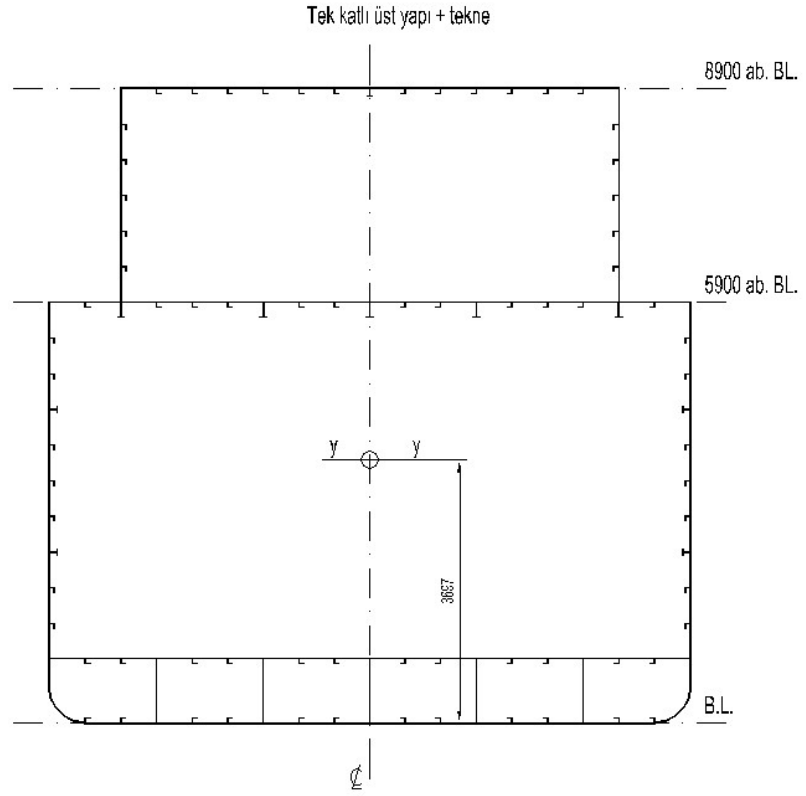
Şekil 3.19 Test teknesi üstyapı orta kesit (iki kat)

Kesit Bilgileri		
Elemanların Kesit alanı		A= 377382 mm ²
	C.O (mm)	Atalet Momenti (mm ⁴)
Y	2366	2.59425e+012



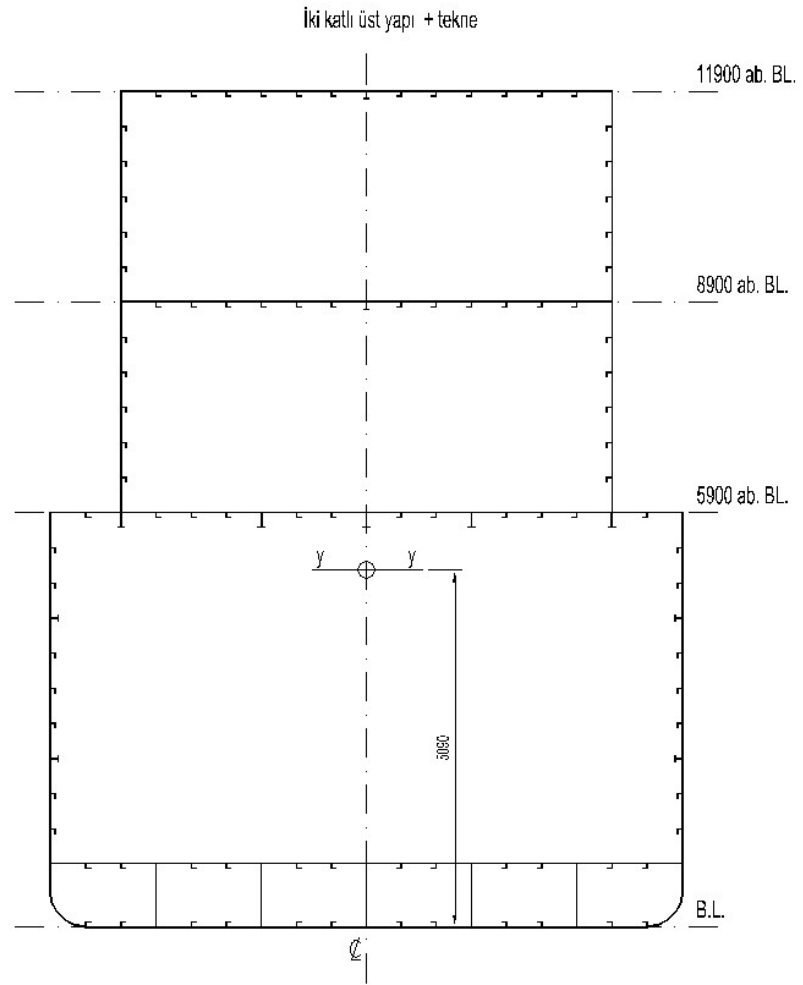
Şekil 3.20 Test teknesi üstyapı orta kesit (üç kat)

Kesit Bilgileri		
Elemanların Kesit alanı		A= 552997 mm ²
	C.O (mm)	Atalet Momenti (mm ⁴)
Y	2366	5.85345e+012



Şekil 3.21 Test teknesi (tek katlı üstyapı ile)

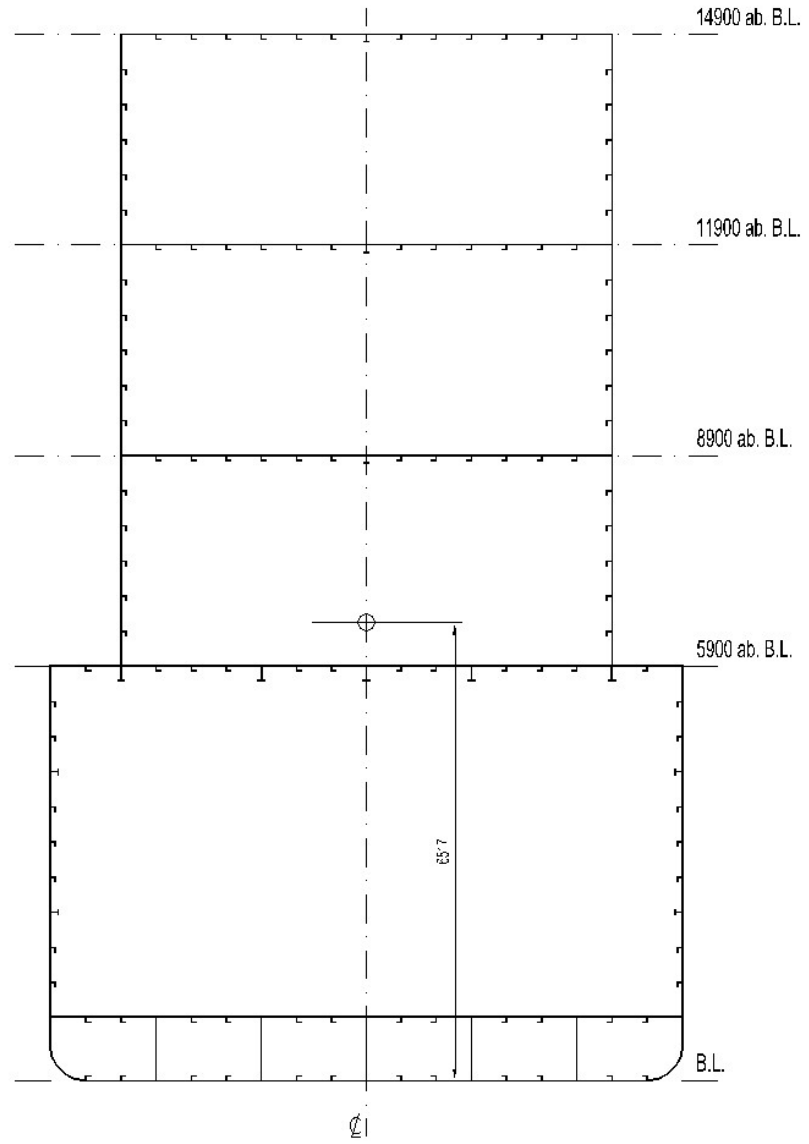
Kesit Bilgileri		
Elemanların Kesit alanı		A= 678791 mm ²
	C.O (mm)	Atalet Momenti (mm ⁴)
Y	2366	1.17554e+013



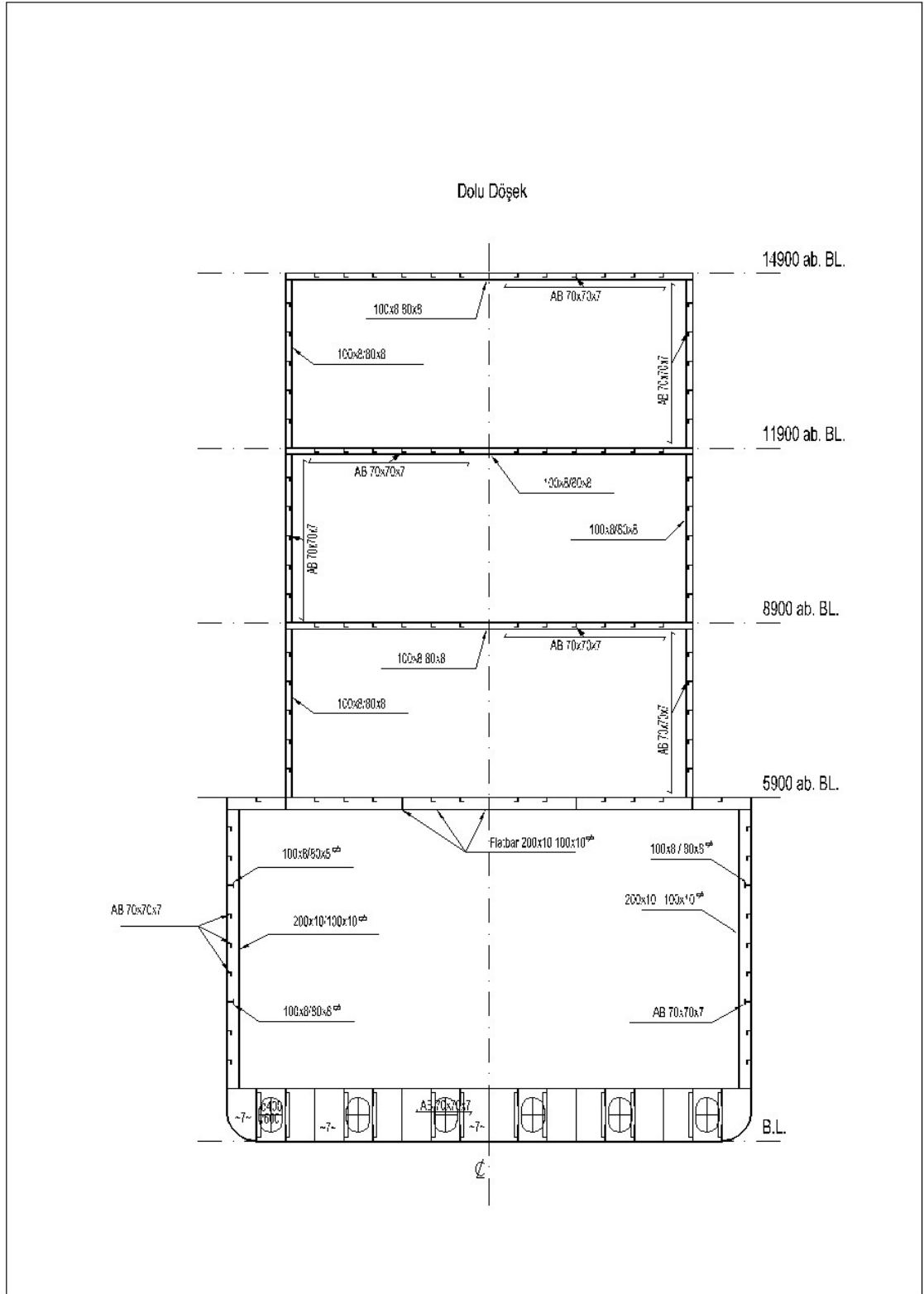
Şekil 3.22 Test teknesi (iki katlı üst yapı ile)

Kesit Bilgileri		
Elemanların Kesit alanı		A= 804585 mm ²
	C.O (mm)	Atalet Momenti (mm ⁴)
Y	2366	2.07013e+013

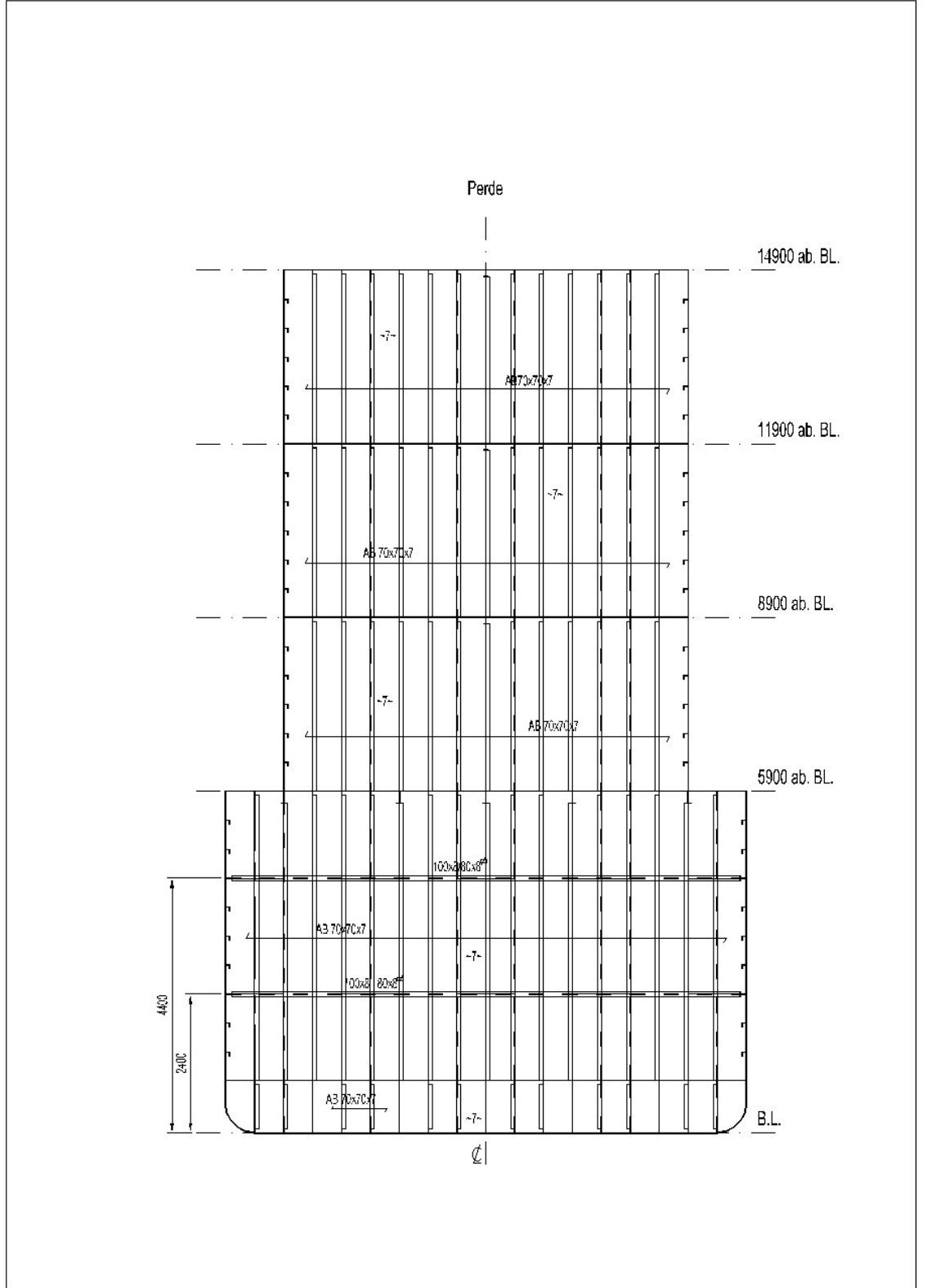
Üç katlı üst yapı + tekne



Şekil 3.23 Test teknesi (üç katlı üst yapı ile)



Şekil 3.24 Test teknesi dolu döşek görünüşü



Şekil 3.25 Test teknesi perde görünüşü

3.9 Kuvvet ve Momentlerin Belirlenmesi

Model üzerinde uygulanacak kuvvet ve momentlerin belirlenmesi Bureau Veritas'ın yatlarla ilgili kural kitabı NR-500'e göre yapılmıştır. İlgili kural kitabında Cilt-B Bölüm-4 Kısım-2'de tekne üzerine etki eden toplam yükleme tanımlanmıştır. Buna göre dalgalara bağlı maksimum dikey eğilme momenti ve kayma kuvveti aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$M_{WV} = 0,25 \cdot n \cdot C_W \cdot L_W^2 \cdot B_W \cdot C_B \quad (3.78)$$

Burada;

$$L_W = 0,5 (L_{WL} + L_{HULL}) = 0,5 (46,3 + 47,7) = 47 \text{ m} \quad (3.79)$$

$$C_W = 0,625 (118 - 0,36 L_W) L_W 10^{-3} = 0,625 (118 - 0,36 \cdot 47) 47 \cdot 10^{-3} = 2,96 \text{ m} \quad (3.80)$$

olarak hesaplanmaktadır.

Bu veriler ışığında M_{WV} aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$M_{WV} = 0,25 \cdot 1 \cdot 2,96 \cdot 47^2 \cdot 9 \cdot 0,516 = 7591 \text{ kNm} = 7591 \times 10^6 \text{ Nmm} \quad (3.81)$$

$$Q_{WV(\max)} = 0,80 n C_W L_W B_W C_B = 0,8 \cdot 1 \cdot 2,96 \cdot 47 \cdot 9 \cdot 0,516 = 516 \text{ kN} = 516 \times 10^3 \text{ N} \quad (3.82)$$

Orta kesit için NR-500'ün yukarıda belirtilen ilgili bölümünde maksimum değerin %50'sinin alınacağı belirtilmiştir. Dolayısıyla:

$$Q_{WV} = 0,5 \cdot Q_{WV(\max)} = 258 \times 10^3 \text{ N} \quad (3.83)$$

Yine aynı kural kitabında belirtildiği üzere sakin su eğilme momenti ve kayma kuvveti, ön dizayn aşamasında aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir:

$$M_{SW,H} = 0,8 M_{WV} = 0,8 \cdot 7591 \times 10^6 = 6072 \times 10^6 \text{ Nmm} \quad (3.84)$$

$$Q_{SW} = 0,8 Q_{WV} = 0,8 \cdot 258 \times 10^3 = 206 \times 10^3 \text{ N} \quad (3.85)$$

Dalga tepesi durumu için:

$$\Sigma M = M_{SW,H} + M_{WV} = 13664 \times 10^6 \text{ Nmm} \quad (3.86)$$

$$\Sigma Q = Q_{SW} + Q_{WV} = 464 \times 10^3 \text{ N} \quad (3.87)$$

Hesaplanan toplam kayma kuvveti ve moment değerleri, sonlu elemanlar uygulamasında orta kesite birlikte uygulanacaktır [69].

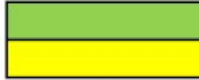
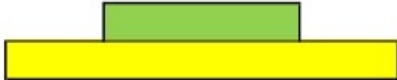
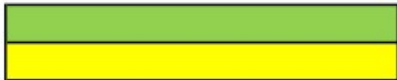
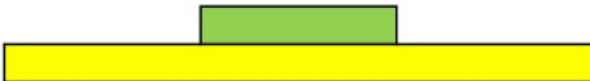
Üstyapının etkisinin açık bir şekilde görülebilmesi için moment değeri 100000 kNm olarak alınacaktır. Bu değerin, yatın servis süresi boyunca tecrübe edilemeyecek kadar yüksek olduğu düşünülebilir. Çalışmadaki öncelikli amaç olan malzeme etkisi ve üstyapı boyutları düşünüldüğünde, hesapları bu moment değeri ile yapmak doğru bir varsayım olacaktır [11], [70], [75].

3.10 Üstyapı Seçenekleri

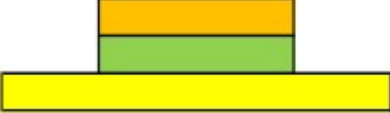
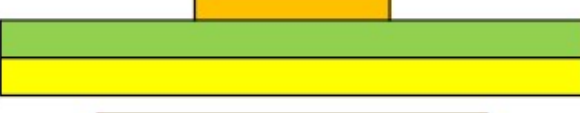
Sonuçların yeterince kapsayıcı olması açısından seçilen üstyapı uzunluk ve kat kombinasyonları ile malzeme çeşitlerini içeren seçeneklerin hesaba dahil edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle malzeme çeşitleri belirlenirken; teknenin ve üstyapının çelik (St-St), teknenin çelik ve üstyapının alüminyum olduğu (St-Al), son olarak da teknenin ve üstyapının alüminyum olduğu malzeme kombinasyonları ele alınmış, Şekil 3.26 ve 3.27' de bunların her biri için bir incelenen 17 üstyapı seçeneği gösterilmiştir. Bu şekilde toplamda 57 adet (19x3 olmak üzere) seçenek işlenmiştir.

Bunun yanında üstyapı uzunluk ve kat kombinasyonları olarak da kısa, orta ve uzun olarak üç farklı boy olasılığı incelenmiştir. Bureau Veritas'ın yatların boyutlandırılması ile ilgili kural kitabı NR-500'ün Kısım-B Bölüm-5'te, üstyapının toplam tekne mukavemetinin incelenmesinde dahil edilmesi için minimum uzunluğunun 0.4L olması gerektiği belirtilmiştir. Bunun doğru olmadığının kontrolü için, kısa olarak çalışmaya dahil edilen üst yapı uzunluğu 0.3L olarak incelenmiştir. Üst yapı boyunda üst sınır, tecrübeye istinaden motor yatlardaki paralel gövde uzunluğu ve 2000-2017 yılları arasında teslim edilen üstyapı tiplerine bağlı olarak 0.6L kabul edilmiştir [24], [25]. Bu iki boy seçeneği arasındaki değişimin de takip edilebilmesi için orta boy uzunluk olarak 0.45L sonlu elemanlar analizinde incelenmiştir.

Son olarak katsayısı üç kata kadar olan üstyapıların katkısı hesaplanmıştır. Bu konudaki genel yargı ikinci kattan sonra etkinin olmayacağı yönünde olsa da, gerek bu varsayımın teyidi gerekse verimliliğinin belirlenmesi açısından çalışmaya dahil edilmiştir.

Malzeme Kombinasyonları			Ops. No:	Üstyapı Uzunluk ve Kat Kombinasyonları	Kat Sayısı
St-St	St-Al	Al-Al			
St-St	St-Al	Al-Al	1		1
St-St	St-Al	Al-Al	2		1
St-St	St-Al	Al-Al	3		1
St-St	St-Al	Al-Al	4		2
St-St	St-Al	Al-Al	5		2
St-St	St-Al	Al-Al	6		2
St-St	St-Al	Al-Al	7		2
St-St	St-Al	Al-Al	8		2
St-St	St-Al	Al-Al	9		2

Şekil 3.26 Üstyapı uzunluk ve kat kombinasyonları

Malzeme Kombinasyonları			Ops. No:	Üstyapı Uzunluk ve Kat Kombinasyonları	Kat Sayısı
St-St	St-Al	Al-Al	10		3
St-St	St-Al	Al-Al	11		3
St-St	St-Al	Al-Al	12		3
St-St	St-Al	Al-Al	13		3
St-St	St-Al	Al-Al	14		3
St-St	St-Al	Al-Al	15		3
St-St	St-Al	Al-Al	16		3
St-St	St-Al	Al-Al	17		3
St-St	St-Al	Al-Al	18		3
St-St	St-Al	Al-Al	19		3

Şekil 3.27 Üstyapı uzunluk ve kat kombinasyonları (devamı)

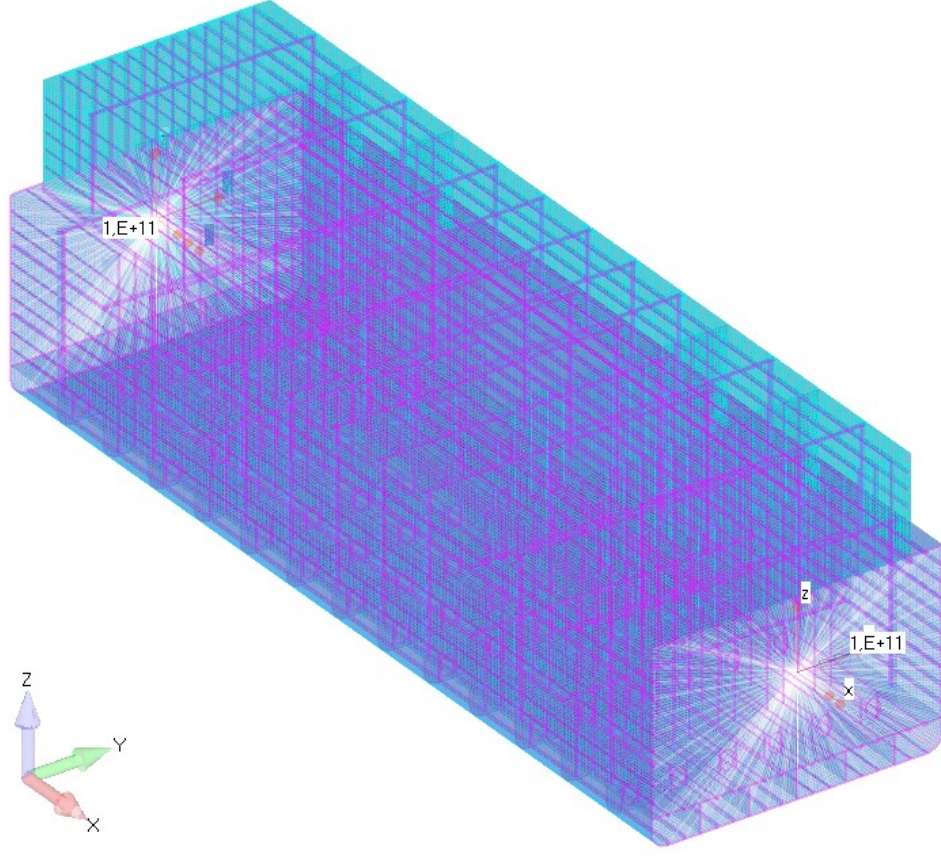
3.11 Yapılan Modelin Özellikleri

Seçilen motor yatın 28 m'lik paralel gövde kısmı FEMAP programında modellenmiştir [79]. Model toplam olarak 439194 elemandan oluşmaktadır. Dış kaplama sacları, birincil ve ikincil mukavemet elemanlarının hepsi 2D kabuk eleman olarak modellenmiş, plaka kalınlıkları çözüm ağı (meshing) işlemi sırasında tanımlanmıştır.

Model tamamlanıp gerekli kontroller yapıldıktan sonra çözüm ağı işlemine geçilmiştir. Yapılan bu işlem sonucunda tekne kısmında toplam 208032 düğüm noktası, üstyapı kısmında ise 218557 düğüm noktası ile model başarılı bir şekilde çözüm ağı yapılmış olup yapılan modelin boşlukta sabitleme işlemine geçilmiştir. Çözüm ağı için "Laplacian smoothing" ve "post-meshing cleanup" teknikleri kullanılmıştır.

Sabitleme; modelin baş ve kıç tarafında alan merkezinde bir noktanın seçilmesi ve posta çerçevesindeki her bir noktayı, merkezdeki seçilen noktaya bağlamak suretiyle yapılmıştır. Merkezde seçilen bu nokta, orta kesitin doğal eksenine dikkate alınarak konumlandırılmıştır. Belirlenen sabit noktalardan kıç taraftaki, doğrusal eksenlerde (1,2,3) ve burulma olarak da (4) serbestlik derecesinde sabitlenmiştir. Baş taraftaki sabit nokta ise doğrusal olarak (2,3) ve burulma olarak (4) serbestlik derecesinde sabitlenmiştir. Bu şekilde model, kıç taraf bütün doğrusal eksenlerde baş taraf ise dikey ve yatay istikamette sabitlenmiştir. Her iki tarafta da geminin doğrusal eksen etrafında burulması engellenmiştir [57], [59], [60].

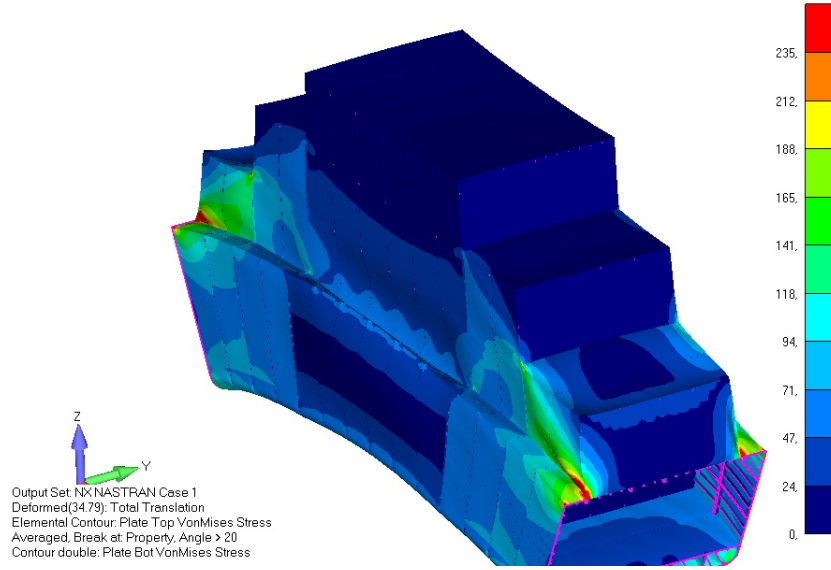
Yer değiştirme ve gerilmeler için sonlu elemanlar analizinden elde edilen sonuçlar sırasıyla mm ve N/mm² olarak bulunmaktadır.



Şekil 3.28 Modelin sonlu elemanlar uygulamasında sabitlenmesi

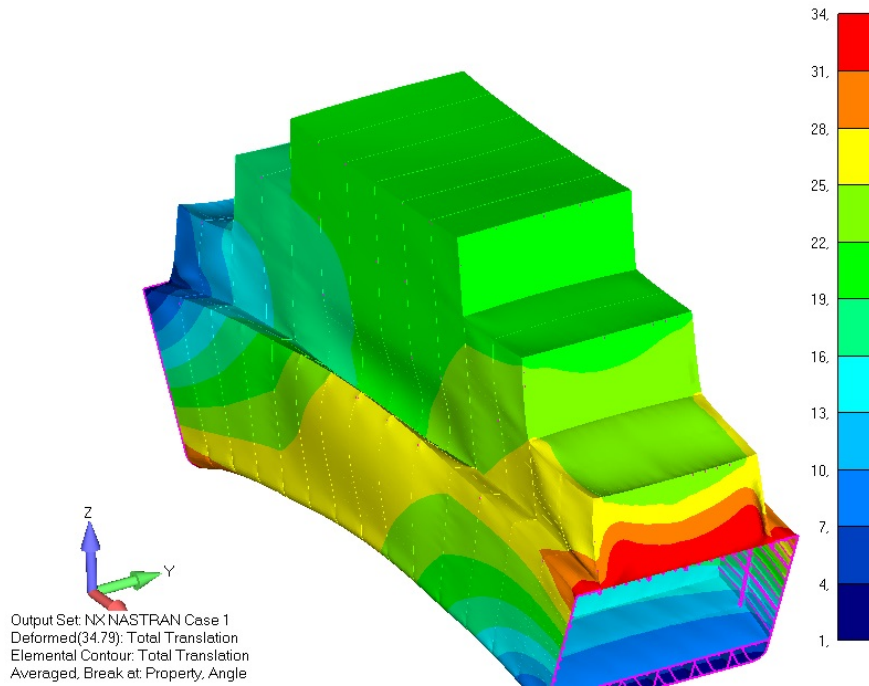
3.12 Sonlu Elemanlar Analizi

Her bir model için ortalama yarım saatlik işlem süresinin sonunda sonuçlar alınmıştır. Sonuçlarda Şekil 3.29'da da görüleceği üzere, modelin sabitlendiği noktaya yakın bölgelerde kısmi olarak üst düzeyde gerilmeler görülmektedir. Bunun gayet normal olduğu bütün sonlu elemanlar uzmanları tarafından bilinmekte ve gözardı edilmektedir. Bu nedenle modellenen yapı her zaman incelenmek istenen yapıdan daha uzun olmaktadır. Böylece incelenmek istenen bölge için güvenilir sonuçlar elde edilebilecektir.



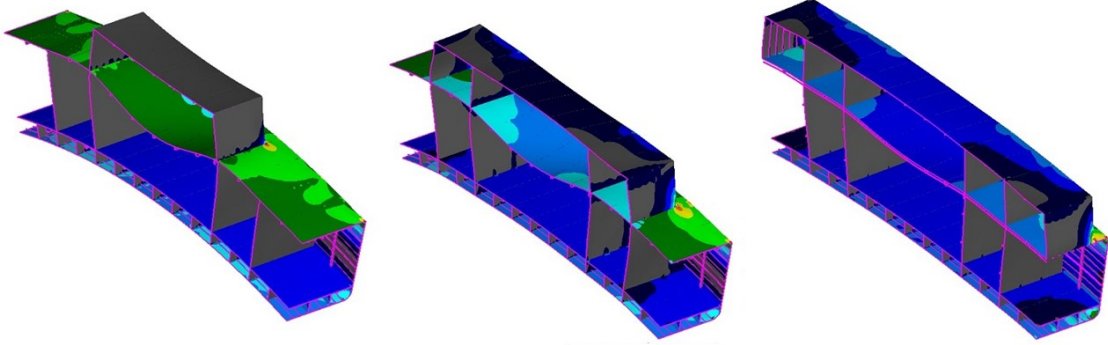
Şekil 3.29 Sabitlemeye dayalı bölgesel uç gerilmeler

Von Mises gerilmelerinin yanında, her bir seçenek için güvertenin orta kesitteki yer değiştirmesi de sonlu elemanlar programında hesaplanmıştır. Bu şekilde değişen malzemenin yer değiştirmeye etkisi açık bir şekilde incelenebilmiştir. Şekil 3.30'da görüleceği üzere seçilen moment dayanarak belirli yer değiştirmeler görülmüş ve bunlar da yapılacak olan analize dahil edilmiştir.



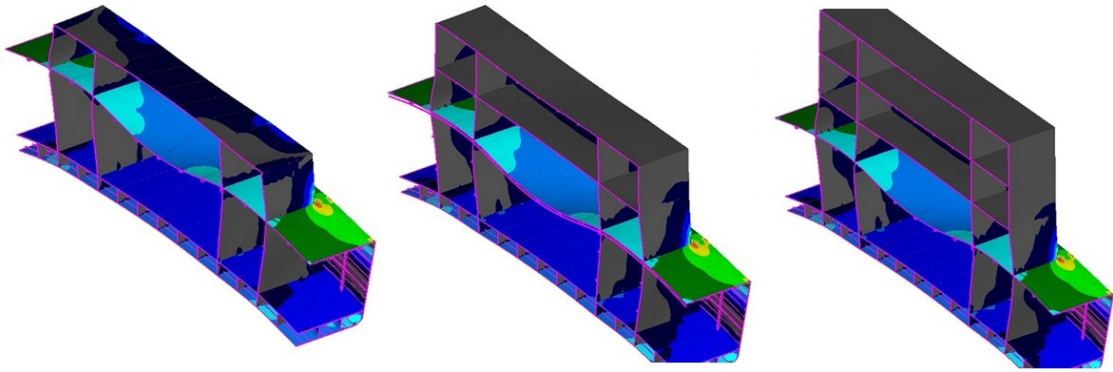
Şekil 3.30 Modeldeki yer değiştirmeler

Şekil 3.31'de hiçbir malzeme değişikliği yapılmaksızın, sadece üstyapının boyunda yapılan değişim güvertteki gerilmelere olumlu şekilde etki etmektedir. Ayrıca yer değiştirmenin de görünür derecede üstyapının boyundan etkilendiği incelenmiştir.



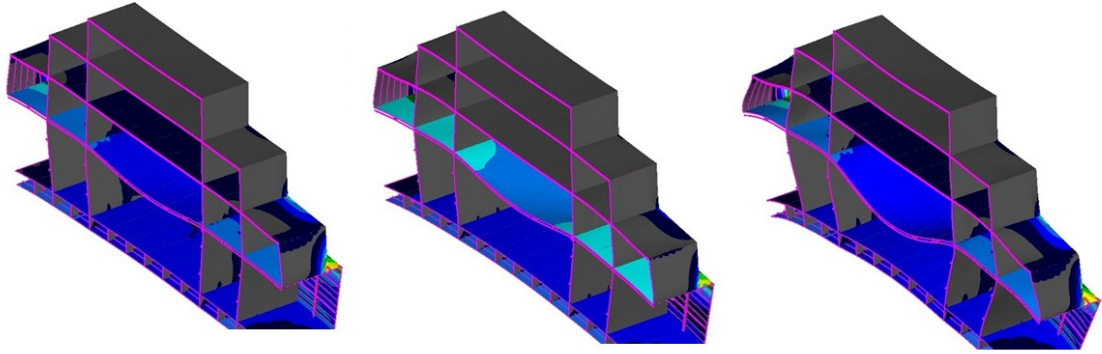
Şekil 3.31 Üstyapı boyuna bağlı gerilmelerdeki değişimler

Üstyapı boyu ve malzeme sabit tutulmak kaydıyla, üstyapının katsayısında yapılan değişiklik de Şekil 3.32'de açık bir şekilde gösterilmiştir. Görüldüğü gibi katsayısının artmasının genel mukavemete yaptığı katkı, boy uzamasına bağlı olan katkı kadar üst düzeyde değildir. Bu daha sonra yapılan analizlerde de gözlemlenmiş ve dikkate alınmıştır.



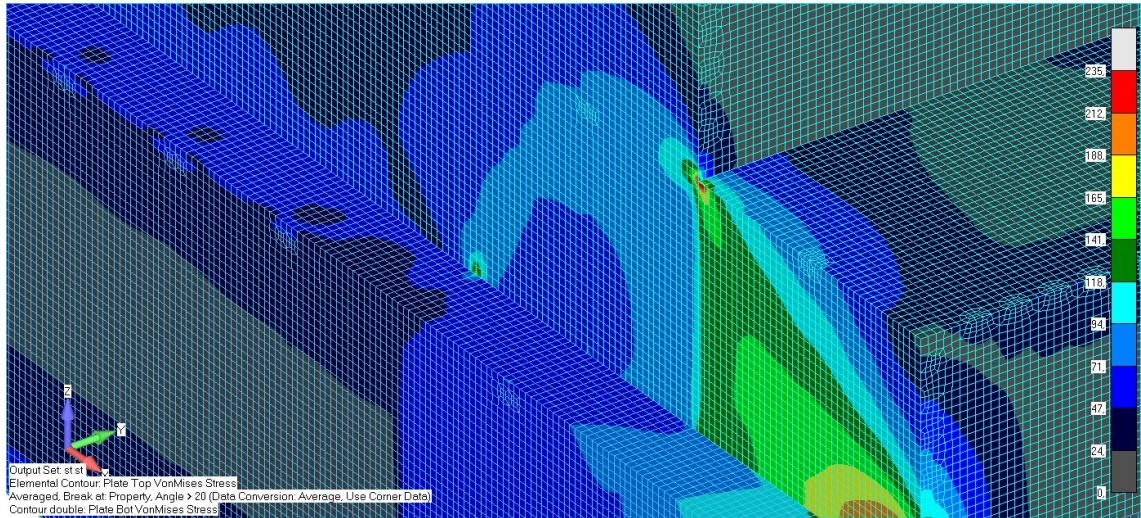
Şekil 3.32 Üstyapı katsayısına bağlı gerilmelerdeki değişimler

Şekil 3.33'de ise üstyapı boyu ve katsayısı sabit tutulmak üzere, tekne ve üstyapıdaki malzeme değişikliğine bağlı olarak gerçekleşen değişimler gözlemlenmiştir. Bekleneceği üzere malzemenin elastiklik modülüne bağlı olarak en büyük yer değiştirme; teknenin ve üstyapının alüminyumdan yapıldığı durumda meydana gelmektedir [67], [68].

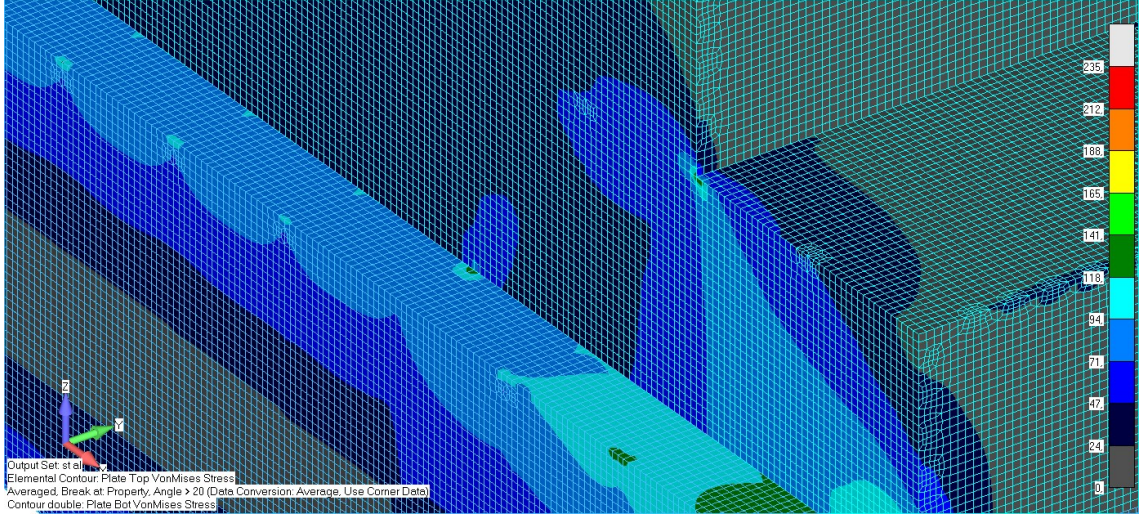


Şekil 3.33 Tekne ve üstyapıdaki malzeme seçimine bağlı olarak güvertedeki yer değiştirmeler

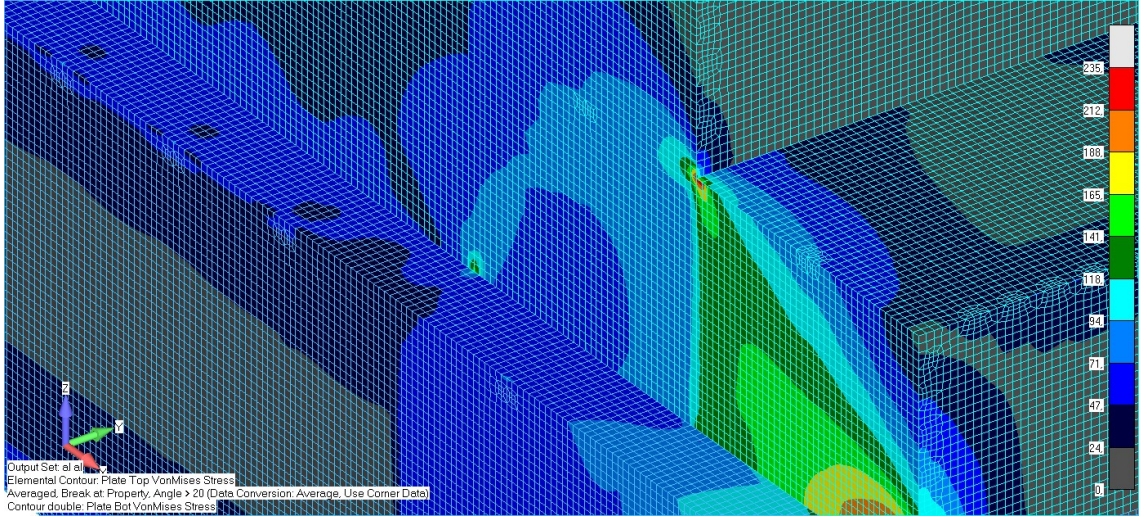
Aşağıda yer alan Şekil 3.34, 3.35 ve 3.36'da her üç malzeme kombinasyonu için de üstyapının ana güverte ile birleşme noktasında gerilme dağılımı gösterilmiştir:



Şekil 3.34 Çelik tekne ve üstyapının güverte birleşim noktasında gerilim dağılımı



Şekil 3.35 Çelik tekne-alüminyum üstyapının güverte birleşim noktasında gerilim dağılımı



Şekil 3.36 Alüminyum tekne ve üstyapının güverte birleşim noktasında gerilim dağılımı

Sonlu elemanlar analizinin sonuçları ve seçilen modellerin özellikleri bir tabloda toplanmıştır. İlgili tablolar Ek-E'de gösterilmiştir. Tablodaki veriler, bunlar arasında yapılan eleme ve sonuç olarak seçilen dizayn verileri bir sonraki kısımda açıklanmıştır.

3.13 Regresyon Analizi

Yapılan istatistiksel analizlerde üstyapının genel mukavemete olan katkısının verimliliğini etkileyecek tüm dizayn değişkenleri göz önüne alınmıştır. Göz önüne alınan dizayn değişkenleri Çizelge 3.1'de gösterilmiştir:

Çizelge 3.1 Analize dahil edilen dizayn değişkenleri

L_{S1}	Üstyapı 1. katının boyu (mm)
L_{S2}	Üstyapı 2. katının boyu (mm)
L_{S3}	Üstyapı 3. katının boyu (mm)
L_{wl}	Teknenin su hattı boyu (mm)
L_{S1}/L_{wl}	Üstyapı 1. kat boyunun tekne su hattı boyuna oranı
L_{S2}/L_{wl}	Üstyapı 2. kat boyunun tekne su hattı boyuna oranı
L_{S3}/L_{wl}	Üstyapı 3. kat boyunun tekne su hattı boyuna oranı
D	Teknenin derinliği (mm)
S_n	Üstyapı katsayısı
H_s	Üstyapı yüksekliği (mm)
$H_s/(H_s+D)$	Üstyapı yüksekliğinin geminin toplam yüksekliğine oranı
a	Üstyapı ve tekne tarafsız eksenleri arasındaki mesafe (mm)
A_1	Üstyapı boyuna mukavemet elemanlarının kesit alanı (mm ²)
A_2	Tekne boyuna mukavemet elemanlarının kesit alanı (mm ²)
A_1/A_2	Üstyapı kesit alanının tekne kesit alanına oranı
I_A	Atalet momenti düzeltme faktörü
α_1	Üstyapı orta kesit tarafsız eksenin güverteye orantısal uzaklığı
α_2	Tekne orta kesit tarafsız eksenin güverteye orantısal uzaklığı
I_1	Üstyapının atalet momenti (mm ⁴)
I_2	Teknenin atalet momenti (mm ⁴)
μ	Boyut faktörü
E_1	Üstyapı malzemesinin elastiklik modülü (N/mm ²)
E_2	Tekne malzemesinin elastiklik modülü (N/mm ²)
M	Tekneye etki eden toplam moment (N.mm)
ΔN_1	Bölüm 3.2'de açıklanan düzeltme faktörü (N)
ΔN_2	Bölüm 3.2'de açıklanan düzeltme faktörü (N)
ΔM_1	Bölüm 3.2'de açıklanan düzeltme faktörü (N.mm)
ΔM_2	Bölüm 3.2'de açıklanan düzeltme faktörü (N.mm)
$\Delta \sigma_{1(T)}$	Üstyapı güvertesi için Bölüm 3.2'de açıklanan düzeltme faktörü (N/mm ²)
$\Delta \sigma_{2(D)}$	Ana güverte için Bölüm 3.2'de açıklanan düzeltme faktörü (N/mm ²)
$\Delta \sigma_{2(B)}$	Dip için Bölüm 3.2'de açıklanan düzeltme faktörü (N/mm ²)
I	Toplam atalet momenti (mm ⁴)
e	Toplam kesit tarafsız ekseninin ana güverteye uzaklığı (mm)
$\sigma_{N(T)}$	Üstyapı güvertesi için Navier'e göre gerilme değeri (N/mm ²)
$\sigma_{N(D)}$	Ana güverte için Navier'e göre gerilme değeri (N/mm ²)
$\sigma_{N(B)}$	Dip için Navier'e göre gerilme değeri (N/mm ²)
$\sigma_{(FEM)T}$	Üstyapı güvertesi için sonlu elemanlar ile hesaplanan gerilme değeri (N/mm ²)
$\sigma_{(FEM)D}$	Ana güverte için sonlu elemanlar ile hesaplanan gerilme değeri (N/mm ²)
$\sigma_{(FEM)B}$	Dip için sonlu elemanlar ile hesaplanan gerilme değeri (N/mm ²)
$C_{E(FEM)}$	Sonlu elemanlar sonuçlarından hesaplanan C_E katsayısı

Bu istatistiksel analizler sonucunda, kavram dizayn aşamasında tatmin edici seviyede rehberlik edebilecek dizayn değişkenleri kümesi belirlenmiştir. Bunlar; L_{S1}/L_{wl} , L_{S2}/L_{wl} , L_{S3}/L_{wl} , $H_S/(H_S+D)$, μ , E_1 ve E_2 değişkenleridir. Regresyon analizi çalışması esnasında bazı (St-St-3, St-Al-1, St-Al-2, St-Al-3, St-Al-4, Al-Al-3) tekne-üstyapı alternatiflerinin aşırı yüksek mutlak hata verdikleri tespit edilmiştir. Bu alternatifler inceleme kümesine dahil edilmemiştir. En küçük kareler metodu kullanılarak C_E için elde edilen yaklaşık ifade aşağıdaki gibidir:

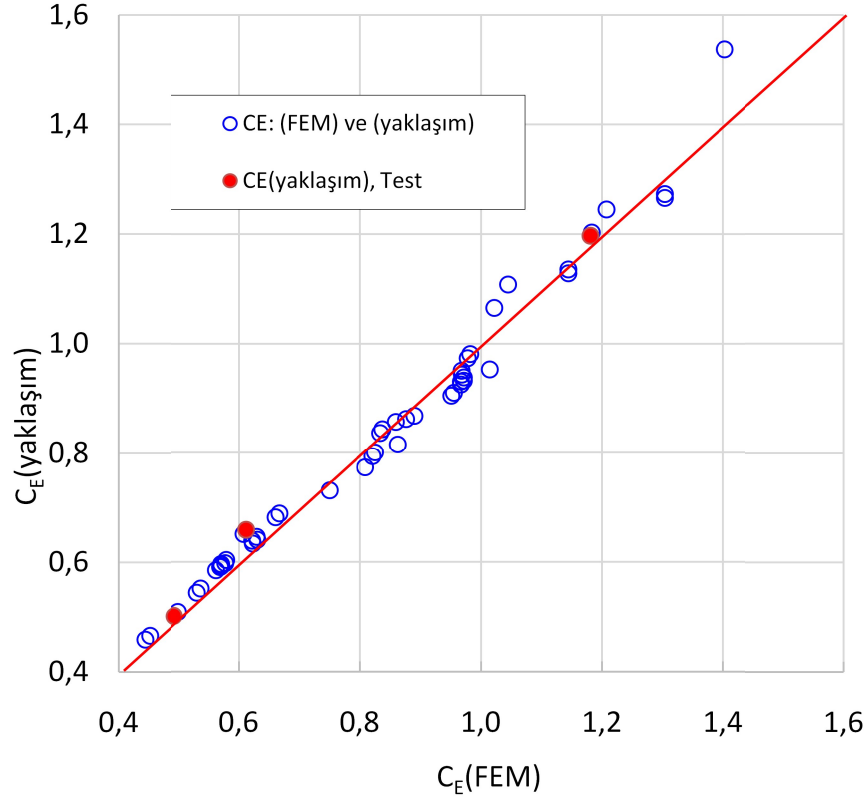
$$C_E = - \left[1,69149 \cdot \frac{L_{S1}}{L_{wl}} + 0,24624 \cdot \frac{L_{S2}}{L_{wl}} + 0,03215 \cdot \frac{L_{S3}}{L_{wl}} + 1,52105 \cdot \frac{H_S}{H_S+D} + 0,01074 \cdot \mu + (1,9974 \cdot 10^{-6} \cdot E_2) - (1,9442 \cdot 10^{-6} \cdot E_1) \right] + 0,88327 \quad (3.88)$$

Sonucun doğruluğunun kontrolü için 3 adet örnek motor yat seçilmiş olup; bu yatlar için yukarıda önerilen formül ile hesaplanan yaklaşık değerler, gerçek değerlerle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmanın sonucu Çizelge 3.2'de gösterilmiştir:

Çizelge 3.2 Bazı örnek yatlar için fark oranları

	C_E(yaklaşım)	C_E(FEM)	% Fark
Test I	0.50135	0.49253	1.79
Test II	1.19695	1.18101	1.35
Test III	0.65815	0.61214	7.52

İnceleme kümesine dahil edilen 48 adet teknenin C_E (yaklaşım) ve C_E (FEM) sonuçlarının karşılaştırması ile örnek teknelerin yaklaşım sonuçları Şekil 3.37'de gösterilmiştir:



Şekil 3.37 Örnek ve test teknelerinin sonlu elemanlar ve Denklem 3.88 yaklaşımı ile hesaplanan C_E ilişki grafiği

Regresyon analizi sonucunda ulaşılan sonuçlar ve fark oranları Ek-E'de verilmiştir. Şekil EkE.1'de görüleceği belirleme katsayısı ' R Square', 0.98 gibi bir değerle güvenilir bir sonuca ulaşıldığının göstergesi olmuştur. Ayrıca yukarıda test tekneleri üzerinde denenen formül ile hesaplanan C_E değerleri de ortaya konan yaklaşımı teyid etmektedir.

3.14 Mukavemet Kısmı için Sonuç ve Tavsiyeler

Bu bölümde ortaya konan teoride, güverte seviyesindeki bağlantıları sebebiyle birlikte hareket etmeye zorlanan, tekne ve üstyapı kirişlerinin birbirleri ile etkileşimi incelenmiştir. Güverte seviyesindeki bu bağlantı, boyuna gerilmeleri ve kayma gerilmelerini üstyapı ve tekne arasında transfer edecektir.

Bunun yanında aynı bağlantı dikey tepki kuvvetlerini de transfer edecek, fakat perdelerdeki esnekliğe bağlı olarak teknedeki ve üstyapıdaki yer değiştirme aynı oranda olmayacaktır. Perdelerin elastikliğine bağlı olarak iki durumla karşılaşılacaktır:

Gayet yüksek mukavemete sahip bir perde yapısına sahip olduğunda, tekne ve üstyapı Navier'in gerilme dağılımında olduğu gibi yer değiştirecektir. Nispeten esnek perde yapısı bulunması durumunda ise; sadece yatay kayma kuvvetleri teknedeki üstyapıya transfer edilecek, tekne ve üstyapıdaki yer değiştirme miktarı farklı olacak ve Şekil 3.9'da gösterilen gerilme dağılımı meydana gelecektir. Gerçekte tecrübe edilecek durum bu iki uç örnek arasında gerçekleşecektir [83], [84].

Çıkarılan en önemli sonuç, üst binanın başlangıç ve bitiş lokasyonları haricinde gemideki herhangi bir enine kesitteki boyuna gerilme dağılımının, aşağıda gösterilen boyutsuz parametrenin faktörü olan 'Sapma Faktörü' C_E tarafından karakterize edilip, şekillendirildiği gerçeğidir.

$$C_E = - \left[1,69149 \cdot \frac{L_{S1}}{L_{wl}} + 0,24624 \cdot \frac{L_{S2}}{L_{wl}} + 0,03215 \cdot \frac{L_{S3}}{L_{wl}} + 1,52105 \cdot \frac{H_S}{H_S + D} + 0,01074 \cdot \mu + (1,9974 \cdot 10^{-6} \cdot E_2) - (1,9442 \cdot 10^{-6} \cdot E_1) \right] + 0,88327$$

C_E sapma faktörü, tekne ile üstyapı arasındaki etkileşimi herhangi bir yat için karakterize etmektedir. Yapılan analiz göstermiştir ki, teknenin çeşitli özellikleri bu boyutsuz parametrede toplanmıştır. Bu nedenle de C_E sapma faktörü, ileride yapılacak bir dizayn çalışmasında belirleyici bir rol oynayacaktır.

Öncelikle geminin herhangi bir yerindeki gerilme dağılımının, Navier'in gerilme açılımı σ_N ve $C_E \cdot \Delta \sigma$ ek düzeltme faktörü ile aşağıdaki şekilde ifade edilebileceği gösterilmiştir:

$$\sigma = \sigma_N + C_E \cdot \Delta \sigma$$

σ_N ve $\Delta \sigma$ gerilmeleri, sadece eğilme momenti ve gerilmelerin bulunmak istendiği noktadaki orta kesit özelliklerine bağlı iken sapma faktörü C_E , aşağıdaki diğer bütün etkenleri bir terim altında toplamaktadır:

- 1- Üstyapının uzunluğunun tekne uzunluğuna oranı
- 2- Üstyapı yüksekliğinin toplam yüksekliğe oranı
- 3- Sapma faktörü
- 4- Gemi kesitinin elastik özellikleri
- 5- Tekne ve üstyapı için kullanılan malzeme

Yukarıda verilen σ ifadesinin bulunması büyük önem arz etmektedir. Çünkü bu ifade, boyuna gerilme dağılımını boyutsuz bir yöntem olan C_E faktörü ile göstermektedir. Dolayısı ile değişik tekne ve üstyapı boyutlarına sahip farklı yapılar C_E ile genel olarak yorumlanabilmektedir.

C_E katsayısının artışı, gerilme değerinde artışa sebep olacağından bu durum üstyapının genel mukavamete olan katkısının düşük olacağı şeklinde yorumlanmalıdır. Sonuçlardan da detaylı bir şekilde görüleceği üzere, yüksek elastiklik modülüne sahip çelik malzeme kullanılarak oluşturulan üstyapı modelleri her zaman en verimli sonuçları vermemiştir. Bu da çalışmanın ortaya koyduğu en önemli sonuçlardan birisidir. Dolayısıyla üstyapının genel mukavamete dahil edilmesinde malzeme ile birlikte; katsayısı, kat boyları ve orta kesit yapısı da etkili olacaktır.

Yukarıda varılan sonuçlar aşağıdaki varsayımlara dayanmaktadır:

- 1-Navier'in doğrusal gerilme ve gerilme dağılımı üzerine olan hipotezi bütün yapı için değil, üstyapı ve tekne için ayrı ayrı geçerli olacaktır.
- 2-Üstyapının enine kesiti üstyapı boyunca sabittir ve teknenin orta kesiti de üstyapının uzunluğu boyunca sabit kalacaktır.
- 3-Güverte kirişlerinin mukavamete etkisi K yaylanma sabiti, üstyapısı boyunca eşit olarak dağılmıştır ve değişmemektedir.
- 4-Kayma gecikmesi etkisi ihmal edilmiştir fakat dolaylı olarak formülasyona dahil edilmiştir.

C_E sapma faktörünün sayısal olarak belirlenmesinde (3.88) denkleminde verilen değişkenlere bağlı olarak bir tablo oluşturulabilecek, böylece üstyapının orta kısmında oluşacak gerilmelerle ilgili hızlı bir sonuca varılabilecektir. Benzer tablolar, incelenmesi istenilen diğer spesifik noktalar için de oluşturulabilecektir [58].

SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1 Stabilite ve Mukavemetle İlgili Sonuçların Değerlendirilmesi

Bu bölümde, Bölüm 2 ve 3'te detaylı olarak incelenen ve ayrı ayrı önermeler yapılan konuların uzman görüşleri ışığında değerlendirilmesi yapılacaktır. Değerlendirmenin yapılabilmesi için sırasıyla gerekli değişkenlerin nasıl seçildiği, bu değişkenlerle ilgili fikirlerine başvuru alan uzmanların nitelikleri ve takip edilen yöntem hakkında bilgi verilmiştir. Son olarak da sonuçlar değerlendirilip, tezi takip edebilecek çalışmalar konusunda tavsiyelerde bulunulmuştur.

4.1.1 Parametrelerin Seçilmesi

İncelenen ve kavram dizayn aşamasında kullanılmaya yönelik pratik çıkarımlar yapılan konularda, uygulamada makul bir karara varmak için uzman görüşlerine başvurulmuştur. Bu değerlendirmeyi yapabilmek için öncelikle parametreler belirlenmiştir. Çeşitli üretici firmaların teklif, mühendislik ve pazarlama departmanları ile yapılan görüşmeler akabinde, onlarca parametre arasından aşağıda belirtilen dokuz tanesi öne çıkmıştır. Fakat unutulmamalıdır ki bu parametreler, incelenen konularla direk veya çok yakından ilgili olanlar arasından seçilmiştir. Yani bunların seçimiyle değerlendirmenin sınırları kesin bir şekilde çizilmiştir.

L/L_{wl} : Üstyapı boyu / gemi boyu

h : Üstyapı yüksekliği

A : Su hattı üzerinde kalan toplam yanal alan

Δ : Deplasman

a : Üstyapıdaki yaşam alanı

KG : Ağırlık merkezinin konumu

T : Yalpa periyodu

MC : Malzeme maliyeti (TL)

FC : Yakıt sarfiyatı (ton)

4.1.2 Uzman Görüşleri

Proje ve dizayn değerlendirmesi veya karşılaştırmasında anket, deney, gözlem ve mevcut materyalin analizi gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Belirli bir projenin iyileştirilmesi veya optimizasyonunda karşılaştırılacak özellikler belirlendiğinde, uzman görüşlerine başvurularak anket yöntemiyle bu özelliklerin sıralamaya konulması yaygın rastlanan bir yöntemdir.

Benzer bir yaklaşım gemi sistemlerinin hata ve sonuç analizinde de kullanılmaktadır (FMEA). Bununla ilgili bir çalışma Helvacıoğlu ve Özen tarafından yatlarda sistem analizine yönelik yapılmıştır [85]. Bunun yanında Shan, aşağıda kullanılmış olan yöntem ve türevlerinin kullanım alanları ve güvenilirlikleriyle ilgili olarak doktora tezi çalışmasında derin bir çalışma yapmıştır [86].

Fakat burada uygulanacak yöntem bunun bir adım ötesine gidip, her bir özellik için dizayn sonuçlarının elde edilip bunların ağırlık indekslerinin belirlenmesi ve daha sonra iki kere filtrelemeye tabi tutulmuş sonuçların karşılaştırılması olacaktır. Böyle bir anket çalışmasında katılımcı sayısının artması anketin güvenilirliğini şüphesiz arttıracaktır. Genelde konusuna bağlı olarak üçün üstünde katılımcıyla yapılabilecek anket değerlendirmesi için beş uzmanın görüşünün alınmasına karar verilmiştir. Puanlama aralığının seçilmesinde, bir sonraki adıma da temel oluşturması açısından değişken adedi olan dokuz ile sınırlı tutulmuştur. Dolayısı ile uzmanlardan, bir önceki başlık altında açıklaması verilen her bir değişken için tecrübelerine bağlı olarak 1 ile 9 arası puan vermesi istenmiştir. Bu puanlandırmanın amacı, kendileri için gündelik hayatta

tersaneden ve müşteriden aldıkları geri dönüşlere göre bu değişkenlere bir öncelik sırası vermektir. Bu puanlandırma ve ortalamaları Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Uzmanların nitelikleri aşağıdaki gibidir:

- Uzman-1: 30 yıllık kariyerinin büyük bir kısmını yat inşaa firmalarında geçirmiş bir gemi inşaatı mühendisidir. Sadece yapısal alanda değil, üretim iyileştirme yöntemleri ve proje yönetimi üzerinde de roller üstlenmiştir. Halen dünyaca ünlü Oceanco firmasında proje müdürü olarak çalışmaktadır.
- Uzman-2: 35 yıldır gemi inşaatı sektöründe çalışmakta olup makina mühendisliği kökenlidir. Yat inşaatı yanında diğer ticari gemi tiplerinin dizaynında da çeşitli kademelerde çalışmıştır. Halen Royal IHC firmasında özel ekipmanlar biriminde uzman mühendis olarak çalışmaktadır.
- Uzman-3: 10 senedir yat inşaatı içinde olan bir gemi inşaatı mühendisidir. Çeşitli tip ve ebatlarda yatın ön dizayn hesaplarında rol almıştır. Halen Hollanda'nın en büyük yat firması Feadship firmasında çalışmaktadır.
- Uzman-4: 15 senedir yatların inşaaında üretim departmanında çalışmaktadır. Günlük olarak müşteri ve klas kuruluşu ile görüşmelere katılıp gereken işlerin planlanmasından sorumludur. Müşterilerin taleplerine ve finansal sonuçlarına hakimdir. Lokal bir tersanede çalışmaktadır.
- Uzman-5: 18 senedir bir yat üretim firmasında pazarlama bölümünde çalışmaktadır. Düzenli olarak değişik ülkelerden müşterilerle iletişimde olup, sektördeki gelişmeleri yakından takip eden bir satış uzmanıdır.

Çizelge 4.1 Uzman görüşleri

	Uzman-1	Uzman-2	Uzman-3	Uzman-4	Uzman-5	Ortalama
I/Lwl	2	3	4	3	2	2.8
h	3	2	2	4	4	3.0
A	4	4	3	2	3	3.2
Δ	9	5	5	8	8	7.0
a	5	1	1	1	1	1.8
KG	8	7	6	6	7	6.8
T	7	6	8	9	9	7.8
MC	1	8	9	7	6	6.2
FC	6	9	7	5	5	6.4

Verilen puanlar ve yapılan birebir görüşmeler neticesinde aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır:

- Yalpa periyodu önemli bir konfor faktörü olarak öne çıkmaktadır. Uzmanlar, aldıkları geri bildirimlere bağlı olarak bu parametreyi önem sırasına göre öncelikli olarak belirlemişlerdir.
- Ankete katılan bütün uzmanların verdiği yüksek önem seviyesi dikkate alındığında, malzeme maliyeti ve yakıt sarfiyatının giderek önem kazandığı görülmektedir. Bunun sebebi genel olarak, incelenmekte olunan boy aralığındaki yatların hedef müşteri kitlesi için tekne ve üstyapı malzeme maliyetinin toplam maliyete oranla etkili olmasıdır. Aynı şekilde malzeme maliyetinin oranı toplam maliyetin yaklaşık %20-25'ini teşkil edeceğinden, malzeme maliyeti parametresi üretici için de öncelikli olarak gelmektedir. Müşteriler son yıllarda bu konuya gittikçe artan bir ilgi göstermekte ve gemi mühendisini daha tutumlu tekneler yapmaları hususunda baskı yapmaktadır. Dikkat edilirse hız faktörü seçenekler arasında gösterilmezken yakıt sarfiyatı, öncelikli olarak göz önüne alınan bir konu durumundadır.

- İkincil olarak ağırlık merkezinin konumu gelmiştir. Şüphesiz müşteri için bu faktör önemli değil gibi görünse de dolaylı olarak diğer öncelikli faktörlere etki edeceğinden, gemi mühendisi için göz önünde bulundurulması gereken bir değişken olacaktır.

4.1.3 Kıyas ve Değerlendirme

Uzmanların görüşlerine göre her madde için ağırlık katsayısı bir önceki başlık altında belirlenmiştir. Temel olarak incelenecek üç kombinasyon bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla aşağıda belirtilmiştir [54]:

- Çelik tekne, çelik üstyapı
- Çelik tekne, alüminyum üstyapı
- Alüminyum tekne, alüminyum üstyapı

Her bir seçenek için aşağıdaki parametreler yeniden hesaplanmış ve Çizelge 4.2’de gösterilen sonuçlara ulaşılmıştır:

Çizelge 4.2 Değerlendirme tablosu

	Gövde:St / Üstyapı:St		Gövde:St / Üstyapı:Al		Gövde:Al / Üstyapı:Al		Ağırlık
		İndeks		İndeks		İndeks	
I/L_{wl} (boyutsuz)	0.6	1.00	0.6	1.00	0.6	1.00	2.8
h (m)	5.4	1.00	5.4	1.00	5.4	1.00	3
A (m ²)	124.74	1.00	127.44	0.98	131.49	0.95	3.2
Δ (ton)	180.6	1.00	172	1.05	159.1	1.14	7
a (m ²)	157	1.00	157	1.00	157	1.00	1.8
KG (m)	2.255	1.00	2.1	1.07	1.85	1.22	6.8
T (sn)	4.51	1.00	4.85	1.08	5.56	1.23	7.8
MC (TL)	120000	1.00	135000	0.89	160000	0.75	6.2
FC	31.95	1.00	30.93	1.03	29.36	1.09	6.4
Toplam		45.00		45.89		48.10	

Her bir madde için indeks belirlemesi yapılmıştır. Bu indeksler belirlenirken çelik gövde ve üstyapıdan oluşan dizayn sonuçları '1' olarak belirlenip baz olarak alınmıştır. Buradan hareketle çelik gövde-alüminyum üstyapı ve alüminyum gövde-alüminyum üstyapı seçenekleri için orantısal olarak indeks hesaplanmıştır. İndekslerin

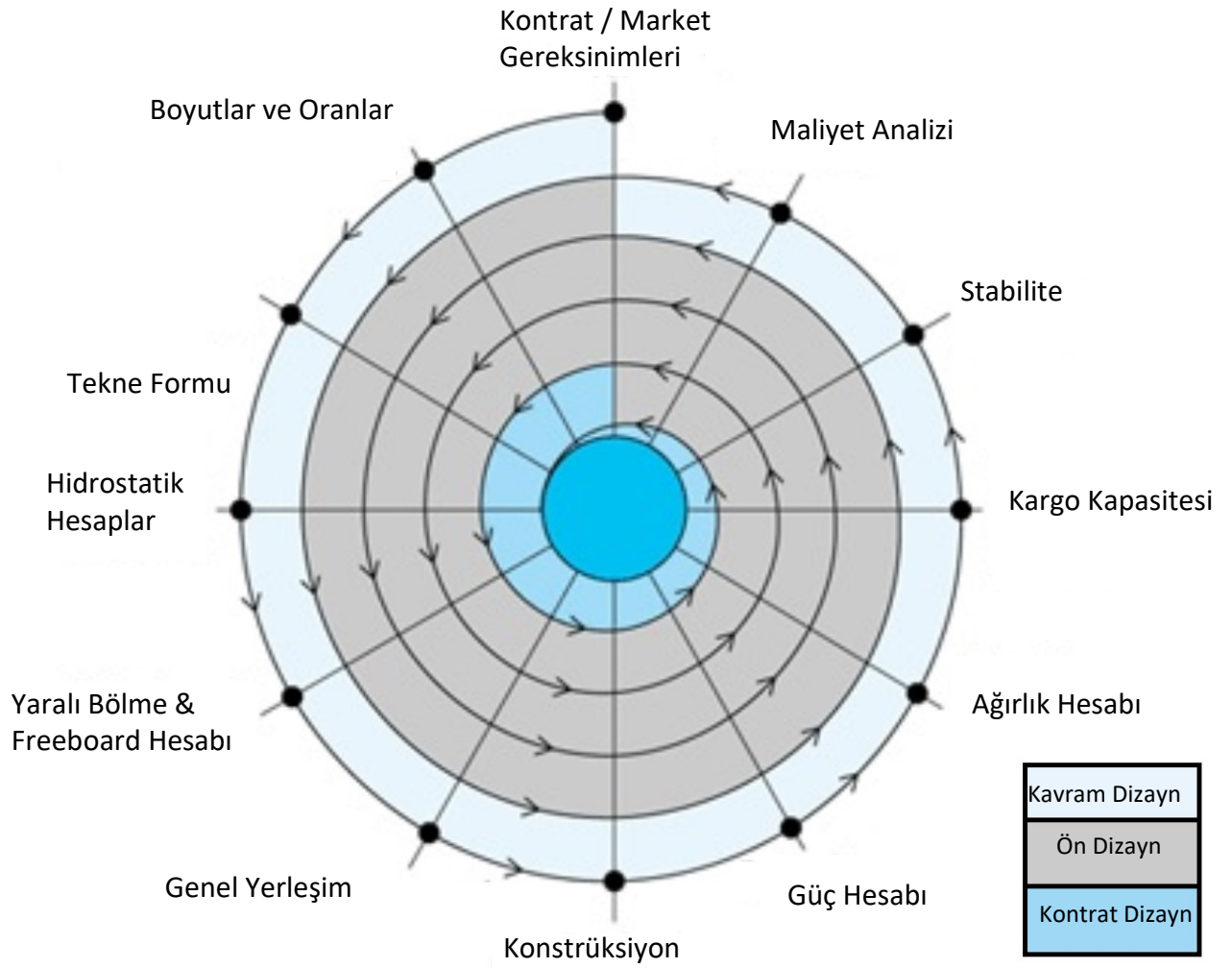
hesaplanmasında bir diğ er önemli nokta ise, sonuçlardaki değişimin bir avantaj veya dezavantaj olarak görülmesine bağlı olarak orantının yapılmış olmasıdır.  rnek olarak, yanal alanın artması stabilite açısından açık bir şekilde dezavantaj olacağından birin altında bir değer almıştır. Bunun yanında deplasmanın azalması bir çok açıdan avantaj olacağından birin üstünde bir indeks almıştır. İndeksler değerlendirmeye dahil edilerek sadece uzman görüşleri değil, gerçek dizayn sonuçları da dahil edilmiştir.

Üstyapı boyunun su hattı boyuna oranı, bina yüksekliği ve üstyapıdaki yaşam alanı maddelerinin ağırlık katsayıları görüleceği üzere ‘1’ yani etkisiz olarak alınmıştır. Bunun nedeni her üç seçenek için bunlar değişmeyeceği için sonuca da etkileri olmayacaktır. Bunun dışında diğer maddelerin ağırlık katsayılarının birden büyük veya küçük olmalarında, bir avantaj olup olmadıkları değerlendirilip seçilmiştir.

Bundan sonraki başlıkta sonuçlar incelenecektir.

4.1.4 Sonuçlar

Yukarıda sonuçları verilen değerlendirme/kıyas çalışmasında da görüleceği üzere, uzman görüşlerinin belirlediği maddelere ve bu maddelerin önem sırasına göre alüminyum tekne üzerine alüminyum üstyapı en yüksek puanı almıştır. Bu araştırmada dizayn spiralinin birinci döngüsünde yer alan kavram dizayn aşamasının    önemli adımı olan hidrostatik, stabilite ve konstrüksiyon üzerine pratik yaklaşımlar geliştirilmiş olup, buna bağlı olarak da teklif aşamasında kullanılabilecek verimli tavsiyeler üretilmeye çalışılmıştır.



Şekil 4.1 Dizayn spirali

Yat dizaynında belirli istisnalar hariç her bir proje kişiye özel bir dizayn olacağından, yeni bir dizayn için benzer özellikteki teknelerin incelenmesi ve maliyetlerinin karşılaştırılarak sınıflandırılması yalnız belli bir noktaya kadar yardımcı olabilecektir [77].

Yat dizaynı müşteriye özel (subjektif) bir alandır. Objektif değerlendirme yapan matematiksel yöntemler tezin amacıyla örtüşmemekte ve işin özünden uzaklaşmaya sebep olmaktadır. Tecrübeye dayalı olarak uzmanlar müşterinin psikolojik yapısını iyi bilirler ve bunu da matematiksel sonuçlarla birleştirmektedirler. Dolayısıyla matematiksel karar verme yöntemleri bu gibi problemlerde tek araç olmamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada gerçek uzmanların değerlendirmeleri ve görüşleri alınmıştır.

Müşteriye özel bir yatın kavram dizayn aşamasında, gemi mühendisi işe başlarken elinde çok sınırlı veri olacaktır. Bir yük gemisi için sınırlı bir veri ile yola çıkılması sorun değildir. Geminin hangi hatlarda çalışacağı, ne kadar ve hangi tip yük taşınacağını bilmesi bile iyi bir başlangıç sayılabilir. Fakat bir mega yatın inşasında bundan çok daha fazla bilgiye ihtiyaç vardır. Ancak genel dış dizayn ve ana boyutlar belirginleşmeye başladığında öncelikle seçilen bu boyutların esas dizaynın tüm parametreleri ile dengelenip dengelenmediği belirlenmelidir. Gemi mühendisi için ana boyutlar ve oranların belirlenmesi aşamasında seçilen boyutların hidrostatik, stabilite ve konstruksiyona etkisini eş zamanlı bir şekilde görmesi, kavram dizayn sürecine hız kazandıracak ve teklif paketinde daha kesin sonuçlara ulaşılmasına yardımcı olacaktır [80].

Bu çalışmada kavram dizayn aşamasında gemi mühendisine zaman kazandırmaya yönelik olarak artık stabiliteye etki eden değişkenler yeniden seçilmiş ve değişkenlerin sayısı azaltılmıştır. Bunun yanında seçilen değişkenler, daha önce çalışılmamış bir konu olan yatlara yönelik olarak formüle edilmiştir. Bunun sonucunda düşük sapma oranları verecek olan formüller, ana boyutları belirginleştirmeyi sağlayacaktır [81].

Stabilite ile ilgili varılan sonuçlar ışığında belirginleşen ana boyutlar, mukavemet incelemesinde temel oluşturmaktadır. Bu noktada motor yatlarda büyük bir hacim kaplayan üstyapıların teknenin tamamına olan katkısı incelenmiştir. Bu şekilde malzemenin de etkisi göz önüne alınarak en verimli bir şekilde eleman boyutlandırmaları sonuçlandırılabilir. Ön dizayn ve dizayn sürecinde kullanılan yazılımların kavram dizayn aşamasında kullanılması zaman ve maliyet açısından uygun görülmemektedir. Bu iki konuyu birbirine bu şekilde bağlayan bir çalışma daha önce yapılmadığından, bu çalışma konu olarak özgünlük göstermektedir. Stabilite ve mukavemet ile ilgili bölümlerden elde edilen sonuçlar yardımıyla, teklif aşamasında satın alma bölümünün ihtiyaç duyacağı ana değerlerin tespiti yapılmakta olup diğer değerlerin de yaklaşık olarak hesaplanmasında temel teşkil etmektedir [82].

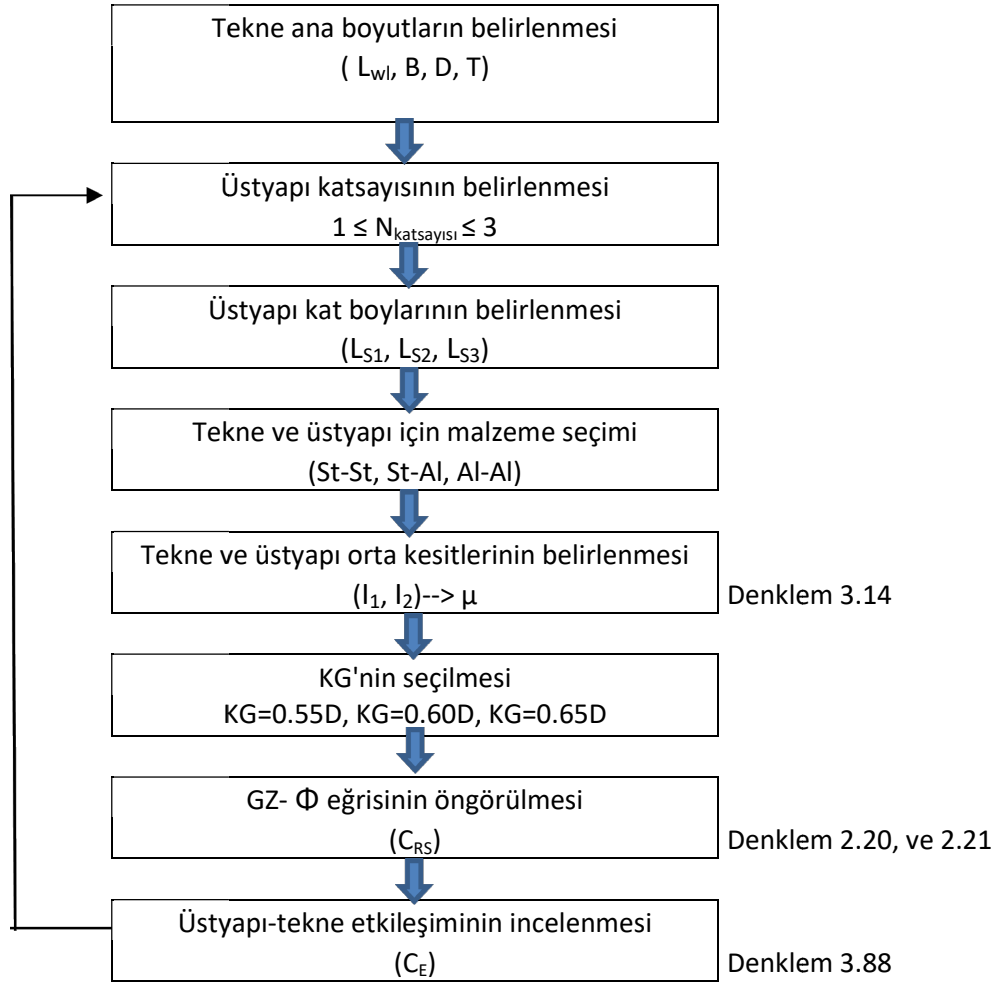
Pratikteki tecrübelerle ilgili olarak, farklı değişkenlerin ortak etkenlerinin önem sıralarının da belirlenmesi gerekmektedir. Çünkü daha önce de bahsedildiği gibi mukavemet ve stabilitenin ortak alt etkenleri, bazı durumlarda iki konu için de katkıda bulunmaktadır. Bazı alt etkenler mukavemet ve stabilite için zıt şekilde de

çalışabilmektedir. Bunun yanında her ikisi için de negatif görünen bir sonuç doğuran gelişme, diğer yandan başka bir parametre için pozitif sonuçlar doğurabilmektedir. Bu nedenle sonuç bölümünde bu iki konuya olması gereken yaklaşım uzman görüşleriyle değerlendirilmiş ve önceliklendirilmiştir. Özet olarak; temelde karmaşık olan teorik hesaplamalardan, mega yatların kavram dizayn aşamasında kullanılabilecek ve olabildiğince düşük hata payıyla sonuç alınabilecek basit ve kullanışlı yaklaşımların gemi mühendislerine sunulması sağlanmıştır.

Yukarıda belirtilen hususlar haricinde unutulmaması gereken bir diğer avantaj da, şüphesiz giderek daha çetin bir hale gelen sektörel gelişmelere karşın, ele alınan parametrelerin dolaylı olarak etki edeceği ve maliyet için de belirleyici olan unsurların daha düşük bir yanılma payı ile yapılabilmesine imkan vermesidir.

4.2 Pratikteki Uygulama İçin Tavsiyeler

Şekil 4.2'de görüldüğü üzere gemi mühendisi kavram dizayn aşamasında önce teknenin ana boyutlarını belirleyecek ve bunu takiben düşündüğü üstyapı konseptini belirleyecektir. İstenilen üstyapı katsayısına bağlı olarak her bir katın uzunlukları seçilecektir. Henüz malzeme konusunda bir tercih yapılmamışsa, yukarıdaki çalışma sonuçlarına bağlı olarak tekne için çelik ve üstyapı için de alüminyum malzeme seçimi ile başlanması tavsiye edilmektedir. Tekne ve üstyapı ana boyutları ve malzemelerinin seçimi yapıldıktan sonra ilgili klas kuruluşunun kurallarına bağlı olarak bir orta kesit dizaynı yapılacaktır. Bir sonraki adım olarak, ikinci bölümde seçenekler arasına dahil edilen üç KG konumundan biri başlangıç değeri olarak varsayılacaktır. Seçilen bu KG değerine bağlı olarak Denklem 2.20 ve 2.21'e göre bu denklemlerden GZ eğrisi çizilebilecektir. Bu dizayn akış şemasındaki son adım olarak da C_E değeri Denklem 3.88 kullanılarak hesaplanacak ve üstyapının genel mukavemete olan katkısının verimi hesaplanabilecektir. Gemi mühendisi istediği sonuçlara ulaşıncaya kadar bu iterasyonu tekrarlayacaktır.



Şekil 4.2 Önerilen dizayn akış şeması

Yukarıda uygulanan değerlendirme tekniği ve her bir seçenek için ele alınan maddeler, yat dizaynında projeden projeye değişim gösterebilmektedir. Bu açıdan teklifi hazırlanacak yat için sırasıyla müşterinin özel istekleri, bayrak ve klas kuruluşlarının istekleri, alüminyum/çelik fiyatının dönemsel oranları ve seçilen yat formu bu sıralamanın yapılmasında etkili olacaktır [71], [73], [74].

Stabilite ile ilgili bölümde elde edilen sonuçlar ana boyutların belirlenmesinde kullanılırken, varsayılan KG'nin derinliğe bağlı her üç alternatifi için de GZ değerlerinin hesaplanması yerinde olacaktır. Bu şekilde ulaşılması hedeflenen KG değeri ön dizayn ve dizayn aşamasında dikkate alınacaktır.

Mukavemet ile ilgili bölümde ulaşılan sonuçlar yeni bir dizayn için uygulanırken, bu formülasyonda sancak ve iskele tarafındaki açıklıkların formülasyona dahil edilmediği göz önüne alınmalı ve bunun içinde belirli güvenlik payı dahil edilmelidir [76].

Sonuç ve değerlendirme bölümündeki sonuçlar yerel ve dönemsel avantajlar ve dezavantajlar hesaba katılarak değerlendirilmelidir.

4.3 Tezi Takip Edebilecek Tamamlayıcı Çalışmalar

Bu çalışmada üstyapının orta kesitte mukavemet üzerindeki katkısı incelenmiştir. Bunun yanında çok katlı üst yapılarda sık karşılaşılan sorunlardan biri olan üst binanın dış kaplama saclarındaki burkulma, incelenmesi gereken bir konudur. Bu konuda somut sonuçlara ulaşıldıktan sonra, bunlar Bölüm 3'te sunulan formülasyona dahil edilebilecektir.

Üstyapının konsepti standartlaştırılarak sonlu elemanlar analizi ile incelendiğinden, çeşitli üstyapı konseptleri yaratılarak daha gerçekçi sonuçların elde edilmesi sağlanabilecektir.

Yeterli sayıda örnek tekneye ulaşılması durumunda, üstyapı ile tekne arasındaki boyutsal oranların ağırlık merkezinin dikey konumuna etkisi formülize edilebilecektir.

Stabilite bölümündeki çalışmayı tamamlayıcı olması açısından rüzgarın stabilite üzerindeki etkisi yanal alanla ilişkilendirilerek incelenmesi faydalı bir çalışma olacaktır.

Son olarak; tezdeki çalışma, elde edilen verilerin sınırlı olması sebebiyle alüminyum ve çelik ile sınırlı tutulmuştur. Bunun yanında yaygın olarak kullanılan zengin çeşitliliği bulunan kompozitler, triklad malzeme seçenekleri ve ahşap malzeme çalışmaya dahil edilmemiştir. Bu malzemelerin kullanıldığı teknelerin bilgilerinin elde edilmesi durumunda, bunların etkilerinin incelenmesi çalışmanın kapsamını genişletecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Rahola,J., (1939). The Judging of the Stability of Ships and the Determination of the Minimum Amount of Stability, Doktora Tezi, Technical University of Finland, Helsinki
- [2] Amy, J.R., Johnson, R.E. ve Miller, E.R. Jr., (1976). "Development of Intact Stability Criteria for Towing and Fishing Vessels", Marine Technology Society of Naval Architects and Marine Engineers Dergisi, New York.
- [3] Falzarano, J.M., (1990). Predicting Complicated Dynamics Leading to Vessel Capsizing, Doktora Tezi, University of Michigan, Ann Arbor.
- [4] Prohaska, Prof.C.W., (1951). "Influence of Ship Form on Transverse Stability", The Spring Meeting of the Institution of Naval Architects, 15.03.1951, Londra.
- [5] Prohaska, Prof.C.W., (1947). "Residuary Stability", The Spring Meeting of the Institution of Naval Architects, 28.03.1947, Londra.
- [6] Prohaska, Prof.C.W., (1961). "Results of Some Systematic Stability Calculations", The Spring Meeting of the Institution of Naval Architects, 1961, Londra.
- [7] Brown, D.K., (1979). "Stability at Large Angles and Hull Shape Considerations", The Naval Architect Dergisi, 1, Londra.
- [8] Krishna Rao, A.V., (1979). "An Approximate Method for Finding Maximum KG to Satisfy the IMCO Intact Stability Criteria", The Naval Architect Dergisi, 6, Londra.
- [9] Khoushy, D., (1979). "Memorandum on the Practical Evaluation of Intact Dynamic Stability Criteria", The Naval Architect Dergisi, 2, Londra.
- [10] BV, (2012). Rules for the Classification and the Certification of Yachts, 2012.
- [11] BV, (2011). Hull Arrangement, Stability and Systems for Ships Less Than 500 GT, BV, 2011.
- [12] IACS, (2011). Requirements Concerning Strength of Ships, IACS, 2011.
- [13] IMO Res. MSC.267(85), (2008). Intact Stability Code, IMO, 2008.

- [14] IMO, (2008). Explanatory Notes to the International Code on Intact Stability, IMO, 2008.
- [15] Deybach, F., (1997). Intact Stability Criteria for Naval Ships, Yüksek Lisans Tezi, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts.
- [16] Brown, Capt. A.J. ve Deybach, Lt.F., (1998). "Towards a Rational Intact Stability Criteria for Naval Ships", Naval Engineer Journal, 1998 Ocak sayısı.
- [17] Perunovic, J.V., (2009). Ship Dynamic Intact Stability Focus on Parametric Roll, Teknik Rapor, Technical University of Denmark, Danimarka.
- [18] Alkan, A.D., (2017). Gemi Hareketleri, Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- [19] Sebastian, J.W., (1997). Parametric Prediction of the Transverse Dynamic Stability of Ships, Yüksek Lisans Tezi, Naval Postgraduate School, Kaliforniya.
- [20] Molenaar, J. ve Fabry de Jonge, A.M., (1948). Stabiliteit van Schepen, 2.Baskı, Schiedam.
- [21] Barras, C.B., (2001). Ship Stability Notes & Examples, 3. Baskı, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- [22] Iseki, T., (2007). Ship Motion in Waves & Prediction of Dynamic Stability, International Maritime Organization, Tokyo.
- [23] Journee, J.M.J. ve Pinkster, J.A., (2002). Introduction in Ship Hydromechanics, Taslak Baskı, Delft University of Technology, Delft.
- [24] Time4 Media, (2002). Yachting Magazine, Yayın No:13, Greenwich.
- [25] TRP Magazines Ltd., (2001). The Yacht Report Magazine, Yayın No:41 , Londra.
- [26] Formation Design Systems Pty Ltd, (2005). HydroMax Kullanım Klavuzu, Sürüm 11.1, Fremantle.
- [27] Rawson, K.J. ve Tupper E.C., (2001). Basic Ship Theory, Volume I & II, 5. Baskı, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- [28] Quadvlieg, F.H.H.A. ve Coevorden, P.van, (2003). "Manouvering Criteria: More Than IMO A751 Requirements Alone", MARSIM International Conference on Marine Simulation and Ship Manoeuvrability, Ağustos 2003, Kanazawa.
- [29] Biran, A.B., (2003). Ship Hydrostatics and Stability, 1.Baskı, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- [30] Korteweg, J.A., (1984). Gemi Geometrisi ve Stabilité Ders Notları, Technische Hogeschool Delft, Maritieme Techniek, Delft.
- [31] Wolfson Unit (2007). Intact Stability Severe Wind and Rolling Criterion- An Equivalent Standard, Rapor No:1995, Southampton.
- [32] Barras, B. Ve Derrett, D.R., (2006). Ship Stability for Masters and Mates, 6. Baskı, Butterworth-Heinemann, Oxford.

- [33] Smyth, G.K. "Nonlinear Regression", 3. Baskı, Encyclopedia of Environmetrics; Derleyen:El-Shaarawi, A.H. ve Piegorsch, W.W., (2002). Nonlinear Regression, John Wiley & Sons Ltd., Chichester.
- [34] Womack, J. ve Johnson, B., (2004). "A Guide to Fishing Vessel Stability", Fishing Vessel Operations and Safety, 2004, New Jersey.
- [35] Hoffman, K. ve Kunze, R., (1971). Linear Algebra, 2.Baskı, Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- [36] Vasta, J., (1949). "Structural Tests on the Passenger Ship S.S. President Wilson, Interaction Between Superstructure and Main Hull Girder", Trans. Soc. Nav. Archit., 57:253.
- [37] Bruhn, J., (1899). "The Stresses at the Discontinuities in a Ship's Structure", Trans. Inst. of Nav. Archit., 16:57.
- [38] King, J.F., (1913). "On Large Deckhouses", Trans. Inst. of Nav. Archit., 55:148.
- [39] Montgomerie, J., (1915). "The Scantlings of Light Superstructures", Trans. Inst. of Nav. Archit., 57:52.
- [40] Hovgaard, W., (1931). "A New Theory of the Distribution of Sharing Stresses in Riveted and Welded Connections and Its Application to Discontinuities in the Structure of a Ship", Trans. Inst. of Nav. Archit., 73:108.
- [41] Vasta, J., (1947). "Structural Tests on the Liberty Ship S.S.Philip Schuyler", Trans. Soc. Nav. Archit., 55:391.
- [42] Holt, M., (1949). "Structural Test of Models Representing a Steel Ship With Aluminum Alloy and Steel Superstructures", Soc. Nav. Archit.
- [43] Muckle, W., (1948-49). "Experiments on a Light Alloy Model Superstructure", Trans. N.E.C. Instit.
- [44] Crawford, L., (1950). "Theory of Long Ships' Superstructures", Trans. Soc. Nav. Archit., 58:693.
- [45] Terasawa, K. ve Yagi, J., (1957-58). "The Effect of UpperStructure on the Strength of a Ship", Journal of Zogen Kiokai, Soc. Nav. Archit of Japan, Sayı 100-101-102.
- [46] Reissner, E., (1941). "Least Work Solution of Shear Lag Problem", Jour. Aero. Sc., Sayı 8.
- [47] Terasawa, K., (1964). "Recent Experimental Investigations Into the Strength of Ship Structures in Japan", Soc. Nav. Archit of Japan, Sayı 9.
- [48] Chapman, J., (1957). "The Interaction Between a Ship's Hull and a Long Superstructure", Trans. Inst. Nav. Archit.
- [49] Caldwell, J., (1957). "The Effect of Superstructures on the Longitudinal Strength of Ships", Trans. Inst. Nav. Archit.
- [50] Johnson, A., (1957). "Stresses in Deckhouses and Superstructures", Trans. Inst. Nav. Archit.

- [51] Johnson, A. ve Ayling, P., (1956-67). "Graphical Presentation of Hull Frequency Data and the Influence of Deckhouses on Frequency Prediction", N.E.C. Instit., 73:31.
- [52] Johnson, A. ve Ayling, P., (1961-62). "Measurements and Predictions of the Influence Deckhouses on the Strength of Ships", N.E.C. Instit., Sayfa 161.
- [53] Shade, H., (1965). "Two Beam Deckhouse Theory With Shear Effects", Instit. of Engr. Research, Univ. Of Calif., Rapor No:NA-65-3.
- [54] Dwight, J., (1999). Aluminium Design and Construction, 1. Baskı, E & FN Spon, Londra.
- [55] Committee III.1, (2006). "Ultimate Strength", 16 th International Ship and Offshore Structures Congress, 20-25 Ağustos 2006, Southampton.
- [56] Moatsos, I., (2005). Ultimate Strength of Ship Structures Including Thermal and Corrosion Effects: a Time Variant Reliability Based Approach, Doktora Tezi, University of Glasgow, Department of Naval Architecture and Marine Engineering, Glasgow.
- [57] Zanic, V., Sponza, D., Jerolim, A. ve Darko, F., (2004). "Hull-Superstructure Structural Interaction by Finite Element Calculations", XVI Ssymposium SORTA2004, 21-23 Ekim 2004, Plitvice.
- [58] Parmasto, O., (2012). Mechanics of the Passenger ship Structure with Non-longitudinalload- Carrying Accommodation Decks, Master Tezi, Aalto University, Department of Applied Mechanics, Aalto.
- [59] Zanic, V., (2006). "Concept and Preliminary Structural Design Methods for the Modern Multi-deck Ships".
- [60] Boote, D. ve Vergassola, G., (2016). "Local and Global Analysis of Large Motoryacht Superstructure", 24th International HISWA Symposium on Yacht Design and Yacht Construction, 14-15 Kasım 2016, Amsterdam.
- [61] Morshedsolouk, F. ve Khedmati, M.R., (2011). "An Extension of Coupled Beam Method and It's Application to Study Ship's Hul-Superstructure Interaction Problems", Latin American Journal of Solids and Structures, 8:265-290.
- [62] Kinay, N.O., (1973). Two-Beam Deckhouse Theory Including Shear Deflection, Master Tezi, Massachusetts Institute of Technology, Department of Ocean Engineering, Massachusetts.
- [63] Rodrigues, J.E.de.A., (1972). The application of linear superposition to Bleich's two-beam theory, Master Tezi, Massachusetts Institute of Technology, Department of Ocean Engineering, Massachusetts.
- [64] Crawford, L. ve Ruby, W.J., (1955). Model Tests on Hull-Deckhouse Interaction, Rapor, U.S. Coast Guard Headquarters, Ship Structure Committee, Washington.
- [65] Zou, J., (2013). Investigation of the Hull-Superstructure Interaction in Order to Predict the Contribution of Superstructures to Hull Girder Strength, Master Tezi, University of Liege, Naval Architecture, Liege.

- [66] Bleich, H., (1951). "A study on the Structural Action of Superstructures on Ships", Ship Structures Committee, Rapor No:SSC-48.
- [67] Bleich, H., (1952). Buckling Strength of Metal Structures, 1. Baskı, McGRAW-Hill Book Co., New York.
- [68] Timoshenko S.P. ve Gere J.M., (1961). Theory of Elastic Stability, 1. Baskı, McGRAW-Hill Book Co., New York.
- [69] Daley, C., (2012). Lecture Notes for Engineering-Ship Structures I & II, Ders Notları, Memorial University, Faculty of Engineering and Applied Science, St. John's.
- [70] American Bureau of Shipping, (2004). Buckling and Ultimate Strength Assesment for Offshore Structures, ABS, 2004.
- [71] Ferraris, S. ve Volpone, L.M., (2005). " Aluminium Alloys in Third Millennium Shipbuilding: Materials, Technologies, Perspectives", The Fifth International Forum on Aluminum Ships, 11-13 Ekim 2005, Tokyo.
- [72] Pépe, N., Vilaça, P., Quintino, L., Reis L. ve Freitas, M., (2006). "Fatigue Behavior of Shipbuilding Aluminium Alloy Welded by Friction Stir Welding", Department of Mechanical Engineering, Instituto Superior Tecnico, Lisbon, FT 334 (Session 3:Welds).
- [73] Anderson, T., (2004). "New Developments in Aluminium Shipbuilding", Welding Journal, 83:28.
- [74] Botta,S., Masetti,F. ve Scanavino,S., (2009). "Overview of the Applications and Problems Associated with the Use of Austeno-ferritic Steelsand Aluminium Alloys in Welded Structures", Welding International, 23:530-542.
- [75] Arden, K.E., (1984). Euler Buckling, Rapor, Newport News Shipbuilding, Virginia.
- [76] Munoz, O.D.T., (2003). EEZ Patrol Boat Optimization Using Multicriteria Design Optimization (MDO), Rapor, Colombian Navy, Naval Architecture Department, Bolivar.
- [77] Mano, M., Okumoto, Y., Takeda, Y. ve Okada, T., (2009). Design of Ship Hull Structures, 2. Baskı, Springer Science & Business Media, Higashi- Oiroshima.
- [78] Kammerer, J.T., (1966). "A Design Procedure for Determing the Contribution of Deckhouses to the Longitudinal Strength of Ships", 3th Annual Technical Symposium Association of Senior Engineers Bureau of Ships, 25 Mart 1966, Washington.
- [79] Siemens PLM Software, (2017). FEMAP 11.4.2, Sürüm 11.4.2.
- [80] Schneekluth, H. ve Bertram, V., (1998). Ship Design for Efficiency & Economy, 2. Baskı, Butterworth- Heinemann, Oxford.
- [81] Bay, M., Crama, Y., Langer, Y. ve Rigo, P., (2008). "Space and Time Allocation in a Shipyard Assembly Hall", Annals of Operations Research, 179:55-76.

- [82] Erikstad, S.O., (2003). Introduction to Marine Systems Design Models and Methods, Ders Notları, Norwegian University of Science and Technology, Department of Marine Technology, Trondheim.
- [83] Mansour, A., Lin, M., Hovem, L. ve Thayamballi, A., (1993). Probability Based Ship Design Procedures: A Demonstration, Rapor, U.S. Coast Guard, Ship Structure Committee, Washington.
- [84] Boudreaux, J.S., (1995). "Naval Ships and Simulation Based Design", SNAME Transactions, 103:111-129.
- [85] Helvacioğlu, Ş. ve Özen, E., (2014). "Fuzzy based failure modes and effect analysis for yacht system design", Ocean Engineering, 79:131-141.
- [86] Shan, Y., (2015). Decision Making Study: Methods and Applications of Evidential Reasoning and Judgement Analysis , Doktora Tezi, Loughborough University, Loughborough.

EK-A

TEKNE ANA KARAKTERİSTİKLERİ VE STABİLİTE HESAP SONUÇLARI
(KG=0,60D için)

Çizelge EkA.1 Tekne ana karakteristikleri Tekne 1-10 (KG=0,60D)

		Form-1	Form-2	Form-3	Form-4	Form-5	Form-6	Form-7	Form-8	Form-9	Form-10
Δ	ton	56	70.7	118.8	119.5	159.1	155.9	229.7	188	295.8	318.4
V	m ³	54	68	115	116	155.00	152	224	183	288	310
T	m	1.3	1.45	1.8	1.85	1.9	1.8	2.2	1.85	2.2	2.3
L_{WL}	m	16.83	18.48	22.68	22.72	26.92	26.88	26.91	29.45	33.63	35.41
B_{WL}	m	4.80	5.00	5.60	5.40	6.00	6.20	7.40	6.50	7.60	7.30
C_P		0.603	0.598	0.591	0.596	0.602	0.596	0.6	0.603	0.6	0.608
C_B		0.521	0.515	0.508	0.515	0.52	0.508	0.513	0.52	0.517	0.524
C_M		0.875	0.872	0.876	0.879	0.875	0.876	0.878	0.875	0.873	0.883
C_{WP}		0.791	0.787	0.787	0.791	0.79	0.787	0.79	0.79	0.788	0.796
LCB	m	8.146	8.988	10.960	10.920	13.044	12.990	12.964	14.266	16.331	16.938
LCF	m	7.538	8.289	10.179	10.180	12.061	12.064	12.066	13.191	15.072	15.861
KB	m	0.811	0.906	1.135	1.163	1.155	1.135	1.385	1.154	1.367	1.442
KG	m	1.600	1.900	2.350	2.400	2.300	2.350	2.850	2.400	2.600	2.950
BM_T	m	1.804	1.761	1.808	1.629	1.983	2.216	2.575	2.312	2.694	2.382
BM_L	m	19.840	21.480	26.392	25.719	35.684	37.072	30.362	42.687	47.079	50.187
GM_T	m	0.995	0.747	0.483	0.332	0.677	0.891	0.961	1.007	1.421	0.824
GM_L	m	19.033	20.471	25.067	24.423	34.378	35.747	28.747	41.382	45.806	48.629
KM_T	m	2.615	2.667	2.943	2.792	3.137	3.351	3.961	3.467	4.061	3.824
KM_L	m	20.653	22.391	27.527	26.883	36.838	38.207	31.747	43.842	48.446	51.629
TPC	ton/cm	0.655	0.746	1.025	0.995	1.308	1.345	1.612	1.545	2.064	2.109
MTC	ton.m	0.636	0.783	1.313	1.285	2.032	2.073	2.455	2.642	4.03	4.373

Çizelge EkA.2 Tekne ana karakteristikleri Tekne 11-20 (KG=0,60D)

		Form-11	Form-12	Form-13	Form-14	Form-15	Form-16	Form-17	Form-18	Form-19	Form-20
Δ	ton	309	450.4	340.6	540.3	571.5	616	396.2	501.6	642.3	825.2
V	m ³	301	439.00	331	526.00	557.00	605.00	389.00	492.00	629.00	808.00
T	m	2.2	2.6	2.2	2.6	2.6	2.8	2.5	2.7	3.0	3.2
L_{WL}	m	37.84	39.55	42.03	43.76	46.28	51.50	43.49	46.45	49.00	55.00
B_{WL}	m	7.00	8.30	7.00	9.00	9.00	7.85	6.85	7.05	7.30	7.80
C_P		0.6	0.602	0.6	0.603	0.605	0.59	0.59	0.62	0.65	0.66
C_B		0.518	0.516	0.517	0.516	0.516	0.518	0.511	0.545	0.567	0.573
C_M		0.874	0.879	0.873	0.879	0.879	0.859	0.864	0.866	0.862	0.868
C_{WP}		0.789	0.792	0.788	0.792	0.792	0.753	0.749	0.769	0.784	0.789
LCB	m	18.361	19.016	20.414	21.039	22.252	23.509	19.505	20.749	22.022	24.732
LCF	m	16.957	17.729	18.840	19.615	20.746	21.521	17.867	19.321	20.774	23.305
KB	m	1.373	1.635	1.367	1.635	1.635	1.710	1.534	1.630	1.797	1.913
KG	m	2.900	3.500	2.950	3.500	3.500	2.880	2.400	2.640	2.940	3.180
BM_T	m	2.272	2.737	2.285	3.218	3.218	2.164	1.873	1.788	1.735	1.850
BM_L	m	59.296	55.469	73.561	67.898	75.958	80.990	62.788	66.391	68.257	80.010
GM_T	m	0.645	0.832	0.652	1.313	1.313	0.995	1.008	0.777	0.587	0.579
GM_L	m	57.670	53.563	71.928	65.993	74.053	79.820	61.922	65.381	67.115	78.744
KM_T	m	3.645	4.372	3.652	4.853	4.853	3.875	3.408	3.417	3.527	3.759
KM_L	m	60.670	57.103	74.928	69.533	77.593	82.700	64.322	68.021	70.055	81.924
TPC	ton/cm	2.142	2.664	2.377	3.196	3.38	3.202	2.324	2.62	2.961	3.55
MTC	ton.m	4.71	6.1	5.829	8.149	9.144	9.422	5.642	7.06	8.72	11.778

Çizelge Eka.3 Tekne ana karakteristikleri Tekne 21-30 (KG=0,60D)

		Form-21	Form-22	Form-23	Form-24	Form-25	Form-26	Form-27	Form-28	Form-29	Form-30
Δ	ton	616.5	588.5	667.1	696.1	676.1	753.1	883.1	921.2	1005.6	1022.4
V	m ³	604.00	577.00	653.00	682.00	662.00	737.00	864.00	901.00	984.00	1000.00
T	m	3.2	3.0	3.4	3.4	3.1	3.3	3.3	3.4	3.6	3.6
L_{WL}	m	40.10	42.00	44.47	46.40	48.34	50.28	55.11	55.50	57.50	58.50
B_{WL}	m	7.80	7.30	8.25	8.25	8.45	8.45	9.05	9.05	9.05	9.05
C_P		0.67	0.69	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
C_B		0.582	0.602	0.515	0.515	0.515	0.518	0.518	0.515	0.514	0.514
C_M		0.86	0.863	0.863	0.863	0.863	0.864	0.864	0.863	0.862	0.862
C_{WP}		0.794	0.808	0.752	0.752	0.746	0.753	0.753	0.752	0.751	0.751
LCB	m	18.117	19.026	19.945	20.812	21.742	22.517	24.682	25.148	26.038	26.472
LCF	m	17.204	18.237	18.308	19.104	20.087	20.712	22.703	23.084	23.869	24.266
KB	m	1.906	1.774	2.082	2.082	1.895	2.019	2.019	2.082	2.206	2.206
KG	m	3.180	2.880	3.420	3.420	3.060	3.240	3.240	3.360	3.600	3.600
BM_T	m	1.831	1.700	1.976	1.976	2.268	2.132	2.440	2.370	2.240	2.240
BM_L	m	43.581	51.691	48.281	52.570	61.129	63.546	76.354	76.756	77.599	80.207
GM_T	m	0.557	0.594	0.638	0.638	1.102	0.912	1.220	1.093	0.846	0.846
GM_L	m	42.307	50.585	46.943	51.232	59.964	62.325	75.133	75.478	76.205	78.813
KM_T	m	3.737	3.474	4.058	4.058	4.162	4.152	4.460	4.453	4.446	4.446
KM_L	m	45.487	53.465	50.363	54.652	63.024	65.565	78.373	78.838	79.805	82.413
TPC	ton/cm	2.629	2.631	2.862	2.986	3.159	3.319	3.892	3.952	4.082	4.15
MTC	ton.m	6.421	6.986	7.042	7.685	8.387	9.335	12.039	12.401	13.214	13.666

Çizelge EkA.4 Tekne ana karakteristikleri Tekne 31-40 (KG=0,60D)

		Form-31	Form-32	Form-33	Form-34	Form-35	Form-36	Form-37	Form-38	Form-39	Form-40
Δ	ton	183.4	239.3	312.9	390.9	452.5	510.1	616.6	666.9	779.7	935.4
V	m ³	179	233	305	381	441	497	601	650.66	760	912
T	m	2	2.2	2.5	2.7	2.7	2.8	3	3	3.2	3.5
L_{WL}	m	29.20	31.80	35.50	38.30	41.20	44.20	47.00	50.9	52.70	56.10
B_{WL}	m	5.45	5.95	6.00	6.50	7.00	7.00	7.50	7.5	8.00	8.00
C_P		0.635	0.635	0.645	0.64	0.64	0.645	0.64	0.639	0.64	0.66
C_B		0.563	0.563	0.577	0.572	0.572	0.579	0.574	0.574	0.57	0.587
C_M		0.895	0.893	0.902	0.9	0.9	0.902	0.901	0.901	0.899	0.905
C_{WP}		0.807	0.805	0.829	0.822	0.822	0.831	0.824	0.824	0.819	0.841
LCB	m	16.318	17.929	19.229	20.861	22.425	23.883	25.523	27.606	28.727	29.963
LCF	m	15.110	16.673	17.624	19.150	20.586	21.881	23.413	25.324	26.398	27.427
KB	m	1.181	1.300	1.476	1.594	1.594	1.653	1.771	1.771	1.889	2.066
KG	m	2.400	2.700	2.700	3.000	3.000	3.000	3.300	3.3	3.600	3.600
BM_T	m	1.460	1.575	1.424	1.538	1.783	1.734	1.847	1.84	1.960	1.820
BM_L	m	36.935	39.440	45.666	48.563	56.121	63.308	66.030	77.25	76.789	82.141
GM_T	m	0.241	0.169	0.200	0.132	0.377	0.387	0.318	0.317	0.249	0.293
GM_L	m	35.717	38.040	44.442	47.157	54.715	61.961	64.501	75.721	75.078	80.607
KM_T	m	2.641	2.869	2.900	3.132	3.377	3.387	3.618	3.617	3.849	3.893
KM_L	m	38.117	40.740	47.142	50.157	57.715	64.961	67.801	79.021	78.678	84.207
TPC	ton/cm	1.315	1.554	1.798	2.081	2.409	2.616	2.954	3.195	3.502	3.829
MTC	ton.m	2.239	2.86	3.907	4.802	6	7.138	8.45	9.92	11.109	13.467

Çizelge EkA.5 Tekne ana karakteristikleri Tekne 41-50 (KG=0,60D)

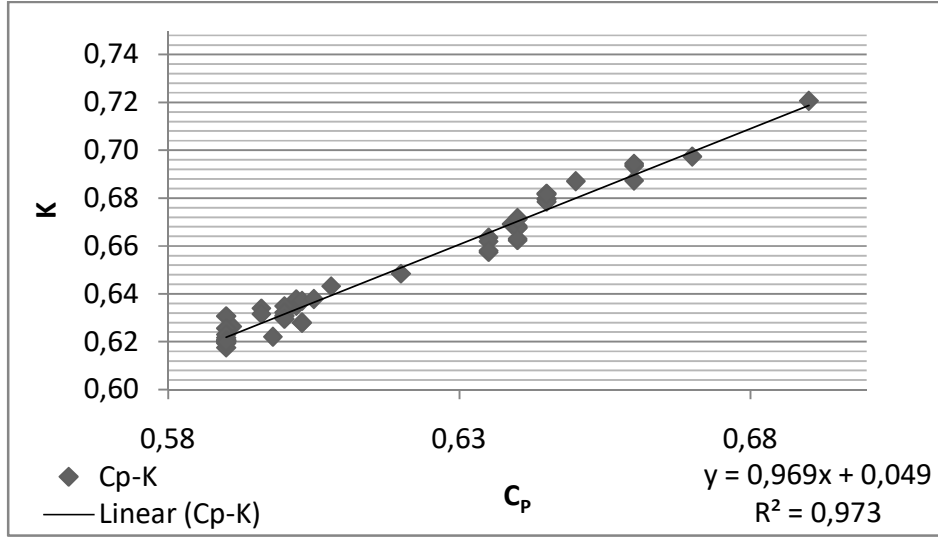
		Form-41	Form-42	Form-43	Form-44	Form-45	Form-46	Form-47	Form-48	Form-49	Form-50
Δ	ton	177.5	232.2	304.5	381.1	442	499	603.8	654.3	765.5	919.3
V	m ³	173	227	297	372	431	487	589	638	747	897
T	m	2	2.2	2.5	2.7	2.7	2.8	3	3	3.2	3.5
L_{WL}	m	28.31	30.89	34.63	37.42	40.30	43.32	46.11	49.95	51.73	55.10
B_{WL}	m	5.45	5.95	6	6.5	7	7	7.5	7.5	8	8
C_P		0.635	0.635	0.645	0.64	0.64	0.645	0.64	0.64	0.64	0.66
C_B		0.563	0.563	0.577	0.572	0.572	0.579	0.573	0.574	0.57	0.587
C_M		0.895	0.893	0.902	0.9	0.9	0.902	0.901	0.901	0.899	0.905
C_{WP}		0.807	0.805	0.829	0.822	0.822	0.831	0.824	0.824	0.819	0.841
LCB	m	15.791	17.401	18.710	20.339	21.904	23.364	24.996	27.086	28.204	29.446
LCF	m	14.622	16.183	17.147	18.671	20.107	21.405	22.926	24.846	25.918	26.954
KB	m	1.181	1.300	1.476	1.594	1.594	1.653	1.771	1.771	1.889	2.066
KG	m	2.400	2.700	2.700	3.000	3.000	3.000	3.300	3.300	3.600	3.600
BM_T	m	1.460	1.575	1.424	1.538	1.783	1.734	1.847	1.847	1.960	1.820
BM_L	m	34.591	37.154	43.231	46.166	53.541	60.586	63.277	74.363	74.022	79.333
GM_T	m	0.241	0.169	0.200	0.132	0.377	0.387	0.318	0.318	0.249	0.293
GM_L	m	33.372	35.754	42.007	44.760	52.136	59.239	61.748	72.834	72.311	77.799
KM_T	m	2.641	2.869	2.900	3.132	3.377	3.387	3.618	3.618	3.849	3.893
KM_L	m	35.772	38.454	44.707	47.760	55.136	62.239	65.048	76.134	75.911	81.399
TPC	ton/cm	1.272	1.508	1.749	2.029	2.353	2.559	2.893	3.135	3.438	3.763
MTC	ton.m	2.092	2.688	3.693	4.558	5.717	6.824	8.087	9.541	10.7	12.997

Çizelge EkA.6 BM_T yaklaşımı için parametre katsayı tespiti Tekne 1-24 (KG=0,60D)

	$\frac{LB^3}{12V}$	m	C _P	n	BM (Yaklaşım)	BM (Gerçek)	Fark %
Form-1	2.872	0.97	0.603	0.05	1.824	1.804	1.1
Form-2	2.831	0.97	0.598	0.05	1.784	1.761	1.3
Form-3	2.886	0.97	0.591	0.05	1.799	1.808	0.5
Form-4	2.570	0.97	0.596	0.05	1.614	1.629	0.9
Form-5	3.123	0.97	0.602	0.05	1.980	1.983	0.2
Form-6	3.509	0.97	0.596	0.05	2.204	2.216	0.5
Form-7	4.056	0.97	0.600	0.05	2.563	2.575	0.4
Form-8	3.682	0.97	0.603	0.05	2.338	2.312	1.1
Form-9	4.271	0.97	0.600	0.05	2.699	2.694	0.2
Form-10	3.703	0.97	0.608	0.05	2.369	2.382	0.5
Form-11	3.593	0.97	0.600	0.05	2.271	2.272	0.0
Form-12	4.291	0.97	0.602	0.05	2.720	2.737	0.6
Form-13	3.630	0.97	0.600	0.05	2.294	2.285	0.4
Form-14	5.051	0.97	0.603	0.05	3.207	3.218	0.3
Form-15	5.045	0.97	0.605	0.05	3.213	3.218	0.1
Form-16	3.431	0.97	0.590	0.05	2.135	2.164	1.4
Form-17	2.994	0.97	0.590	0.05	1.863	1.873	0.5
Form-18	2.757	0.97	0.620	0.05	1.796	1.788	0.5
Form-19	2.525	0.97	0.650	0.05	1.719	1.735	1.0
Form-20	2.692	0.97	0.660	0.05	1.858	1.850	0.4
Form-21	2.625	0.97	0.670	0.05	1.838	1.831	0.4
Form-22	2.360	0.97	0.690	0.05	1.697	1.700	0.2
Form-23	3.187	0.97	0.590	0.05	1.983	1.976	0.4
Form-24	3.184	0.97	0.590	0.05	1.981	1.976	0.3

Çizelge Eka.7 BM_T yaklaşımı için parametre katsayı tespiti Tekne 27-50 (KG=0,60D)

	$\frac{LB^3}{12V}$	m	C _p	n	BM (Yaklaşım)	BM (Gerçek)	Fark %
Form-27	3.940	0.97	0.590	0.05	2.452	2.440	0.5
Form-28	3.805	0.97	0.590	0.05	2.368	2.370	0.1
Form-29	3.609	0.97	0.590	0.05	2.246	2.240	0.3
Form-30	3.613	0.97	0.590	0.05	2.249	2.240	0.4
Form-31	2.201	0.97	0.635	0.05	1.465	1.460	0.4
Form-32	2.396	0.97	0.635	0.05	1.595	1.575	1.3
Form-33	2.095	0.97	0.645	0.05	1.416	1.424	0.6
Form-34	2.301	0.97	0.640	0.05	1.543	1.538	0.4
Form-35	2.670	0.97	0.640	0.05	1.791	1.783	0.5
Form-36	2.542	0.97	0.645	0.05	1.718	1.734	0.9
Form-37	2.749	0.97	0.640	0.05	1.844	1.847	0.1
Form-39	2.959	0.97	0.640	0.05	1.985	1.960	1.3
Form-40	2.625	0.97	0.660	0.05	1.811	1.820	0.5
Form-41	2.205	0.97	0.635	0.05	1.469	1.460	0.6
Form-42	2.393	0.97	0.635	0.05	1.594	1.575	1.2
Form-43	2.099	0.97	0.645	0.05	1.418	1.424	0.4
Form-44	2.304	0.97	0.640	0.05	1.545	1.538	0.5
Form-45	2.672	0.97	0.640	0.05	1.792	1.783	0.5
Form-46	2.543	0.97	0.645	0.05	1.718	1.734	0.9
Form-47	2.751	0.97	0.640	0.05	1.846	1.847	0.1
Form-48	2.751	0.97	0.640	0.05	1.845	1.847	0.1
Form-49	2.956	0.97	0.640	0.05	1.983	1.960	1.2
Form-50	2.621	0.97	0.660	0.05	1.809	1.820	0.6



Şekil Eka.1 BM_T yaklaşımı regresyon analizi ($KG=0,60D$)

BM_T yaklaşımı aşağıdaki gibidir:

$$BM_T = \frac{1,8^3}{12V} \cdot (0,97 \cdot C_p + 0,050)$$

Çizelge Eka.8 GZ-Θ değerleri Tekne 1-24 (KG=0,60D)

	GZ-0	GZ-10	GZ-20	GZ-30	GZ-40	GZ-50
Form-1	0.000	0.175	0.351	0.500	0.603	0.675
Form-2	0.000	0.132	0.269	0.393	0.480	0.565
Form-3	0.000	0.086	0.183	0.286	0.367	0.442
Form-4	0.000	0.060	0.133	0.223	0.302	0.381
Form-5	0.000	0.120	0.251	0.381	0.479	0.549
Form-6	0.000	0.157	0.320	0.467	0.568	0.642
Form-7	0.000	0.170	0.349	0.518	0.638	0.729
Form-8	0.000	0.178	0.361	0.526	0.639	0.700
Form-9	0.000	0.250	0.506	0.738	0.887	0.954
Form-10	0.000	0.147	0.307	0.475	0.606	0.705
Form-11	0.000	0.115	0.244	0.377	0.477	0.563
Form-12	0.000	0.148	0.311	0.480	0.607	0.718
Form-13	0.000	0.116	0.245	0.378	0.477	0.561
Form-14	0.000	0.232	0.473	0.692	0.843	0.948
Form-15	0.000	0.232	0.473	0.692	0.843	0.948
Form-16	0.000	0.177	0.366	0.563	0.718	0.752
Form-17	0.000	0.178	0.369	0.565	0.710	0.741
Form-18	0.000	0.139	0.293	0.463	0.583	0.605
Form-19	0.000	0.106	0.230	0.383	0.507	0.527
Form-20	0.000	0.104	0.230	0.387	0.480	0.463
Form-21	0.000	0.101	0.222	0.376	0.497	0.512
Form-22	0.000	0.107	0.233	0.386	0.490	0.497
Form-23	0.000	0.115	0.250	0.414	0.568	0.618
Form-24	0.000	0.115	0.249	0.412	0.573	0.629

Çizelge EkA.9 GZ-Θ değerleri Tekne 27-50 (KG=0,60D)

	GZ-0	GZ-10	GZ-20	GZ-30	GZ-40	GZ-50
Form-27	0.000	0.216	0.450	0.693	0.863	0.886
Form-28	0.000	0.194	0.407	0.634	0.799	0.831
Form-29	0.000	0.151	0.323	0.520	0.693	0.749
Form-30	0.000	0.151	0.323	0.520	0.691	0.745
Form-31	0.000	0.044	0.101	0.186	0.295	0.335
Form-32	0.000	0.032	0.080	0.158	0.268	0.327
Form-33	0.000	0.037	0.089	0.172	0.288	0.316
Form-34	0.000	0.026	0.068	0.145	0.269	0.316
Form-35	0.000	0.068	0.153	0.272	0.415	0.436
Form-36	0.000	0.070	0.156	0.276	0.413	0.425
Form-37	0.000	0.058	0.134	0.249	0.399	0.430
Form-39	0.000	0.047	0.113	0.221	0.380	0.430
Form-40	0.000	0.054	0.127	0.242	0.383	0.405
Form-41	0.000	0.044	0.102	0.186	0.295	0.335
Form-42	0.000	0.032	0.080	0.158	0.268	0.328
Form-43	0.000	0.037	0.089	0.172	0.289	0.317
Form-44	0.000	0.026	0.068	0.145	0.269	0.317
Form-45	0.000	0.069	0.153	0.272	0.415	0.437
Form-46	0.000	0.070	0.156	0.276	0.413	0.426
Form-47	0.000	0.058	0.135	0.249	0.399	0.431
Form-48	0.000	0.058	0.135	0.249	0.400	0.431
Form-49	0.000	0.047	0.113	0.221	0.380	0.431
Form-50	0.000	0.054	0.127	0.241	0.384	0.406

Çizelge EkA.10 GM.sin(Θ) Gerçek değerleri Tekne 1-24 (KG=0,60D)

	GM	GM. sin(0)	GM. sin(10)	GM. sin(20)	GM. sin(30)	GM. sin(40)	GM. sin(50)
Form-1	0.995	0	0.173	0.340	0.498	0.640	0.762
Form-2	0.747	0	0.130	0.255	0.374	0.480	0.572
Form-3	0.483	0	0.084	0.165	0.242	0.310	0.370
Form-4	0.332	0	0.058	0.114	0.166	0.213	0.254
Form-5	0.677	0	0.118	0.232	0.339	0.435	0.519
Form-6	0.891	0	0.155	0.305	0.446	0.573	0.683
Form-7	0.961	0	0.167	0.329	0.481	0.618	0.736
Form-8	1.007	0	0.175	0.344	0.504	0.647	0.771
Form-9	1.421	0	0.247	0.486	0.711	0.913	1.089
Form-10	0.824	0	0.143	0.282	0.412	0.530	0.631
Form-11	0.645	0	0.112	0.221	0.323	0.415	0.494
Form-12	0.832	0	0.144	0.284	0.416	0.535	0.637
Form-13	0.652	0	0.113	0.223	0.326	0.419	0.499
Form-14	1.313	0	0.228	0.449	0.656	0.844	1.006
Form-15	1.313	0	0.228	0.449	0.656	0.844	1.006
Form-16	0.995	0	0.173	0.340	0.497	0.639	0.762
Form-17	1.008	0	0.175	0.345	0.504	0.648	0.772
Form-18	0.777	0	0.135	0.266	0.389	0.500	0.595
Form-19	0.587	0	0.102	0.201	0.294	0.378	0.450
Form-20	0.579	0	0.101	0.198	0.290	0.372	0.444
Form-21	0.557	0	0.097	0.191	0.279	0.358	0.427
Form-22	0.594	0	0.103	0.203	0.297	0.382	0.455
Form-23	0.638	0	0.111	0.218	0.319	0.410	0.489
Form-24	0.638	0	0.111	0.218	0.319	0.410	0.489

Çizelge EkA.11 GM.sin(Θ) Gerçek değerleri Tekne 27-50 (KG=0,60D)

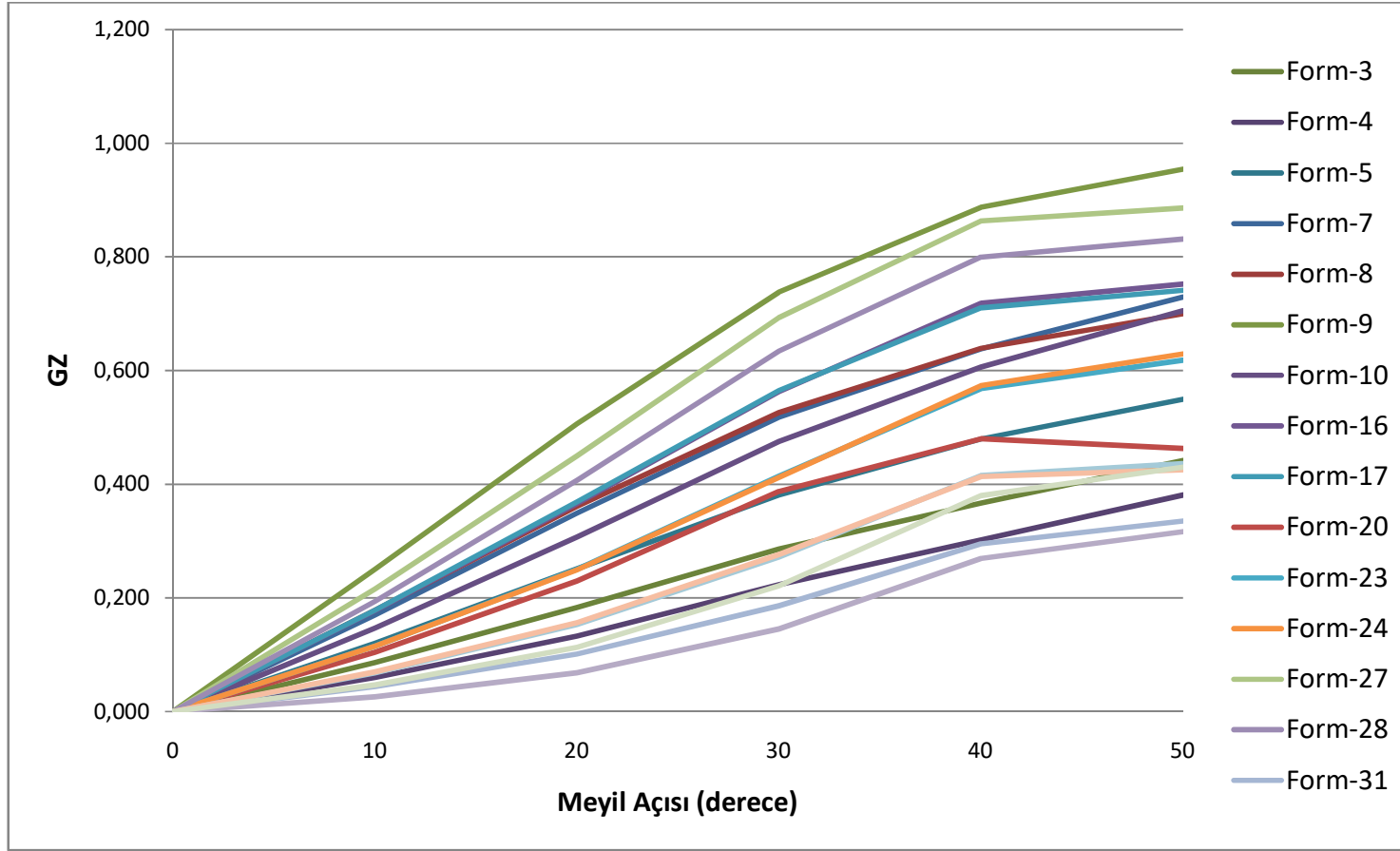
	GM	GM. sin(0)	GM. sin(10)	GM. sin(20)	GM. sin(30)	GM. sin(40)	GM. sin(50)
Form-27	1.220	0	0.212	0.417	0.610	0.784	0.934
Form-28	1.093	0	0.190	0.374	0.546	0.702	0.837
Form-29	0.846	0	0.147	0.289	0.423	0.544	0.648
Form-30	0.846	0	0.147	0.289	0.423	0.544	0.648
Form-31	0.241	0	0.042	0.083	0.121	0.155	0.185
Form-32	0.169	0	0.029	0.058	0.085	0.109	0.130
Form-33	0.200	0	0.035	0.068	0.100	0.128	0.153
Form-34	0.132	0	0.023	0.045	0.066	0.085	0.101
Form-35	0.377	0	0.066	0.129	0.189	0.243	0.289
Form-36	0.387	0	0.067	0.132	0.193	0.248	0.296
Form-37	0.318	0	0.055	0.109	0.159	0.204	0.243
Form-39	0.249	0	0.043	0.085	0.125	0.160	0.191
Form-40	0.293	0	0.051	0.100	0.146	0.188	0.224
Form-41	0.241	0	0.042	0.083	0.121	0.155	0.185
Form-42	0.169	0	0.029	0.058	0.085	0.109	0.130
Form-43	0.200	0	0.035	0.068	0.100	0.128	0.153
Form-44	0.132	0	0.023	0.045	0.066	0.085	0.101
Form-45	0.377	0	0.066	0.129	0.189	0.243	0.289
Form-46	0.387	0	0.067	0.132	0.193	0.248	0.296
Form-47	0.318	0	0.055	0.109	0.159	0.205	0.244
Form-48	0.318	0	0.055	0.109	0.159	0.204	0.243
Form-49	0.249	0	0.043	0.085	0.125	0.160	0.191
Form-50	0.293	0	0.051	0.100	0.146	0.188	0.224

Çizelge EkA.12 $MN_{\Theta} \cdot \sin(\Theta)$ Gerçek değerleri Tekne 1-24 (KG=0,60D)

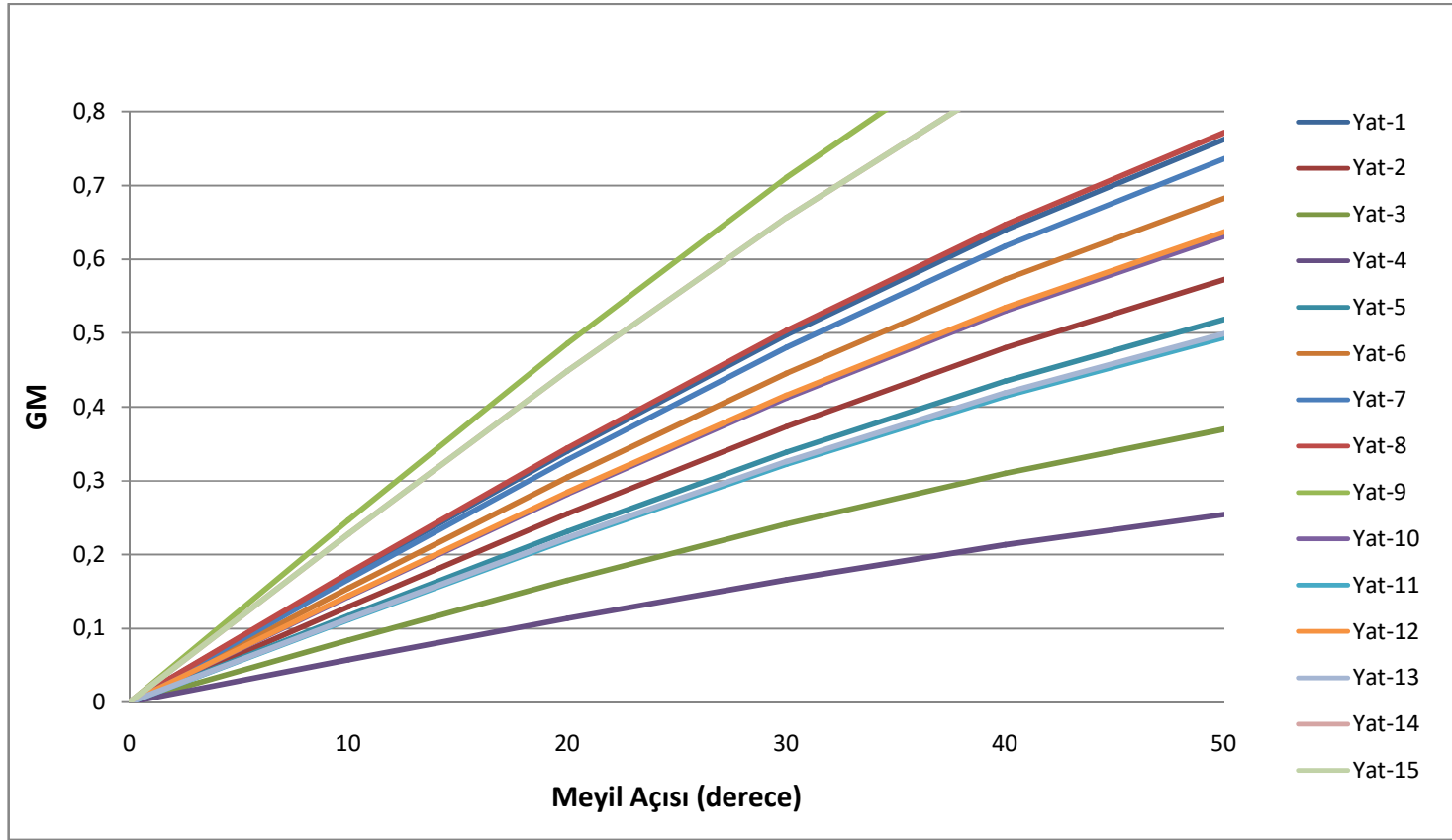
	$MN_0 \cdot \sin(0)$	$MN_{10} \cdot \sin(10)$	$MN_{20} \cdot \sin(20)$	$MN_{30} \cdot \sin(30)$	$MN_{40} \cdot \sin(40)$	$MN_{50} \cdot \sin(50)$
Form-1	0.000	0.002	0.011	0.003	-0.037	-0.087
Form-2	0.000	0.002	0.014	0.020	0.000	-0.007
Form-3	0.000	0.002	0.018	0.045	0.057	0.072
Form-4	0.000	0.002	0.019	0.057	0.089	0.127
Form-5	0.000	0.002	0.019	0.042	0.044	0.030
Form-6	0.000	0.002	0.015	0.022	-0.005	-0.041
Form-7	0.000	0.003	0.020	0.038	0.020	-0.007
Form-8	0.000	0.003	0.017	0.023	-0.008	-0.071
Form-9	0.000	0.003	0.020	0.028	-0.026	-0.135
Form-10	0.000	0.004	0.025	0.063	0.076	0.074
Form-11	0.000	0.003	0.023	0.055	0.062	0.069
Form-12	0.000	0.004	0.027	0.064	0.072	0.081
Form-13	0.000	0.003	0.022	0.052	0.058	0.062
Form-14	0.000	0.004	0.024	0.036	-0.001	-0.058
Form-15	0.000	0.004	0.024	0.036	-0.001	-0.058
Form-16	0.000	0.004	0.026	0.066	0.079	-0.010
Form-17	0.000	0.003	0.024	0.061	0.062	-0.031
Form-18	0.000	0.004	0.027	0.074	0.083	0.010
Form-19	0.000	0.004	0.029	0.089	0.129	0.077
Form-20	0.000	0.003	0.032	0.097	0.108	0.019
Form-21	0.000	0.004	0.031	0.097	0.139	0.085
Form-22	0.000	0.004	0.030	0.089	0.108	0.042
Form-23	0.000	0.004	0.032	0.095	0.158	0.129
Form-24	0.000	0.004	0.031	0.093	0.163	0.140

Çizelge EkA.13 $MN_{\Theta} \cdot \sin(\Theta)$ Gerçek değerleri Tekne 27-50 (KG=0,60D)

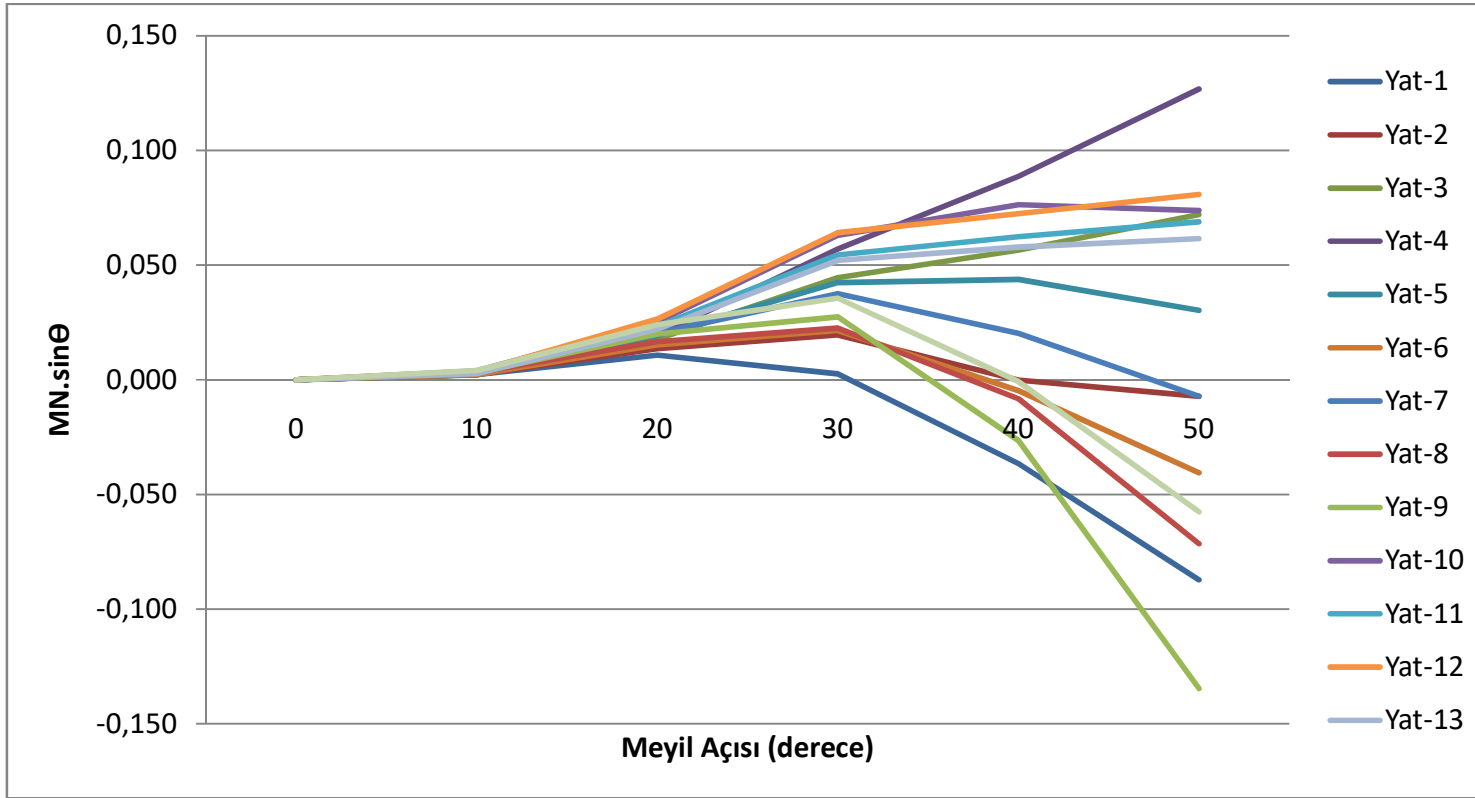
	$MN_0 \cdot \sin(0)$	$MN_{10} \cdot \sin(10)$	$MN_{20} \cdot \sin(20)$	$MN_{30} \cdot \sin(30)$	$MN_{40} \cdot \sin(40)$	$MN_{50} \cdot \sin(50)$
Form-27	0.000	0.004	0.033	0.083	0.079	-0.048
Form-28	0.000	0.004	0.033	0.088	0.097	-0.006
Form-29	0.000	0.004	0.034	0.097	0.149	0.101
Form-30	0.000	0.004	0.034	0.097	0.147	0.097
Form-31	0.000	0.002	0.018	0.065	0.140	0.150
Form-32	0.000	0.003	0.022	0.073	0.159	0.197
Form-33	0.000	0.002	0.021	0.072	0.160	0.163
Form-34	0.000	0.003	0.023	0.079	0.184	0.215
Form-35	0.000	0.002	0.024	0.083	0.172	0.147
Form-36	0.000	0.003	0.024	0.083	0.165	0.129
Form-37	0.000	0.003	0.025	0.090	0.195	0.187
Form-39	0.000	0.004	0.028	0.097	0.220	0.239
Form-40	0.000	0.003	0.027	0.096	0.195	0.181
Form-41	0.000	0.002	0.019	0.065	0.140	0.150
Form-42	0.000	0.003	0.022	0.073	0.159	0.198
Form-43	0.000	0.002	0.021	0.072	0.161	0.164
Form-44	0.000	0.003	0.023	0.079	0.184	0.216
Form-45	0.000	0.003	0.024	0.083	0.172	0.148
Form-46	0.000	0.003	0.024	0.083	0.165	0.130
Form-47	0.000	0.003	0.026	0.090	0.194	0.187
Form-48	0.000	0.003	0.026	0.090	0.196	0.188
Form-49	0.000	0.004	0.028	0.097	0.220	0.240
Form-50	0.000	0.003	0.027	0.095	0.196	0.182



Şekil EkA.2 GZ-Meyil açısı eğrileri (KG=0,60D)



Şekil EkA.3 GM-Meyil açısı eğrileri (KG=0,60D)



Şekil EkA.4 MN.sin(Θ) Meyil açısı eğrileri (KG=0,60D)

Çizelge EkA.14 C_{RS} Gerçek değerleri Tekne 1-24 (KG=0,60D)

	BM _T	C _{RS} -10	C _{RS} -20	C _{RS} -30	C _{RS} -40	C _{RS} -50
Form-1	1.804	1,231E-03	5,926E-03	1,386E-03	-2,027E-02	-4,834E-02
Form-2	1.761	1,297E-03	7,672E-03	1,107E-02	-9,219E-05	-4,109E-03
Form-3	1.808	1,177E-03	9,847E-03	2,461E-02	3,127E-02	3,982E-02
Form-4	1.629	1,442E-03	1,194E-02	3,499E-02	5,439E-02	7,776E-02
Form-5	1.983	1,222E-03	9,794E-03	2,141E-02	2,208E-02	1,529E-02
Form-6	2.216	1,029E-03	6,886E-03	9,702E-03	-2,132E-03	-1,830E-02
Form-7	2.575	1,213E-03	7,891E-03	1,456E-02	7,876E-03	-2,784E-03
Form-8	2.312	1,357E-03	7,174E-03	9,732E-03	-3,584E-03	-3,089E-02
Form-9	2.694	1,205E-03	7,420E-03	1,021E-02	-9,800E-03	-4,994E-02
Form-10	2.382	1,643E-03	1,057E-02	2,645E-02	3,205E-02	3,097E-02
Form-11	2.272	1,319E-03	1,030E-02	2,399E-02	2,747E-02	3,033E-02
Form-12	2.737	1,307E-03	9,698E-03	2,344E-02	2,645E-02	2,955E-02
Form-13	2.285	1,217E-03	9,629E-03	2,276E-02	2,534E-02	2,693E-02
Form-14	3.218	1,254E-03	7,457E-03	1,106E-02	-2,646E-04	-1,792E-02
Form-15	3.218	1,254E-03	7,457E-03	1,106E-02	-2,646E-04	-1,792E-02
Form-16	2.164	1,990E-03	1,195E-02	3,038E-02	3,638E-02	-4,542E-03
Form-17	1.873	1,619E-03	1,302E-02	3,267E-02	3,327E-02	-1,648E-02
Form-18	1.788	2,251E-03	1,519E-02	4,159E-02	4,663E-02	5,344E-03
Form-19	1.735	2,315E-03	1,679E-02	5,150E-02	7,463E-02	4,444E-02
Form-20	1.850	1,841E-03	1,723E-02	5,262E-02	5,818E-02	1,039E-02
Form-21	1.831	2,327E-03	1,718E-02	5,323E-02	7,587E-02	4,656E-02
Form-22	1.700	2,256E-03	1,753E-02	5,231E-02	6,358E-02	2,464E-02
Form-23	1.976	2,114E-03	1,605E-02	4,803E-02	7,984E-02	6,534E-02
Form-24	1.976	2,114E-03	1,555E-02	4,701E-02	8,237E-02	7,091E-02

Çizelge EkA.15 C_{RS} Gerçek değerleri Tekne 27-50 (KG=0,60D)

	BM _T	C _{RS} -10	C _{RS} -20	C _{RS} -30	C _{RS} -40	C _{RS} -50
Form-27	2.440	1,729E-03	1,347E-02	3,409E-02	3,239E-02	-1,978E-02
Form-28	2.370	1,810E-03	1,407E-02	3,702E-02	4,082E-02	-2,491E-03
Form-29	2.240	1,851E-03	1,507E-02	4,337E-02	6,670E-02	4,516E-02
Form-30	2.240	1,851E-03	1,507E-02	4,337E-02	6,580E-02	4,338E-02
Form-31	1.460	1,437E-03	1,265E-02	4,476E-02	9,582E-02	1,028E-01
Form-32	1.575	1,641E-03	1,401E-02	4,654E-02	1,010E-01	1,252E-01
Form-33	1.424	1,619E-03	1,451E-02	5,064E-02	1,121E-01	1,144E-01
Form-34	1.538	2,036E-03	1,493E-02	5,148E-02	1,199E-01	1,399E-01
Form-35	1.783	1,392E-03	1,343E-02	4,674E-02	9,672E-02	8,242E-02
Form-36	1.734	1,664E-03	1,373E-02	4,773E-02	9,493E-02	7,437E-02
Form-37	1.847	1,524E-03	1,370E-02	4,879E-02	1,054E-01	1,010E-01
Form-39	1.960	1,920E-03	1,421E-02	4,924E-02	1,122E-01	1,221E-01
Form-40	1.820	1,744E-03	1,478E-02	5,255E-02	1,071E-01	9,933E-02
Form-41	1.460	1,438E-03	1,334E-02	4,476E-02	9,583E-02	1,029E-01
Form-42	1.575	1,641E-03	1,401E-02	4,654E-02	1,010E-01	1,259E-01
Form-43	1.424	1,619E-03	1,451E-02	5,064E-02	1,128E-01	1,151E-01
Form-44	1.538	2,036E-03	1,493E-02	5,148E-02	1,199E-01	1,406E-01
Form-45	1.783	1,953E-03	1,343E-02	4,674E-02	9,672E-02	8,298E-02
Form-46	1.734	1,664E-03	1,373E-02	4,773E-02	9,493E-02	7,494E-02
Form-47	1.847	1,486E-03	1,417E-02	4,867E-02	1,053E-01	1,014E-01
Form-48	1.847	1,524E-03	1,425E-02	4,879E-02	1,060E-01	1,016E-01
Form-49	1.960	1,920E-03	1,421E-02	4,924E-02	1,122E-01	1,226E-01
Form-50	1.820	1,744E-03	1,478E-02	5,201E-02	1,076E-01	9,988E-02

Çizelge EkA.16 KB Gerçek ve yaklaşım fark yüzdesi hesabı Tekne 1-24 (KG=0,60D)

	T	KB (Yaklaşım)	KB (Gerçek)	Fark %
Form-1	1.300	0.786	0.811	3.0
Form-2	1.450	0.877	0.906	3.2
Form-3	1.800	1.089	1.135	4.1
Form-4	1.850	1.119	1.163	3.8
Form-5	1.850	1.119	1.155	3.1
Form-6	1.800	1.089	1.135	4.1
Form-7	2.200	1.331	1.385	3.9
Form-8	1.850	1.119	1.154	3.0
Form-9	2.200	1.331	1.367	2.6
Form-10	2.300	1.391	1.442	3.5
Form-11	2.200	1.331	1.373	3.1
Form-12	2.600	1.573	1.635	3.8
Form-13	2.200	1.331	1.367	2.6
Form-14	2.600	1.573	1.635	3.8
Form-15	2.600	1.573	1.635	3.8
Form-16	2.800	1.694	1.710	0.9
Form-17	2.500	1.512	1.534	1.4
Form-18	2.700	1.633	1.630	-0.2
Form-19	3.000	1.815	1.797	-1.0
Form-20	3.200	1.936	1.913	-1.2
Form-21	3.200	1.936	1.906	-1.6
Form-22	3.000	1.815	1.774	-2.3
Form-23	3.400	2.057	2.082	1.2
Form-24	3.400	2.057	2.082	1.2

Çizelge EkA.17 KB Gerçek ve yaklaşım fark yüzdesi hesabı Tekne 25-50 (KG=0,60D)

	T	KB (Yaklaşım)	KB (Gerçek)	Fark %
Form-25	3.100	1.875	1.895	1.0
Form-26	3.300	1.996	2.019	1.1
Form-27	3.300	1.996	2.019	1.1
Form-29	3.600	2.178	2.206	1.3
Form-30	3.600	2.178	2.206	1.3
Form-31	2.000	1.210	1.181	-2.4
Form-32	2.200	1.331	1.300	-2.4
Form-33	2.500	1.512	1.476	-2.5
Form-34	2.700	1.633	1.594	-2.5
Form-35	2.700	1.633	1.594	-2.5
Form-36	2.800	1.694	1.653	-2.5
Form-37	3.000	1.815	1.771	-2.5
Form-38	3.000	1.815	1.771	-2.5
Form-39	3.200	1.936	1.889	-2.5
Form-40	3.500	2.117	2.066	-2.5
Form-41	2.000	1.210	1.181	-2.4
Form-42	2.200	1.331	1.300	-2.4
Form-43	2.500	1.512	1.476	-2.5
Form-44	2.700	1.633	1.594	-2.5
Form-45	2.700	1.633	1.594	-2.5
Form-46	2.800	1.694	1.653	-2.5
Form-47	3.000	1.815	1.771	-2.5
Form-48	3.000	1.815	1.771	-2.5
Form-49	3.200	1.936	1.889	-2.5
Form-50	3.500	2.117	2.066	-2.5

SUMMARY OUTPUT

10 degree

Regression Statistics

Multiple R	0.82
R Square	0.67
Adjusted R Square	0.66
Standard Error	0.00
Observations	47

ANOVA

	df	SS	MS	F	Sign. F
Regression	2	3.6E-06	1.8E-06	44.8218	2.4E-11
Residual	44	1.8E-06	4.1E-08		
Total	46	5.4E-06			

	Coef.	St. Error	t Stat	P-value
Intercept	-0.0036	0.116	-0.031	0.976
(B/T)^2	-0.0001	0.011	-0.011	0.991
KG/B	-0.0010	0.070	-0.014	0.989

Şekil EkA.5 C_{RS}-10 Regresyon hesabı (KG=0,60D)

$$C_{RS\ 10} * 1000 = \left(\frac{B}{T}\right)^2 * 0 + \frac{KG}{B} * -1 + -4$$

SUMMARY OUTPUT			20 degree		
<i>Regression Statistics</i>					
Multiple R	0.97				
R Square	0.94				
Adjusted R Square	0.94				
Standard Error	0.00				
Observations	47				
ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Sign. F</i>
Regression	2	0.00042	0.00021	332.133	2.8E-27
Residual	44	2.8E-05	6.4E-07		
Total	46	0.00045			
	<i>Coef.</i>	<i>St. Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	
Intercept	0.029	0.002	13.744	0.000	
(B/T)^2	-0.001	0.000	-22.294	0.000	
KG/B	-0.013	0.004	-3.058	0.004	

Şekil EkA.6 C_{RS}-20 Regresyon hesabı (KG=0,60D)

$$C_{RS\ 20} * 1000 = \left(\frac{B}{T}\right)^2 * -1 + \frac{KG}{B} * -13 + 29$$

SUMMARY OUTPUT		30 degree			
Regression Statistics					
Multiple R	0.99				
R Square	0.98				
Adjusted R Square	0.98				
Standard Error	0.00				
Observations	47				
ANOVA					
	df	SS	MS	F	Sign. F
Regression	2	0.01087	0.00544	1033.2	1E-37
Residual	44	0.00023	5.3E-06		
Total	46	0.0111			
	Coef.	St. Error	t Stat	P-value	
Intercept	0.055	0.006	9.019	0.000	
(B/T)^2	-0.006	0.000	-32.719	0.000	
KG/B	0.069	0.012	5.566	0.000	

Şekil EkA.7 C_{RS}-30 Regresyon hesabı (KG=0,60D)

$$C_{RS\ 30} * 1000 = \left(\frac{B}{T}\right)^2 * -6 + \frac{KG}{B} * 69 + 55$$

SUMMARY OUTPUT				40 degree	
<i>Regression Statistics</i>					
Multiple R	0.98				
R Square	0.96				
Adjusted R Square	0.96				
Standard Error	0.01				
Observations	47				
ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Sign. F</i>
Regression	3	0.07958	0.02653	345.33	4.2E-30
Residual	43	0.0033	7.7E-05		
Total	46	0.08289			
	<i>Coef.</i>	<i>St. Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	
Intercept	-0.218	0.037	-5.946	0.000	
(B/T)^2	0.003	0.003	0.901	0.373	
KG/B	1.143	0.141	8.124	0.000	
D/T	-0.112	0.028	-4.060	0.000	

Şekil EkA.8 C_{RS}-40 Regresyon hesabı (KG=0,60D)

$$C_{RS\ 40} * 1000 = \left(\frac{B}{T}\right)^2 * 3 + \frac{KG}{B} * 1143 + \frac{D}{T} * -112 + -218$$

SUMMARY OUTPUT		50 degree			
Regression Statistics					
Multiple R	0.97				
R Square	0.95				
Adjusted R Square	0.94				
Standard Error	0.01				
Observations	47				
ANOVA					
	df	SS	MS	F	Sign. F
Regression	3	0.13003	0.04334	238.207	8.4E-27
Residual	43	0.00782	0.00018		
Total	46	0.13786			
	Coef.	St. Error	t Stat	P-value	
Intercept	-0.535	0.057	-9.462	0.000	
(B/T)^2	0.005	0.005	0.984	0.331	
KG/B	1.714	0.216	7.918	0.000	
D/T	-0.085	0.042	-1.993	0.053	

Şekil EkA.9 C_{RS}-50 Regresyon hesabı (KG=0,60D)

$$C_{RS\ 50} * 1000 = \left(\frac{B}{T}\right)^2 * 5 + \frac{KG}{B} * 1714 + \frac{D}{T} * -85 + -535$$

Çizelge EkA.18 GZ Yaklaşım hesabı Tekne 1-22 (KG=0,60D)

	KB (yakl.)	KG	BM _T (yakl.)	GM _T (yakl.)	C _{RS-20}	C _{RS-30}	C _{RS-40}	C _{RS-50}
Form-1	0.791	1.6	1.824	1.014	0.006	-0.002	-0.028	-0.068
Form-2	0.882	1.9	1.784	0.766	0.008	0.012	0.006	-0.008
Form-3	1.095	2.4	1.799	0.544	0.010	0.027	0.036	0.042
Form-4	1.125	2.4	1.614	0.339	0.011	0.036	0.068	0.084
Form-5	1.125	2.3	1.980	0.805	0.009	0.020	0.004	-0.010
Form-6	1.095	2.4	2.204	0.949	0.008	0.012	-0.003	-0.016
Form-7	1.338	2.9	2.563	1.052	0.008	0.016	0.002	-0.008
Form-8	1.125	2.4	2.338	1.063	0.007	0.008	-0.006	-0.025
Form-9	1.338	2.6	2.699	1.438	0.008	0.009	-0.014	-0.055
Form-10	1.399	3.0	2.369	0.818	0.010	0.024	0.031	0.027
Form-11	1.338	2.9	2.271	0.709	0.010	0.024	0.032	0.036
Form-12	1.582	3.5	2.720	0.802	0.009	0.025	0.041	0.049
Form-13	1.338	3.0	2.294	0.682	0.009	0.025	0.040	0.048
Form-14	1.582	3.5	3.207	1.289	0.007	0.012	0.009	0.003
Form-15	1.582	3.5	3.213	1.295	0.007	0.012	0.009	0.003
Form-16	1.703	2.9	2.135	0.959	0.013	0.034	0.033	-0.010
Form-17	1.521	2.4	1.863	0.984	0.014	0.035	0.026	-0.030
Form-18	1.642	2.6	1.796	0.798	0.015	0.041	0.048	0.005
Form-19	1.825	2.9	1.719	0.603	0.016	0.048	0.077	0.048
Form-20	1.947	3.2	1.858	0.625	0.015	0.048	0.080	0.055
Form-21	1.947	3.2	1.838	0.604	0.015	0.048	0.080	0.055
Form-22	1.825	2.9	1.697	0.642	0.016	0.047	0.072	0.037

Çizelge EkA.19 GZ Yaklaşım hesabı Tekne 23-50 (KG=0,60D)

	KB (yakl.)	KG	BM _T (yakl.)	GM _T (yakl.)	C _{RS-20}	C _{RS-30}	C _{RS-40}	C _{RS-50}
Form-23	2.068	3.4	1.983	0.631	0.015	0.049	0.086	0.065
Form-24	2.068	3.4	1.981	0.629	0.015	0.049	0.086	0.065
Form-27	2.007	3.2	2.452	1.219	0.014	0.036	0.031	-0.020
Form-28	2.068	3.4	2.368	1.076	0.014	0.039	0.043	-0.001
Form-29	2.190	3.6	2.246	0.836	0.015	0.045	0.069	0.039
Form-30	2.190	3.6	2.249	0.839	0.015	0.045	0.069	0.039
Form-31	1.217	2.4	1.465	0.282	0.013	0.042	0.084	0.090
Form-32	1.338	2.7	1.595	0.234	0.013	0.043	0.094	0.108
Form-33	1.521	2.7	1.416	0.236	0.015	0.052	0.112	0.114
Form-34	1.642	3.0	1.543	0.186	0.015	0.053	0.120	0.130
Form-35	1.642	3.0	1.791	0.434	0.014	0.045	0.085	0.078
Form-36	1.703	3.0	1.718	0.421	0.015	0.048	0.091	0.081
Form-37	1.825	3.3	1.844	0.369	0.015	0.049	0.098	0.097
Form-39	1.947	3.6	1.985	0.331	0.014	0.049	0.105	0.111
Form-40	2.129	3.6	1.811	0.341	0.016	0.055	0.120	0.119
Form-41	1.217	2.4	1.469	0.285	0.013	0.042	0.084	0.090
Form-42	1.338	2.7	1.594	0.232	0.013	0.043	0.094	0.108
Form-43	1.521	2.7	1.418	0.239	0.015	0.052	0.112	0.114
Form-44	1.642	3.0	1.545	0.188	0.015	0.053	0.120	0.130
Form-45	1.642	3.0	1.792	0.435	0.014	0.045	0.085	0.078
Form-46	1.703	3.0	1.718	0.422	0.015	0.048	0.091	0.081
Form-47	1.825	3.3	1.846	0.371	0.015	0.049	0.098	0.097
Form-48	1.825	3.3	1.845	0.370	0.015	0.049	0.098	0.097
Form-49	1.947	3.6	1.983	0.329	0.014	0.049	0.105	0.111
Form-50	2.129	3.6	1.809	0.338	0.016	0.055	0.120	0.119

Çizelge EkA.20 GZ Yaklaşık değerleri Tekne 1-22 (KG=0,60D)

	GZ-0	GZ-10	GZ-20	GZ-30	GZ-40	GZ-50
	0	10	20	30	40	50
Form-1	0.000	0.176	0.358	0.504	0.602	0.653
Form-2	0.000	0.133	0.275	0.404	0.502	0.572
Form-3	0.000	0.094	0.204	0.321	0.415	0.493
Form-4	0.000	0.059	0.134	0.227	0.327	0.396
Form-5	0.000	0.140	0.294	0.442	0.526	0.597
Form-6	0.000	0.165	0.341	0.501	0.603	0.693
Form-7	0.000	0.183	0.381	0.566	0.682	0.786
Form-8	0.000	0.185	0.380	0.551	0.669	0.757
Form-9	0.000	0.250	0.513	0.743	0.885	0.952
Form-10	0.000	0.142	0.303	0.466	0.600	0.690
Form-11	0.000	0.123	0.264	0.410	0.528	0.625
Form-12	0.000	0.139	0.300	0.468	0.627	0.748
Form-13	0.000	0.118	0.255	0.398	0.531	0.633
Form-14	0.000	0.224	0.464	0.683	0.858	0.995
Form-15	0.000	0.225	0.466	0.686	0.862	1.000
Form-16	0.000	0.166	0.356	0.553	0.687	0.713
Form-17	0.000	0.171	0.363	0.558	0.681	0.697
Form-18	0.000	0.139	0.299	0.473	0.600	0.620
Form-19	0.000	0.105	0.233	0.384	0.521	0.545
Form-20	0.000	0.108	0.242	0.402	0.551	0.581
Form-21	0.000	0.105	0.235	0.391	0.536	0.564
Form-22	0.000	0.112	0.246	0.402	0.534	0.555

Çizelge EkA.21 GZ Yaklaşık değerleri Tekne 23-50 (KG=0,60D)

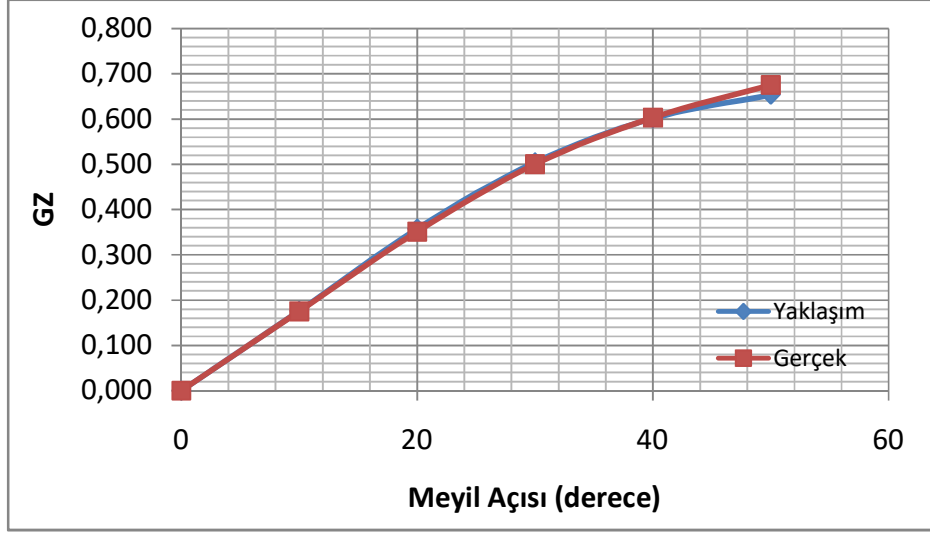
	GZ-0	GZ-10	GZ-20	GZ-30	GZ-40	GZ-50
	0	10	20	30	40	50
Form-23	0.000	0.110	0.246	0.413	0.576	0.612
Form-24	0.000	0.109	0.246	0.412	0.575	0.610
Form-27	0.000	0.212	0.451	0.697	0.859	0.884
Form-28	0.000	0.187	0.402	0.631	0.794	0.823
Form-29	0.000	0.145	0.320	0.520	0.693	0.728
Form-30	0.000	0.146	0.321	0.521	0.694	0.730
Form-31	0.000	0.049	0.115	0.202	0.304	0.347
Form-32	0.000	0.041	0.101	0.186	0.300	0.352
Form-33	0.000	0.041	0.102	0.192	0.311	0.343
Form-34	0.000	0.032	0.086	0.174	0.304	0.343
Form-35	0.000	0.075	0.174	0.298	0.431	0.472
Form-36	0.000	0.073	0.169	0.293	0.426	0.462
Form-37	0.000	0.064	0.153	0.274	0.419	0.462
Form-39	0.000	0.058	0.142	0.264	0.422	0.473
Form-40	0.000	0.059	0.145	0.271	0.436	0.476
Form-41	0.000	0.050	0.117	0.204	0.307	0.350
Form-42	0.000	0.040	0.100	0.185	0.299	0.350
Form-43	0.000	0.041	0.103	0.193	0.313	0.345
Form-44	0.000	0.033	0.087	0.175	0.305	0.345
Form-45	0.000	0.075	0.174	0.298	0.431	0.473
Form-46	0.000	0.073	0.169	0.293	0.427	0.463
Form-47	0.000	0.064	0.154	0.275	0.420	0.463
Form-48	0.000	0.064	0.153	0.275	0.420	0.462
Form-49	0.000	0.057	0.141	0.262	0.420	0.471
Form-50	0.000	0.059	0.144	0.269	0.435	0.474

Çizelge EkA.22 GZ Gerçek değerleri Tekne 1-22 (KG=0,60D)

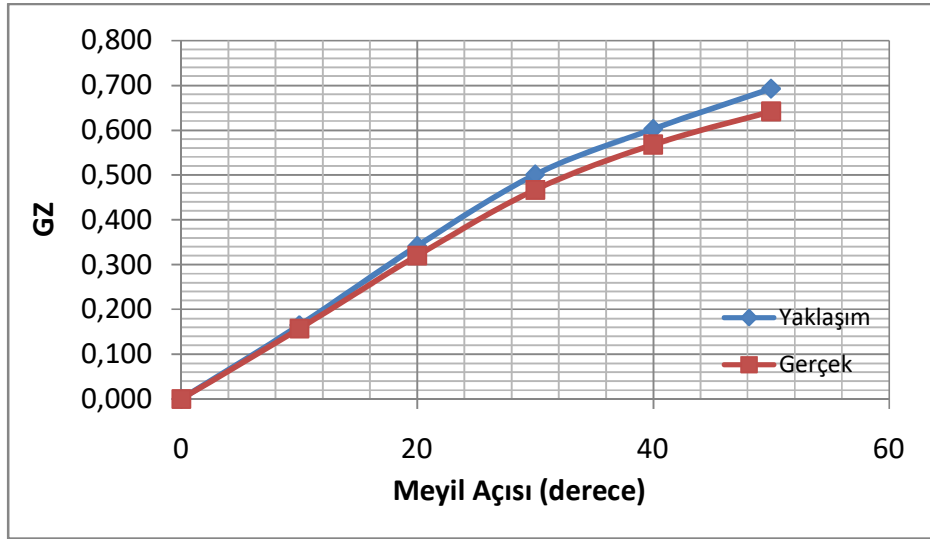
	GZ-0	GZ-10	GZ-20	GZ-30	GZ-40	GZ-50
	0	10	20	30	40	50
Form-1	0.000	0.175	0.351	0.500	0.603	0.675
Form-2	0.000	0.132	0.269	0.393	0.480	0.565
Form-3	0.000	0.086	0.183	0.286	0.367	0.442
Form-4	0.000	0.060	0.133	0.223	0.302	0.381
Form-5	0.000	0.120	0.251	0.381	0.479	0.549
Form-6	0.000	0.157	0.320	0.467	0.568	0.642
Form-7	0.000	0.170	0.349	0.518	0.638	0.729
Form-8	0.000	0.178	0.361	0.526	0.639	0.700
Form-9	0.000	0.250	0.506	0.738	0.887	0.954
Form-10	0.000	0.147	0.307	0.475	0.606	0.705
Form-11	0.000	0.115	0.244	0.377	0.477	0.563
Form-12	0.000	0.148	0.311	0.480	0.607	0.718
Form-13	0.000	0.116	0.245	0.378	0.477	0.561
Form-14	0.000	0.232	0.473	0.692	0.843	0.948
Form-15	0.000	0.232	0.473	0.692	0.843	0.948
Form-16	0.000	0.177	0.366	0.563	0.718	0.752
Form-17	0.000	0.178	0.369	0.565	0.710	0.741
Form-18	0.000	0.139	0.293	0.463	0.583	0.605
Form-19	0.000	0.106	0.230	0.383	0.507	0.527
Form-20	0.000	0.104	0.230	0.387	0.480	0.463
Form-21	0.000	0.101	0.222	0.376	0.497	0.512
Form-22	0.000	0.107	0.233	0.386	0.490	0.497

Çizelge EkA.23 GZ Gerçek değerleri Tekne 23-50 (KG=0,60D)

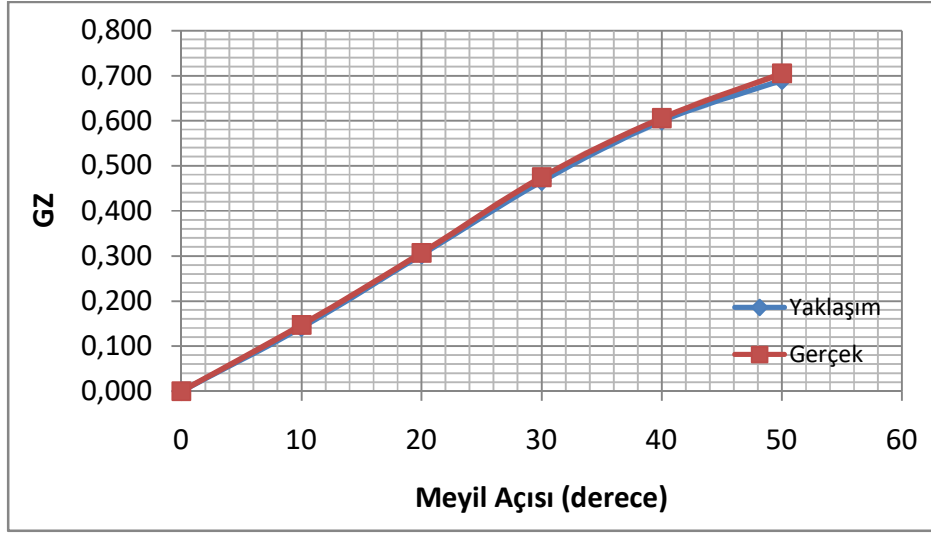
	GZ-0	GZ-10	GZ-20	GZ-30	GZ-40	GZ-50
	0	10	20	30	40	50
Form-23	0.000	0.115	0.250	0.414	0.568	0.618
Form-24	0.000	0.115	0.249	0.412	0.573	0.629
Form-27	0.000	0.216	0.450	0.693	0.863	0.886
Form-28	0.000	0.194	0.407	0.634	0.799	0.831
Form-29	0.000	0.151	0.323	0.520	0.693	0.749
Form-30	0.000	0.151	0.323	0.520	0.691	0.745
Form-31	0.000	0.044	0.101	0.186	0.295	0.335
Form-32	0.000	0.032	0.080	0.158	0.268	0.327
Form-33	0.000	0.037	0.089	0.172	0.288	0.316
Form-34	0.000	0.026	0.068	0.145	0.269	0.316
Form-35	0.000	0.068	0.153	0.272	0.415	0.436
Form-36	0.000	0.070	0.156	0.276	0.413	0.425
Form-37	0.000	0.058	0.134	0.249	0.399	0.430
Form-39	0.000	0.047	0.113	0.221	0.380	0.430
Form-40	0.000	0.054	0.127	0.242	0.383	0.405
Form-41	0.000	0.044	0.102	0.186	0.295	0.335
Form-42	0.000	0.032	0.080	0.158	0.268	0.328
Form-43	0.000	0.037	0.089	0.172	0.289	0.317
Form-44	0.000	0.026	0.068	0.145	0.269	0.317
Form-45	0.000	0.069	0.153	0.272	0.415	0.437
Form-46	0.000	0.070	0.156	0.276	0.413	0.426
Form-47	0.000	0.058	0.135	0.249	0.399	0.431
Form-48	0.000	0.058	0.135	0.249	0.400	0.431
Form-49	0.000	0.047	0.113	0.221	0.380	0.431
Form-50	0.000	0.054	0.127	0.241	0.384	0.406



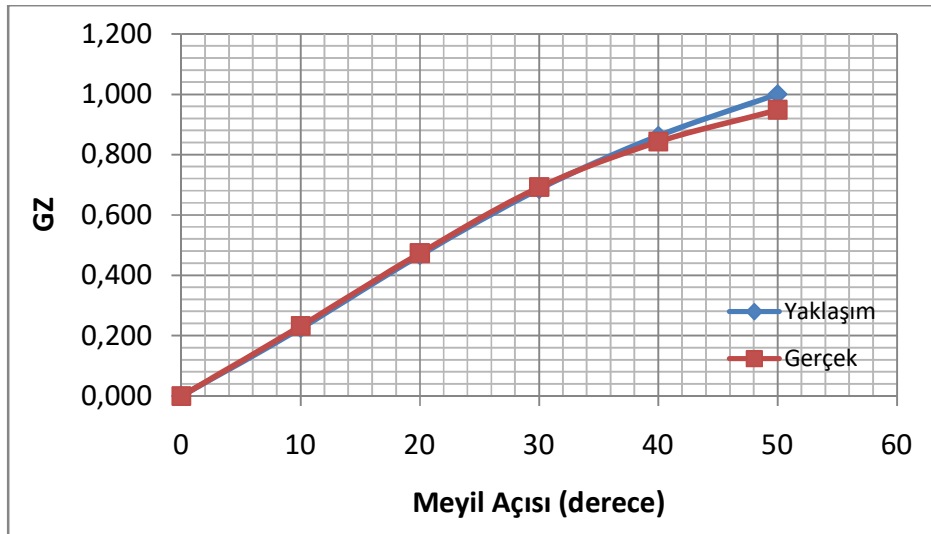
Şekil Eka.10 GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 1 (KG=0,60D)



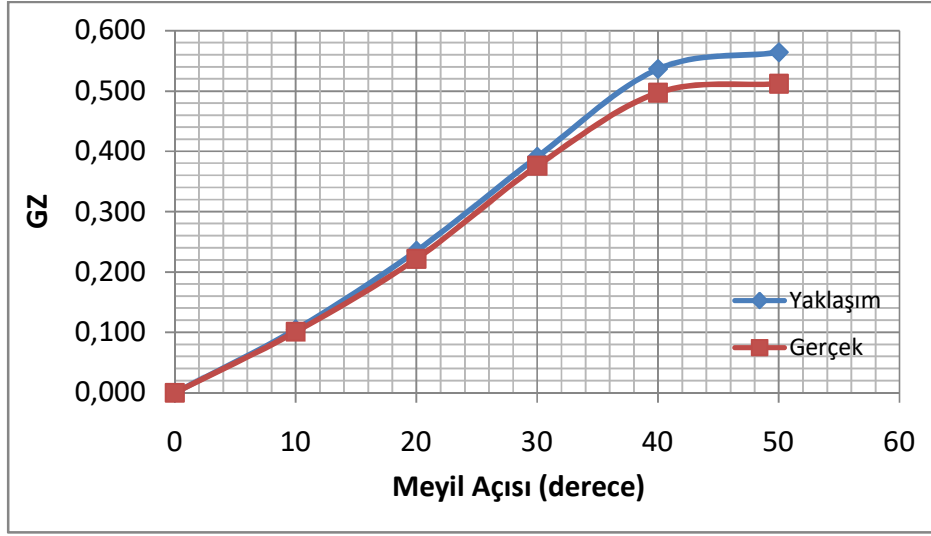
Şekil Eka.11 GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 5 (KG=0,60D)



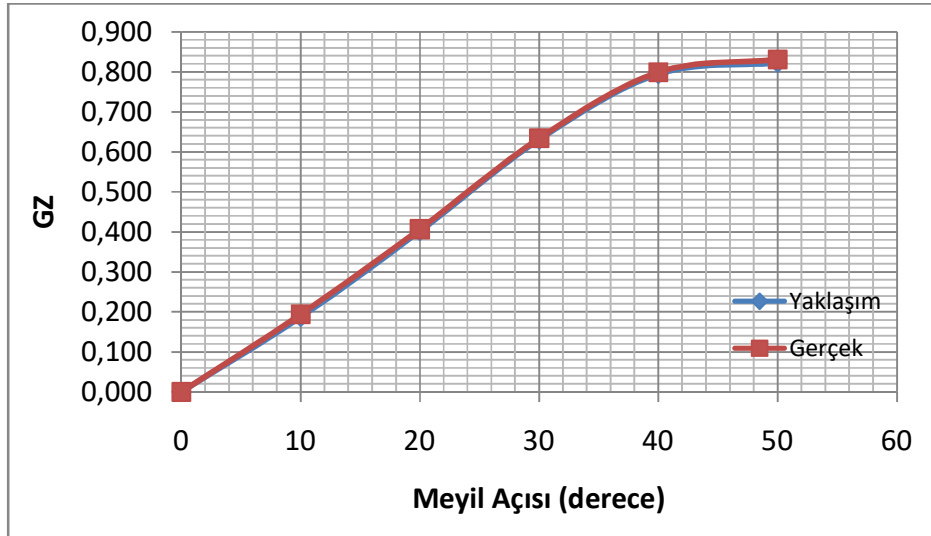
Şekil EkA.12 GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 10 (KG=0,60D)



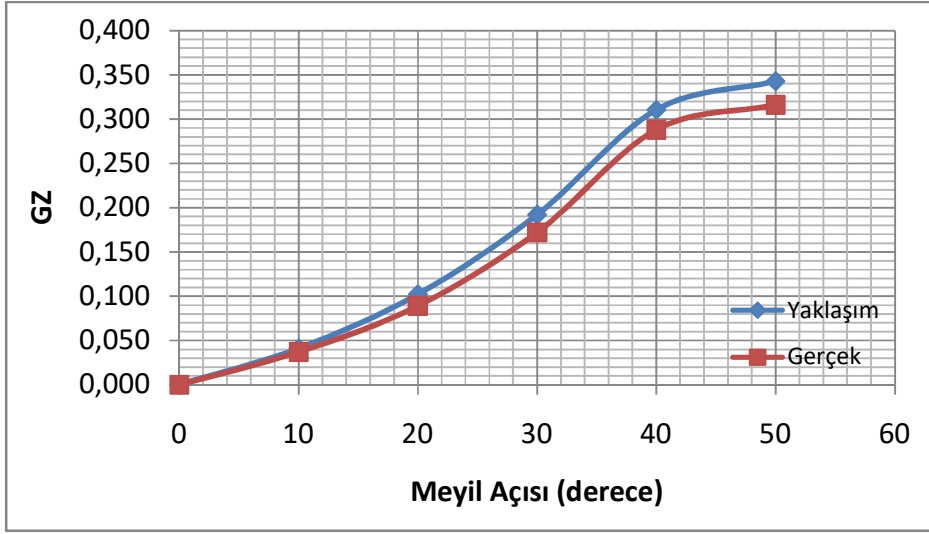
Şekil EkA.13 GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 15 (KG=0,60D)



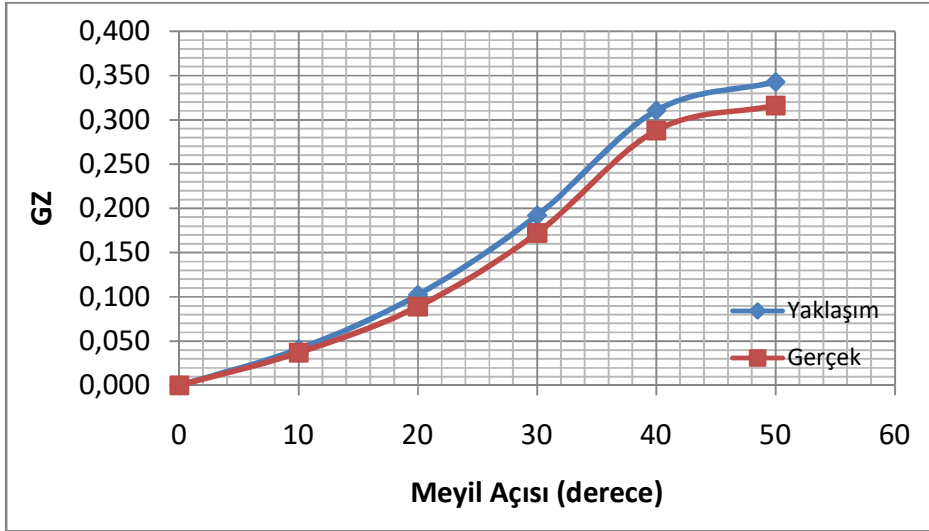
Şekil EkA.14 GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 21 (KG=0,60D)



Şekil EkA.15 GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 28 (KG=0,60D)



Şekil EkA.16 GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 33 (KG=0,60D)



Şekil EkA.17 GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 39 (KG=0,60D)

TEKNE ANA KARAKTERİSTİKLERİ VE STABİLİTE HESAP SONUÇLARI
(KG=0,55D için)

Çizelge EkB.1 Tekne ana karakteristikleri Tekne 1-10 (KG=0,55D)

		Form-1	Form-2	Form-3	Form-4	Form-5	Form-6	Form-7	Form-8	Form-9	Form-10
Δ	ton	56	70.7	118.8	119.5	159.1	155.9	229.7	188	295.8	318.4
V	m ³	54	68	115	116	155.00	152	224	183	288	310
T	m	1.3	1.45	1.8	1.85	1.9	1.8	2.2	1.85	2.2	2.3
L_{WL}	m	16.83	18.48	22.68	22.72	26.92	26.88	26.91	29.45	33.63	35.41
B_{WL}	m	4.80	5.00	5.60	5.40	6.00	6.20	7.40	6.50	7.60	7.30
C_P		0.603	0.598	0.591	0.596	0.602	0.596	0.6	0.603	0.6	0.608
C_B		0.521	0.515	0.508	0.515	0.52	0.508	0.513	0.52	0.517	0.524
C_M		0.875	0.872	0.876	0.879	0.875	0.876	0.878	0.875	0.873	0.883
C_{WP}		0.791	0.787	0.787	0.791	0.79	0.787	0.79	0.79	0.788	0.796
LCB	m	8.146	8.988	10.960	10.920	13.044	12.990	12.964	14.266	16.331	16.938
LCF	m	7.538	8.289	10.179	10.180	12.061	12.064	12.066	13.191	15.072	15.861
KB	m	0.811	0.906	1.135	1.163	1.155	1.135	1.385	1.154	1.367	1.442
KG	m	1.485	1.760	2.255	2.255	2.255	2.255	2.750	2.255	2.420	2.750
BM_T	m	1.806	1.762	1.808	1.630	1.984	2.216	2.577	2.313	2.695	2.382
BM_L	m	19.870	21.478	26.396	25.727	35.699	37.075	30.370	42.695	47.087	50.221
GM_T	m	1.132	0.909	0.688	0.539	0.883	1.097	1.212	1.213	1.642	1.075
GM_L	m	19.196	20.625	25.276	24.636	34.598	35.956	29.006	41.595	46.035	48.913
KM_T	m	2.617	2.669	2.943	2.794	3.138	3.352	3.962	3.468	4.062	3.825
KM_L	m	20.681	22.385	27.531	26.891	36.853	38.211	31.756	43.850	48.455	51.663
TPC	ton/cm	0.655	0.746	1.025	0.995	1.308	1.345	1.612	1.545	2.064	2.109
MTC	ton.m	0.636	0.783	1.313	1.285	2.032	2.073	2.455	2.642	4.03	4.373

Çizelge EkB.2 Tekne ana karakteristikleri Tekne 11-20 (KG=0,55D)

		Form-11	Form-12	Form-13	Form-14	Form-15	Form-16	Form-17	Form-18	Form-19	Form-20
Δ	ton	309	450.4	340.6	540.3	571.5	616	396.2	501.6	642.3	825.2
V	m ³	301	439.00	331	526.00	557.00	605.00	389.00	492.00	629.00	808.00
T	m	2.2	2.6	2.2	2.6	2.6	2.8	2.5	2.7	3.0	3.2
L_{WL}	m	37.84	39.55	42.03	43.76	46.28	51.50	43.49	46.45	49.00	55.00
B_{WL}	m	7.00	8.30	7.00	9.00	9.00	7.85	6.85	7.05	7.30	7.80
C_P		0.6	0.602	0.6	0.603	0.605	0.59	0.59	0.62	0.65	0.66
C_B		0.518	0.516	0.517	0.516	0.516	0.518	0.511	0.545	0.567	0.573
C_M		0.874	0.879	0.873	0.879	0.879	0.859	0.864	0.866	0.862	0.868
C_{WP}		0.789	0.792	0.788	0.792	0.792	0.753	0.749	0.769	0.784	0.789
LCB	m	18.361	19.016	20.414	21.039	22.252	23.509	19.505	20.749	22.022	24.732
LCF	m	16.957	17.729	18.840	19.615	20.746	21.521	17.867	19.321	20.774	23.305
KB	m	1.373	1.635	1.367	1.635	1.635	1.710	1.534	1.630	1.797	1.913
KG	m	2.750	3.245	2.750	3.245	3.245	2.640	2.200	2.420	2.695	2.915
BM_T	m	2.272	2.737	2.286	3.219	3.218	2.164	1.873	1.788	1.730	1.846
BM_L	m	59.308	55.490	73.568	67.924	75.958	81.055	62.843	66.465	68.329	80.094
GM_T	m	0.897	1.128	0.904	1.609	1.313	1.235	1.208	0.998	0.833	0.845
GM_L	m	57.933	53.881	72.186	66.314	74.053	80.126	62.178	65.675	67.431	79.092
KM_T	m	3.647	4.373	3.654	4.854	4.853	3.875	3.408	3.418	3.528	3.760
KM_L	m	60.683	57.126	74.936	69.559	77.593	82.766	64.378	68.095	70.126	82.007
TPC	ton/cm	2.142	2.664	2.377	3.196	3.38	3.202	2.324	2.62	2.961	3.55
MTC	ton.m	4.71	6.1	5.829	8.149	9.144	9.422	5.642	7.06	8.72	11.778

Çizelge EkB.3 Tekne ana karakteristikleri Tekne 21-30 (KG=0,55D)

		Form-21	Form-22	Form-23	Form-24	Form-25	Form-26	Form-27	Form-28	Form-29	Form-30
Δ	ton	616.5	588.5	667.1	696.1	676.1	753.1	883.1	921.2	1005.6	1022.4
V	m ³	604.00	577.00	653.00	682.00	662.00	737.00	864.00	901.00	984.00	1000.00
T	m	3.2	3.0	3.4	3.4	3.1	3.3	3.3	3.4	3.6	3.6
L_{WL}	m	40.10	42.00	44.47	46.40	48.34	50.28	55.11	55.50	57.50	58.50
B_{WL}	m	7.80	7.30	8.25	8.25	8.45	8.45	9.05	9.05	9.05	9.05
C_P		0.67	0.69	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
C_B		0.582	0.602	0.515	0.515	0.515	0.518	0.518	0.515	0.514	0.514
C_M		0.86	0.863	0.863	0.863	0.863	0.864	0.864	0.863	0.862	0.862
C_{WP}		0.794	0.808	0.752	0.752	0.746	0.753	0.753	0.752	0.751	0.751
LCB	m	18.117	19.026	19.945	20.812	21.742	22.517	24.682	25.148	26.038	26.472
LCF	m	17.204	18.237	18.308	19.104	20.087	20.712	22.703	23.084	23.869	24.266
KB	m	1.906	1.774	2.082	2.082	1.895	2.019	2.019	2.082	2.206	2.206
KG	m	2.915	2.640	3.135	3.135	2.805	2.970	2.970	3.080	3.300	3.300
BM_T	m	1.832	1.701	1.977	1.976	2.276	2.132	2.440	2.370	2.240	2.240
BM_L	m	43.628	51.757	48.492	52.545	62.902	63.600	76.434	76.756	77.664	80.289
GM_T	m	0.823	0.835	0.925	0.923	1.365	1.182	1.490	1.093	1.146	1.146
GM_L	m	42.619	50.890	47.439	51.492	61.990	62.649	75.483	75.478	76.571	79.195
KM_T	m	3.738	3.475	4.060	4.058	4.170	4.152	4.460	4.453	4.446	4.446
KM_L	m	45.534	53.530	50.574	54.627	64.795	65.619	78.453	78.838	79.871	82.495
TPC	ton/cm	2.629	2.631	2.862	2.986	3.159	3.319	3.892	3.952	4.082	4.15
MTC	ton.m	6.421	6.986	7.042	7.685	8.387	9.335	12.039	12.401	13.214	13.666

Çizelge EkB.4 Tekne ana karakteristikleri Tekne 31-40 (KG=0,55D)

		Form-31	Form-32	Form-33	Form-34	Form-35	Form-36	Form-37	Form-38	Form-39	Form-40
Δ	ton	183.4	239.3	312.9	390.9	452.5	510.1	616.6	666.9	779.7	935.4
V	m ³	179	233	305	381	441	497	601	650.66	760	912
T	m	2	2.2	2.5	2.7	2.7	2.8	3	3	3.2	3.5
L_{WL}	m	29.20	31.80	35.50	38.30	41.20	44.20	47.00	50.9	52.70	56.10
B_{WL}	m	5.45	5.95	6.00	6.50	7.00	7.00	7.50	7.5	8.00	8.00
C_P		0.635	0.635	0.645	0.64	0.64	0.645	0.64	0.639	0.64	0.66
C_B		0.563	0.563	0.577	0.572	0.572	0.579	0.574	0.574	0.57	0.587
C_M		0.895	0.893	0.902	0.9	0.9	0.902	0.901	0.901	0.899	0.905
C_{WP}		0.807	0.805	0.829	0.822	0.822	0.831	0.824	0.824	0.819	0.841
LCB	m	16.318	17.929	19.229	20.861	22.425	23.883	25.523	27.606	28.727	29.963
LCF	m	15.110	16.673	17.624	19.150	20.586	21.881	23.413	25.324	26.398	27.427
KB	m	1.181	1.300	1.476	1.594	1.594	1.653	1.771	1.771	1.889	2.066
KG	m	2.200	2.475	2.475	2.750	2.750	2.750	3.025	3.025	3.300	3.300
BM_T	m	1.459	1.569	1.424	1.537	1.783	1.733	1.846	1.846	1.959	1.827
BM_L	m	36.905	39.447	45.926	48.768	56.359	63.686	66.325	77.596	77.100	82.763
GM_T	m	0.439	0.394	0.425	0.382	0.628	0.637	0.593	0.593	0.549	0.594
GM_L	m	35.886	38.272	44.928	47.613	55.204	62.590	65.072	76.343	75.690	81.530
KM_T	m	2.639	2.869	2.900	3.132	3.378	3.387	3.618	3.618	3.849	3.894
KM_L	m	38.086	40.747	47.403	50.363	57.954	65.340	68.097	79.368	78.990	84.830
TPC	ton/cm	1.315	1.554	1.798	2.081	2.409	2.616	2.954	3.195	3.502	3.829
MTC	ton.m	2.239	2.86	3.907	4.802	6	7.138	8.45	9.92	11.109	13.467

Çizelge EkB.5 Tekne ana karakteristikleri Tekne 41-50 (KG=0,55D)

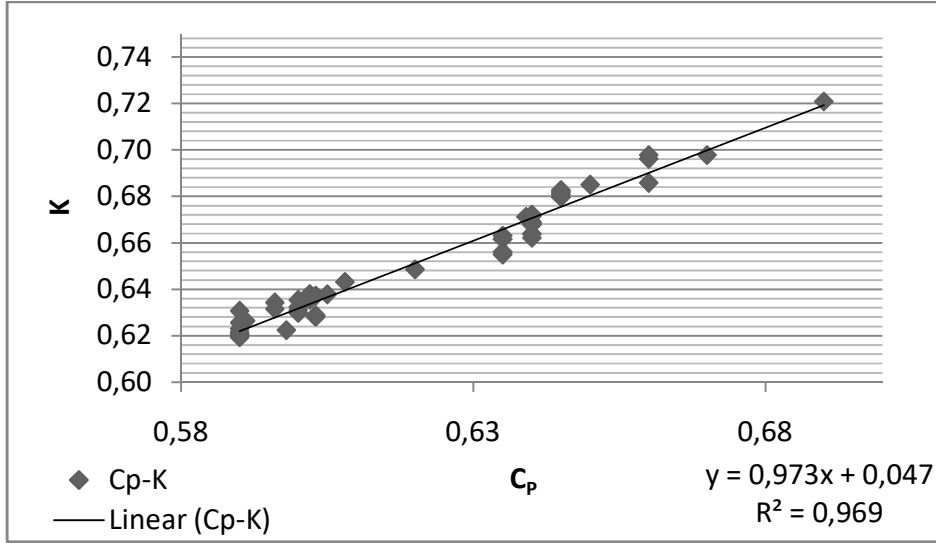
		Form-41	Form-42	Form-43	Form-44	Form-45	Form-46	Form-47	Form-48	Form-49	Form-50
Δ	ton	177.5	232.2	304.5	381.1	442	499	603.8	654.3	765.5	919.3
V	m ³	173	227	297	372	431	487	589	638	747	897
T	m	2	2.2	2.5	2.7	2.7	2.8	3	3	3.2	3.5
L_{WL}	m	28.31	30.89	34.63	37.42	40.30	43.32	46.11	49.95	51.73	55.10
B_{WL}	m	5.45	5.95	6	6.5	7	7	7.5	7.5	8	8
C_P		0.635	0.635	0.645	0.64	0.64	0.645	0.64	0.64	0.64	0.66
C_B		0.563	0.563	0.577	0.572	0.572	0.579	0.573	0.574	0.57	0.587
C_M		0.895	0.893	0.902	0.9	0.9	0.902	0.901	0.901	0.899	0.905
C_{WP}		0.807	0.805	0.829	0.822	0.822	0.831	0.824	0.824	0.819	0.841
LCB	m	15.791	17.401	18.710	20.339	21.904	23.364	24.996	27.086	28.204	29.446
LCF	m	14.622	16.183	17.147	18.671	20.107	21.405	22.926	24.846	25.918	26.954
KB	m	1.181	1.300	1.476	1.594	1.594	1.653	1.771	1.771	1.889	2.066
KG	m	2.200	2.475	2.475	2.750	2.750	2.750	3.025	3.025	3.300	3.300
BM_T	m	1.459	1.570	1.429	1.541	1.786	1.736	1.849	1.849	1.962	1.829
BM_L	m	34.602	37.208	43.621	46.486	53.871	61.040	63.748	71.958	74.438	80.004
GM_T	m	0.440	0.395	0.425	0.382	0.628	0.637	0.593	0.593	0.549	0.594
GM_L	m	33.583	36.033	42.618	45.327	52.713	59.941	62.492	70.703	73.024	78.768
KM_T	m	2.640	2.870	2.900	3.132	3.378	3.387	3.618	3.618	3.849	3.894
KM	m	35.783	38.508	45.093	48.077	55.463	62.691	65.517	73.728	76.324	82.068
TPC	ton/cm	1.272	1.508	1.749	2.029	2.353	2.559	2.893	3.135	3.438	3.763
MTC	ton.m	2.092	2.688	3.693	4.558	5.717	6.824	8.087	9.541	10.7	12.997

Çizelge EkB.6 BM_T yaklaşımı için parametre katsayı tespiti Tekne 1-26 (KG=0,55D)

	$\frac{LB^3}{12V}$	m	C _p	n	BM (Yaklaşım)	BM (Gerçek)	Fark %
Form-1	2.872	0.97	0.603	0.05	1.824	1.806	1.0
Form-2	2.831	0.97	0.598	0.05	1.784	1.762	1.2
Form-3	2.886	0.97	0.591	0.05	1.799	1.808	0.5
Form-4	2.570	0.97	0.596	0.05	1.614	1.630	1.0
Form-5	3.123	0.97	0.602	0.05	1.980	1.984	0.2
Form-6	3.509	0.97	0.596	0.05	2.204	2.216	0.5
Form-7	4.056	0.97	0.600	0.05	2.563	2.577	0.5
Form-8	3.682	0.97	0.603	0.05	2.338	2.313	1.1
Form-9	4.271	0.97	0.600	0.05	2.699	2.695	0.2
Form-10	3.703	0.97	0.608	0.05	2.369	2.382	0.5
Form-11	3.593	0.97	0.600	0.05	2.271	2.272	0.0
Form-12	4.291	0.97	0.602	0.05	2.720	2.737	0.6
Form-13	3.630	0.97	0.600	0.05	2.294	2.286	0.3
Form-14	5.051	0.97	0.603	0.05	3.207	3.219	0.4
Form-15	5.045	0.97	0.605	0.05	3.213	3.218	0.1
Form-16	3.431	0.97	0.590	0.05	2.135	2.164	1.3
Form-17	2.994	0.97	0.590	0.05	1.863	1.873	0.5
Form-18	2.757	0.97	0.620	0.05	1.796	1.788	0.4
Form-19	2.525	0.97	0.650	0.05	1.719	1.730	0.7
Form-20	2.692	0.97	0.660	0.05	1.858	1.846	0.6
Form-21	2.625	0.97	0.670	0.05	1.838	1.832	0.3
Form-22	2.360	0.97	0.690	0.05	1.697	1.701	0.2
Form-23	3.187	0.97	0.590	0.05	1.983	1.977	0.3
Form-24	3.184	0.97	0.590	0.05	1.981	1.976	0.3
Form-25	3.671	0.97	0.590	0.05	2.285	2.268	0.8
Form-26	3.430	0.97	0.590	0.05	2.135	2.132	0.1

Çizelge EkB.7 BM_T yaklaşımı için parametre katsayı tespiti Tekne 27-50 (KG=0,55D)

	$\frac{LB^3}{12V}$	m	C _p	n	BM (Yaklaşım)	BM (Gerçek)	Fark %
Form-27	3.940	0.97	0.590	0.05	2.452	2.440	0.5
Form-29	3.609	0.97	0.590	0.05	2.246	2.240	0.3
Form-30	3.613	0.97	0.590	0.05	2.249	2.240	0.4
Form-31	2.201	0.97	0.635	0.05	1.465	1.459	0.4
Form-32	2.396	0.97	0.635	0.05	1.595	1.569	1.7
Form-33	2.095	0.97	0.645	0.05	1.416	1.424	0.6
Form-34	2.301	0.97	0.640	0.05	1.543	1.537	0.4
Form-35	2.670	0.97	0.640	0.05	1.791	1.783	0.5
Form-36	2.542	0.97	0.645	0.05	1.718	1.733	0.9
Form-37	2.749	0.97	0.640	0.05	1.844	1.846	0.1
Form-38	2.750	0.97	0.639	0.05	1.842	1.840	0.1
Form-39	2.959	0.97	0.640	0.05	1.985	1.959	1.3
Form-40	2.625	0.97	0.660	0.05	1.811	1.827	0.9
Form-41	2.205	0.97	0.635	0.05	1.469	1.459	0.7
Form-42	2.393	0.97	0.635	0.05	1.594	1.570	1.5
Form-43	2.099	0.97	0.645	0.05	1.418	1.429	0.8
Form-44	2.304	0.97	0.640	0.05	1.545	1.541	0.3
Form-45	2.672	0.97	0.640	0.05	1.792	1.786	0.3
Form-46	2.543	0.97	0.645	0.05	1.718	1.736	1.0
Form-47	2.751	0.97	0.640	0.05	1.846	1.849	0.2
Form-48	2.751	0.97	0.640	0.05	1.845	1.849	0.2
Form-49	2.956	0.97	0.640	0.05	1.983	1.962	1.0
Form-50	2.621	0.97	0.660	0.05	1.809	1.829	1.1



Şekil EkB.1 BM_T yaklaşımı regresyon analizi (KG=0,55D)

BM_T yaklaşımı aşağıdaki gibidir:

$$BM_T = \frac{LB^3}{12V} \cdot (0,97 * C_p + 0,050)$$

Çizelge EkB.8 Parametre tespiti GZ-Θ değerleri Tekne 1-24 (KG=0,55D)

	GZ-0	GZ-10	GZ-20	GZ-30	GZ-40	GZ-50
Form-1	0.000	0.198	0.397	0.567	0.690	0.778
Form-2	0.000	0.160	0.323	0.473	0.583	0.687
Form-3	0.000	0.122	0.253	0.389	0.498	0.599
Form-4	0.000	0.096	0.203	0.325	0.434	0.538
Form-5	0.000	0.156	0.321	0.484	0.611	0.706
Form-6	0.000	0.192	0.390	0.569	0.700	0.799
Form-7	0.000	0.213	0.435	0.643	0.799	0.921
Form-8	0.000	0.213	0.432	0.628	0.771	0.858
Form-9	0.000	0.288	0.581	0.848	1.028	1.122
Form-10	0.000	0.190	0.393	0.600	0.767	0.897
Form-11	0.000	0.159	0.329	0.502	0.638	0.754
Form-12	0.000	0.199	0.412	0.627	0.797	0.944
Form-13	0.000	0.160	0.331	0.503	0.637	0.752
Form-14	0.000	0.283	0.574	0.840	1.033	1.174
Form-15	0.000	0.232	0.473	0.692	0.843	0.948
Form-16	0.000	0.218	0.448	0.683	0.872	0.936
Form-17	0.000	0.213	0.438	0.665	0.838	0.894
Form-18	0.000	0.177	0.368	0.573	0.724	0.773
Form-19	0.000	0.148	0.314	0.505	0.664	0.715
Form-20	0.000	0.151	0.320	0.519	0.650	0.666
Form-21	0.000	0.147	0.313	0.508	0.667	0.715
Form-22	0.000	0.149	0.315	0.506	0.644	0.681
Form-23	0.000	0.165	0.348	0.556	0.751	0.836
Form-24	0.000	0.164	0.347	0.555	0.756	0.848

Çizelge EkB.9 Parametre tespiti GZ-Θ değerleri Tekne 25-50 (KG=0,55D)

	GZ-0	GZ-10	GZ-20	GZ-30	GZ-40	GZ-50
Form-25	0.000	0.241	0.497	0.757	0.936	0.984
Form-26	0.000	0.209	0.436	0.680	0.873	0.941
Form-27	0.000	0.263	0.542	0.828	1.036	1.093
Form-29	0.000	0.203	0.426	0.670	0.886	0.979
Form-30	0.000	0.203	0.426	0.670	0.884	0.974
Form-31	0.000	0.079	0.170	0.286	0.424	0.488
Form-32	0.000	0.071	0.157	0.270	0.413	0.500
Form-33	0.000	0.076	0.166	0.285	0.433	0.488
Form-34	0.000	0.069	0.153	0.270	0.430	0.507
Form-35	0.000	0.112	0.239	0.397	0.576	0.628
Form-36	0.000	0.113	0.241	0.401	0.574	0.617
Form-37	0.000	0.106	0.229	0.386	0.576	0.640
Form-38	0.000	0.106	0.229	0.386	0.576	0.641
Form-39	0.000	0.099	0.216	0.371	0.573	0.660
Form-40	0.000	0.106	0.230	0.392	0.576	0.635
Form-41	0.000	0.079	0.170	0.286	0.424	0.488
Form-42	0.000	0.071	0.157	0.271	0.413	0.500
Form-43	0.000	0.076	0.166	0.284	0.433	0.490
Form-44	0.000	0.069	0.153	0.270	0.430	0.508
Form-45	0.000	0.112	0.239	0.397	0.576	0.629
Form-46	0.000	0.114	0.242	0.401	0.574	0.618
Form-47	0.000	0.106	0.229	0.386	0.576	0.641
Form-48	0.000	0.106	0.229	0.386	0.576	0.641
Form-49	0.000	0.099	0.216	0.371	0.573	0.661
Form-50	0.000	0.106	0.230	0.392	0.577	0.636

Çizelge EkB.10 GM.sin(Θ) Gerçek değerleri Tekne 1-24 (KG=0,55D)

	GM	GM. sin(0)	GM. sin(10)	GM. sin(20)	GM. sin(30)	GM. sin(40)	GM. sin(50)
Form-1	1.132	0	0.197	0.387	0.566	0.728	0.867
Form-2	0.909	0	0.158	0.311	0.455	0.584	0.696
Form-3	0.688	0	0.119	0.235	0.344	0.442	0.527
Form-4	0.539	0	0.094	0.184	0.270	0.346	0.413
Form-5	0.883	0	0.153	0.302	0.442	0.568	0.676
Form-6	1.097	0	0.190	0.375	0.549	0.705	0.840
Form-7	1.212	0	0.210	0.415	0.606	0.779	0.928
Form-8	1.213	0	0.211	0.415	0.607	0.780	0.929
Form-9	1.642	0	0.285	0.562	0.821	1.055	1.258
Form-10	1.075	0	0.187	0.368	0.538	0.691	0.823
Form-11	0.897	0	0.156	0.307	0.449	0.577	0.687
Form-12	1.128	0	0.196	0.386	0.564	0.725	0.864
Form-13	0.904	0	0.157	0.309	0.452	0.581	0.693
Form-14	1.609	0	0.279	0.550	0.805	1.034	1.233
Form-15	1.313	0	0.228	0.449	0.656	0.844	1.006
Form-16	1.235	0	0.214	0.422	0.618	0.794	0.946
Form-17	1.208	0	0.210	0.413	0.604	0.776	0.925
Form-18	0.998	0	0.173	0.341	0.499	0.642	0.765
Form-19	0.833	0	0.145	0.285	0.417	0.535	0.638
Form-20	0.845	0	0.147	0.289	0.423	0.543	0.647
Form-21	0.823	0	0.143	0.281	0.412	0.529	0.630
Form-22	0.835	0	0.145	0.286	0.418	0.537	0.640
Form-23	0.925	0	0.161	0.316	0.463	0.595	0.709
Form-24	0.923	0	0.160	0.316	0.462	0.593	0.707

Çizelge EkB.11 GM.sin(Θ) Gerçek değerleri Tekne 25-50 (KG=0,55D)

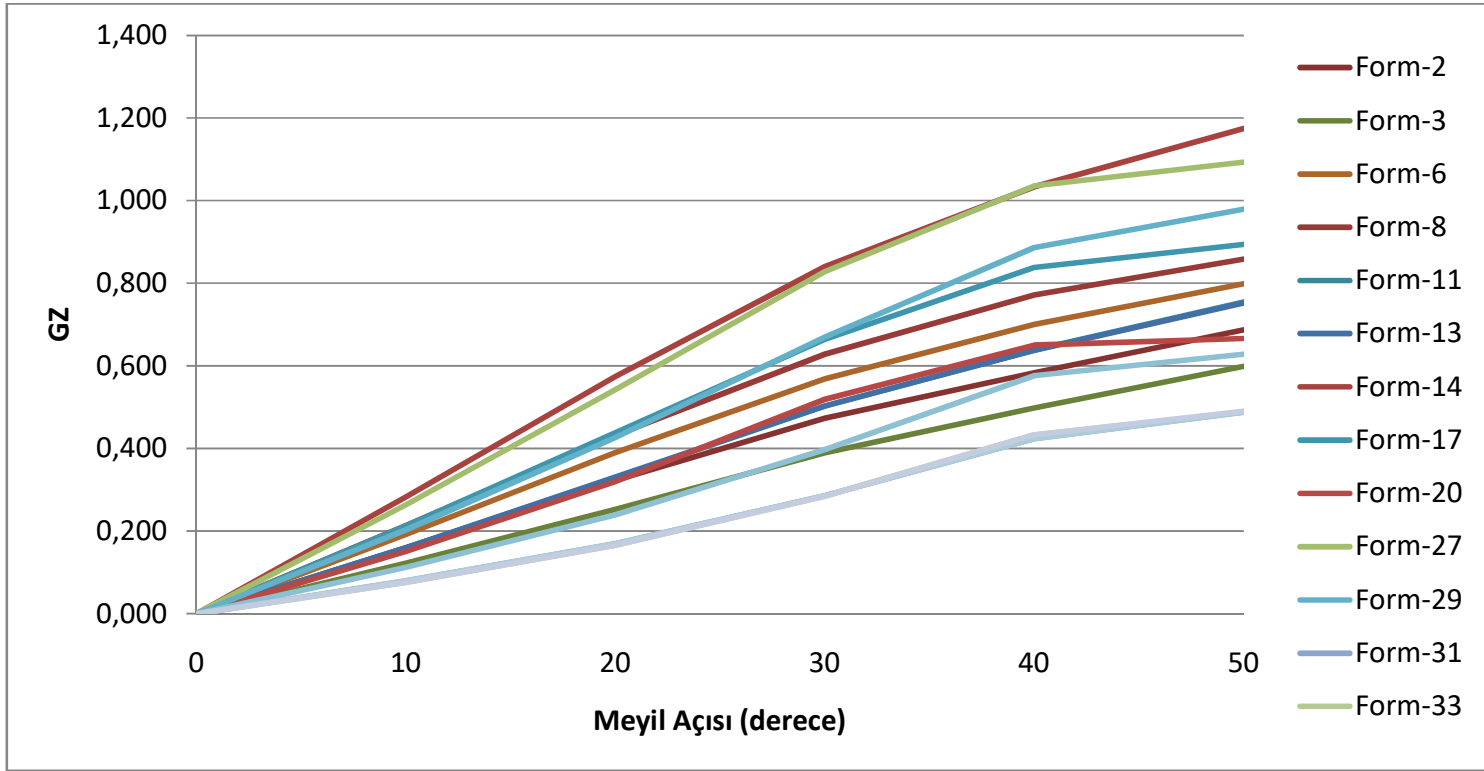
	GM	GM. sin(0)	GM. sin(10)	GM. sin(20)	GM. sin(30)	GM. sin(40)	GM. sin(50)
Form-25	1.365	0	0.237	0.467	0.683	0.877	1.046
Form-26	1.182	0	0.205	0.404	0.591	0.760	0.905
Form-27	1.490	0	0.259	0.510	0.745	0.958	1.141
Form-29	1.146	0	0.199	0.392	0.573	0.737	0.878
Form-30	1.146	0	0.199	0.392	0.573	0.737	0.878
Form-31	0.439	0	0.076	0.150	0.220	0.282	0.336
Form-32	0.394	0	0.068	0.135	0.197	0.253	0.302
Form-33	0.425	0	0.074	0.145	0.213	0.273	0.326
Form-34	0.382	0	0.066	0.131	0.191	0.246	0.293
Form-35	0.628	0	0.109	0.215	0.314	0.404	0.481
Form-36	0.637	0	0.111	0.218	0.319	0.409	0.488
Form-37	0.593	0	0.103	0.203	0.297	0.381	0.454
Form-38	0.593	0	0.103	0.203	0.297	0.381	0.454
Form-39	0.549	0	0.095	0.188	0.275	0.353	0.421
Form-40	0.594	0	0.103	0.203	0.297	0.382	0.455
Form-41	0.440	0	0.076	0.150	0.220	0.283	0.337
Form-42	0.395	0	0.069	0.135	0.198	0.254	0.303
Form-43	0.425	0	0.074	0.145	0.213	0.273	0.326
Form-44	0.382	0	0.066	0.131	0.191	0.246	0.293
Form-45	0.628	0	0.109	0.215	0.314	0.404	0.481
Form-46	0.637	0	0.111	0.218	0.319	0.409	0.488
Form-47	0.593	0	0.103	0.203	0.297	0.381	0.454
Form-48	0.593	0	0.103	0.203	0.297	0.381	0.454
Form-49	0.549	0	0.095	0.188	0.275	0.353	0.421
Form-50	0.594	0	0.103	0.203	0.297	0.382	0.455

Çizelge EkB.12 $MN_{\Theta} \cdot \sin(\Theta)$ Gerçek değerleri Tekne 1-24 (KG=0,55D)

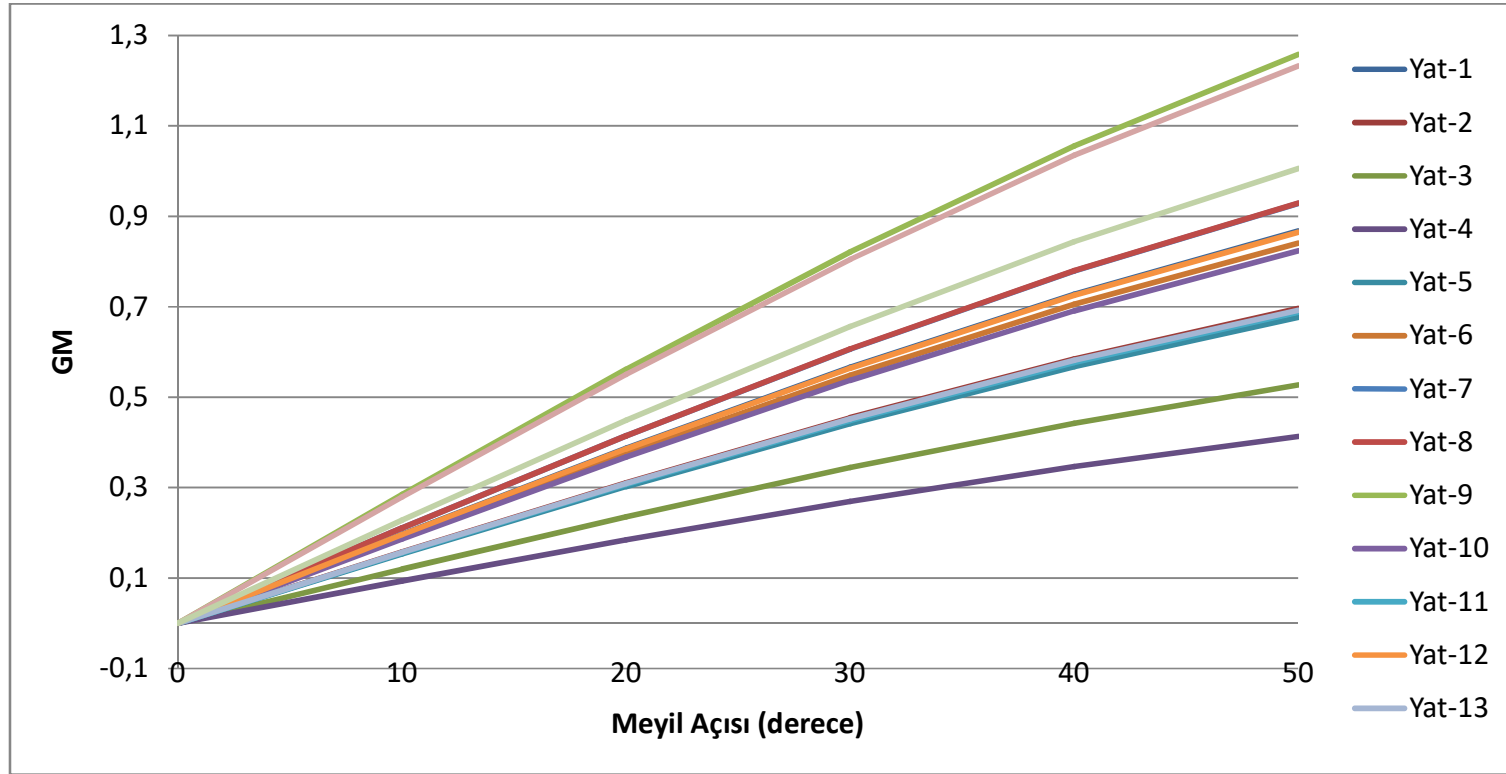
	$MN_0 \cdot \sin(0)$	$MN_{10} \cdot \sin(10)$	$MN_{20} \cdot \sin(20)$	$MN_{30} \cdot \sin(30)$	$MN_{40} \cdot \sin(40)$	$MN_{50} \cdot \sin(50)$
Form-1	0.000	0.001	0.010	0.001	-0.038	-0.089
Form-2	0.000	0.002	0.012	0.019	-0.001	-0.009
Form-3	0.000	0.003	0.018	0.045	0.056	0.072
Form-4	0.000	0.002	0.019	0.056	0.088	0.125
Form-5	0.000	0.003	0.019	0.043	0.043	0.030
Form-6	0.000	0.002	0.015	0.021	-0.005	-0.041
Form-7	0.000	0.003	0.020	0.037	0.020	-0.007
Form-8	0.000	0.002	0.017	0.022	-0.009	-0.071
Form-9	0.000	0.003	0.019	0.027	-0.027	-0.136
Form-10	0.000	0.003	0.025	0.063	0.076	0.074
Form-11	0.000	0.003	0.022	0.054	0.061	0.067
Form-12	0.000	0.003	0.026	0.063	0.072	0.080
Form-13	0.000	0.003	0.022	0.051	0.056	0.059
Form-14	0.000	0.004	0.024	0.036	-0.001	-0.059
Form-15	0.000	0.004	0.024	0.036	-0.001	-0.058
Form-16	0.000	0.004	0.026	0.066	0.078	-0.010
Form-17	0.000	0.003	0.025	0.061	0.062	-0.031
Form-18	0.000	0.004	0.027	0.074	0.082	0.008
Form-19	0.000	0.003	0.029	0.089	0.129	0.077
Form-20	0.000	0.004	0.031	0.097	0.107	0.019
Form-21	0.000	0.004	0.032	0.097	0.138	0.085
Form-22	0.000	0.004	0.029	0.089	0.107	0.041
Form-23	0.000	0.004	0.032	0.094	0.156	0.127
Form-24	0.000	0.004	0.031	0.094	0.163	0.141

Çizelge EkB.13 $MN_{\Theta} \cdot \sin(\Theta)$ Gerçek değerleri Tekne 25-50 (KG=0,55D)

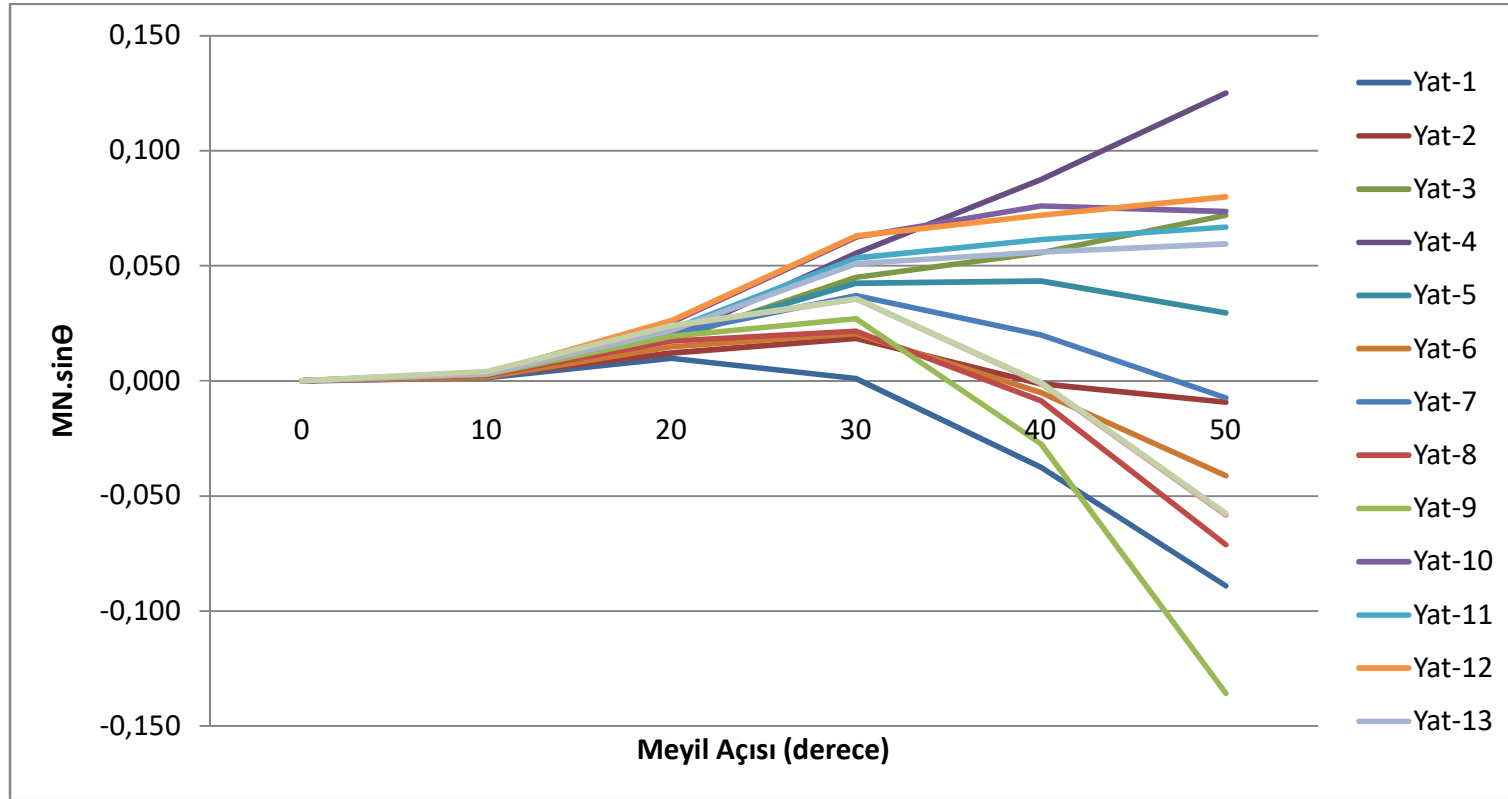
	$MN_0 \cdot \sin(0)$	$MN_{10} \cdot \sin(10)$	$MN_{20} \cdot \sin(20)$	$MN_{30} \cdot \sin(30)$	$MN_{40} \cdot \sin(40)$	$MN_{50} \cdot \sin(50)$
Form-25	0.000	0.004	0.030	0.075	0.059	-0.062
Form-26	0.000	0.004	0.032	0.089	0.113	0.036
Form-27	0.000	0.004	0.032	0.083	0.078	-0.048
Form-29	0.000	0.004	0.034	0.097	0.149	0.101
Form-30	0.000	0.004	0.034	0.097	0.147	0.096
Form-31	0.000	0.003	0.020	0.067	0.142	0.152
Form-32	0.000	0.003	0.022	0.073	0.160	0.198
Form-33	0.000	0.002	0.021	0.073	0.160	0.162
Form-34	0.000	0.003	0.022	0.079	0.184	0.214
Form-35	0.000	0.003	0.024	0.083	0.172	0.147
Form-36	0.000	0.002	0.023	0.083	0.165	0.129
Form-37	0.000	0.003	0.026	0.090	0.195	0.186
Form-38	0.000	0.003	0.026	0.090	0.195	0.187
Form-39	0.000	0.004	0.028	0.097	0.220	0.239
Form-40	0.000	0.003	0.027	0.095	0.194	0.180
Form-41	0.000	0.003	0.020	0.066	0.141	0.151
Form-42	0.000	0.002	0.022	0.074	0.159	0.197
Form-43	0.000	0.002	0.021	0.072	0.160	0.164
Form-44	0.000	0.003	0.022	0.079	0.184	0.215
Form-45	0.000	0.003	0.024	0.083	0.172	0.148
Form-46	0.000	0.003	0.024	0.083	0.165	0.130
Form-47	0.000	0.003	0.026	0.090	0.195	0.187
Form-48	0.000	0.003	0.026	0.090	0.195	0.187
Form-49	0.000	0.004	0.028	0.097	0.220	0.240
Form-50	0.000	0.003	0.027	0.095	0.195	0.181



Şekil EkB.2 GZ-Meyil açısı eğrileri (KG=0,55D)



Şekil EkB.3 GM-Meyil açısı eğrileri (KG=0,55D)



Şekil EkB.4 MN.sin(Θ) Meyil açısı eğrileri (KG=0,55D)

Çizelge EkB.14 C_{RS} Gerçek değerleri Tekne 1-24 (KG=0,55D)

	BM _T	C _{RS} -10	C _{RS} -20	C _{RS} -30	C _{RS} -40	C _{RS} -50
Form-1	1.806	7,920E-04	5,445E-03	5,537E-04	-2,084E-02	-4,937E-02
Form-2	1.762	1,222E-03	6,869E-03	1,050E-02	-7,344E-04	-5,298E-03
Form-3	1.808	1,399E-03	9,784E-03	2,489E-02	3,084E-02	3,980E-02
Form-4	1.630	1,475E-03	1,144E-02	3,405E-02	5,370E-02	7,675E-02
Form-5	1.984	1,345E-03	9,575E-03	2,142E-02	2,188E-02	1,491E-02
Form-6	2.216	6,805E-04	6,680E-03	9,251E-03	-2,319E-03	-1,866E-02
Form-7	2.577	9,850E-04	7,944E-03	1,436E-02	7,738E-03	-2,889E-03
Form-8	2.313	1,022E-03	7,406E-03	9,295E-03	-3,762E-03	-3,079E-02
Form-9	2.695	1,065E-03	7,200E-03	1,002E-02	-1,019E-02	-5,041E-02
Form-10	2.382	1,397E-03	1,063E-02	2,624E-02	3,191E-02	3,086E-02
Form-11	2.272	1,425E-03	9,775E-03	2,355E-02	2,703E-02	2,943E-02
Form-12	2.737	1,142E-03	9,573E-03	2,302E-02	2,628E-02	2,919E-02
Form-13	2.286	1,322E-03	9,542E-03	2,231E-02	2,446E-02	2,603E-02
Form-14	3.219	1,118E-03	7,359E-03	1,103E-02	-3,868E-04	-1,819E-02
Form-15	3.218	1,254E-03	7,457E-03	1,106E-02	-2,646E-04	-1,792E-02
Form-16	2.164	1,638E-03	1,183E-02	3,027E-02	3,612E-02	-4,651E-03
Form-17	1.873	1,726E-03	1,326E-02	3,257E-02	3,284E-02	-1,675E-02
Form-18	1.788	2,069E-03	1,491E-02	4,139E-02	4,614E-02	4,747E-03
Form-19	1.730	1,937E-03	1,682E-02	5,116E-02	7,431E-02	4,444E-02
Form-20	1.846	2,312E-03	1,679E-02	5,228E-02	5,788E-02	1,013E-02
Form-21	1.832	2,231E-03	1,720E-02	5,267E-02	7,532E-02	4,615E-02
Form-22	1.701	2,354E-03	1,729E-02	5,203E-02	6,306E-02	2,431E-02
Form-23	1.977	2,213E-03	1,600E-02	4,729E-02	7,912E-02	6,445E-02
Form-24	1.976	1,884E-03	1,585E-02	4,732E-02	8,234E-02	7,133E-02

Çizelge EkB.15 C_{RS} Gerçek değerleri Tekne 25-50 (KG=0,55D)

	BM _T	C _{RS} -10	C _{RS} -20	C _{RS} -30	C _{RS} -40	C _{RS} -50
Form-25	2.268	1,751E-03	1,329E-02	3,286E-02	2,584E-02	-2,719E-02
Form-26	2.132	1,758E-03	1,488E-02	4,174E-02	5,310E-02	1,666E-02
Form-27	2.440	1,748E-03	1,327E-02	3,402E-02	3,207E-02	-1,984E-02
Form-29	2.240	1,785E-03	1,520E-02	4,330E-02	6,668E-02	4,514E-02
Form-30	2.240	1,785E-03	1,520E-02	4,330E-02	6,579E-02	4,291E-02
Form-31	1.459	1,897E-03	1,361E-02	4,558E-02	9,720E-02	1,040E-01
Form-32	1.569	1,646E-03	1,418E-02	4,653E-02	1,018E-01	1,263E-01
Form-33	1.424	1,545E-03	1,450E-02	5,091E-02	1,122E-01	1,141E-01
Form-34	1.537	1,735E-03	1,454E-02	5,140E-02	1,200E-01	1,395E-01
Form-35	1.783	1,654E-03	1,358E-02	4,655E-02	9,665E-02	8,240E-02
Form-36	1.733	1,377E-03	1,335E-02	4,761E-02	9,495E-02	7,445E-02
Form-37	1.846	1,640E-03	1,418E-02	4,848E-02	1,055E-01	1,006E-01
Form-38	1.840	1,645E-03	1,423E-02	4,864E-02	1,059E-01	1,015E-01
Form-39	1.959	1,872E-03	1,441E-02	4,926E-02	1,124E-01	1,222E-01
Form-40	1.827	1,562E-03	1,469E-02	5,200E-02	1,063E-01	9,851E-02
Form-41	1.459	1,778E-03	1,337E-02	4,524E-02	9,676E-02	1,035E-01
Form-42	1.570	1,534E-03	1,395E-02	4,682E-02	1,013E-01	1,257E-01
Form-43	1.429	1,539E-03	1,444E-02	5,003E-02	1,118E-01	1,151E-01
Form-44	1.541	1,730E-03	1,450E-02	5,127E-02	1,197E-01	1,398E-01
Form-45	1.786	1,651E-03	1,356E-02	4,647E-02	9,649E-02	8,282E-02
Form-46	1.736	1,951E-03	1,390E-02	4,752E-02	9,478E-02	7,490E-02
Form-47	1.849	1,637E-03	1,416E-02	4,840E-02	1,054E-01	1,010E-01
Form-48	1.849	1,637E-03	1,416E-02	4,840E-02	1,054E-01	1,010E-01
Form-49	1.962	1,869E-03	1,439E-02	4,918E-02	1,122E-01	1,225E-01
Form-50	1.829	1,560E-03	1,467E-02	5,194E-02	1,067E-01	9,894E-02

Çizelge EkB.16 KB Gerçek ve yaklaşım fark yüzdesi hesabı Tekne 1-24 (KG=0,55D)

	T	KB (Yaklaşım)	KB (Gerçek)	Fark %
Form-1	1.300	0.786	0.811	3.0
Form-2	1.450	0.877	0.906	3.2
Form-3	1.800	1.089	1.135	4.1
Form-4	1.850	1.119	1.163	3.8
Form-5	1.850	1.119	1.155	3.1
Form-6	1.800	1.089	1.135	4.1
Form-7	2.200	1.331	1.385	3.9
Form-8	1.850	1.119	1.154	3.0
Form-9	2.200	1.331	1.367	2.6
Form-10	2.300	1.391	1.442	3.5
Form-11	2.200	1.331	1.373	3.1
Form-12	2.600	1.573	1.635	3.8
Form-13	2.200	1.331	1.367	2.6
Form-14	2.600	1.573	1.635	3.8
Form-15	2.600	1.573	1.635	3.8
Form-16	2.800	1.694	1.710	0.9
Form-17	2.500	1.512	1.534	1.4
Form-18	2.700	1.633	1.630	-0.2
Form-19	3.000	1.815	1.797	-1.0
Form-20	3.200	1.936	1.913	-1.2
Form-21	3.200	1.936	1.906	-1.6
Form-22	3.000	1.815	1.774	-2.3
Form-23	3.400	2.057	2.082	1.2
Form-24	3.400	2.057	2.082	1.2

Çizelge EkB.17 KB Gerçek ve yaklaşım fark yüzdesi hesabı Tekne 25-50 (KG=0,55D)

	T	KB (Yaklaşım)	KB (Gerçek)	Fark %
Form-25	3.100	1.875	1.895	1.0
Form-26	3.300	1.996	2.019	1.1
Form-27	3.300	1.996	2.019	1.1
Form-29	3.600	2.178	2.206	1.3
Form-30	3.600	2.178	2.206	1.3
Form-31	2.000	1.210	1.181	-2.4
Form-32	2.200	1.331	1.300	-2.4
Form-33	2.500	1.512	1.476	-2.5
Form-34	2.700	1.633	1.594	-2.5
Form-35	2.700	1.633	1.594	-2.5
Form-36	2.800	1.694	1.653	-2.5
Form-37	3.000	1.815	1.771	-2.5
Form-38	3.000	1.815	1.771	-2.5
Form-39	3.200	1.936	1.889	-2.5
Form-40	3.500	2.117	2.066	-2.5
Form-41	2.000	1.210	1.181	-2.4
Form-42	2.200	1.331	1.300	-2.4
Form-43	2.500	1.512	1.476	-2.5
Form-44	2.700	1.633	1.594	-2.5
Form-45	2.700	1.633	1.594	-2.5
Form-46	2.800	1.694	1.653	-2.5
Form-47	3.000	1.815	1.771	-2.5
Form-48	3.000	1.815	1.771	-2.5
Form-49	3.200	1.936	1.889	-2.5
Form-50	3.500	2.117	2.066	-2.5

SUMMARY OUTPUT		10 degree			
<i>Regression Statistics</i>					
Multiple R	0.84				
R Square	0.71				
Adjusted R Square	0.70				
Standard Error	0.00				
Observations	49.00				
ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Sign. F</i>
Regression	2	4.557E-06	2.2784E-06	57.1096	3.428E-13
Residual	46	1.835E-06	3.9896E-08		
Total	48	6.392E-06			
	<i>Coef.</i>	<i>St. Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	
Intercept	0.004	0.000	8.294	0.000	
(B/T)^2	0.000	0.000	-10.419	0.000	
KG/B	-0.003	0.001	-2.925	0.005	

Şekil EkB.5 C_{RS} -10 Regresyon hesabı (KG=0,55D)

$$C_{RS} 10 * 1000 = \left(\frac{B}{T}\right)^2 * 0 + \frac{KG}{B} * -3 + -4$$

SUMMARY OUTPUT

20 degree

Regression Statistics

Multiple R0.97

R Square0.94

Adjusted R Square0.94

Standard Error0.00

Observations49.00

ANOVA

	df	SS	MS	F	Sign. F
Regression	2	0.000447878	0.000223939	370.87405	4.2318E-29
Residual	46	2.77755E-05	6.03814E-07		
Total	48	0.000475654			

	Coef.	St. Error	t Stat	P-value
Intercept	0.028	0.002	15.231	0.000
(B/T)^2	-0.001	0.000	-25.168	0.000
KG/B	-0.013	0.004	-2.984	0.005

Şekil EkB.6 C_{RS} -20 Regresyon hesabı (KG=0,55D)

$$C_{RS} 20 * 1000 = \left(\frac{B}{T}\right)^2 * -1 + \frac{KG}{B} * -13 + 28,19915$$

SUMMARY OUTPUT

30 degree

Regression Statistics

Multiple R	0.99
R Square	0.98
Adjusted R Square	0.98
Standard Error	0.00
Observations	49.00

ANOVA

	df	SS	MS	F	Sign. F
Regression	2	0.011109	0.0055545	978.445	2.02E-38
Residual	46	0.0002611	5.6769E-06		
Total	48	0.0113701			

	Coef.	St. Error	t Stat	P-value
Intercept	0.056	0.006	9.860	0.000
(B/T)^2	-0.006	0.000	-35.719	0.000
KG/B	0.074	0.013	5.697	0.000

Şekil EkB.7 C_{RS} -30 Regresyon hesabı (KG=0,55D)

$$C_{RS} 30 * 1000 = \left(\frac{B}{T}\right)^2 * -6 + \frac{KG}{B} * 74 + 55,97583$$

SUMMARY OUTPUT

40 degree

Regression Statistics

Multiple R0.97

R Square0.95

Adjusted R Square0.94

Standard Error0.01

Observations49.00

ANOVA

	df	SS	MS	F	Sign. F
Regression	3	0.0817399	0.02724662	275.807	5.697E-29
Residual	45	0.0044455	9.8789E-05		
Total	48	0.0861854			

	Coef.	St. Error	t Stat	P-value
Intercept	-0.250	0.046	-5.383	0.000
(B/T)^2	0.009	0.005	1.778	0.082
KG/B	1.558	0.227	6.866	0.000
D/T	-0.183	0.043	-4.239	0.000

Şekil EkB.8 C_{RS} -40 Regresyon hesabı (KG=0,55D)

$$C_{RS} 40 * 1000 = \left(\frac{B}{T}\right)^2 * 9 + \frac{KG}{B} * 1558 + \frac{D}{T} * -183 + -250$$

SUMMARY OUTPUT

50 degree

Regression Statistics

Multiple R

0.97

R Square

0.93

Adjusted R Square

0.93

Standard Error

0.01

Observations

49.00

ANOVA

	df	SS	MS	F	Sign. F
Regression	3	0.1355401	0.04518005	207.689	2.291E-26
Residual	45	0.0097892	0.00021754		
Total	48	0.1453293			

	Coef.	St. Error	t Stat	P-value
Intercept	-0.580	0.069	-8.431	0.000
(B/T)^2	0.014	0.007	1.892	0.065
KG/B	2.337	0.337	6.941	0.000
D/T	-0.193	0.064	-3.007	0.004

Şekil EkB.9 C_{RS} -50 Regresyon hesabı (KG=0,55D)

$$C_{RS} 50 * 1000 = \left(\frac{B}{T}\right)^2 * 14 + \frac{KG}{B} * 2337 + \frac{D}{T} * -193 + -580$$

Çizelge EkB.18 GZ Yaklaşım hesabı Tekne 1-24 (KG=0,55D)

	KB (Yakl.)	KG	BM_T (Yakl.)	GM_T (Yakl.)	C_{RS}-20	C_{RS}-30	C_{RS}-40	C_{RS}-50
Form-1	0.786	1.485	1.824	1.125	0.006	-0.002	-0.028	-0.068
Form-2	0.877	1.760	1.784	0.901	0.007	0.011	-0.001	-0.018
Form-3	1.089	2.255	1.799	0.633	0.010	0.028	0.046	0.056
Form-4	1.119	2.255	1.614	0.478	0.011	0.036	0.070	0.087
Form-5	1.119	2.255	1.980	0.844	0.009	0.021	0.023	0.017
Form-6	1.089	2.255	2.204	1.038	0.007	0.012	0.004	-0.004
Form-7	1.331	2.750	2.563	1.144	0.008	0.016	0.013	0.007
Form-8	1.119	2.255	2.338	1.202	0.007	0.008	-0.006	-0.025
Form-9	1.331	2.420	2.699	1.610	0.008	0.008	-0.015	-0.056
Form-10	1.391	2.750	2.369	1.011	0.010	0.024	0.028	0.021
Form-11	1.331	2.750	2.271	0.852	0.009	0.025	0.035	0.041
Form-12	1.573	3.245	2.720	1.048	0.009	0.024	0.034	0.038
Form-13	1.331	2.750	2.294	0.875	0.009	0.025	0.035	0.041
Form-14	1.573	3.245	3.207	1.535	0.007	0.011	0.002	-0.008
Form-15	1.573	3.245	3.213	1.541	0.007	0.011	0.002	-0.008
Form-16	1.694	2.640	2.135	1.189	0.013	0.034	0.029	-0.015
Form-17	1.512	2.200	1.863	1.176	0.014	0.035	0.024	-0.034
Form-18	1.633	2.420	1.796	1.009	0.015	0.041	0.047	0.003
Form-19	1.815	2.695	1.719	0.838	0.015	0.048	0.078	0.050
Form-20	1.936	2.915	1.858	0.879	0.015	0.048	0.081	0.057
Form-21	1.936	2.915	1.838	0.858	0.015	0.048	0.081	0.057
Form-22	1.815	2.640	1.697	0.872	0.016	0.047	0.073	0.039
Form-23	2.057	3.135	1.983	0.905	0.015	0.049	0.087	0.067
Form-24	2.057	3.135	1.981	0.903	0.015	0.049	0.087	0.067

Çizelge EkB.19 GZ Yaklaşım hesabı Tekne 25-50 (KG=0,55D)

	KB (Yakl.)	KG	BM_T (Yakl.)	GM_T (Yakl.)	C_{RS}-20	C_{RS}-30	C_{RS}-40	C_{RS}-50
Form-25	1.875	2.805	2.285	1.355	0.014	0.036	0.032	-0.018
Form-26	1.996	2.970	2.135	1.161	0.015	0.043	0.056	0.017
Form-27	1.996	2.970	2.452	1.478	0.014	0.035	0.028	-0.024
Form-29	2.178	3.300	2.246	1.124	0.015	0.045	0.069	0.039
Form-30	2.178	3.300	2.249	1.127	0.015	0.045	0.069	0.039
Form-31	1.210	2.200	1.465	0.475	0.013	0.041	0.078	0.081
Form-32	1.331	2.475	1.595	0.451	0.013	0.043	0.088	0.099
Form-33	1.512	2.475	1.416	0.453	0.015	0.052	0.114	0.117
Form-34	1.633	2.750	1.543	0.427	0.015	0.053	0.121	0.132
Form-35	1.633	2.750	1.791	0.675	0.014	0.045	0.082	0.074
Form-36	1.694	2.750	1.718	0.661	0.015	0.048	0.090	0.081
Form-37	1.815	3.025	1.844	0.634	0.015	0.048	0.098	0.096
Form-38	1.815	3.025	1.842	0.632	0.015	0.048	0.098	0.096
Form-39	1.936	3.300	1.985	0.621	0.014	0.049	0.105	0.109
Form-40	2.117	3.300	1.811	0.629	0.016	0.055	0.125	0.126
Form-41	1.210	2.200	1.469	0.479	0.013	0.041	0.078	0.081
Form-42	1.331	2.475	1.594	0.450	0.013	0.043	0.088	0.099
Form-43	1.512	2.475	1.418	0.456	0.015	0.052	0.114	0.117
Form-44	1.633	2.750	1.545	0.429	0.015	0.053	0.121	0.132
Form-45	1.633	2.750	1.792	0.676	0.014	0.045	0.082	0.074
Form-46	1.694	2.750	1.718	0.662	0.015	0.048	0.090	0.081
Form-47	1.815	3.025	1.846	0.636	0.015	0.048	0.098	0.096
Form-48	1.815	3.025	1.845	0.635	0.015	0.048	0.098	0.096
Form-49	1.936	3.300	1.983	0.619	0.014	0.049	0.105	0.109
Form-50	2.117	3.300	1.809	0.627	0.016	0.055	0.125	0.126

Çizelge EkB.20 GZ Yaklaşık değerleri Tekne 1-24 (KG=0,55D)

	GZ-0	GZ-10	GZ-20	GZ-30	GZ-40	GZ-50
	0	10	20	30	40	50
Form-1	0.000	0.195	0.395	0.558	0.672	0.738
Form-2	0.000	0.156	0.321	0.470	0.577	0.659
Form-3	0.000	0.110	0.234	0.367	0.489	0.586
Form-4	0.000	0.083	0.182	0.297	0.420	0.507
Form-5	0.000	0.147	0.307	0.464	0.587	0.681
Form-6	0.000	0.180	0.371	0.546	0.677	0.786
Form-7	0.000	0.199	0.412	0.613	0.768	0.896
Form-8	0.000	0.209	0.427	0.620	0.758	0.862
Form-9	0.000	0.280	0.572	0.828	0.995	1.083
Form-10	0.000	0.176	0.369	0.562	0.715	0.824
Form-11	0.000	0.148	0.313	0.482	0.627	0.745
Form-12	0.000	0.182	0.384	0.589	0.765	0.906
Form-13	0.000	0.152	0.321	0.494	0.643	0.763
Form-14	0.000	0.267	0.548	0.803	0.993	1.149
Form-15	0.000	0.268	0.550	0.806	0.997	1.154
Form-16	0.000	0.207	0.435	0.667	0.827	0.878
Form-17	0.000	0.204	0.428	0.653	0.800	0.838
Form-18	0.000	0.175	0.371	0.578	0.732	0.778
Form-19	0.000	0.146	0.313	0.502	0.674	0.728
Form-20	0.000	0.153	0.329	0.529	0.716	0.778
Form-21	0.000	0.149	0.322	0.518	0.702	0.762
Form-22	0.000	0.151	0.325	0.516	0.684	0.734
Form-23	0.000	0.157	0.340	0.549	0.754	0.825
Form-24	0.000	0.157	0.339	0.548	0.753	0.824

Çizelge EkB.21 GZ Yaklaşık değerleri Tekne 25-50 (KG=0,55D)

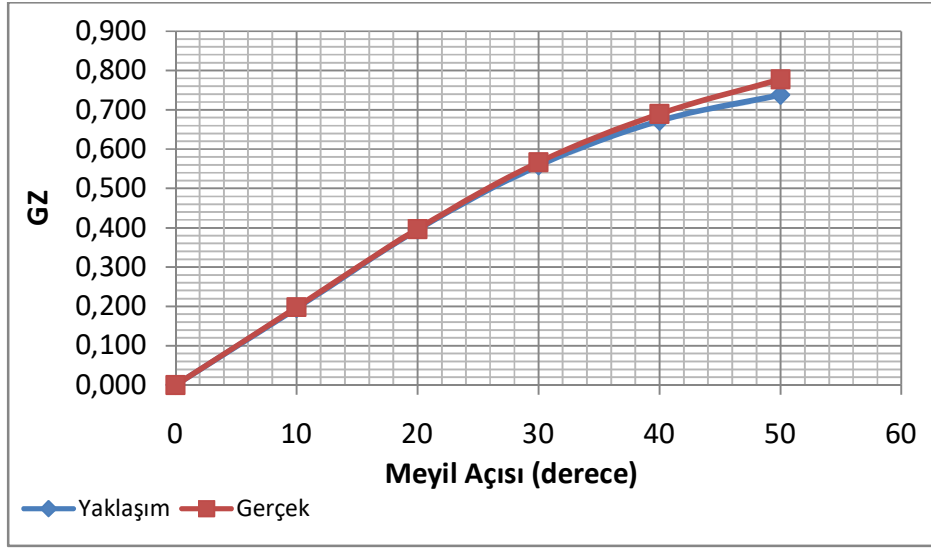
	GZ-0	GZ-10	GZ-20	GZ-30	GZ-40	GZ-50
	0	10	20	30	40	50
Form-25	0.000	0.235	0.495	0.760	0.943	0.996
Form-26	0.000	0.202	0.429	0.672	0.866	0.926
Form-27	0.000	0.257	0.539	0.826	1.019	1.073
Form-29	0.000	0.195	0.418	0.663	0.877	0.948
Form-30	0.000	0.196	0.419	0.665	0.879	0.950
Form-31	0.000	0.083	0.182	0.298	0.420	0.483
Form-32	0.000	0.078	0.175	0.294	0.431	0.504
Form-33	0.000	0.079	0.176	0.300	0.452	0.513
Form-34	0.000	0.074	0.169	0.294	0.461	0.531
Form-35	0.000	0.117	0.256	0.418	0.581	0.650
Form-36	0.000	0.115	0.251	0.413	0.580	0.645
Form-37	0.000	0.110	0.244	0.406	0.588	0.663
Form-38	0.000	0.110	0.243	0.405	0.587	0.661
Form-39	0.000	0.108	0.241	0.408	0.606	0.692
Form-40	0.000	0.109	0.244	0.414	0.631	0.710
Form-41	0.000	0.083	0.183	0.300	0.422	0.485
Form-42	0.000	0.078	0.174	0.293	0.429	0.503
Form-43	0.000	0.079	0.177	0.302	0.454	0.515
Form-44	0.000	0.074	0.170	0.296	0.463	0.533
Form-45	0.000	0.117	0.256	0.418	0.582	0.651
Form-46	0.000	0.115	0.252	0.413	0.581	0.646
Form-47	0.000	0.110	0.244	0.407	0.589	0.664
Form-48	0.000	0.110	0.244	0.407	0.589	0.663
Form-49	0.000	0.107	0.240	0.407	0.605	0.690
Form-50	0.000	0.109	0.243	0.413	0.629	0.708

Çizelge EkB.22 GZ Gerçek değerleri Tekne 1-24 (KG=0,55D)

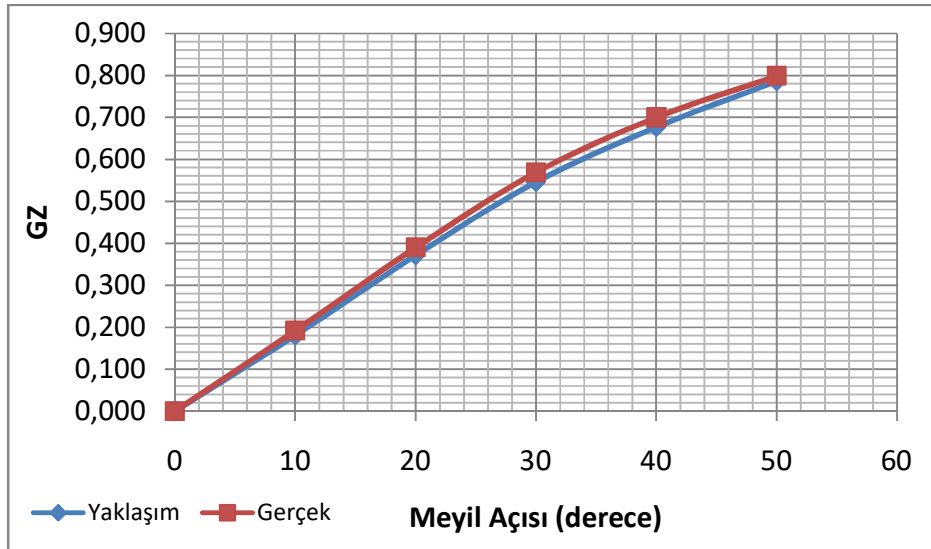
	GZ-0	GZ-10	GZ-20	GZ-30	GZ-40	GZ-50
	0	10	20	30	40	50
Form-1	0.000	0.198	0.397	0.567	0.690	0.778
Form-2	0.000	0.160	0.323	0.473	0.583	0.687
Form-3	0.000	0.122	0.253	0.389	0.498	0.599
Form-4	0.000	0.096	0.203	0.325	0.434	0.538
Form-5	0.000	0.156	0.321	0.484	0.611	0.706
Form-6	0.000	0.192	0.390	0.569	0.700	0.799
Form-7	0.000	0.213	0.435	0.643	0.799	0.921
Form-8	0.000	0.213	0.432	0.628	0.771	0.858
Form-9	0.000	0.288	0.581	0.848	1.028	1.122
Form-10	0.000	0.190	0.393	0.600	0.767	0.897
Form-11	0.000	0.159	0.329	0.502	0.638	0.754
Form-12	0.000	0.199	0.412	0.627	0.797	0.944
Form-13	0.000	0.160	0.331	0.503	0.637	0.752
Form-14	0.000	0.283	0.574	0.840	1.033	1.174
Form-15	0.000	0.232	0.473	0.692	0.843	0.948
Form-16	0.000	0.218	0.448	0.683	0.872	0.936
Form-17	0.000	0.213	0.438	0.665	0.838	0.894
Form-18	0.000	0.177	0.368	0.573	0.724	0.773
Form-19	0.000	0.148	0.314	0.505	0.664	0.715
Form-20	0.000	0.151	0.320	0.519	0.650	0.666
Form-21	0.000	0.147	0.313	0.508	0.667	0.715
Form-22	0.000	0.149	0.315	0.506	0.644	0.681
Form-23	0.000	0.165	0.348	0.556	0.751	0.836
Form-24	0.000	0.164	0.347	0.555	0.756	0.848

Çizelge EkB.23 GZ Gerçek değerleri Tekne 25-50 (KG=0,55D)

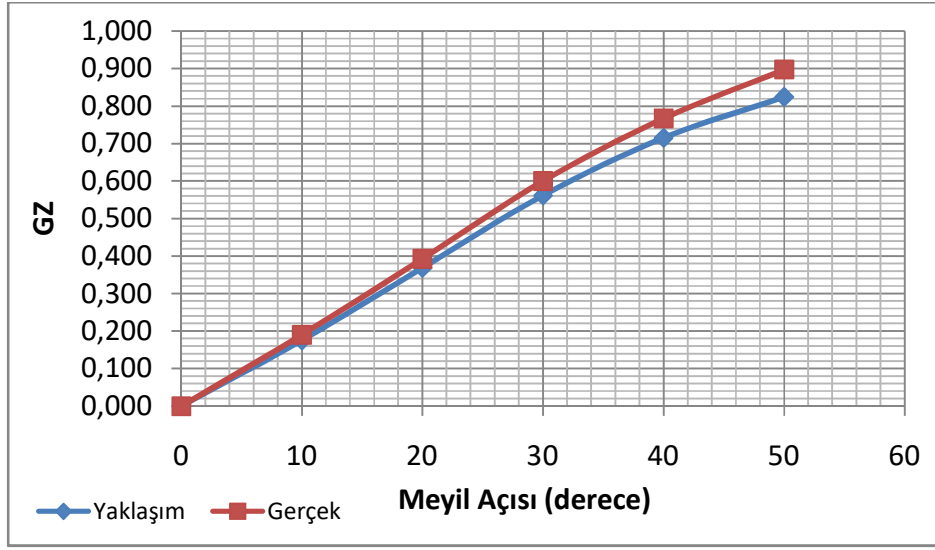
	GZ-0	GZ-10	GZ-20	GZ-30	GZ-40	GZ-50
	0	10	20	30	40	50
Form-25	0.000	0.241	0.497	0.757	0.936	0.984
Form-26	0.000	0.209	0.436	0.680	0.873	0.941
Form-27	0.000	0.263	0.542	0.828	1.036	1.093
Form-29	0.000	0.203	0.426	0.670	0.886	0.979
Form-30	0.000	0.203	0.426	0.670	0.884	0.974
Form-31	0.000	0.079	0.170	0.286	0.424	0.488
Form-32	0.000	0.071	0.157	0.270	0.413	0.500
Form-33	0.000	0.076	0.166	0.285	0.433	0.488
Form-34	0.000	0.069	0.153	0.270	0.430	0.507
Form-35	0.000	0.112	0.239	0.397	0.576	0.628
Form-36	0.000	0.113	0.241	0.401	0.574	0.617
Form-37	0.000	0.106	0.229	0.386	0.576	0.640
Form-38	0.000	0.106	0.229	0.386	0.576	0.641
Form-39	0.000	0.099	0.216	0.371	0.573	0.660
Form-40	0.000	0.106	0.230	0.392	0.576	0.635
Form-41	0.000	0.079	0.170	0.286	0.424	0.488
Form-42	0.000	0.071	0.157	0.271	0.413	0.500
Form-43	0.000	0.076	0.166	0.284	0.433	0.490
Form-44	0.000	0.069	0.153	0.270	0.430	0.508
Form-45	0.000	0.112	0.239	0.397	0.576	0.629
Form-46	0.000	0.114	0.242	0.401	0.574	0.618
Form-47	0.000	0.106	0.229	0.386	0.576	0.641
Form-48	0.000	0.106	0.229	0.386	0.576	0.641
Form-49	0.000	0.099	0.216	0.371	0.573	0.661
Form-50	0.000	0.106	0.230	0.392	0.577	0.636



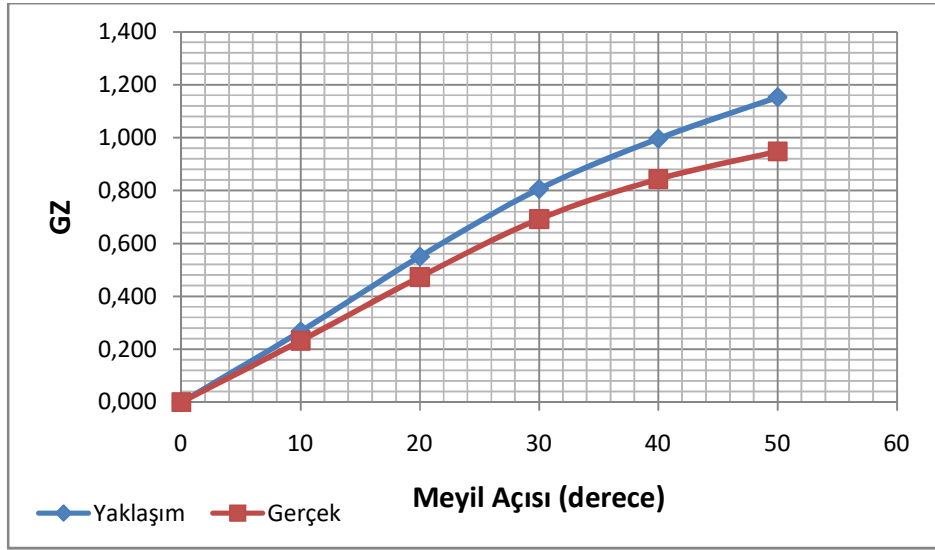
Şekil EkB.10 GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 1 (KG=0,55D)



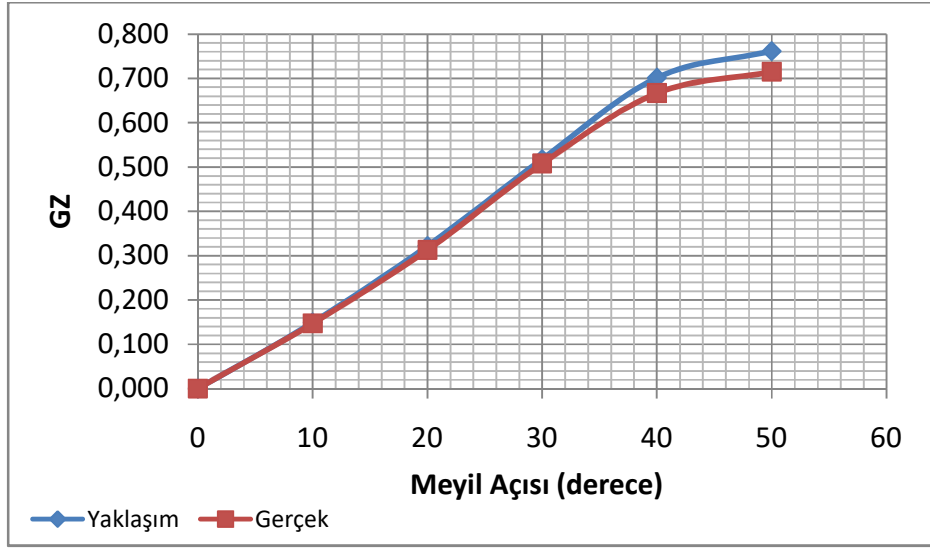
Şekil EkB.11 GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 5 (KG=0,55D)



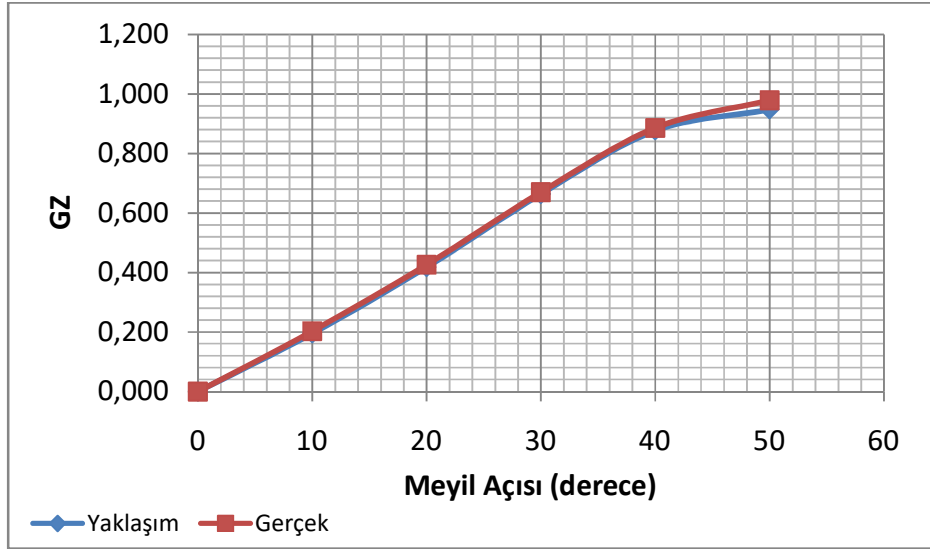
Şekil EkB.12 GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 10 (KG=0,55D)



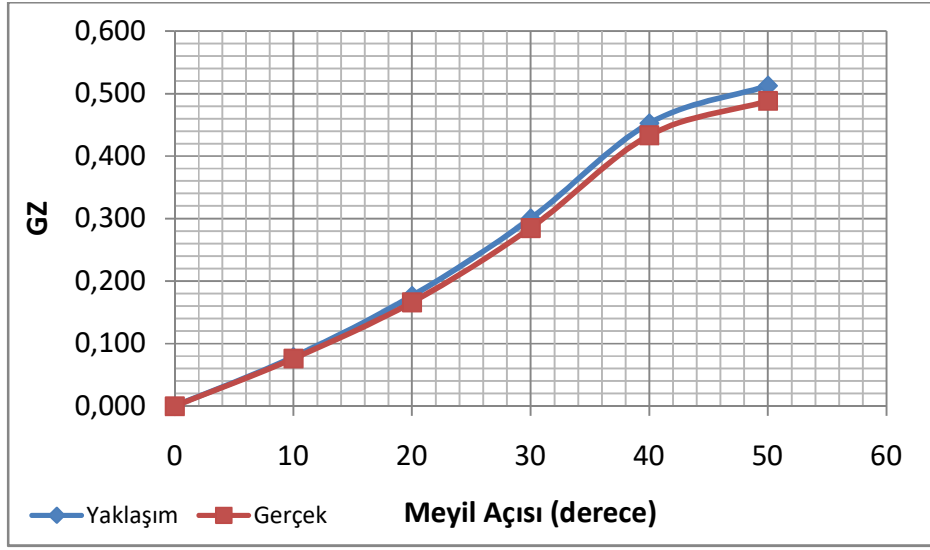
Şekil EkB.13 GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 15 (KG=0,55D)



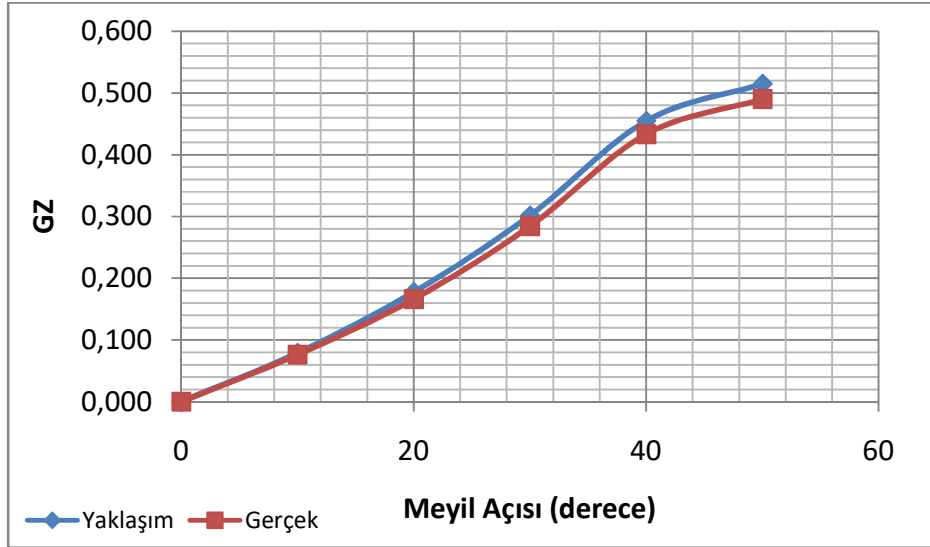
Şekil EkB.14 GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 21 (KG=0,55D)



Şekil EkB.15 GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 29 (KG=0,55D)



Şekil EkB.16 GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 33 (KG=0,55D)



Şekil EkB.17 GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 39 (KG=0,55D)

TEKNE ANA KARAKTERİSTİKLERİ VE STABİLİTE HESAP SONUÇLARI
(KG=0,65D için)

Çizelge EkC.1 Tekne ana karakteristikleri Tekne 1-10 (KG=0,65D)

		Form-1	Form-2	Form-3	Form-4	Form-5	Form-6	Form-7	Form-8	Form-9	Form-10
Δ	ton	56	70.7	118.8	119.5	159.1	155.9	229.7	188	295.8	318.4
V	m ³	54	68	115	116	155.00	152	224	183	288	310
T	m	1.3	1.45	1.8	1.85	1.9	1.8	2.2	1.85	2.2	2.3
L_{WL}	m	16.83	18.48	22.68	22.72	26.92	26.88	26.91	29.45	33.63	35.41
B_{WL}	m	4.80	5.00	5.60	5.40	6.00	6.20	7.40	6.50	7.60	7.30
C_P		0.603	0.598	0.591	0.596	0.602	0.596	0.600	0.603	0.600	0.608
C_B		0.521	0.515	0.508	0.515	0.520	0.508	0.513	0.520	0.517	0.524
C_M		0.875	0.872	0.876	0.879	0.875	0.876	0.878	0.875	0.873	0.883
C_{WP}		0.791	0.787	0.787	0.791	0.79	0.787	0.79	0.79	0.788	0.796
LCB	m	8.146	8.988	10.960	10.920	13.044	12.990	12.964	14.266	16.331	16.938
LCF	m	7.538	8.289	10.179	10.180	12.061	12.064	12.066	13.191	15.072	15.861
KB	m	0.811	0.906	1.135	1.163	1.155	1.135	1.385	1.154	1.367	1.442
KG	m	1.755	2.080	2.665	2.665	2.665	2.665	3.250	2.665	2.860	3.250
BM_T	m	1.806	1.762	1.808	1.630	1.984	2.216	2.577	2.313	2.695	2.382
BM_L	m	19.870	21.478	26.396	25.727	35.699	37.075	30.370	42.695	47.087	50.221
GM_T	m	0.862	0.589	0.278	0.129	0.473	0.687	0.712	0.803	1.202	0.575
GM_L	m	18.926	20.305	24.866	24.226	34.188	35.546	28.506	41.185	45.595	48.413
KM_T	m	2.617	2.669	2.943	2.794	3.138	3.352	3.962	3.468	4.062	3.825
KM_L	m	20.681	22.385	27.531	26.891	36.853	38.211	31.756	43.850	48.455	51.663
TPC	ton/cm	0.655	0.746	1.025	0.995	1.308	1.345	1.612	1.545	2.064	2.109
MTC	ton.m	0.636	0.783	1.313	1.285	2.032	2.073	2.455	2.642	4.03	4.373

Çizelge EkC.2 Tekne ana karakteristikleri Tekne 11-20 (KG=0,65D)

		Form-11	Form-12	Form-13	Form-14	Form-15	Form-16	Form-17	Form-18	Form-19	Form-20
Δ	ton	309	450.4	340.6	540.3	571.5	616	396.2	501.6	642.3	825.2
V	m ³	301	439.00	331	526.00	557.00	605.00	389.00	492.00	629.00	808.00
T	m	2.2	2.6	2.2	2.6	2.6	2.8	2.5	2.7	3.0	3.2
L_{WL}	m	37.84	39.55	42.03	43.76	46.28	51.50	43.49	46.45	49.00	55.00
B_{WL}	m	7.00	8.30	7.00	9.00	9.00	7.85	6.85	7.05	7.30	7.80
C_P		0.600	0.602	0.600	0.603	0.605	0.590	0.590	0.620	0.650	0.660
C_B		0.518	0.516	0.517	0.516	0.516	0.518	0.511	0.545	0.567	0.573
C_M		0.874	0.879	0.873	0.879	0.879	0.859	0.864	0.866	0.862	0.868
C_{WP}		0.789	0.792	0.788	0.792	0.792	0.753	0.749	0.769	0.784	0.789
LCB	m	18.361	19.016	20.414	21.039	22.252	23.509	19.505	20.749	22.022	24.732
LCF	m	16.957	17.729	18.840	19.615	20.746	21.521	17.867	19.321	20.774	23.305
KB	m	1.373	1.635	1.367	1.635	1.635	1.710	1.534	1.630	1.797	1.913
KG	m	3.250	3.835	3.250	3.835	3.835	3.120	2.600	2.860	3.185	3.445
BM_T	m	2.272	2.737	2.286	3.219	3.219	2.164	1.873	1.788	1.730	1.846
BM_L	m	59.308	55.490	73.568	67.924	67.924	81.055	62.843	66.465	68.329	80.094
GM_T	m	0.397	0.538	0.404	1.019	1.019	0.755	0.808	0.558	0.343	0.315
GM_L	m	57.433	53.291	71.686	65.724	65.724	79.646	61.778	65.235	66.941	78.562
KM_T	m	3.647	4.373	3.654	4.854	4.854	3.875	3.408	3.418	3.528	3.760
KM_L	m	60.683	57.126	74.936	69.559	69.559	82.766	64.378	68.095	70.126	82.007
TPC	ton/cm	2.142	2.664	2.377	3.196	3.38	3.202	2.324	2.62	2.961	3.55
MTC	ton.m	4.71	6.1	5.829	8.149	9.144	9.422	5.642	7.06	8.72	11.778

Çizelge EkC.3 Tekne ana karakteristikleri Tekne 21-30 (KG=0,65D)

		Form-21	Form-22	Form-23	Form-24	Form-25	Form-26	Form-27	Form-28	Form-29	Form-30
Δ	ton	616.5	588.5	667.1	696.1	676.1	753.1	883.1	921.2	1005.6	1022.4
V	m ³	604.00	577.00	653.00	682.00	662.00	737.00	864.00	901.00	984.00	1000.00
T	m	3.2	3.0	3.4	3.4	3.1	3.3	3.3	3.4	3.6	3.6
L_{WL}	m	40.10	42.00	44.47	46.40	48.34	50.28	55.11	55.50	57.50	58.50
B_{WL}	m	7.80	7.30	8.25	8.25	8.45	8.45	9.05	9.05	9.05	9.05
C_P		0.670	0.690	0.590	0.590	0.590	0.590	0.590	0.590	0.590	0.590
C_B		0.582	0.602	0.515	0.515	0.515	0.518	0.518	0.515	0.514	0.514
C_M		0.86	0.863	0.863	0.863	0.863	0.864	0.864	0.863	0.862	0.862
C_{WP}		0.794	0.808	0.752	0.752	0.746	0.753	0.753	0.752	0.751	0.751
LCB	m	18.117	19.026	19.945	20.812	21.742	22.517	24.682	25.148	26.038	26.472
LCF	m	17.204	18.237	18.308	19.104	20.087	20.712	22.703	23.084	23.869	24.266
KB	m	1.906	1.774	2.082	2.082	1.895	2.019	2.019	2.082	2.206	2.206
KG	m	3.445	3.120	3.705	3.705	3.315	3.510	3.510	3.640	3.900	3.900
BM_T	m	1.832	1.701	1.977	1.976	2.276	2.132	2.440	2.370	2.240	2.240
BM_L	m	43.628	51.757	48.492	52.545	62.903	63.600	76.434	76.821	77.664	80.289
GM_T	m	0.293	0.355	0.355	0.353	0.855	0.642	0.950	0.813	0.546	0.546
GM_L	m	42.089	50.410	46.869	50.922	61.481	62.109	74.943	75.264	75.971	78.595
KM_T	m	3.738	3.475	4.060	4.058	4.170	4.152	4.460	4.453	4.446	4.446
KM_L	m	45.534	53.530	50.574	54.627	64.796	65.619	78.453	78.904	79.871	82.495
TPC	ton/cm	2.629	2.631	2.862	2.986	3.159	3.319	3.892	3.952	4.082	4.15
MTC	ton.m	6.421	6.986	7.042	7.685	8.387	9.335	12.039	12.401	13.214	13.666

Çizelge EkC.4 Tekne ana karakteristikleri Tekne 31-40 (KG=0,65D)

		Form-31	Form-32	Form-33	Form-34	Form-35	Form-36	Form-37	Form-38	Form-39	Form-40
Δ	ton	183.4	239.3	312.9	390.9	452.5	510.1	616.6	666.9	779.7	935.4
V	m ³	179	233	305	381	441	497	601	650.66	760	912
T	m	2	2.2	2.5	2.7	2.7	2.8	3	3	3.2	3.5
L_{WL}	m	29.20	31.80	35.50	38.30	41.20	44.20	47.00	50.9	52.70	56.10
B_{WL}	m	5.45	5.95	6.00	6.50	7.00	7.00	7.50	7.5	8.00	8.00
C_P		0.635	0.635	0.645	0.640	0.640	0.645	0.640	0.639	0.640	0.660
C_B		0.563	0.563	0.577	0.572	0.572	0.579	0.574	0.574	0.570	0.587
C_M		0.895	0.893	0.902	0.9	0.9	0.902	0.901	0.901	0.899	0.905
C_{WP}		0.807	0.805	0.829	0.822	0.822	0.831	0.824	0.824	0.819	0.841
LCB	m	16.318	17.929	19.229	20.861	22.425	23.883	25.523	27.606	28.727	29.963
LCF	m	15.110	16.673	17.624	19.150	20.586	21.881	23.413	25.324	26.398	27.427
KB	m	1.181	1.300	1.476	1.594	1.594	1.653	1.771	1.771	1.889	2.066
KG	m	2.600	2.925	2.925	3.250	3.250	3.250	3.575	3.575	3.900	3.900
BM_T	m	1.459	1.569	1.424	1.537	1.783	1.733	1.846	1.846	1.959	1.827
BM_L	m	36.904	39.446	45.926	48.768	56.359	63.686	66.325	77.596	77.100	82.763
GM_T	m	0.039	-0.056	-0.025	-0.118	0.128	0.137	0.043	0.043	-0.051	-0.006
GM_L	m	35.485	37.822	44.478	47.113	54.704	62.090	64.522	75.793	75.090	80.930
KM_T	m	2.639	2.869	2.900	3.132	3.378	3.387	3.618	3.618	3.849	3.894
KM_L	m	38.085	40.747	47.403	50.363	57.954	65.340	68.097	79.368	78.990	84.830
TPC	ton/cm	1.315	1.554	1.798	2.081	2.409	2.616	2.954	3.195	3.502	3.829
MTC	ton.m	2.239	2.86	3.907	4.802	6	7.138	8.45	9.92	11.109	13.467

Çizelge EkC.5 Tekne ana karakteristikleri Tekne 41-50 (KG=0,65D)

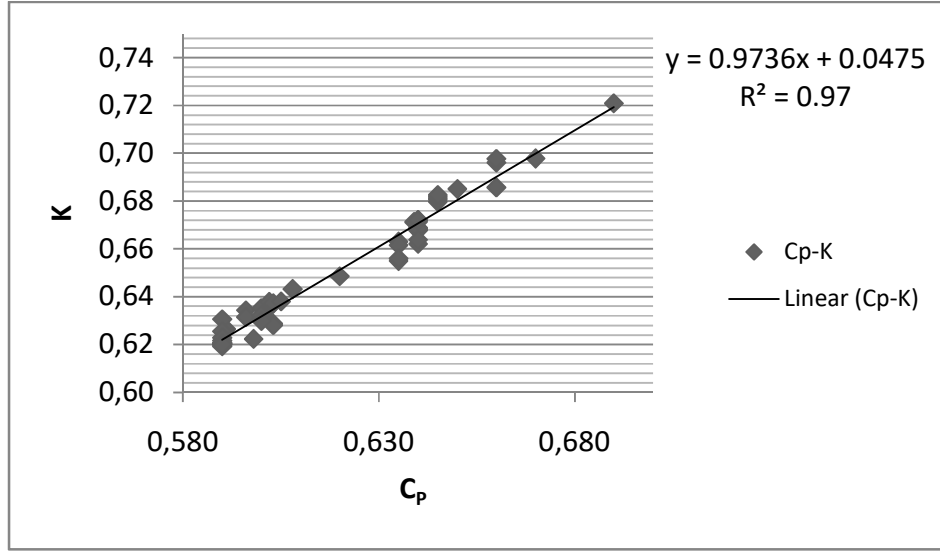
		Form-41	Form-42	Form-43	Form-44	Form-45	Form-46	Form-47	Form-48	Form-49	Form-50
Δ	ton	177.5	232.2	304.5	381.1	442	499	603.8	654.3	765.5	919.3
V	m ³	173	227	297	372	431	487	589	638	747	897
T	m	2	2.2	2.5	2.7	2.7	2.8	3	3	3.2	3.5
L_{WL}	m	28.31	30.89	34.63	37.42	40.30	43.32	46.11	49.95	51.73	55.10
B_{WL}	m	5.45	5.95	6	6.5	7	7	7.5	7.5	8	8
C_P		0.635	0.635	0.645	0.640	0.640	0.645	0.640	0.640	0.640	0.660
C_B		0.563	0.563	0.577	0.572	0.572	0.579	0.573	0.574	0.570	0.587
C_M		0.895	0.893	0.902	0.9	0.9	0.902	0.901	0.901	0.899	0.905
C_{WP}		0.807	0.805	0.829	0.822	0.822	0.831	0.824	0.824	0.819	0.841
LCB	m	15.791	17.401	18.710	20.339	21.904	23.364	24.996	27.086	28.204	29.446
LCF	m	14.622	16.183	17.147	18.671	20.107	21.405	22.926	24.846	25.918	26.954
KB	m	1.181	1.300	1.476	1.594	1.594	1.653	1.771	1.771	1.889	2.066
KG	m	2.600	2.925	2.925	3.250	3.250	3.250	3.575	3.575	3.900	3.900
BM_T	m	1.459	1.570	1.429	1.541	1.786	1.736	1.849	1.849	1.962	1.829
BM_L	m	34.602	37.208	43.622	46.487	53.872	61.040	63.748	71.958	74.438	80.004
GM_T	m	0.040	-0.055	-0.025	-0.118	0.128	0.137	0.043	0.043	-0.051	-0.006
GM_L	m	33.182	35.583	42.168	44.828	52.214	59.441	61.942	70.153	72.425	78.168
KM_T	m	2.640	2.870	2.900	3.132	3.378	3.387	3.618	3.618	3.849	3.894
KM_L	m	35.782	38.508	45.093	48.078	55.464	62.691	65.517	73.728	76.325	82.068
TPC	ton/cm	1.272	1.509	1.752	2.031	2.356	2.564	2.898	3.079	3.442	3.771
MTC	ton.m	2.092	2.675	3.689	4.552	5.714	6.834	8.101	9.753	10.697	13.042

Çizelge EkC.6 BM_T yaklaşımı için parametre katsayı tespiti Tekne 1-26 (KG=0,65D)

	$\frac{LB^3}{12V}$	m	C _p	n	BM (Yaklaşım)	BM (Gerçek)	Fark %
Form-1	2.872	0.97	0.603	0.05	1.824	1.806	1.0
Form-2	2.831	0.97	0.598	0.05	1.784	1.762	1.2
Form-3	2.886	0.97	0.591	0.05	1.799	1.808	0.5
Form-4	2.570	0.97	0.596	0.05	1.614	1.630	1.0
Form-5	3.123	0.97	0.602	0.05	1.980	1.984	0.2
Form-6	3.509	0.97	0.596	0.05	2.204	2.216	0.5
Form-7	4.056	0.97	0.600	0.05	2.563	2.577	0.5
Form-8	3.682	0.97	0.603	0.05	2.338	2.313	1.1
Form-9	4.271	0.97	0.600	0.05	2.699	2.695	0.2
Form-10	3.703	0.97	0.608	0.05	2.369	2.382	0.5
Form-11	3.593	0.97	0.600	0.05	2.271	2.272	0.0
Form-12	4.291	0.97	0.602	0.05	2.720	2.737	0.6
Form-13	3.630	0.97	0.600	0.05	2.294	2.286	0.3
Form-14	5.051	0.97	0.603	0.05	3.207	3.219	0.4
Form-15	5.045	0.97	0.605	0.05	3.213	3.219	0.2
Form-16	3.431	0.97	0.590	0.05	2.135	2.164	1.3
Form-17	2.994	0.97	0.590	0.05	1.863	1.873	0.5
Form-18	2.757	0.97	0.620	0.05	1.796	1.788	0.4
Form-19	2.525	0.97	0.650	0.05	1.719	1.730	0.7
Form-20	2.692	0.97	0.660	0.05	1.858	1.846	0.6
Form-21	2.625	0.97	0.670	0.05	1.838	1.832	0.3
Form-22	2.360	0.97	0.690	0.05	1.697	1.701	0.2
Form-23	3.187	0.97	0.590	0.05	1.983	1.977	0.3
Form-24	3.184	0.97	0.590	0.05	1.981	1.976	0.3
Form-25	3.671	0.97	0.590	0.05	2.285	2.268	0.8
Form-26	3.430	0.97	0.590	0.05	2.135	2.132	0.1

Çizelge EkC.7 BM_T yaklaşımı için parametre katsayı tespiti Tekne 27-50 (KG=0,65D)

	$\frac{LB^3}{12V}$	m	C _p	n	BM (Yaklaşım)	BM (Gerçek)	Fark %
Form-27	3.940	0.97	0.590	0.05	2.452	2.440	0,5
Form-29	3.609	0.97	0.590	0.05	2.246	2.240	0,3
Form-30	3.613	0.97	0.590	0.05	2.249	2.240	0,4
Form-31	2.201	0.97	0.635	0.05	1.465	1.459	0,4
Form-32	2.396	0.97	0.635	0.05	1.595	1.569	1,7
Form-33	2.095	0.97	0.645	0.05	1.416	1.424	0,6
Form-34	2.301	0.97	0.640	0.05	1.543	1.537	0,4
Form-35	2.670	0.97	0.640	0.05	1.791	1.783	0,5
Form-36	2.542	0.97	0.645	0.05	1.718	1.733	0,9
Form-37	2.749	0.97	0.640	0.05	1.844	1.846	0,1
Form-38	2.750	0.97	0.639	0.05	1.842	1.840	0,1
Form-39	2.959	0.97	0.640	0.05	1.985	1.959	1,3
Form-40	2.625	0.97	0.660	0.05	1.811	1.827	0,9
Form-41	2.205	0.97	0.635	0.05	1.469	1.459	0,7
Form-42	2.393	0.97	0.635	0.05	1.594	1.570	1,5
Form-43	2.099	0.97	0.645	0.05	1.418	1.429	0,8
Form-44	2.304	0.97	0.640	0.05	1.545	1.541	0,3
Form-45	2.672	0.97	0.640	0.05	1.792	1.786	0,3
Form-46	2.543	0.97	0.645	0.05	1.718	1.736	1,0
Form-47	2.751	0.97	0.640	0.05	1.846	1.849	0,2
Form-48	2.751	0.97	0.640	0.05	1.845	1.849	0,2
Form-49	2.956	0.97	0.640	0.05	1.983	1.962	1,0
Form-50	2.621	0.97	0.660	0.05	1.809	1.829	1,1



Şekil EkC.1 BM_T yaklaşımı regresyon analizi ($KG=0,65D$)

BM_T yaklaşımı aşağıdaki gibidir:

$$BM_T = \frac{LB^3}{12V} \cdot (0,97 * C_p + 0,050)$$

Çizelge EkC.8 GZ-Θ değerleri Tekne 1-26 (KG=0,65D)

	GZ-0	GZ-10	GZ-20	GZ-30	GZ-40	GZ-50
Form-1	0.000	0.151	0.305	0.432	0.516	0.571
Form-2	0.000	0.104	0.214	0.313	0.377	0.442
Form-3	0.000	0.051	0.113	0.184	0.235	0.285
Form-4	0.000	0.025	0.063	0.120	0.171	0.224
Form-5	0.000	0.085	0.181	0.279	0.347	0.392
Form-6	0.000	0.121	0.250	0.364	0.436	0.485
Form-7	0.000	0.126	0.264	0.393	0.477	0.538
Form-8	0.000	0.142	0.291	0.423	0.507	0.543
Form-9	0.000	0.212	0.430	0.628	0.745	0.785
Form-10	0.000	0.103	0.222	0.350	0.445	0.514
Form-11	0.000	0.072	0.158	0.252	0.316	0.371
Form-12	0.000	0.097	0.210	0.332	0.417	0.492
Form-13	0.000	0.073	0.160	0.253	0.316	0.369
Form-14	0.000	0.180	0.372	0.545	0.654	0.722
Form-15	0.000	0.180	0.372	0.545	0.654	0.722
Form-16	0.000	0.135	0.284	0.443	0.564	0.568
Form-17	0.000	0.143	0.301	0.465	0.581	0.587
Form-18	0.000	0.100	0.218	0.353	0.441	0.436
Form-19	0.000	0.063	0.146	0.260	0.349	0.339
Form-20	0.000	0.058	0.139	0.254	0.309	0.260
Form-21	0.000	0.055	0.131	0.243	0.327	0.309
Form-22	0.000	0.065	0.151	0.266	0.336	0.313
Form-23	0.000	0.066	0.153	0.271	0.385	0.399
Form-24	0.000	0.065	0.152	0.270	0.390	0.411
Form-25	0.000	0.152	0.323	0.502	0.608	0.593
Form-26	0.000	0.115	0.251	0.410	0.526	0.527

Çizelge EkC.9 GZ-Θ değerleri Tekne 27-50 (KG=0,65D)

	GZ-0	GZ-10	GZ-20	GZ-30	GZ-40	GZ-50
Form-27	0.000	0.169	0.358	0.558	0.689	0.679
Form-28	0.000	0.145	0.311	0.494	0.619	0.616
Form-29	0.000	0.099	0.220	0.370	0.500	0.519
Form-30	0.000	0.099	0.220	0.370	0.498	0.515
Form-31	0.000	0.009	0.033	0.086	0.166	0.182
Form-32	0.000	-0.007	0.003	0.045	0.123	0.155
Form-33	0.000	-0.002	0.012	0.060	0.144	0.143
Form-34	0.000	-0.018	-0.018	0.020	0.108	0.124
Form-35	0.000	0.025	0.067	0.147	0.254	0.245
Form-36	0.000	0.027	0.070	0.151	0.252	0.233
Form-37	0.000	0.011	0.040	0.111	0.222	0.219
Form-38	0.000	0.011	0.040	0.111	0.222	0.219
Form-39	0.000	-0.005	0.010	0.071	0.187	0.200
Form-40	0.000	0.002	0.025	0.091	0.190	0.175
Form-41	0.000	0.009	0.033	0.086	0.166	0.182
Form-42	0.000	-0.007	0.003	0.046	0.123	0.155
Form-43	0.000	-0.002	0.012	0.059	0.144	0.145
Form-44	0.000	-0.018	-0.018	0.020	0.108	0.125
Form-45	0.000	0.025	0.068	0.147	0.255	0.245
Form-46	0.000	0.027	0.071	0.151	0.253	0.234
Form-47	0.000	0.011	0.040	0.111	0.223	0.220
Form-48	0.000	0.011	0.041	0.111	0.223	0.220
Form-49	0.000	-0.005	0.010	0.071	0.187	0.201
Form-50	0.000	0.002	0.025	0.091	0.191	0.176

Çizelge EkC.10 GM.sin(Θ) Gerçek değerleri Tekne 1-26 (KG=0,65D)

	GM	GM. sin(0)	GM. sin(10)	GM. sin(20)	GM. sin(30)	GM. sin(40)	GM. sin(50)
Form-1	0.862	0	0.150	0.295	0.431	0.554	0.660
Form-2	0.589	0	0.102	0.201	0.295	0.379	0.451
Form-3	0.278	0	0.048	0.095	0.139	0.179	0.213
Form-4	0.129	0	0.022	0.044	0.065	0.083	0.099
Form-5	0.473	0	0.082	0.162	0.237	0.304	0.362
Form-6	0.687	0	0.119	0.235	0.344	0.442	0.526
Form-7	0.712	0	0.124	0.244	0.356	0.458	0.545
Form-8	0.803	0	0.139	0.275	0.402	0.516	0.615
Form-9	1.202	0	0.209	0.411	0.601	0.773	0.921
Form-10	0.575	0	0.100	0.197	0.288	0.370	0.440
Form-11	0.397	0	0.069	0.136	0.199	0.255	0.304
Form-12	0.538	0	0.093	0.184	0.269	0.346	0.412
Form-13	0.404	0	0.070	0.138	0.202	0.260	0.309
Form-14	1.019	0	0.177	0.349	0.510	0.655	0.781
Form-15	1.019	0	0.177	0.349	0.510	0.655	0.781
Form-16	0.755	0	0.131	0.258	0.378	0.485	0.578
Form-17	0.808	0	0.140	0.276	0.404	0.519	0.619
Form-18	0.558	0	0.097	0.191	0.279	0.359	0.427
Form-19	0.343	0	0.060	0.117	0.172	0.220	0.263
Form-20	0.315	0	0.055	0.108	0.158	0.202	0.241
Form-21	0.293	0	0.051	0.100	0.147	0.188	0.224
Form-22	0.355	0	0.062	0.121	0.178	0.228	0.272
Form-23	0.355	0	0.062	0.121	0.178	0.228	0.272
Form-24	0.353	0	0.061	0.121	0.177	0.227	0.270
Form-25	0.855	0	0.148	0.292	0.428	0.550	0.655
Form-26	0.642	0	0.111	0.220	0.321	0.413	0.492

Çizelge EkC.11 GM.sin(Θ) Gerçek değerleri Tekne 27-50 (KG=0,65D)

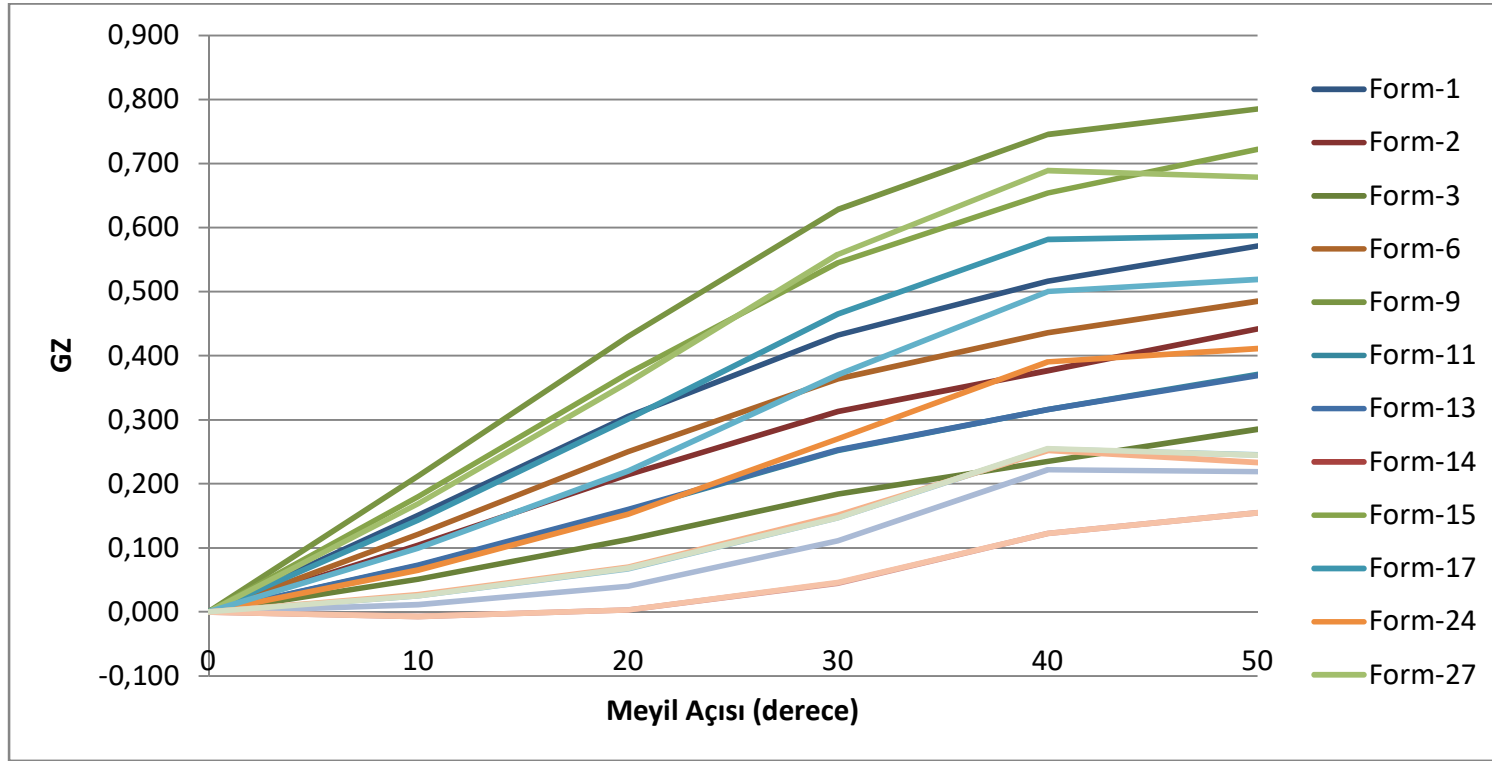
	GM	GM. sin(0)	GM. sin(10)	GM. sin(20)	GM. sin(30)	GM. sin(40)	GM. sin(50)
Form-27	0.950	0	0.165	0.325	0.475	0.611	0.728
Form-28	0.813	0	0.141	0.278	0.407	0.523	0.623
Form-29	0.546	0	0.095	0.187	0.273	0.351	0.418
Form-30	0.546	0	0.095	0.187	0.273	0.351	0.418
Form-31	0.039	0	0.007	0.013	0.020	0.025	0.030
Form-32	-0.056	0	-0.010	-0.019	-0.028	-0.036	-0.043
Form-33	-0.025	0	-0.004	-0.009	-0.013	-0.016	-0.019
Form-34	-0.118	0	-0.020	-0.040	-0.059	-0.076	-0.090
Form-35	0.128	0	0.022	0.044	0.064	0.082	0.098
Form-36	0.137	0	0.024	0.047	0.069	0.088	0.105
Form-37	0.043	0	0.007	0.015	0.022	0.028	0.033
Form-38	0.043	0	0.007	0.015	0.022	0.028	0.033
Form-39	-0.051	0	-0.009	-0.017	-0.026	-0.033	-0.039
Form-40	-0.006	0	-0.001	-0.002	-0.003	-0.004	-0.005
Form-41	0.040	0	0.007	0.014	0.020	0.026	0.031
Form-42	-0.055	0	-0.010	-0.019	-0.028	-0.035	-0.042
Form-43	-0.025	0	-0.004	-0.009	-0.013	-0.016	-0.019
Form-44	-0.118	0	-0.020	-0.040	-0.059	-0.076	-0.090
Form-45	0.128	0	0.022	0.044	0.064	0.082	0.098
Form-46	0.137	0	0.024	0.047	0.069	0.088	0.105
Form-47	0.043	0	0.007	0.015	0.022	0.028	0.033
Form-48	0.043	0	0.007	0.015	0.022	0.028	0.033
Form-49	-0.051	0	-0.009	-0.017	-0.026	-0.033	-0.039
Form-50	-0.006	0	-0.001	-0.002	-0.003	-0.004	-0.005

Çizelge EkC.12 $MN_{\Theta} \cdot \sin(\Theta)$ Gerçek değerleri Tekne 1-26 (KG=0,65D)

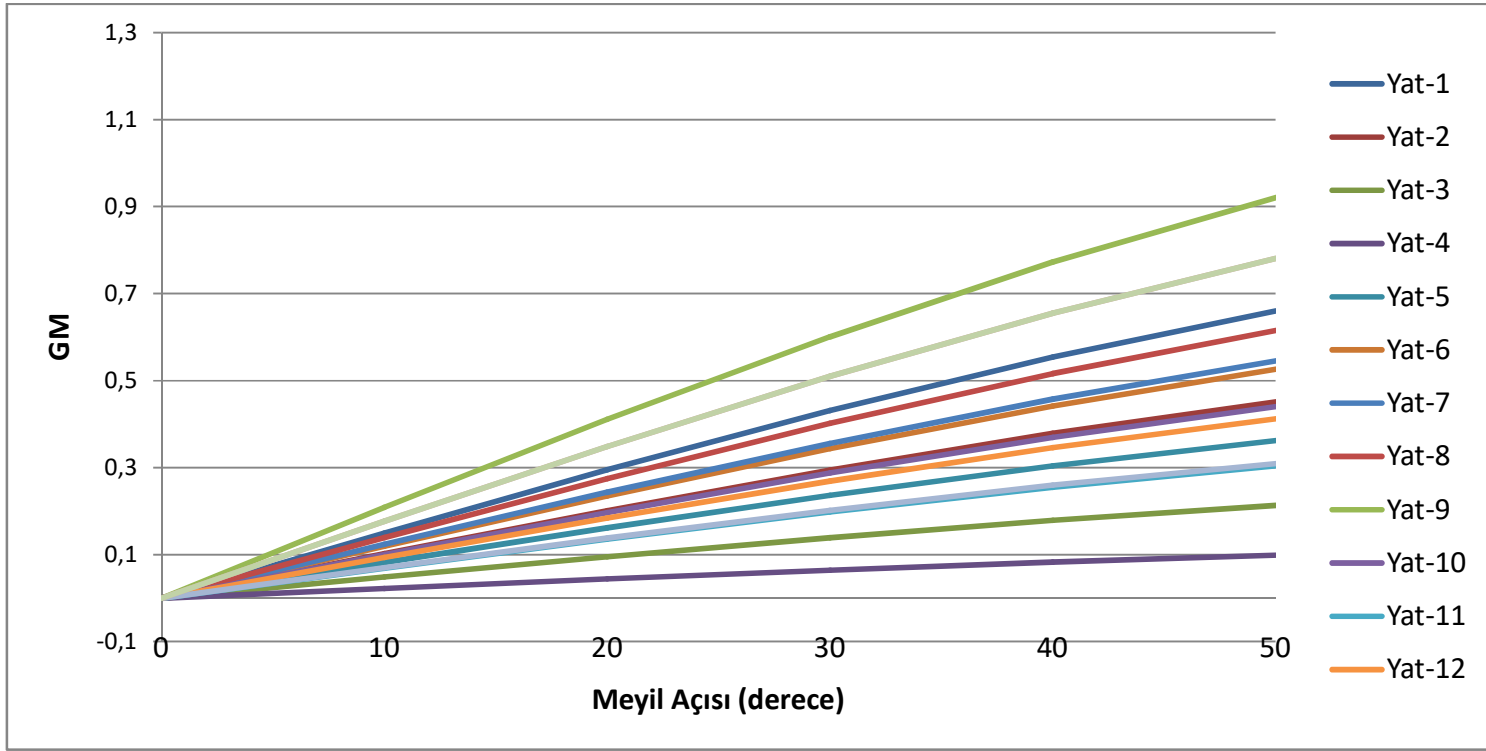
	MN_0 $\sin(0)$	MN_{10} $\sin(10)$	MN_{20} $\sin(20)$	MN_{30} $\sin(30)$	MN_{40} $\sin(40)$	MN_{50} $\sin(50)$
Form-1	0.000	0.001	0.010	0.001	-0.038	-0.089
Form-2	0.000	0.002	0.013	0.019	-0.002	-0.009
Form-3	0.000	0.003	0.018	0.045	0.056	0.072
Form-4	0.000	0.003	0.019	0.056	0.088	0.125
Form-5	0.000	0.003	0.019	0.043	0.043	0.030
Form-6	0.000	0.002	0.015	0.021	-0.006	-0.041
Form-7	0.000	0.002	0.020	0.037	0.019	-0.007
Form-8	0.000	0.003	0.016	0.022	-0.009	-0.072
Form-9	0.000	0.003	0.019	0.027	-0.028	-0.136
Form-10	0.000	0.003	0.025	0.063	0.075	0.074
Form-11	0.000	0.003	0.022	0.054	0.061	0.067
Form-12	0.000	0.004	0.026	0.063	0.071	0.080
Form-13	0.000	0.003	0.022	0.051	0.056	0.060
Form-14	0.000	0.003	0.023	0.036	-0.001	-0.059
Form-15	0.000	0.003	0.023	0.036	-0.001	-0.059
Form-16	0.000	0.004	0.026	0.066	0.079	-0.010
Form-17	0.000	0.003	0.025	0.061	0.062	-0.032
Form-18	0.000	0.003	0.027	0.074	0.082	0.009
Form-19	0.000	0.003	0.029	0.089	0.129	0.076
Form-20	0.000	0.003	0.031	0.097	0.107	0.019
Form-21	0.000	0.004	0.031	0.097	0.139	0.085
Form-22	0.000	0.003	0.030	0.089	0.108	0.041
Form-23	0.000	0.004	0.032	0.094	0.157	0.127
Form-24	0.000	0.004	0.031	0.094	0.163	0.141
Form-25	0.000	0.004	0.031	0.075	0.058	-0.062
Form-26	0.000	0.004	0.031	0.089	0.113	0.035

Çizelge EkC.13 $MN_{\Theta} \cdot \sin(\Theta)$ Gerçek değerleri Tekne 27-50 (KG=0,65D)

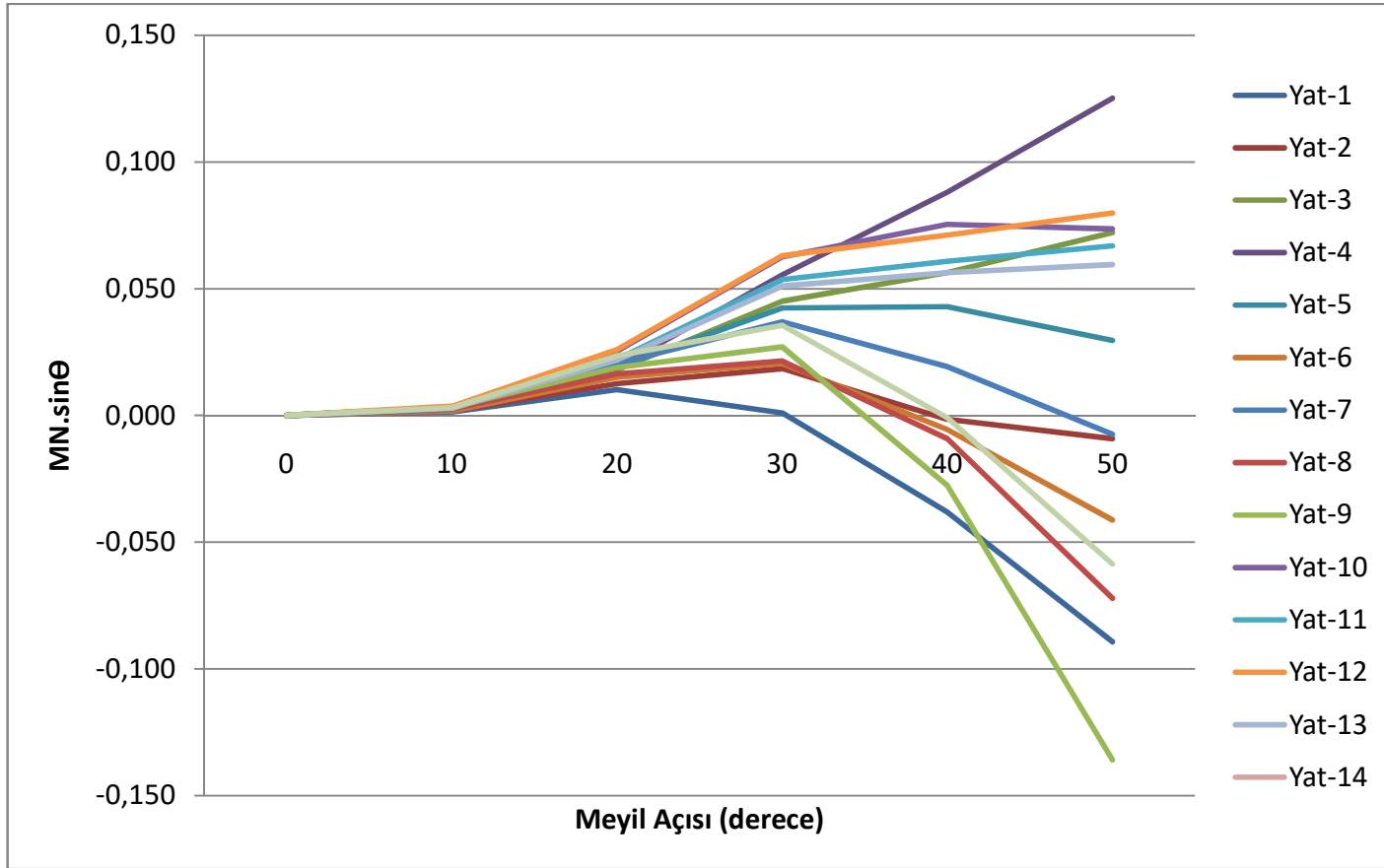
	MN_0 $\sin(0)$	MN_{10} $\sin(10)$	MN_{20} $\sin(20)$	MN_{30} $\sin(30)$	MN_{40} $\sin(40)$	MN_{50} $\sin(50)$
Form-27	0.000	0.004	0.033	0.083	0.078	-0.049
Form-28	0.000	0.004	0.033	0.088	0.096	-0.007
Form-29	0.000	0.004	0.033	0.097	0.149	0.101
Form-30	0.000	0.004	0.033	0.097	0.147	0.097
Form-31	0.000	0.002	0.020	0.067	0.141	0.152
Form-32	0.000	0.003	0.022	0.073	0.159	0.198
Form-33	0.000	0.002	0.021	0.073	0.160	0.162
Form-34	0.000	0.002	0.022	0.079	0.184	0.214
Form-35	0.000	0.003	0.023	0.083	0.172	0.147
Form-36	0.000	0.003	0.023	0.083	0.164	0.128
Form-37	0.000	0.004	0.025	0.090	0.194	0.186
Form-38	0.000	0.004	0.025	0.090	0.194	0.186
Form-39	0.000	0.004	0.027	0.097	0.220	0.239
Form-40	0.000	0.003	0.027	0.094	0.194	0.180
Form-41	0.000	0.002	0.019	0.066	0.140	0.151
Form-42	0.000	0.003	0.022	0.074	0.158	0.197
Form-43	0.000	0.002	0.021	0.072	0.160	0.164
Form-44	0.000	0.002	0.022	0.079	0.184	0.215
Form-45	0.000	0.003	0.024	0.083	0.173	0.147
Form-46	0.000	0.003	0.024	0.083	0.165	0.129
Form-47	0.000	0.004	0.025	0.090	0.195	0.187
Form-48	0.000	0.004	0.026	0.090	0.195	0.187
Form-49	0.000	0.004	0.027	0.097	0.220	0.240
Form-50	0.000	0.003	0.027	0.094	0.195	0.181



Şekil EkC.2 GZ-Meyil açısı eğrileri (KG=0,65D)



Şekil EkC.3 GM-Meyil açısı eğrileri (KG=0,65D)



Şekil EkC.4 MN.sin(Θ) Meyil açısı eğrileri (KG=0,65D)

Çizelge EkC.14 C_{RS} Gerçek değerleri Tekne 1-26 (KG=0,65D)

	BM _T	C _{RS} -10	C _{RS} -20	C _{RS} -30	C _{RS} -40	C _{RS} -50
Form-1	1.806	7,283E-04	5,636E-03	5,537E-04	-2,109E-02	-4,946E-02
Form-2	1.762	9,769E-04	7,123E-03	1,050E-02	-9,091E-04	-5,221E-03
Form-3	1.808	1,508E-03	9,911E-03	2,489E-02	3,114E-02	3,984E-02
Form-4	1.630	1,595E-03	1,158E-02	3,405E-02	5,404E-02	7,680E-02
Form-5	1.984	1,444E-03	9,690E-03	2,142E-02	2,165E-02	1,495E-02
Form-6	2.216	7,688E-04	6,783E-03	9,251E-03	-2,525E-03	-1,862E-02
Form-7	2.577	9,168E-04	7,948E-03	1,436E-02	7,503E-03	-2,881E-03
Form-8	2.313	1,107E-03	7,072E-03	9,295E-03	-3,960E-03	-3,119E-02
Form-9	2.695	1,215E-03	7,010E-03	1,002E-02	-1,025E-02	-5,038E-02
Form-10	2.382	1,323E-03	1,064E-02	2,624E-02	3,165E-02	3,087E-02
Form-11	2.272	1,348E-03	9,779E-03	2,355E-02	2,677E-02	2,944E-02
Form-12	2.737	1,307E-03	9,497E-03	2,302E-02	2,601E-02	2,918E-02
Form-13	2.286	1,245E-03	9,547E-03	2,231E-02	2,463E-02	2,604E-02
Form-14	3.219	9,483E-04	7,295E-03	1,103E-02	-3,108E-04	-1,820E-02
Form-15	3.219	9,483E-04	7,295E-03	1,103E-02	-3,108E-04	-1,820E-02
Form-16	2.164	1,800E-03	1,191E-02	3,027E-02	3,637E-02	-4,789E-03
Form-17	1.873	1,437E-03	1,316E-02	3,257E-02	3,290E-02	-1,707E-02
Form-18	1.788	1,736E-03	1,519E-02	4,139E-02	4,604E-02	4,780E-03
Form-19	1.730	1,988E-03	1,658E-02	5,116E-02	7,429E-02	4,407E-02
Form-20	1.846	1,788E-03	1,694E-02	5,228E-02	5,770E-02	1,013E-02
Form-21	1.832	2,249E-03	1,681E-02	5,267E-02	7,569E-02	4,615E-02
Form-22	1.701	1,972E-03	1,739E-02	5,203E-02	6,338E-02	2,414E-02
Form-23	1.977	2,203E-03	1,598E-02	4,729E-02	7,932E-02	6,427E-02
Form-24	1.976	1,874E-03	1,582E-02	4,732E-02	8,254E-02	7,115E-02
Form-25	2.268	1,557E-03	1,348E-02	3,286E-02	2,576E-02	-2,733E-02
Form-26	2.132	1,650E-03	1,474E-02	4,174E-02	5,315E-02	1,651E-02

Çizelge EkC.15 C_{RS} Gerçek değerleri Tekne 27-50 (KG=0,65D)

	BM _T	C _{RS} -10	C _{RS} -20	C _{RS} -30	C _{RS} -40	C _{RS} -50
Form-27	2.440	1,653E-03	1,356E-02	3,402E-02	3,211E-02	-1,998E-02
Form-28	2.240	1,707E-03	1,470E-02	3,906E-02	4,304E-02	-3,033E-03
Form-29	2.240	1,870E-03	1,485E-02	4,330E-02	6,653E-02	4,497E-02
Form-30	2.240	1,870E-03	1,485E-02	4,330E-02	6,564E-02	4,319E-02
Form-31	1.459	1,527E-03	1,348E-02	4,558E-02	9,659E-02	1,043E-01
Form-32	1.569	1,736E-03	1,412E-02	4,653E-02	1,013E-01	1,261E-01
Form-33	1.424	1,644E-03	1,443E-02	5,091E-02	1,124E-01	1,139E-01
Form-34	1.537	1,620E-03	1,455E-02	5,140E-02	1,196E-01	1,395E-01
Form-35	1.783	1,555E-03	1,302E-02	4,655E-02	9,631E-02	8,242E-02
Form-36	1.733	1,852E-03	1,335E-02	4,761E-02	9,460E-02	7,389E-02
Form-37	1.846	1,914E-03	1,370E-02	4,848E-02	1,053E-01	1,008E-01
Form-38	1.840	1,920E-03	1,375E-02	4,864E-02	1,056E-01	1,011E-01
Form-39	1.959	1,968E-03	1,401E-02	4,926E-02	1,122E-01	1,220E-01
Form-40	1.827	1,665E-03	1,481E-02	5,145E-02	1,061E-01	9,830E-02
Form-41	1.459	1,408E-03	1,324E-02	4,524E-02	9,615E-02	1,037E-01
Form-42	1.570	1,625E-03	1,389E-02	4,682E-02	1,009E-01	1,256E-01
Form-43	1.429	1,638E-03	1,438E-02	5,003E-02	1,120E-01	1,149E-01
Form-44	1.541	1,616E-03	1,451E-02	5,127E-02	1,193E-01	1,398E-01
Form-45	1.786	1,553E-03	1,356E-02	4,647E-02	9,671E-02	8,228E-02
Form-46	1.736	1,849E-03	1,391E-02	4,752E-02	9,501E-02	7,434E-02
Form-47	1.849	1,911E-03	1,368E-02	4,840E-02	1,057E-01	1,012E-01
Form-48	1.849	1,911E-03	1,422E-02	4,840E-02	1,057E-01	1,012E-01
Form-49	1.962	1,965E-03	1,399E-02	4,918E-02	1,120E-01	1,224E-01
Form-50	1.829	1,663E-03	1,479E-02	5,139E-02	1,065E-01	9,874E-02

Çizelge EkC.16 KB Gerçek ve yaklaşım fark yüzdesi hesabı Tekne 1-24 (KG=0,65D)

	T	KB (Yaklaşım)	KB (Gerçek)	Fark %
Form-1	1.300	0.786	0.811	3.0
Form-2	1.450	0.877	0.906	3.2
Form-3	1.800	1.089	1.135	4.1
Form-4	1.850	1.119	1.163	3.8
Form-5	1.850	1.119	1.155	3.1
Form-6	1.800	1.089	1.135	4.1
Form-7	2.200	1.331	1.385	3.9
Form-8	1.850	1.119	1.154	3.0
Form-9	2.200	1.331	1.367	2.6
Form-10	2.300	1.391	1.442	3.5
Form-11	2.200	1.331	1.373	3.1
Form-12	2.600	1.573	1.635	3.8
Form-13	2.200	1.331	1.367	2.6
Form-14	2.600	1.573	1.635	3.8
Form-15	2.600	1.573	1.635	3.8
Form-16	2.800	1.694	1.710	0.9
Form-17	2.500	1.512	1.534	1.4
Form-18	2.700	1.633	1.630	-0.2
Form-19	3.000	1.815	1.797	-1.0
Form-20	3.200	1.936	1.913	-1.2
Form-21	3.200	1.936	1.906	-1.6
Form-22	3.000	1.815	1.774	-2.3
Form-23	3.400	2.057	2.082	1.2
Form-24	3.400	2.057	2.082	1.2

Çizelge EkC.17 KB Gerçek ve yaklaşım fark yüzdesi hesabı Tekne 25-50 (KG=0,65D)

	T	KB (Yaklaşım)	KB (Gerçek)	Fark %
Form-25	3.100	1.875	1.895	1.0
Form-26	3.300	1.996	2.019	1.1
Form-27	3.300	1.996	2.019	1.1
Form-29	3.600	2.178	2.206	1.3
Form-30	3.600	2.178	2.206	1.3
Form-31	2.000	1.210	1.181	-2.4
Form-32	2.200	1.331	1.300	-2.4
Form-33	2.500	1.512	1.476	-2.5
Form-34	2.700	1.633	1.594	-2.5
Form-35	2.700	1.633	1.594	-2.5
Form-36	2.800	1.694	1.653	-2.5
Form-37	3.000	1.815	1.771	-2.5
Form-38	3.000	1.815	1.771	-2.5
Form-39	3.200	1.936	1.889	-2.5
Form-40	3.500	2.117	2.066	-2.5
Form-41	2.000	1.210	1.181	-2.4
Form-42	2.200	1.331	1.300	-2.4
Form-43	2.500	1.512	1.476	-2.5
Form-44	2.700	1.633	1.594	-2.5
Form-45	2.700	1.633	1.594	-2.5
Form-46	2.800	1.694	1.653	-2.5
Form-47	3.000	1.815	1.771	-2.5
Form-48	3.000	1.815	1.771	-2.5
Form-49	3.200	1.936	1.889	-2.5
Form-50	3.500	2.117	2.066	-2.5

SUMMARY OUTPUT

10 degree

Regression Statistics

Multiple R	0.89
R Square	0.79
Adjusted R Square	0.78
Standard Error	0.00
Observations	50

ANOVA

	df	SS	MS	F	Sign. F
Regression	2	4.901E-06	2.451E-06	87.236536	1.511E-16
Residual	47	1.32E-06	2.809E-08		
Total	49	6.222E-06			

	Coef.	St. Error	t Stat	P-value
Intercept	0.003	0.000	7.941	0.000
(B/T)^2	0.000	0.000	-12.187	0.000
KG/B	-0.001	0.001	-1.134	0.263

Şekil EkC.5 C_{RS}-10 Regresyon hesabı (KG=0,65D)

$$C_{RS} 10 * 1000 = \left(\frac{B}{T}\right)^2 * 0 + \frac{KG}{B} * -1 + 3,072506$$

SUMMARY OUTPUT

20 degree

Regression Statistics

Multiple R

0.97

R Square

0.94

Adjusted R Square

0.94

Standard Error

0.00

Observations

50

ANOVA

	df	SS	MS	F	Sign. F
Regression	2	0.0004391	0.0002196	367.05791	2.068E-29
Residual	47	2.811E-05	5.981E-07		
Total	49	0.0004672			

	Coef.	St. Error	t Stat	P-value
Intercept	0.029	0.002	16.097	0.000
(B/T)^2	-0.001	0.000	-25.435	0.000
KG/B	-0.012	0.003	-3.513	0.001

Şekil EkC.6 C_{RS}-20 Regresyon hesabı (KG=0,65D)

$$C_{RS\ 20} * 1000 = \left(\frac{B}{T}\right)^2 * -1 + \frac{KG}{B} * -12 + 28,740202$$

SUMMARY OUTPUT

30 degree

Regression Statistics

Multiple R

0.99

R Square

0.98

Adjusted R Square

0.98

Standard Error

0.00

Observations

50

ANOVA

	df	SS	MS	F	Sign. F
Regression	2	0.0110748	0.0055374	968.06966	6.405E-39
Residual	47	0.0002688	5.72E-06		
Total	49	0.0113436			

	Coef.	St. Error	t Stat	P-value
Intercept	0.056	0.006	10.184	0.000
(B/T)^2	-0.006	0.000	-35.978	0.000
KG/B	0.062	0.011	5.775	0.000

Şekil EkC.7 C_{RS}-30 Regresyon hesabı (KG=0,65D)

$$C_{RS\ 30} * 1000 = \left(\frac{B}{T}\right)^2 * -6 + \frac{KG}{B} * 62 + 56,229201$$

SUMMARY OUTPUT

40 degree

Regression Statistics

Multiple R

0.97

R Square

0.95

Adjusted R Square

0.95

Standard Error

0.01

Observations

50

ANOVA

	df	SS	MS	F	Sign. F
Regression	3	0.0821117	0.0273706	288.29809	8.039E-30
Residual	46	0.0043672	9.494E-05		
Total	49	0.0864789			

	Coef.	St. Error	t Stat	P-value
Intercept	-0.246	0.044	-5.563	0.000
(B/T)^2	0.009	0.005	1.783	0.081
KG/B	1.307	0.185	7.055	0.000
D/T	-0.182	0.042	-4.317	0.000

Şekil EkC.8 C_{RS}-40 Regresyon hesabı (KG=0,65D)

$$C_{RS\ 40} * 1000 = \left(\frac{B}{T}\right)^2 * 9 + \frac{KG}{B} * 1307 + \frac{D}{T} * -182 + -246$$

SUMMARY OUTPUT		50 degree			
Regression Statistics					
Multiple R	0.97				
R Square	0.93				
Adjusted R Square	0.93				
Standard Error	0.01				
Observations	50				
ANOVA					
	df	SS	MS	F	Sign. F
Regression	3	0.1383334	0.0461111	215.99317	4.154E-27
Residual	46	0.0098203	0.0002135		
Total	49	0.1481537			
	Coef.	St. Error	t Stat	P-value	
Intercept	-0.579	0.066	-8.734	0.000	
(B/T)^2	0.014	0.007	1.909	0.063	
KG/B	1.971	0.278	7.097	0.000	
D/T	-0.191	0.063	-3.036	0.004	

Şekil EkC.9 C_{RS}-50 Regresyon hesabı (KG=0,65D)

$$C_{RS\ 50} * 1000 = \left(\frac{B}{T}\right)^2 * 14 + \frac{KG}{B} * 1971 + \frac{D}{T} * -191 + -579$$

Çizelge EkC.18 GZ Yaklaşım hesabı Tekne 1-26 (KG=0,65D)

	KB (Yakl.)	KG	BM _T (Yakl.)	GM _T (Yakl.)	C _{RS} -20	C _{RS} -30	C _{RS} -40	C _{RS} -50
Form-1	0.786	1.755	1.824	0.855	0.006	-0.002	-0.028	-0.068
Form-2	0.877	2.080	1.784	0.581	0.008	0.011	-0.001	-0.018
Form-3	1.089	2.665	1.799	0.223	0.010	0.028	0.045	0.056
Form-4	1.119	2.665	1.614	0.068	0.011	0.036	0.070	0.087
Form-5	1.119	2.665	1.980	0.434	0.009	0.021	0.023	0.017
Form-6	1.089	2.665	2.204	0.628	0.007	0.012	0.004	-0.004
Form-7	1.331	3.250	2.563	0.644	0.008	0.016	0.012	0.007
Form-8	1.119	2.665	2.338	0.792	0.007	0.008	-0.007	-0.025
Form-9	1.331	2.860	2.699	1.170	0.008	0.008	-0.015	-0.056
Form-10	1.391	3.250	2.369	0.511	0.010	0.024	0.028	0.021
Form-11	1.331	3.250	2.271	0.352	0.009	0.025	0.035	0.041
Form-12	1.573	3.835	2.720	0.458	0.009	0.024	0.033	0.038
Form-13	1.331	3.250	2.294	0.375	0.009	0.025	0.035	0.041
Form-14	1.573	3.835	3.207	0.945	0.007	0.011	0.002	-0.008
Form-15	1.573	3.835	3.213	0.951	0.007	0.011	0.002	-0.008
Form-16	1.694	3.120	2.135	0.709	0.013	0.034	0.030	-0.015
Form-17	1.512	2.600	1.863	0.776	0.014	0.035	0.024	-0.034
Form-18	1.633	2.860	1.796	0.569	0.015	0.041	0.047	0.003
Form-19	1.815	3.185	1.719	0.348	0.015	0.048	0.079	0.050
Form-20	1.936	3.445	1.858	0.349	0.015	0.048	0.082	0.056
Form-21	1.936	3.445	1.838	0.328	0.015	0.048	0.082	0.056
Form-22	1.815	3.120	1.697	0.392	0.016	0.047	0.073	0.039
Form-23	2.057	3.705	1.983	0.335	0.015	0.049	0.087	0.066
Form-24	2.057	3.705	1.981	0.333	0.015	0.049	0.087	0.066
Form-25	1.875	3.315	2.285	0.845	0.014	0.036	0.032	-0.018
Form-26	1.996	3.510	2.135	0.621	0.015	0.043	0.056	0.017

Çizelge EkC.19 GZ Yaklaşım hesabı Tekne 27-50 (KG=0,65D)

	KB (Yakl.)	KG	BM_T (Yakl.)	GM_T (Yakl.)	C_{RS} -20	C_{RS} -30	C_{RS} -40	C_{RS} -50
Form-27	1.996	3.510	2.452	0.938	0.014	0.035	0.028	-0.024
Form-28	2.057	3.64	2.246	0.663	0.014	0.039	0.041	-0.004
Form-29	2.178	3.900	2.246	0.524	0.015	0.045	0.069	0.038
Form-30	2.178	3.900	2.249	0.527	0.015	0.045	0.069	0.038
Form-31	1.210	2.600	1.465	0.075	0.013	0.041	0.078	0.081
Form-32	1.331	2.925	1.595	0.001	0.013	0.043	0.088	0.099
Form-33	1.512	2.925	1.416	0.003	0.015	0.052	0.114	0.117
Form-34	1.633	3.250	1.543	-0.073	0.015	0.053	0.121	0.132
Form-35	1.633	3.250	1.791	0.175	0.014	0.045	0.082	0.074
Form-36	1.694	3.250	1.718	0.161	0.015	0.048	0.090	0.080
Form-37	1.815	3.575	1.844	0.084	0.014	0.048	0.098	0.096
Form-38	1.815	3.575	1.842	0.082	0.014	0.048	0.098	0.096
Form-39	1.936	3.900	1.985	0.021	0.014	0.049	0.104	0.109
Form-40	2.117	3.900	1.811	0.029	0.016	0.055	0.125	0.126
Form-41	1.210	2.600	1.469	0.079	0.013	0.041	0.078	0.081
Form-42	1.331	2.925	1.594	0.000	0.013	0.043	0.088	0.099
Form-43	1.512	2.925	1.418	0.006	0.015	0.052	0.114	0.117
Form-44	1.633	3.250	1.545	-0.071	0.015	0.053	0.121	0.132
Form-45	1.633	3.250	1.792	0.176	0.014	0.045	0.082	0.074
Form-46	1.694	3.250	1.718	0.162	0.015	0.048	0.090	0.080
Form-47	1.815	3.575	1.846	0.086	0.014	0.048	0.098	0.096
Form-48	1.815	3.575	1.845	0.085	0.014	0.048	0.098	0.096
Form-49	1.936	3.900	1.983	0.019	0.014	0.049	0.104	0.109
Form-50	2.117	3.900	1.809	0.027	0.016	0.055	0.125	0.126

Çizelge EkC.20 GZ Yaklaşık değerleri Tekne 1-26 (KG=0,65D)

	GZ-0	GZ-10	GZ-20	GZ-30	GZ-40	GZ-50
	0	10	20	30	40	50
Form-1	0.000	0.148	0.303	0.423	0.498	0.531
Form-2	0.000	0.101	0.212	0.310	0.372	0.413
Form-3	0.000	0.039	0.094	0.162	0.225	0.272
Form-4	0.000	0.012	0.041	0.092	0.156	0.193
Form-5	0.000	0.075	0.166	0.259	0.323	0.367
Form-6	0.000	0.109	0.231	0.341	0.413	0.472
Form-7	0.000	0.112	0.241	0.363	0.446	0.513
Form-8	0.000	0.138	0.287	0.415	0.494	0.548
Form-9	0.000	0.203	0.422	0.608	0.712	0.746
Form-10	0.000	0.089	0.198	0.311	0.394	0.441
Form-11	0.000	0.061	0.142	0.232	0.306	0.362
Form-12	0.000	0.080	0.182	0.294	0.385	0.454
Form-13	0.000	0.065	0.150	0.244	0.321	0.380
Form-14	0.000	0.164	0.347	0.508	0.613	0.697
Form-15	0.000	0.165	0.349	0.511	0.617	0.702
Form-16	0.000	0.123	0.271	0.427	0.519	0.510
Form-17	0.000	0.135	0.291	0.453	0.543	0.531
Form-18	0.000	0.099	0.221	0.358	0.450	0.441
Form-19	0.000	0.061	0.146	0.256	0.359	0.353
Form-20	0.000	0.061	0.148	0.264	0.376	0.372
Form-21	0.000	0.057	0.140	0.253	0.361	0.355
Form-22	0.000	0.068	0.160	0.276	0.376	0.366
Form-23	0.000	0.058	0.145	0.264	0.388	0.388
Form-24	0.000	0.058	0.144	0.263	0.387	0.387
Form-25	0.000	0.147	0.321	0.505	0.616	0.606
Form-26	0.000	0.108	0.244	0.402	0.519	0.512

Çizelge EkC.21 GZ Yaklaşık değerleri Tekne 27-50 (KG=0,65D)

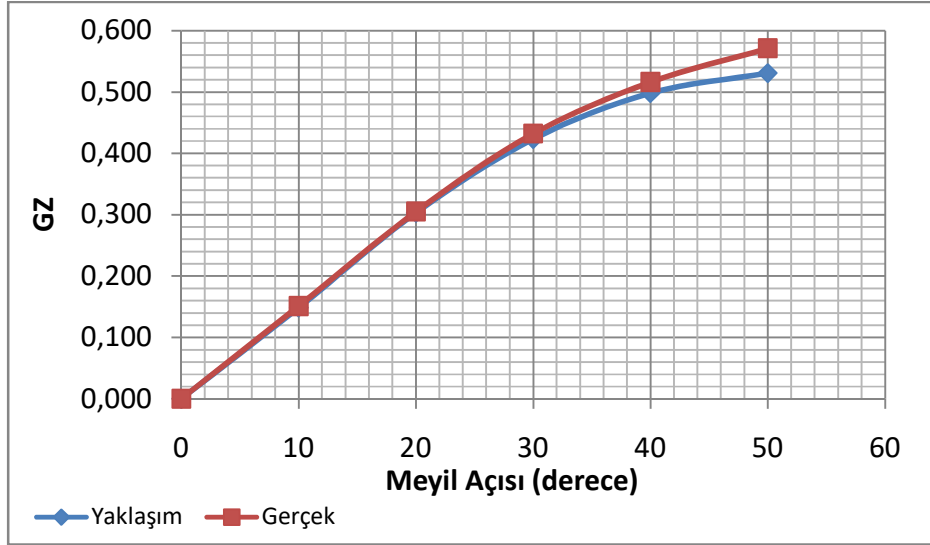
	GZ-0	GZ-10	GZ-20	GZ-30	GZ-40	GZ-50
	0	10	20	30	40	50
Form-27	0.000	0.163	0.355	0.556	0.673	0.660
Form-28	0.000	0.115	0.259	0.419	0.519	0.499
Form-29	0.000	0.091	0.213	0.363	0.492	0.488
Form-30	0.000	0.091	0.214	0.365	0.493	0.490
Form-31	0.000	0.013	0.045	0.098	0.163	0.176
Form-32	0.000	0.000	0.021	0.069	0.141	0.159
Form-33	0.000	0.001	0.022	0.075	0.163	0.168
Form-34	0.000	-0.013	-0.002	0.044	0.140	0.147
Form-35	0.000	0.030	0.085	0.168	0.260	0.267
Form-36	0.000	0.028	0.080	0.163	0.259	0.262
Form-37	0.000	0.015	0.055	0.131	0.234	0.241
Form-38	0.000	0.014	0.055	0.130	0.233	0.239
Form-39	0.000	0.004	0.035	0.108	0.220	0.232
Form-40	0.000	0.005	0.038	0.114	0.245	0.250
Form-41	0.000	0.014	0.046	0.100	0.165	0.179
Form-42	0.000	0.000	0.020	0.068	0.140	0.158
Form-43	0.000	0.001	0.023	0.076	0.165	0.170
Form-44	0.000	-0.012	-0.002	0.045	0.141	0.149
Form-45	0.000	0.030	0.085	0.168	0.260	0.268
Form-46	0.000	0.028	0.081	0.163	0.259	0.263
Form-47	0.000	0.015	0.056	0.132	0.236	0.242
Form-48	0.000	0.015	0.056	0.132	0.235	0.242
Form-49	0.000	0.003	0.035	0.107	0.219	0.231
Form-50	0.000	0.005	0.038	0.113	0.243	0.248

Çizelge EkC.22 GZ Gerçek Değerleri Tekne 1-26 (KG=0,65D)

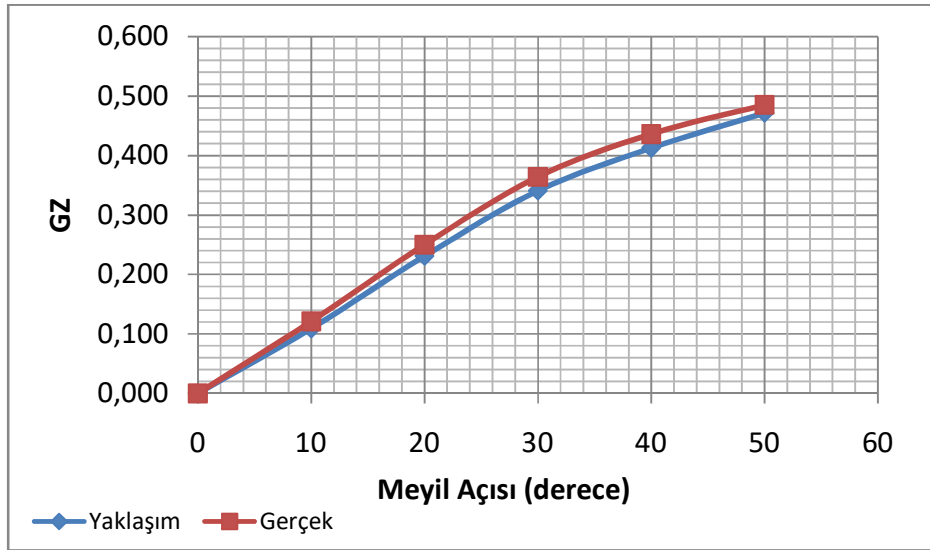
	GZ-0	GZ-10	GZ-20	GZ-30	GZ-40	GZ-50
Form-1	0.000	0.151	0.305	0.432	0.516	0.571
Form-2	0.000	0.104	0.214	0.313	0.377	0.442
Form-3	0.000	0.051	0.113	0.184	0.235	0.285
Form-4	0.000	0.025	0.063	0.120	0.171	0.224
Form-5	0.000	0.085	0.181	0.279	0.347	0.392
Form-6	0.000	0.121	0.250	0.364	0.436	0.485
Form-7	0.000	0.126	0.264	0.393	0.477	0.538
Form-8	0.000	0.142	0.291	0.423	0.507	0.543
Form-9	0.000	0.212	0.430	0.628	0.745	0.785
Form-10	0.000	0.103	0.222	0.350	0.445	0.514
Form-11	0.000	0.072	0.158	0.252	0.316	0.371
Form-12	0.000	0.097	0.210	0.332	0.417	0.492
Form-13	0.000	0.073	0.160	0.253	0.316	0.369
Form-14	0.000	0.180	0.372	0.545	0.654	0.722
Form-15	0.000	0.180	0.372	0.545	0.654	0.722
Form-16	0.000	0.135	0.284	0.443	0.564	0.568
Form-17	0.000	0.143	0.301	0.465	0.581	0.587
Form-18	0.000	0.100	0.218	0.353	0.441	0.436
Form-19	0.000	0.063	0.146	0.260	0.349	0.339
Form-20	0.000	0.058	0.139	0.254	0.309	0.260
Form-21	0.000	0.055	0.131	0.243	0.327	0.309
Form-22	0.000	0.065	0.151	0.266	0.336	0.313
Form-23	0.000	0.066	0.153	0.271	0.385	0.399
Form-24	0.000	0.065	0.152	0.270	0.390	0.411
Form-25	0.000	0.152	0.323	0.502	0.608	0.593
Form-26	0.000	0.115	0.251	0.410	0.526	0.527

Çizelge EkC.23 GZ Gerçek Değerleri Tekne 27-50 (KG=0,65D)

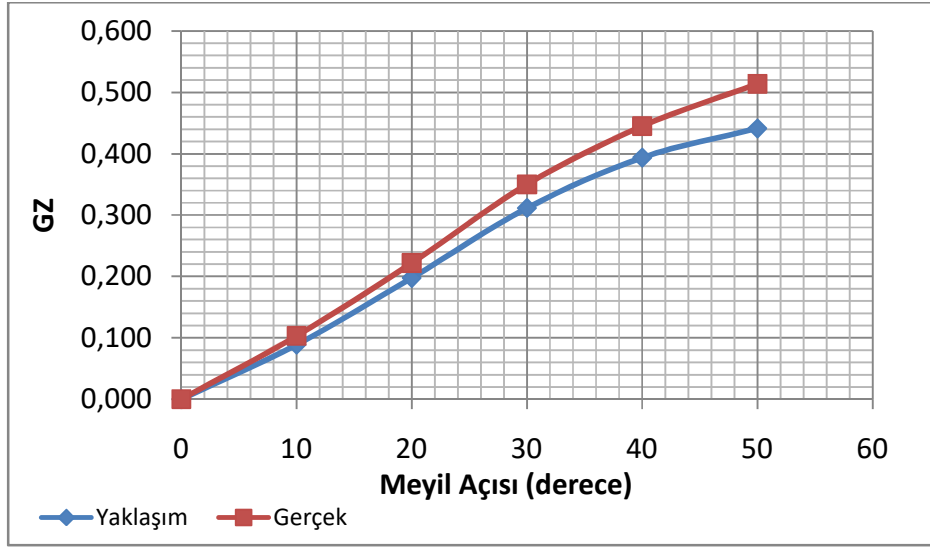
	GZ-0	GZ-10	GZ-20	GZ-30	GZ-40	GZ-50
	0	10	20	30	40	50
Form-27	0.000	0.169	0.358	0.558	0.689	0.679
Form-28	0.000	0.145	0.311	0.494	0.619	0.616
Form-29	0.000	0.099	0.220	0.370	0.500	0.519
Form-30	0.000	0.099	0.220	0.370	0.498	0.515
Form-31	0.000	0.009	0.033	0.086	0.166	0.182
Form-32	0.000	-0.007	0.003	0.045	0.123	0.155
Form-33	0.000	-0.002	0.012	0.060	0.144	0.143
Form-34	0.000	-0.018	-0.018	0.020	0.108	0.124
Form-35	0.000	0.025	0.067	0.147	0.254	0.245
Form-36	0.000	0.027	0.070	0.151	0.252	0.233
Form-37	0.000	0.011	0.040	0.111	0.222	0.219
Form-38	0.000	0.011	0.040	0.111	0.222	0.219
Form-39	0.000	-0.005	0.010	0.071	0.187	0.200
Form-40	0.000	0.002	0.025	0.091	0.190	0.175
Form-41	0.000	0.009	0.033	0.086	0.166	0.182
Form-42	0.000	-0.007	0.003	0.046	0.123	0.155
Form-43	0.000	-0.002	0.012	0.059	0.144	0.145
Form-44	0.000	-0.018	-0.018	0.020	0.108	0.125
Form-45	0.000	0.025	0.068	0.147	0.255	0.245
Form-46	0.000	0.027	0.071	0.151	0.253	0.234
Form-47	0.000	0.011	0.040	0.111	0.223	0.220
Form-48	0.000	0.011	0.041	0.111	0.223	0.220
Form-49	0.000	-0.005	0.010	0.071	0.187	0.201
Form-50	0.000	0.002	0.025	0.091	0.191	0.176



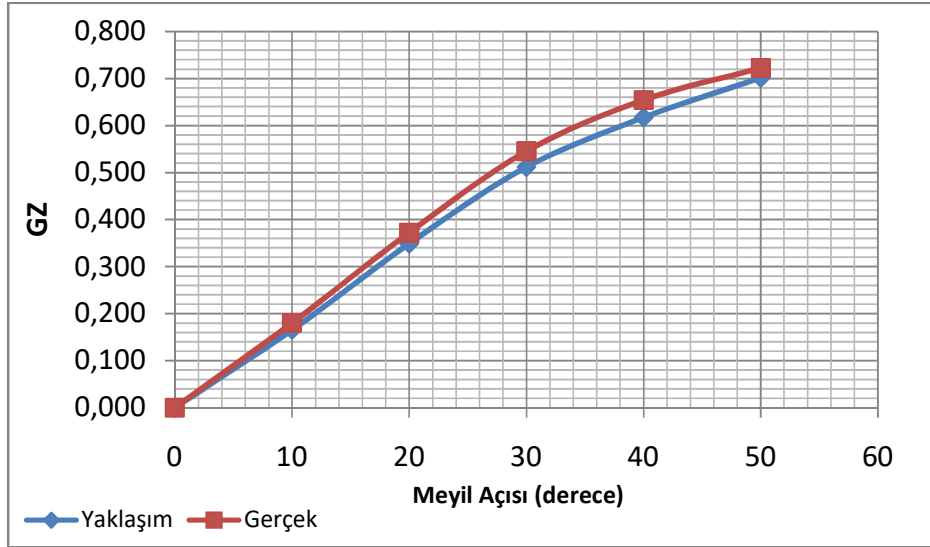
Şekil EkC.10 GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 1 (KG=0,65D)



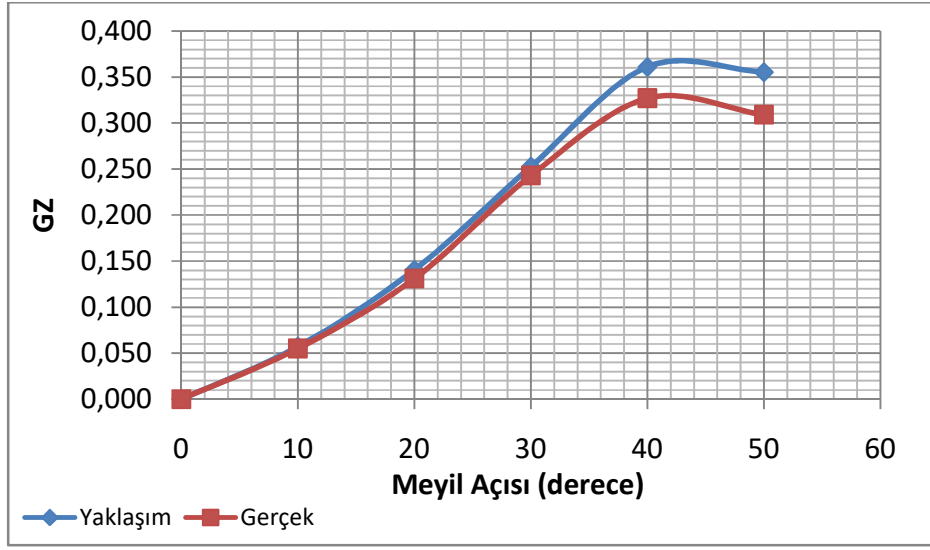
Şekil EkC.11 GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 5 (KG=0,65D)



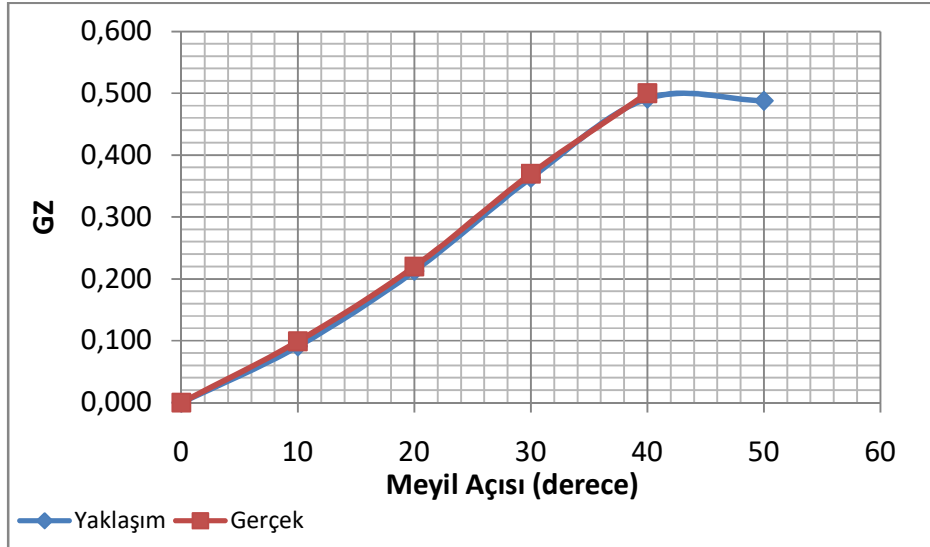
Şekil EkC.12 GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 10 (KG=0,65D)



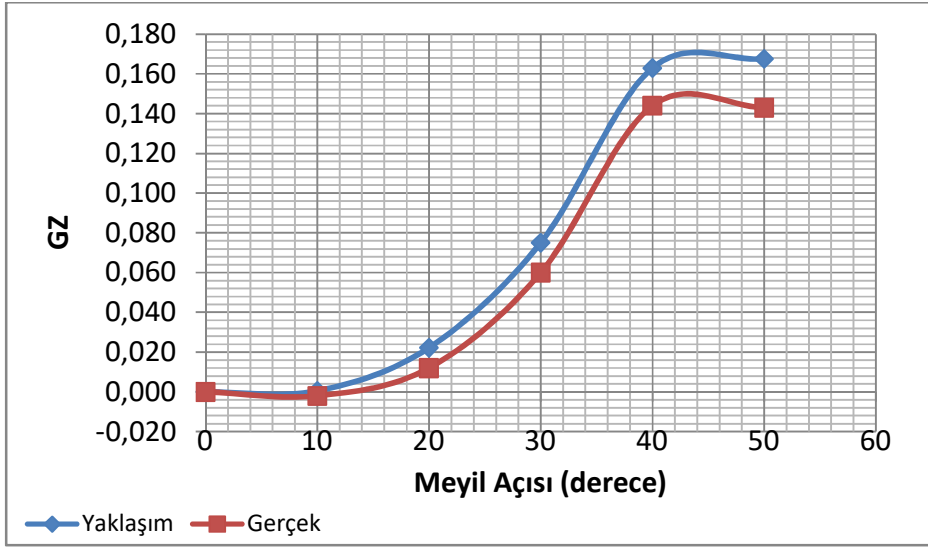
Şekil EkC.13 GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 15 (KG=0,65D)



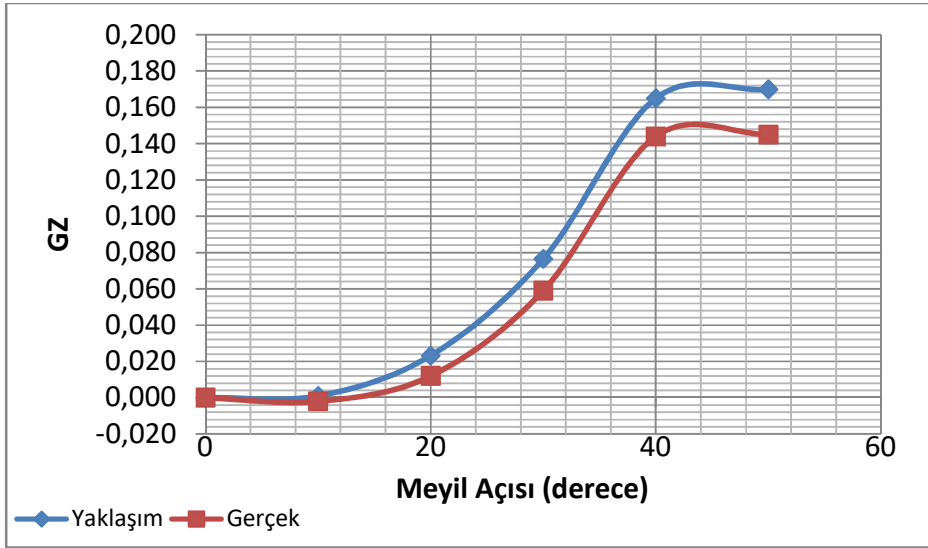
Şekil EkC.14 GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 21 (KG=0,65D)



Şekil EkC.15 GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 29 (KG=0,65D)

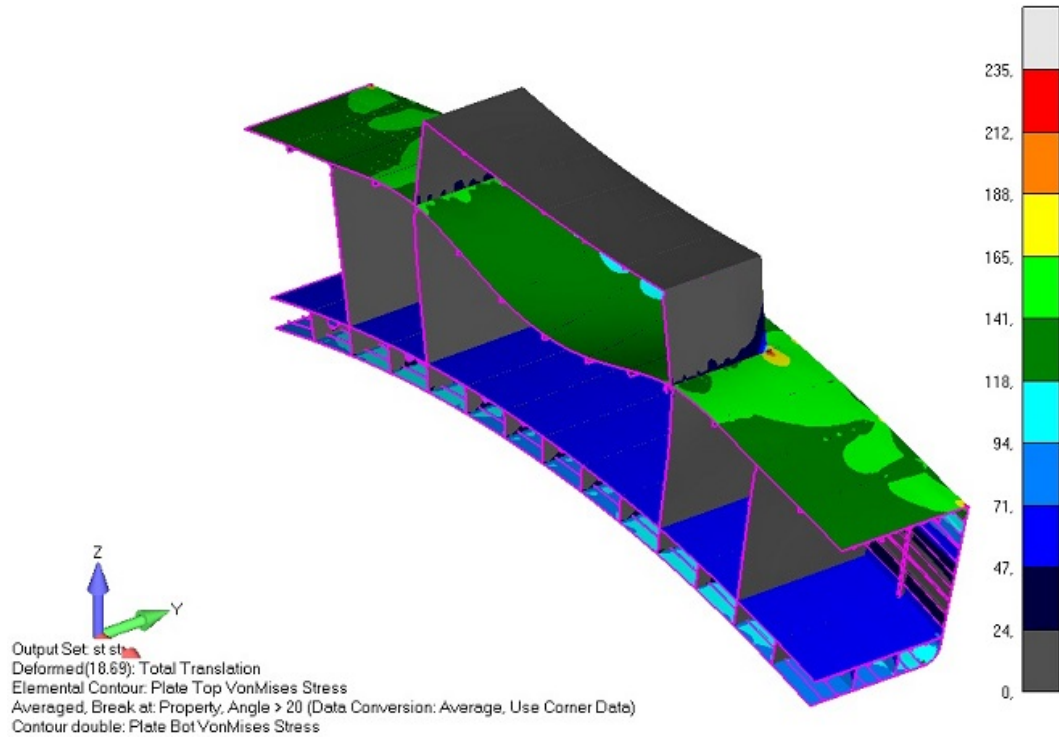


Şekil EkC.16 GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 33 (KG=0,65D)

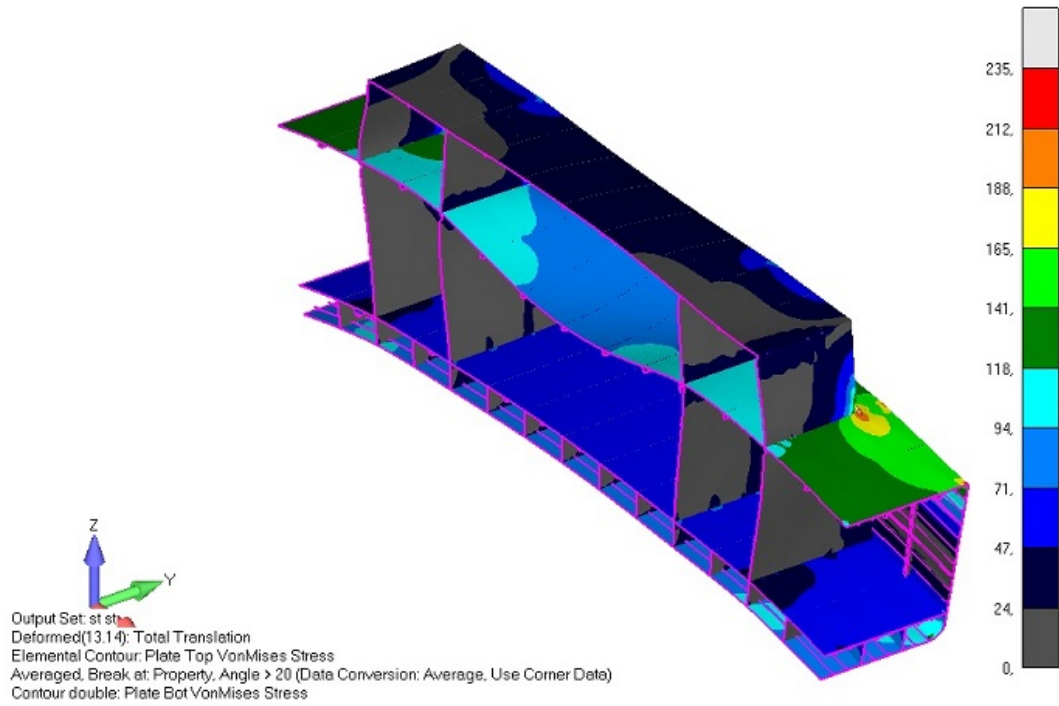


Şekil EkC.17 GZ Gerçek-yaklaşım karşılaştırması Tekne 39 (KG=0,65D)

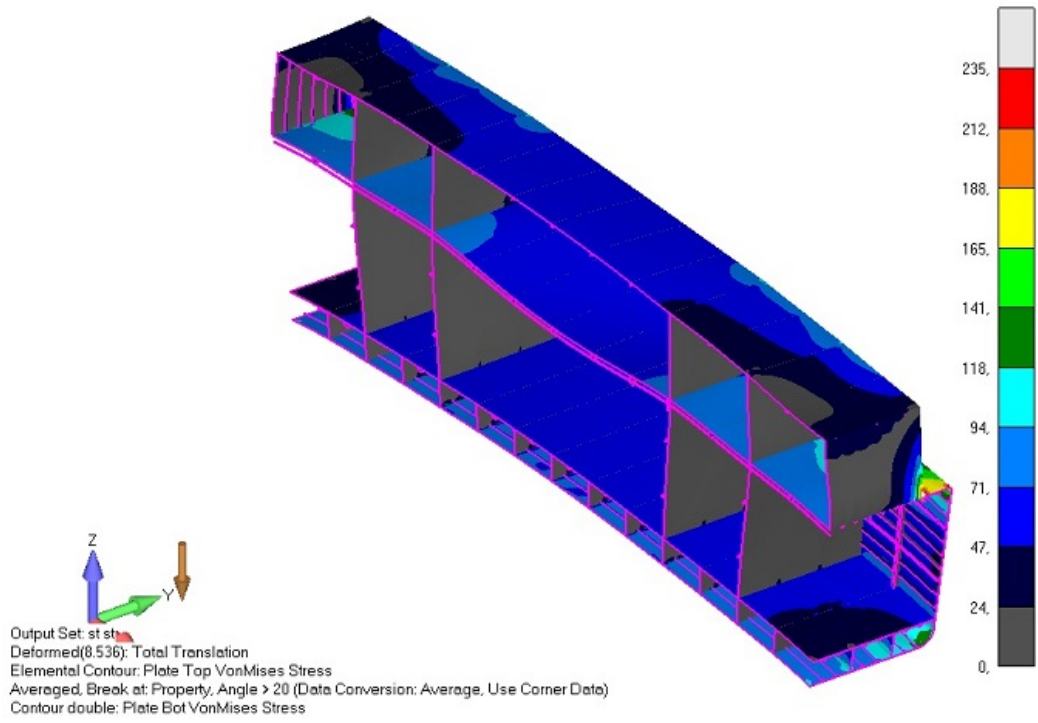
ÜSTYAPI KOMBİNASYONLARI İÇİN SONLU ELEMANLAR SONUÇLARI



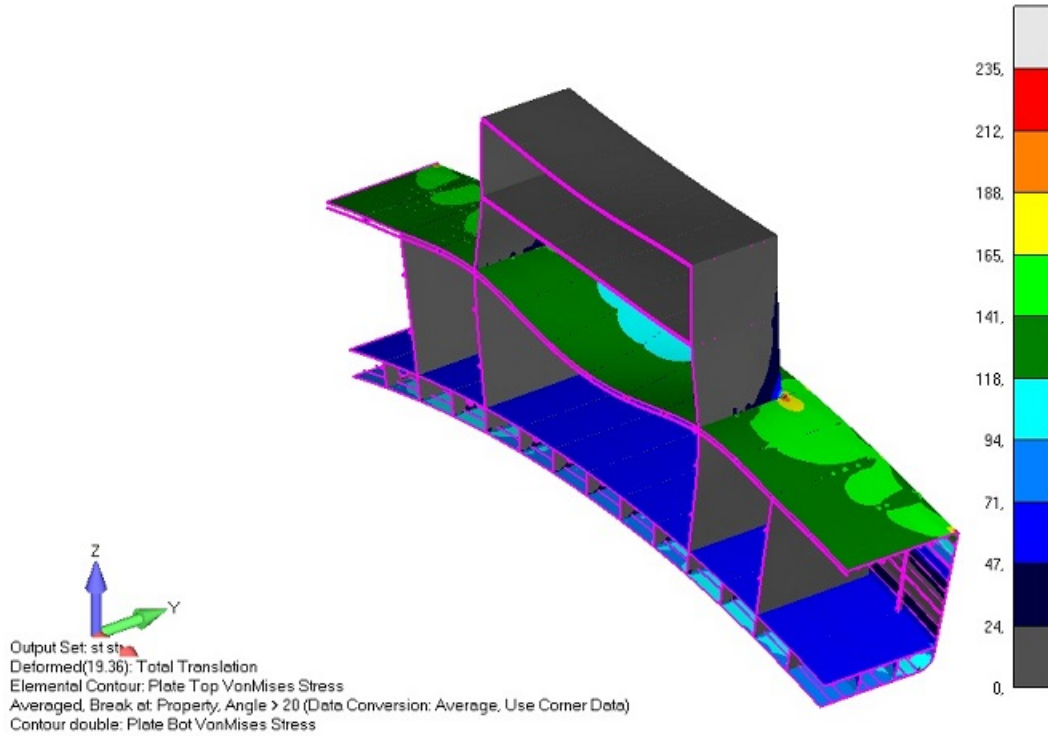
Şekil EkD.1 St-St-1 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



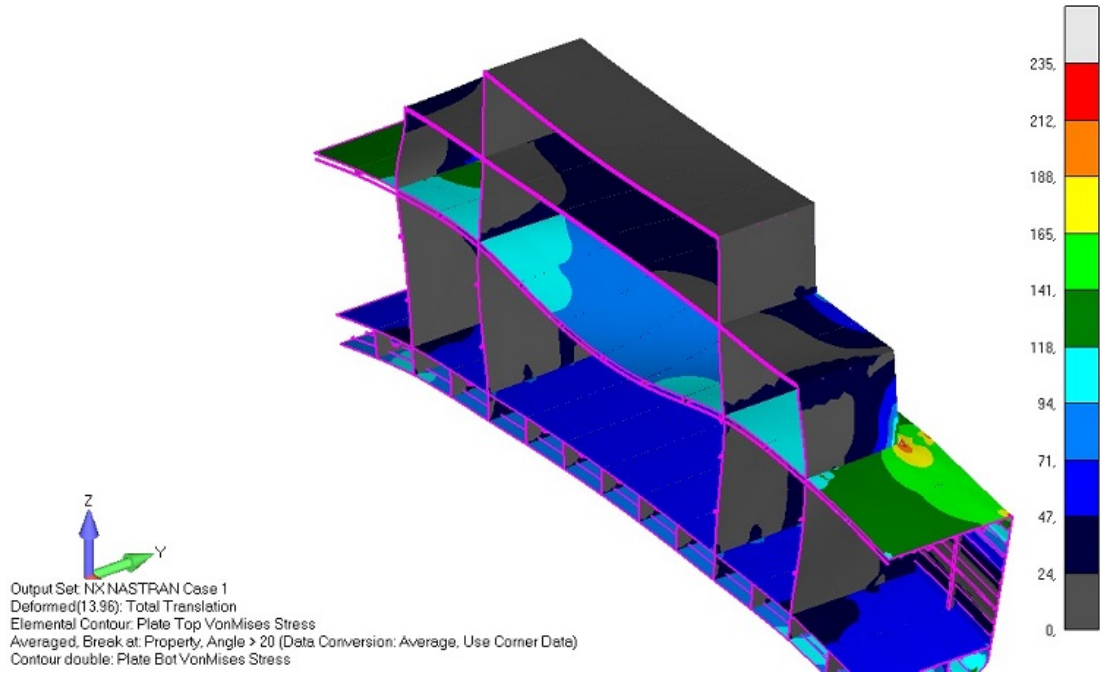
Şekil EkD.2 St-St-2 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



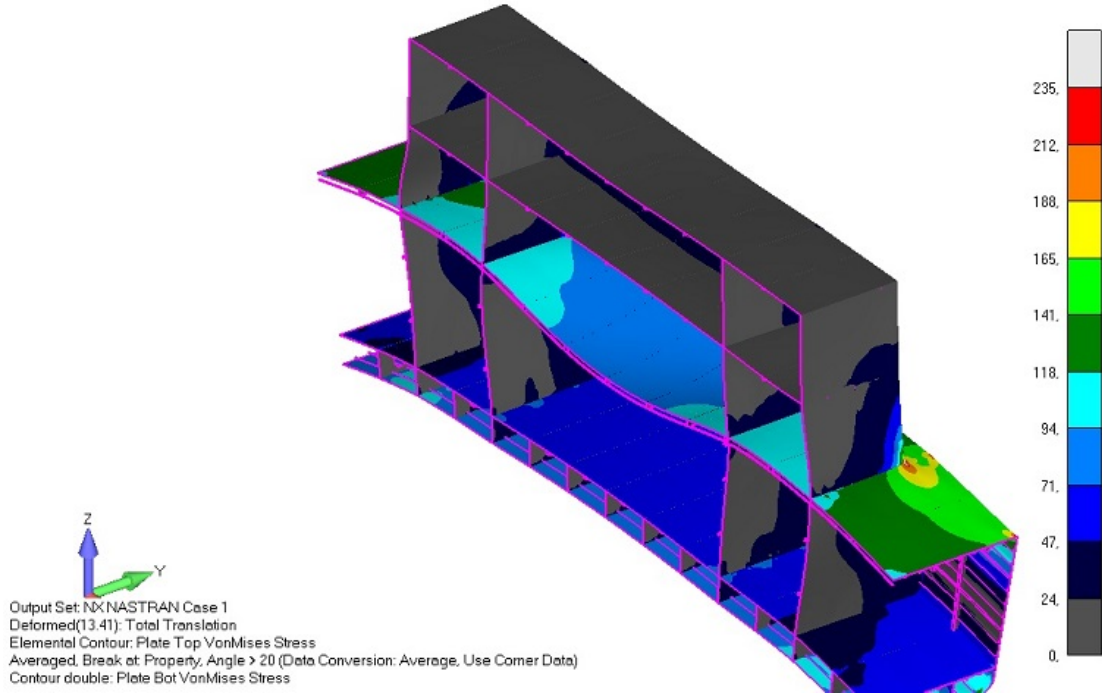
Şekil EkD.3 St-St-3 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



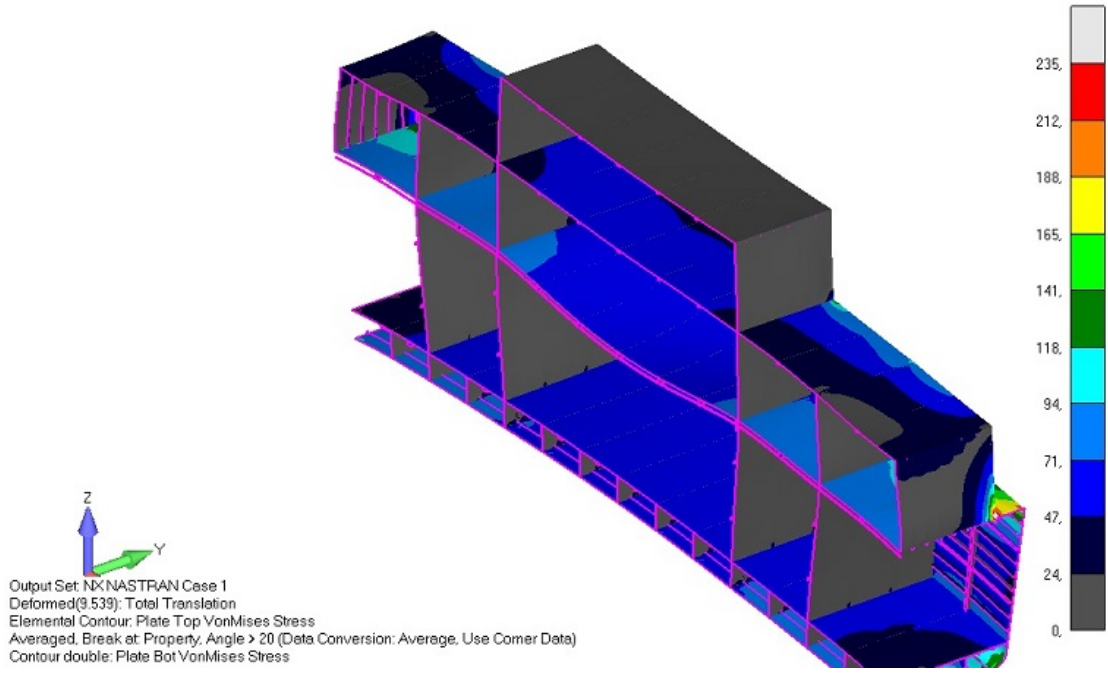
Şekil EkD.4 St-St-4 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



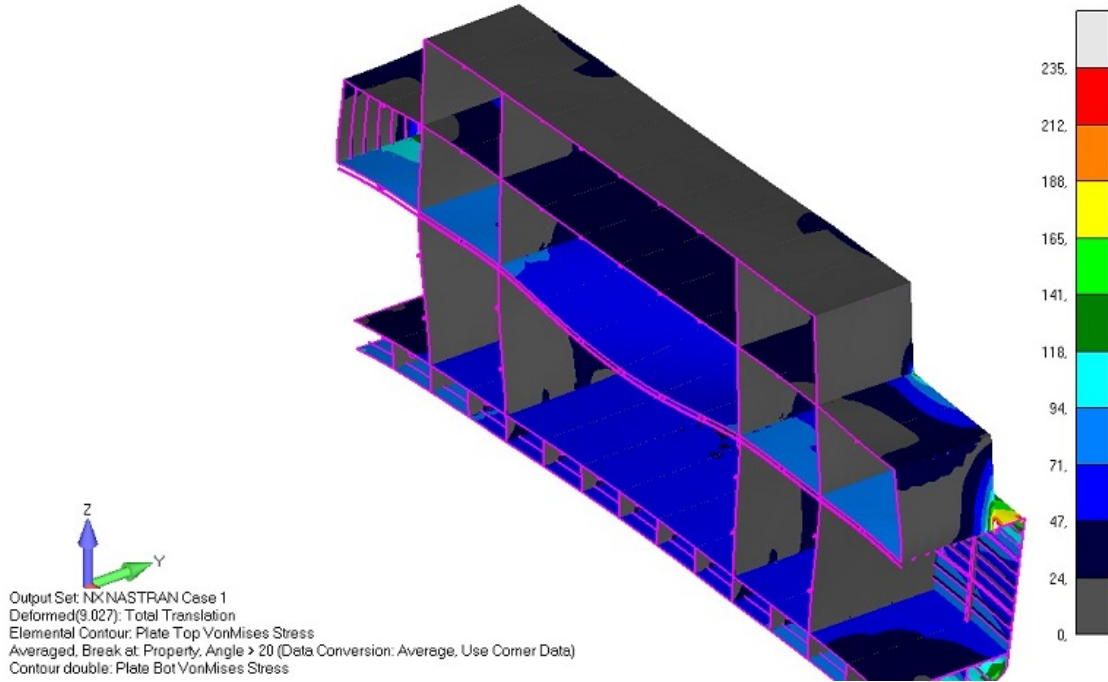
Şekil EkD.5 St-St-5 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



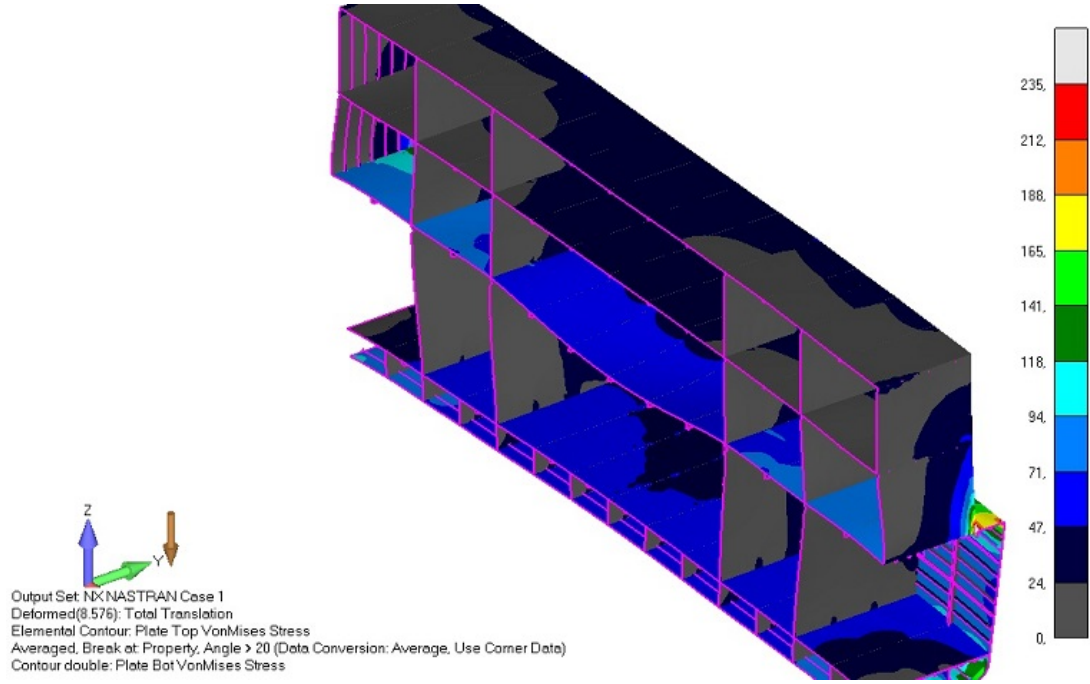
Şekil EkD.6 St-St-6 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



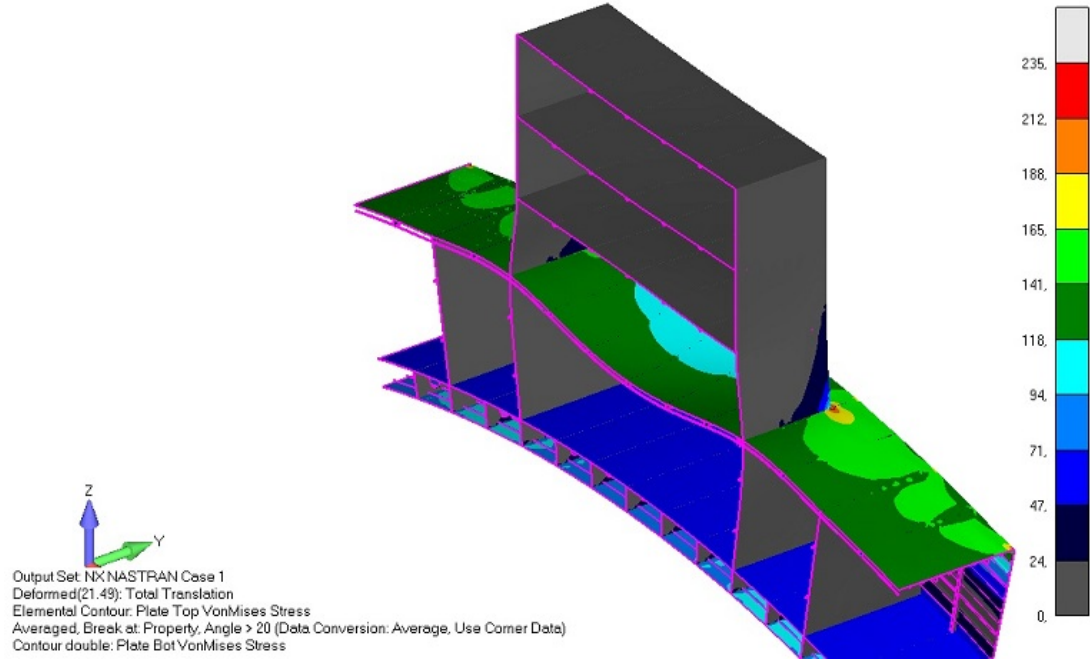
Şekil EkD.7 St-St-7 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



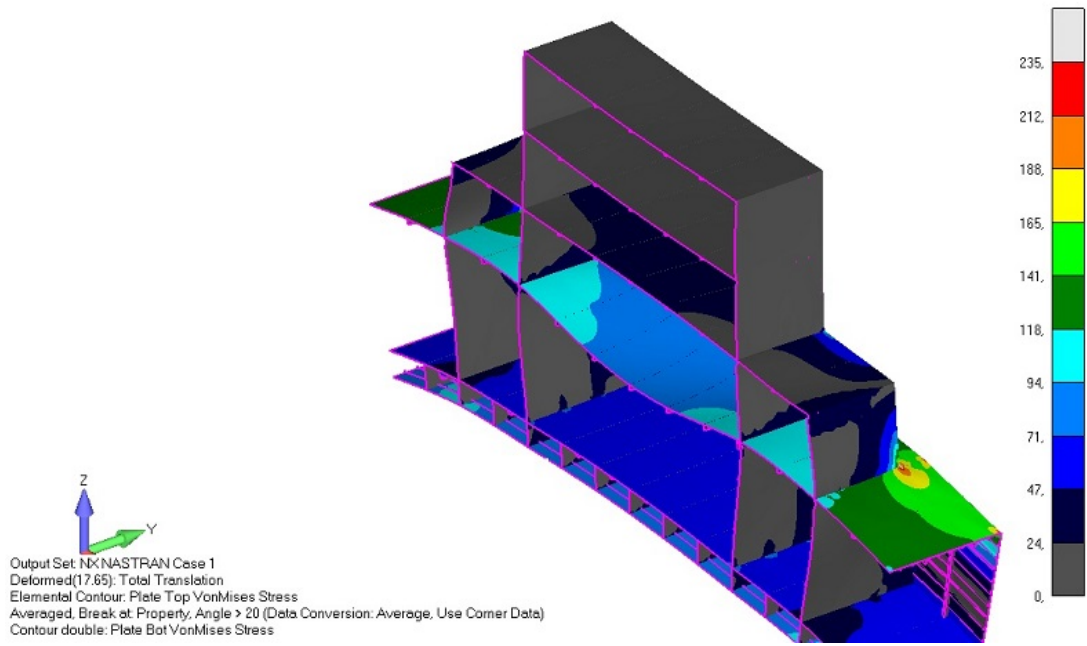
Şekil EkD.8 St-St-8 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



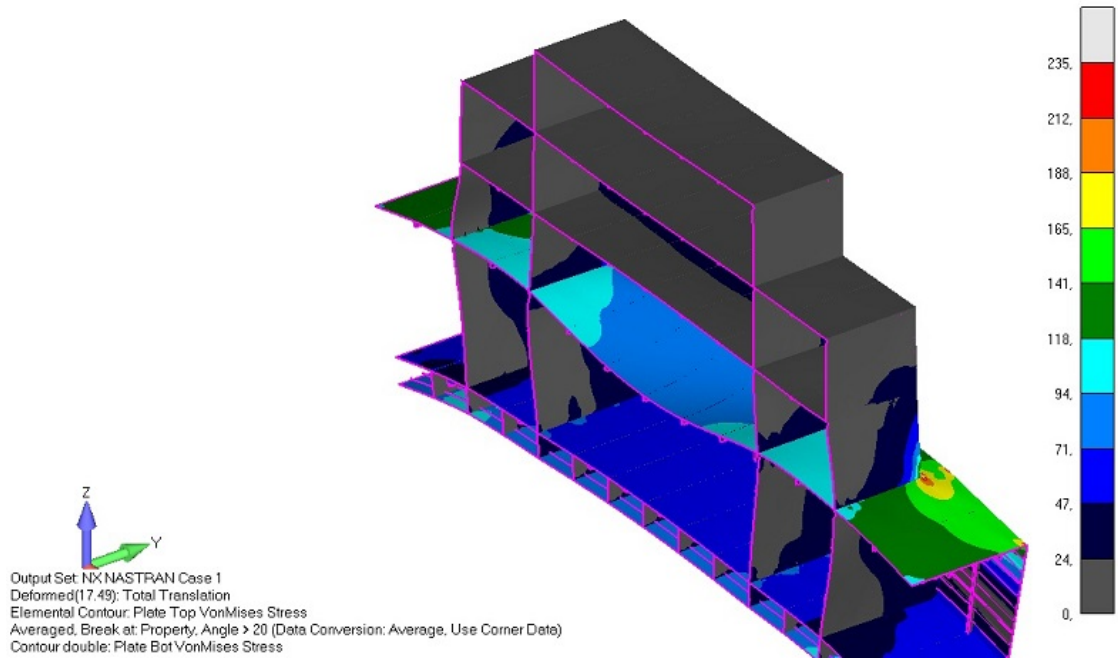
Şekil EkD.9 St-St-9 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



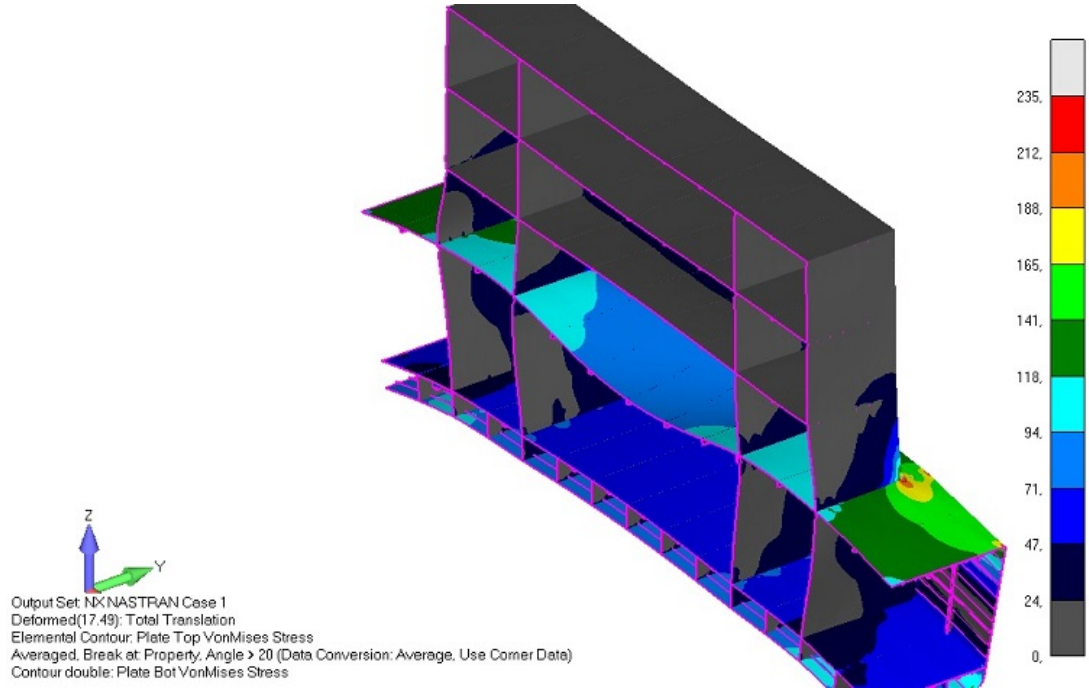
Şekil EkD.10 St-St-10 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



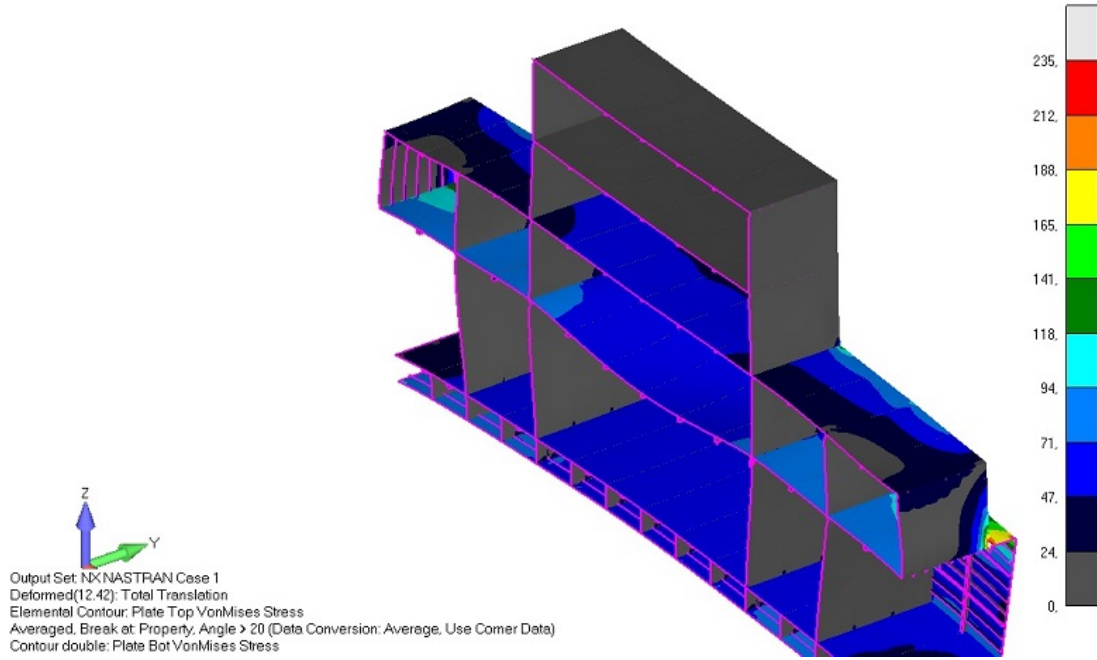
Şekil EkD.11 St-St-11 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



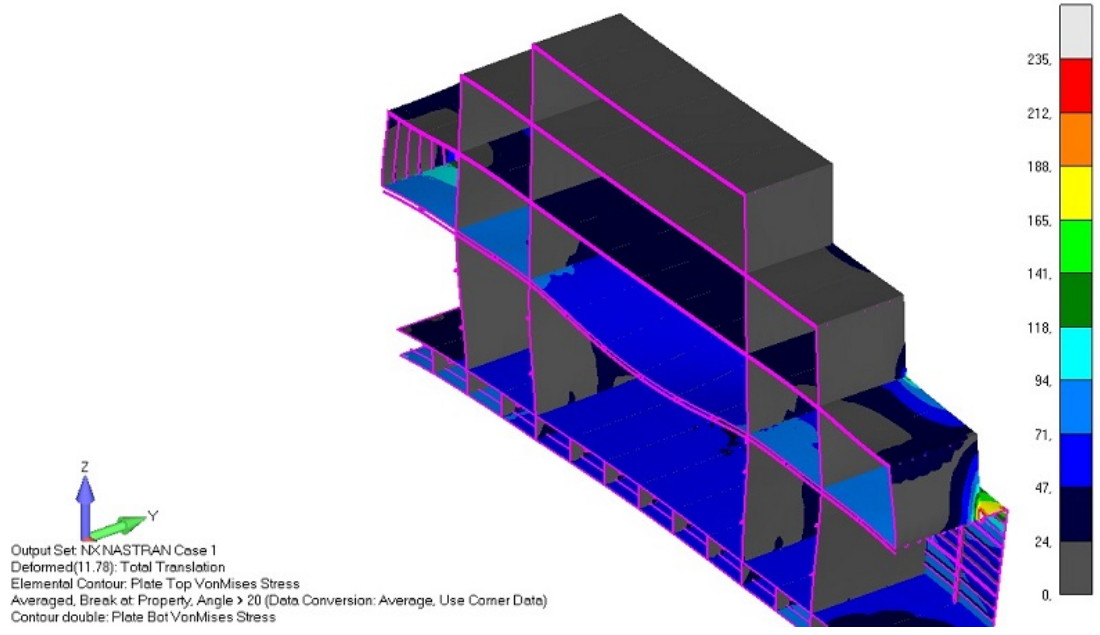
Şekil EkD.12 St-St-12 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



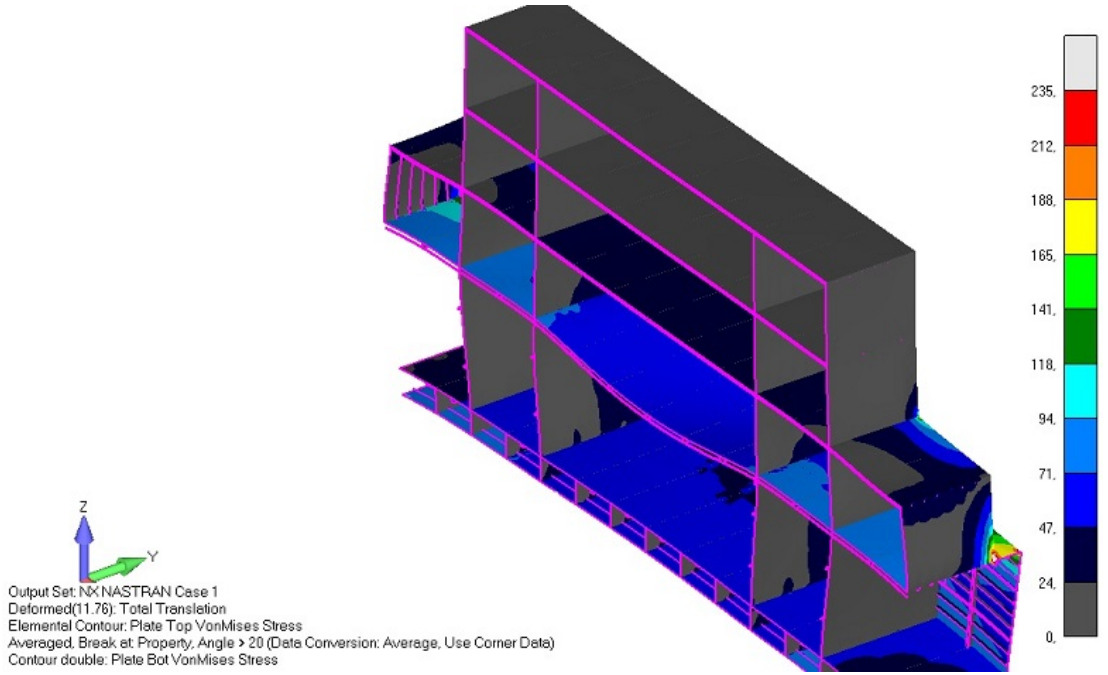
Şekil EkD.13 St-St-13 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



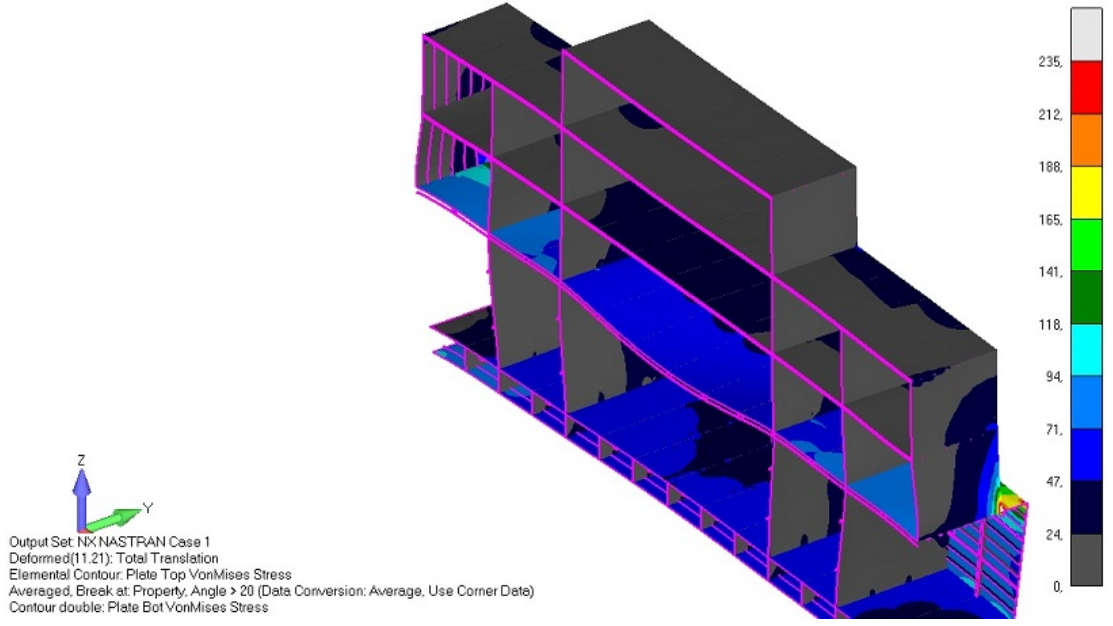
Şekil EkD.14 St-St-14 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



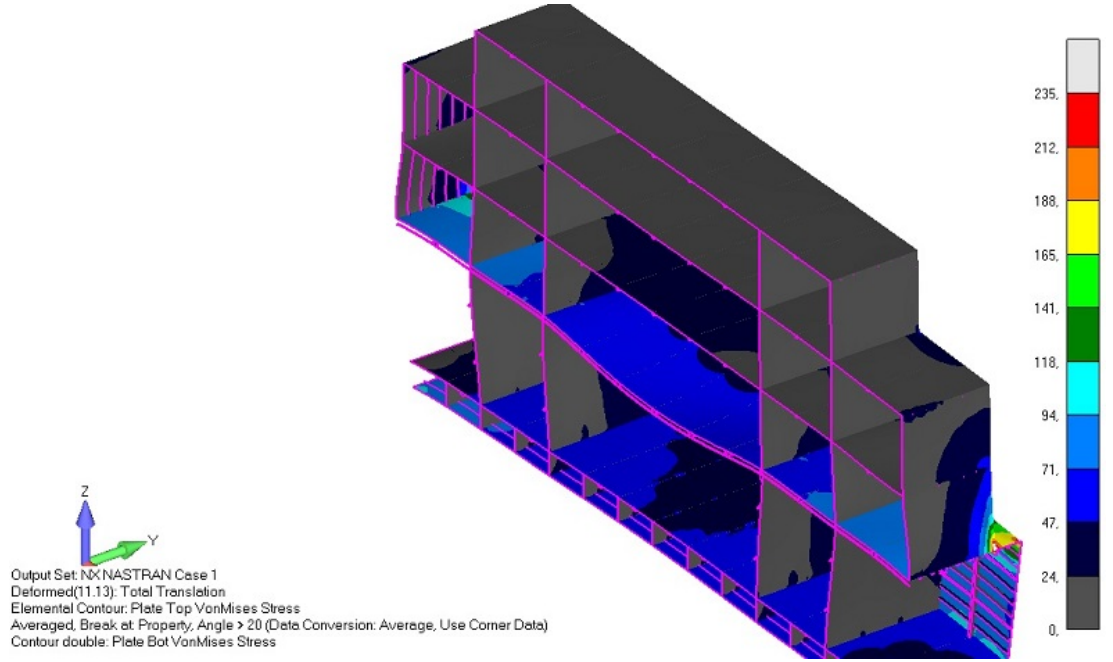
Şekil EkD.15 St-St-15 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



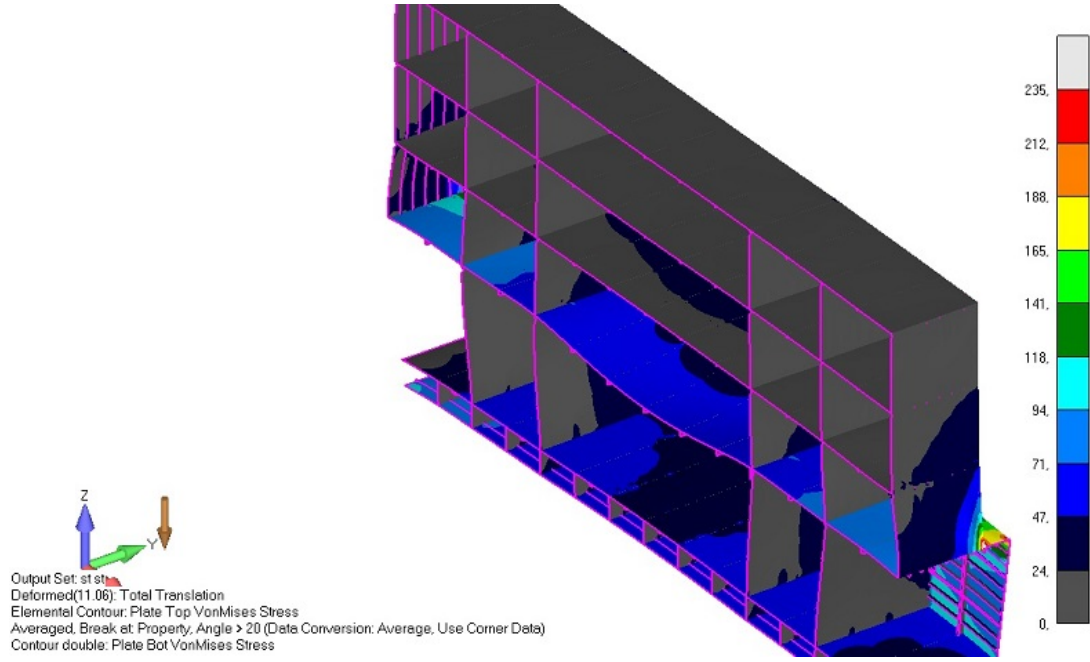
Şekil EkD.16 St-St-16 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



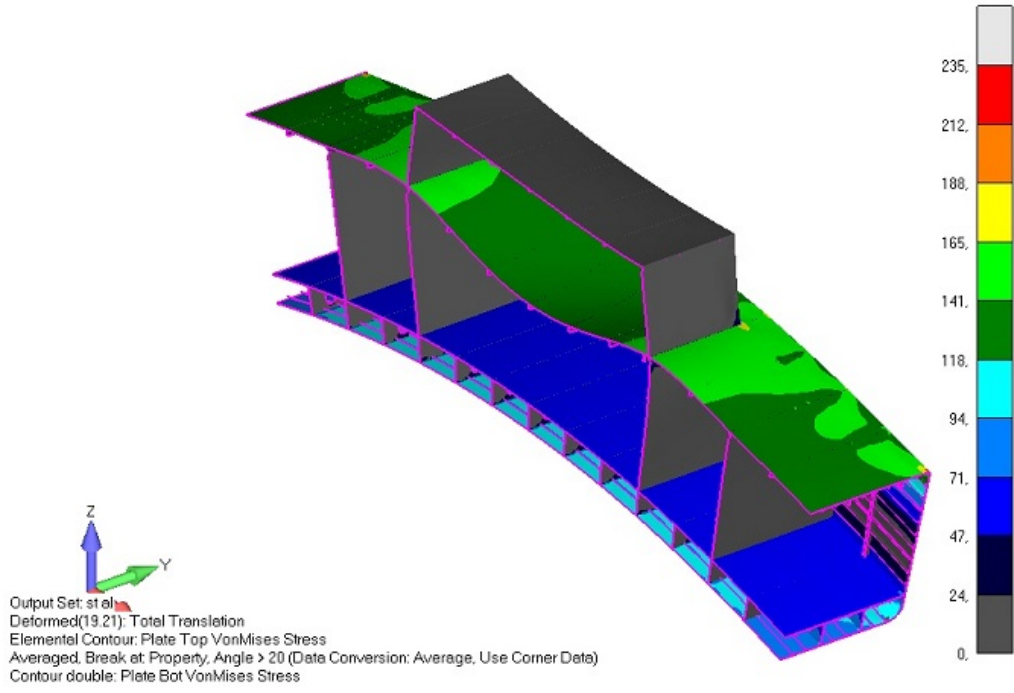
Şekil EkD.17 St-St-17 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



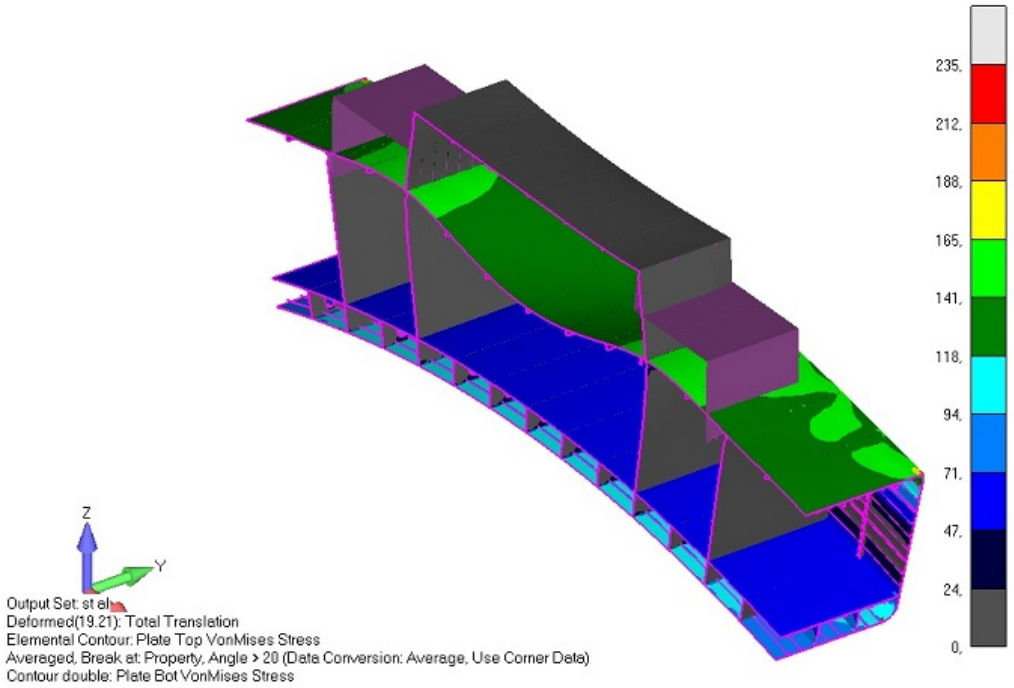
Şekil EkD.18 St-St-18 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



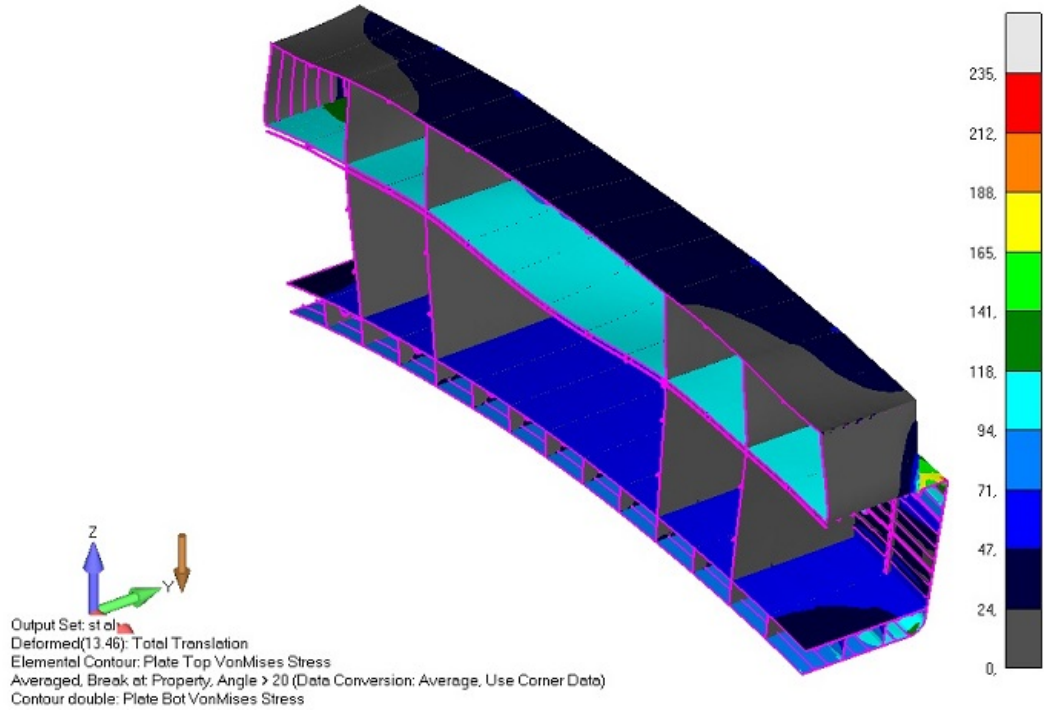
Şekil EkD.19 St-St-19 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



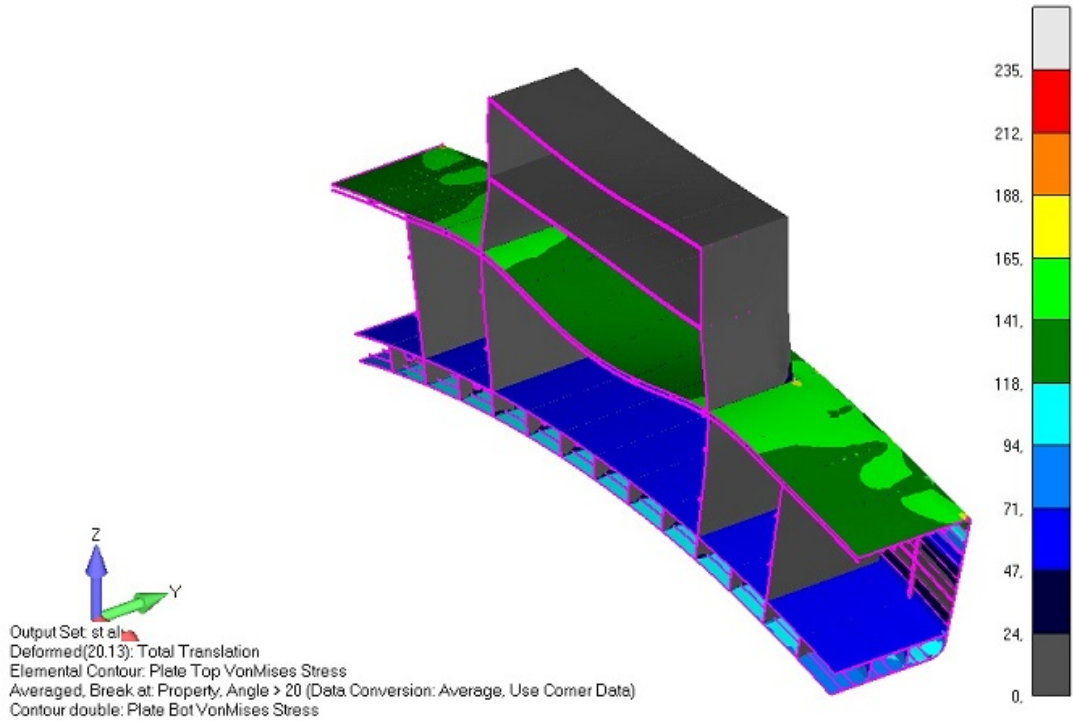
Şekil EkD.20 St-Al-1 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



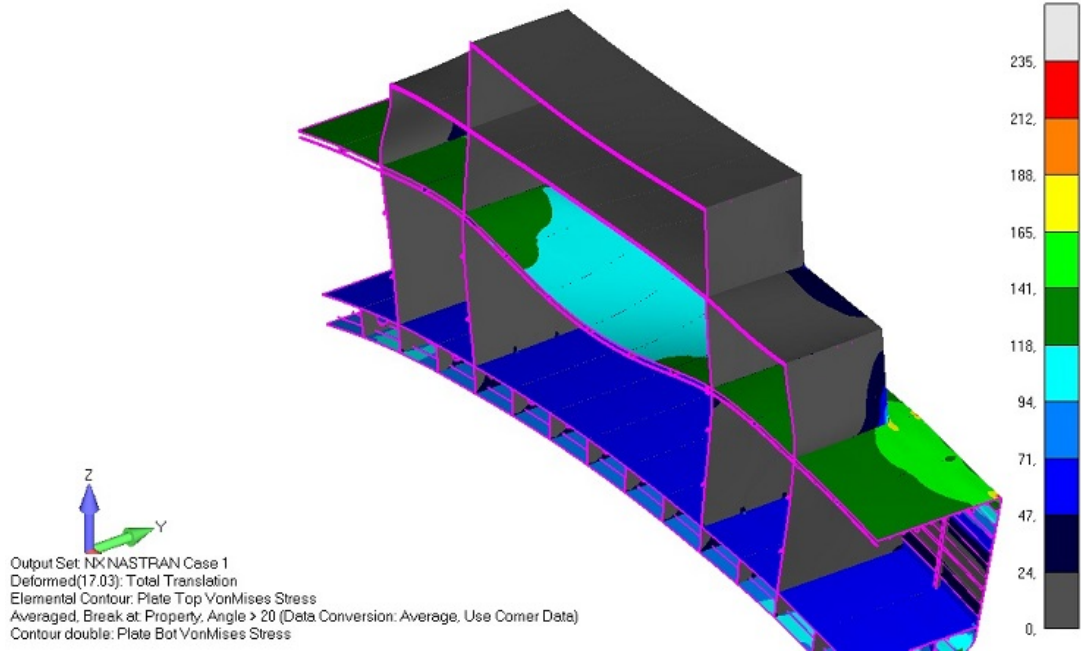
Şekil EkD.21 St-Al-2 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



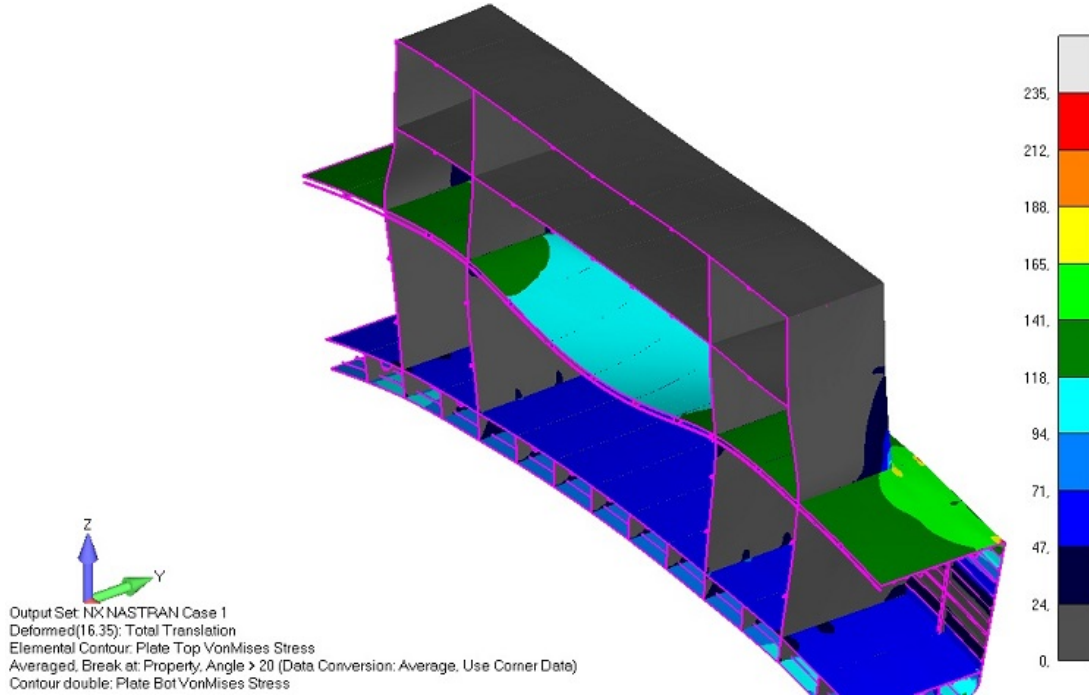
Şekil EkD.22 St-Al-3 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



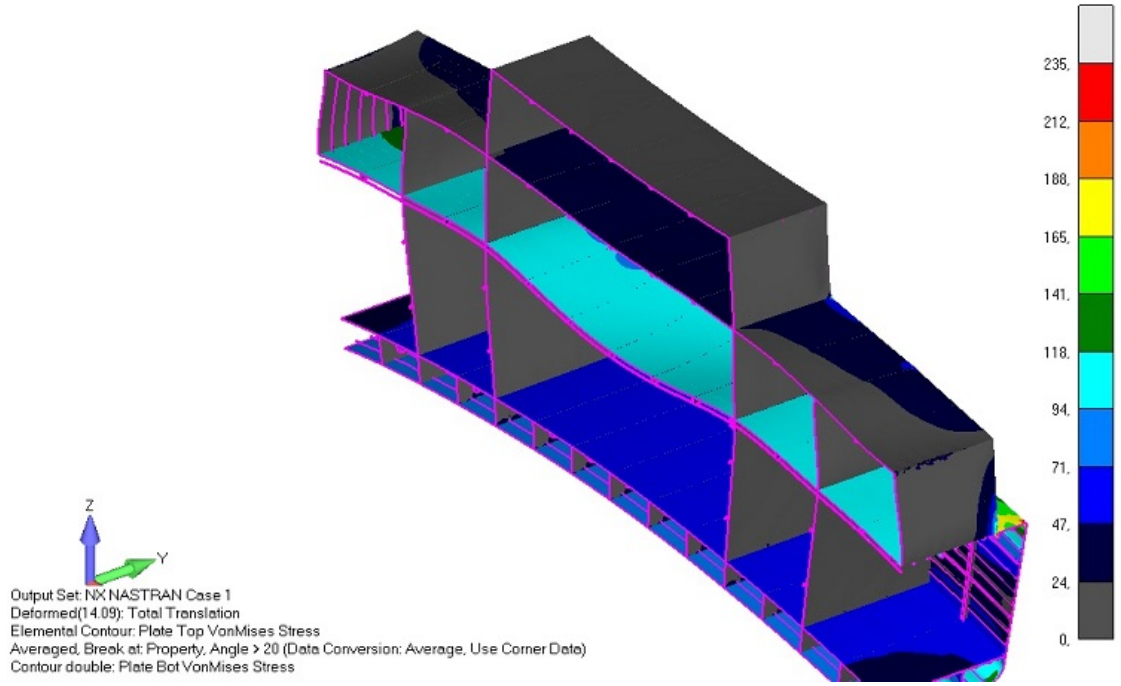
Şekil EkD.23 St-Al-4 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



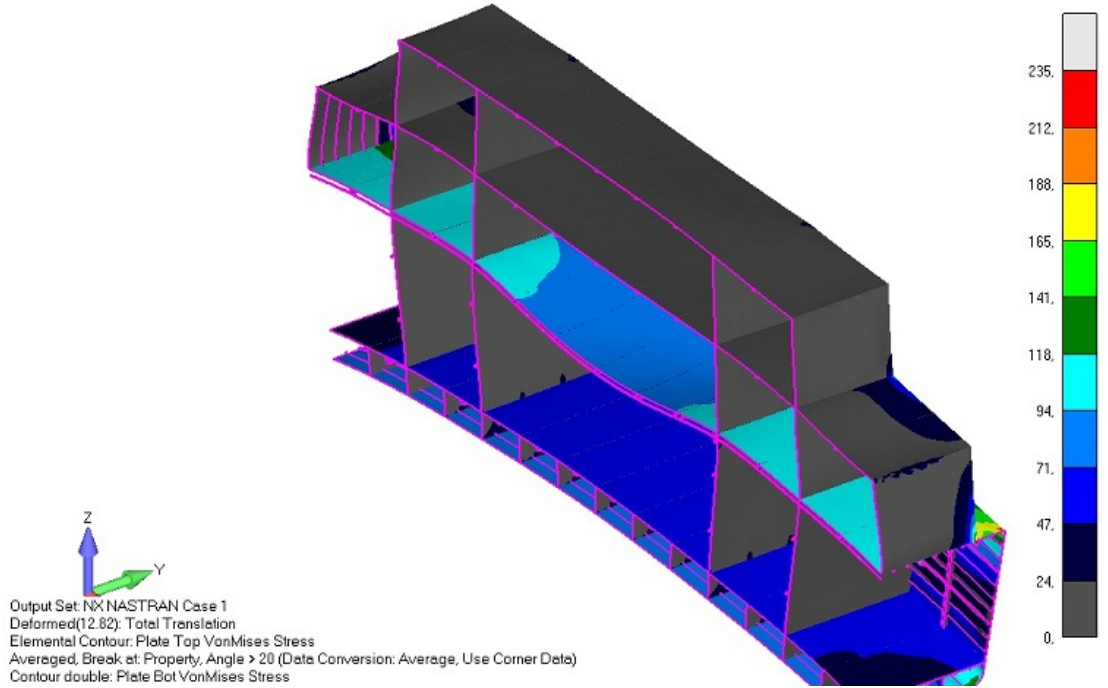
Şekil EkD.24 St-Al-5 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



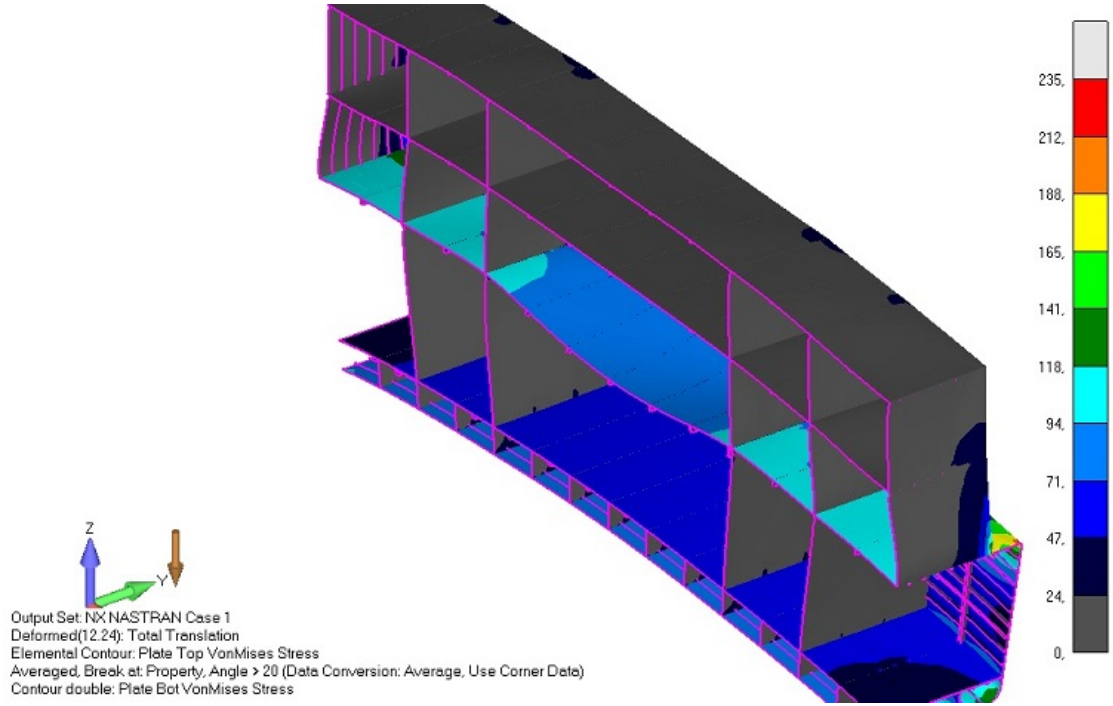
Şekil EkD.25 St-Al-6 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



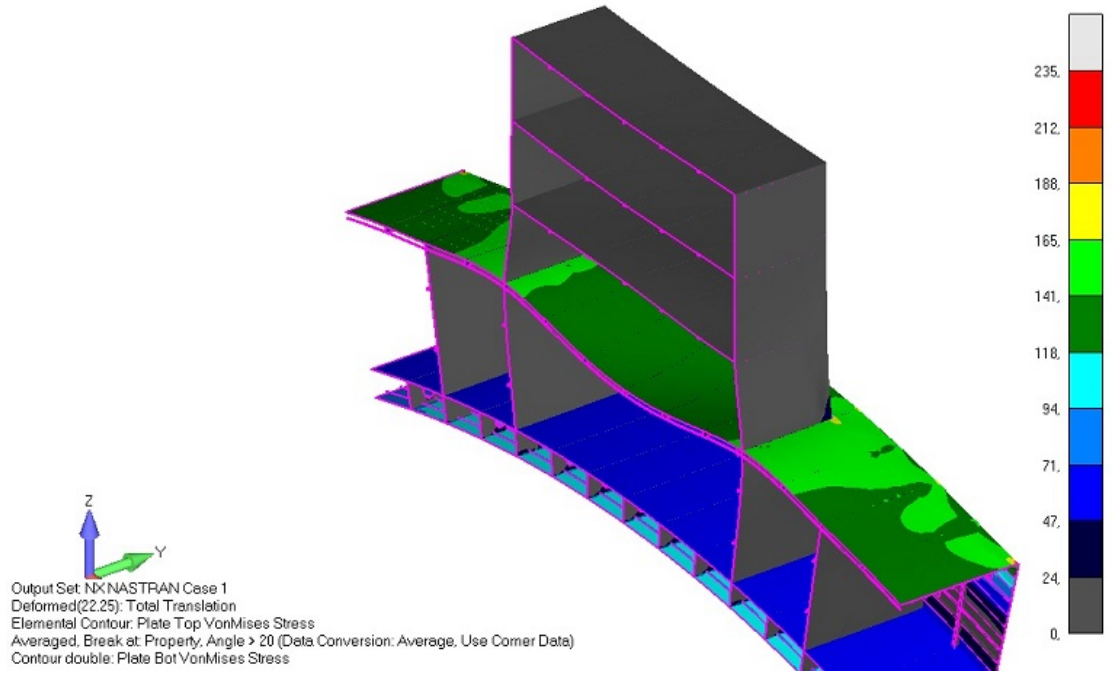
Şekil Ekd.26 St-Al-7 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



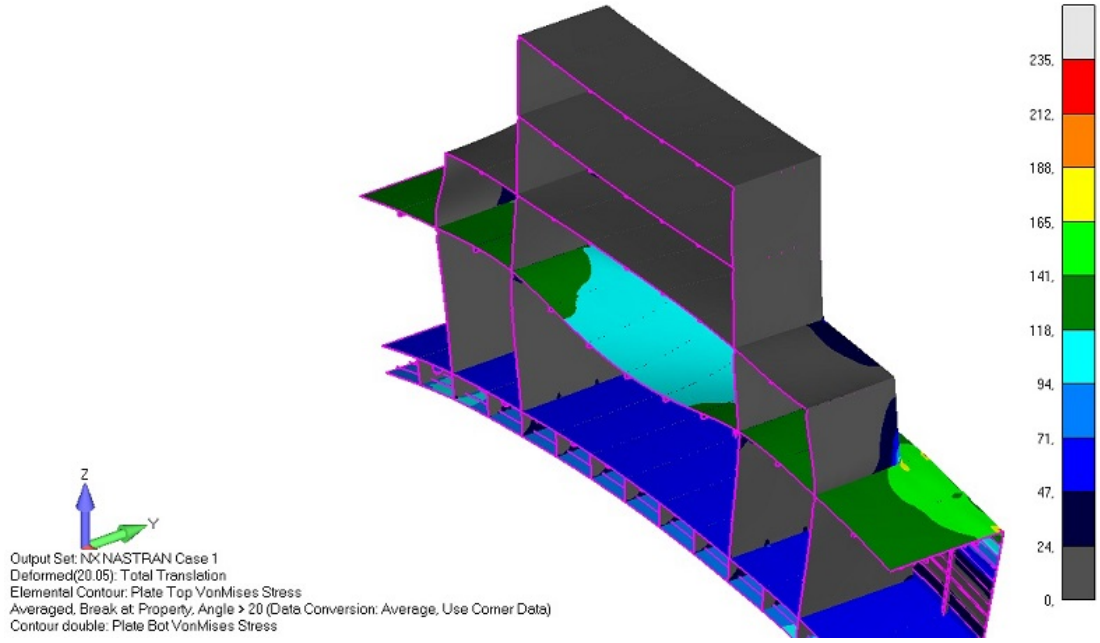
Şekil Ekd.27 St-Al-8 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



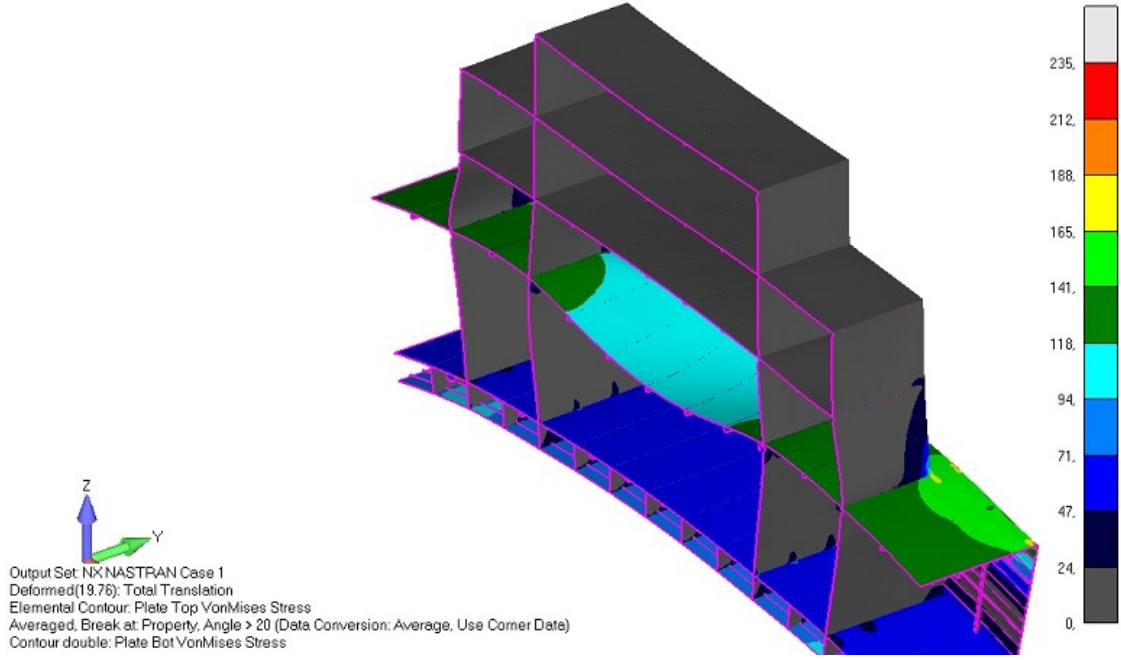
Şekil EKD.28 St-Al-9 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



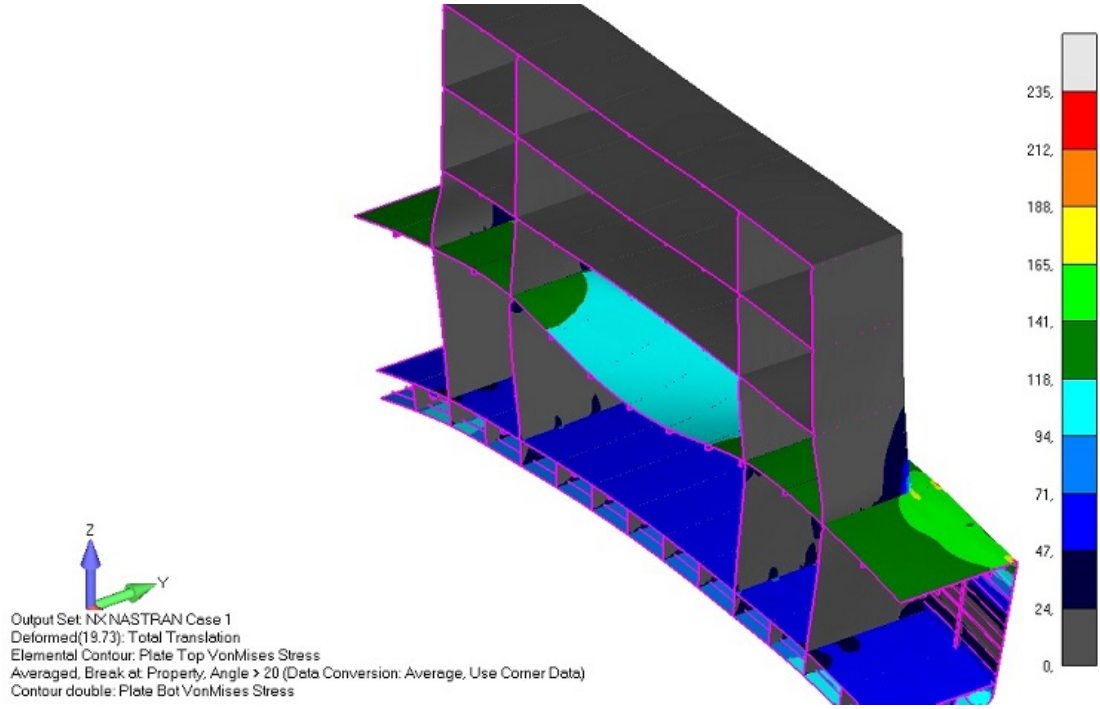
Şekil EKD.29 St-Al-10 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



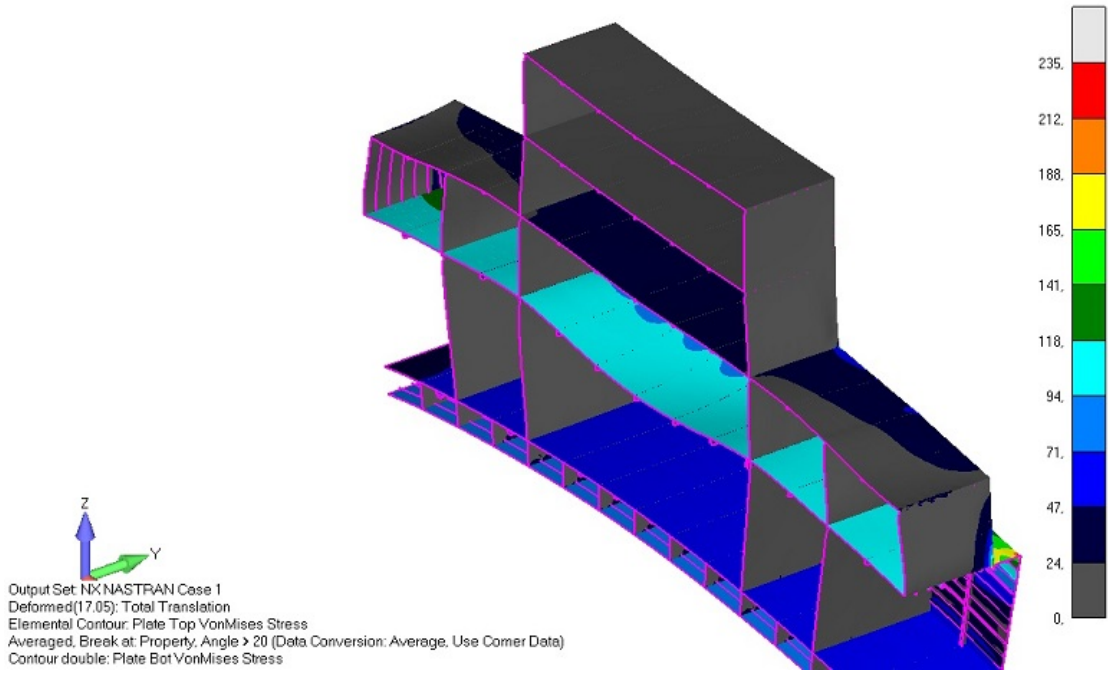
Şekil EkD.30 St-Al-11 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



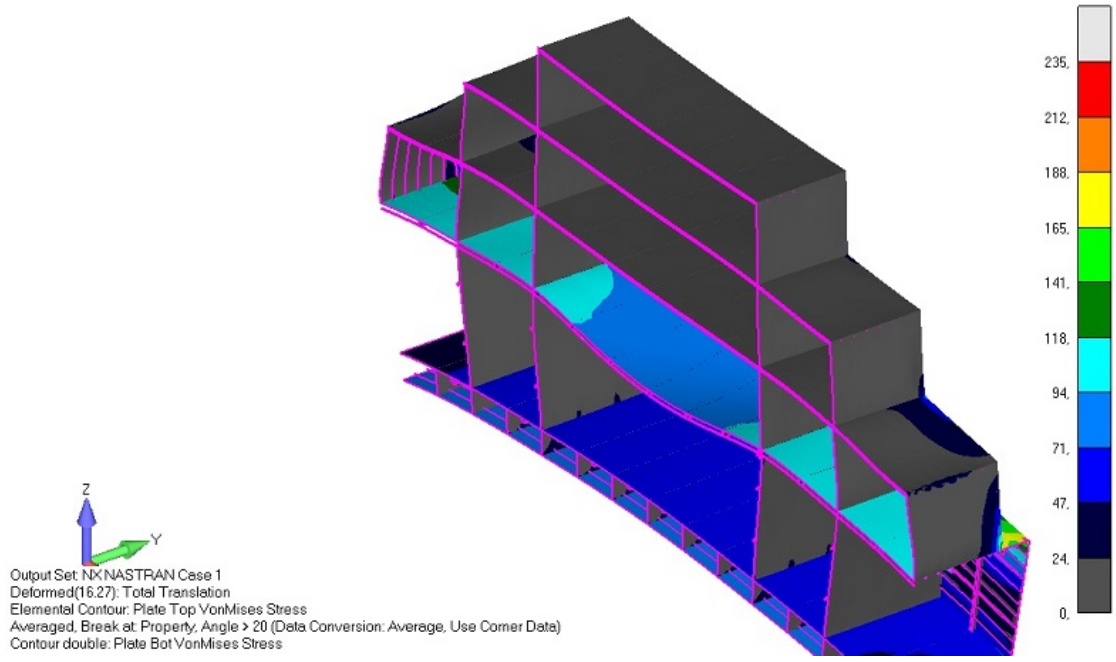
Şekil EkD.31 St-Al-12 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



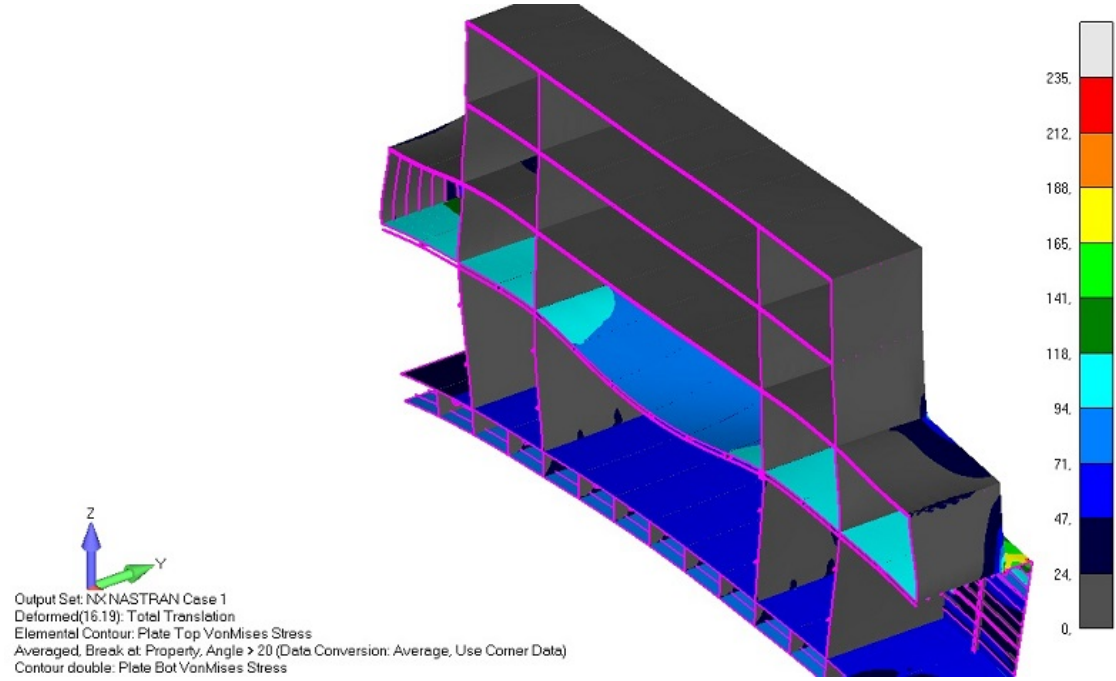
Şekil EkD.32 St-Al-13 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



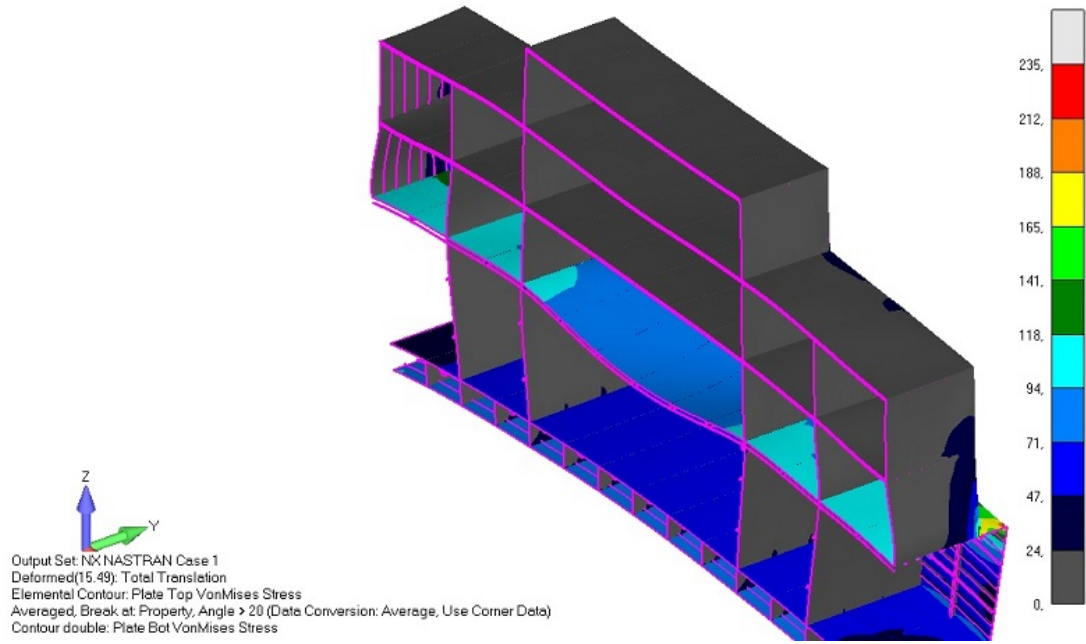
Şekil EkD.33 St-Al-14 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



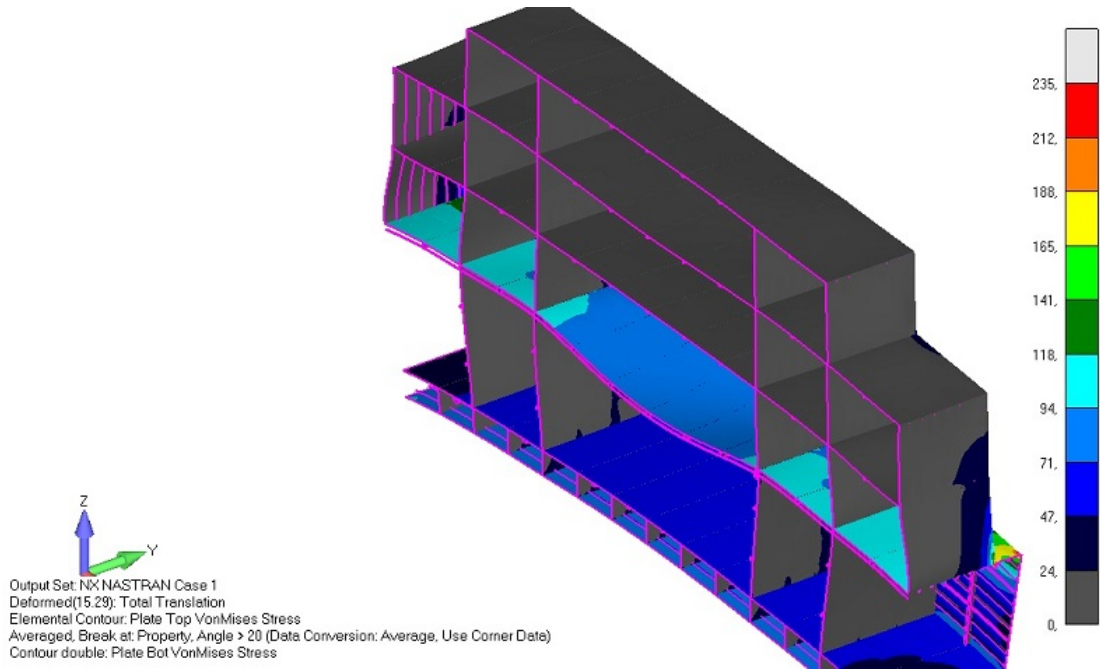
Şekil EkD.34 St-Al-15 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



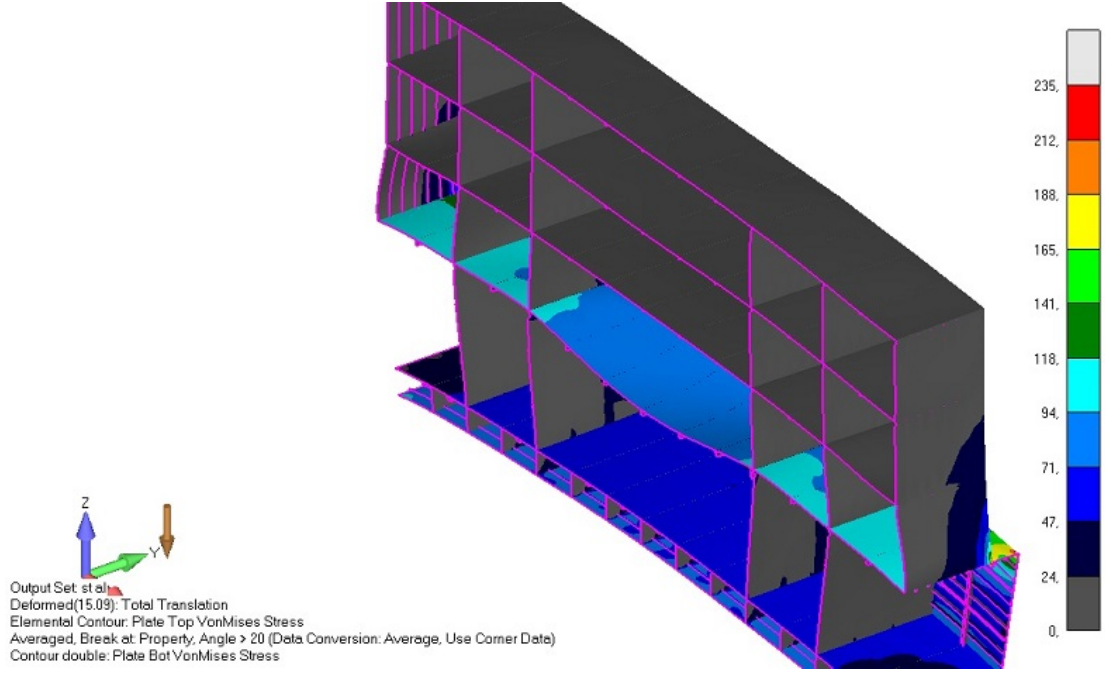
Şekil EkD.35 St-Al-16 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



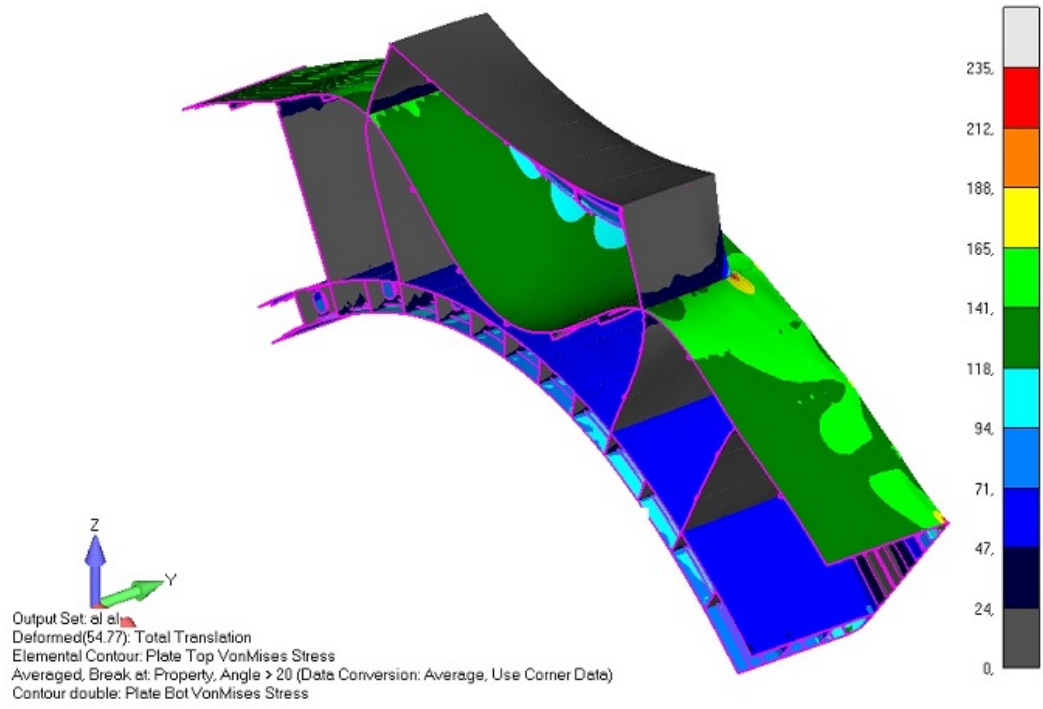
Şekil EkD.36 St-Al-17 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



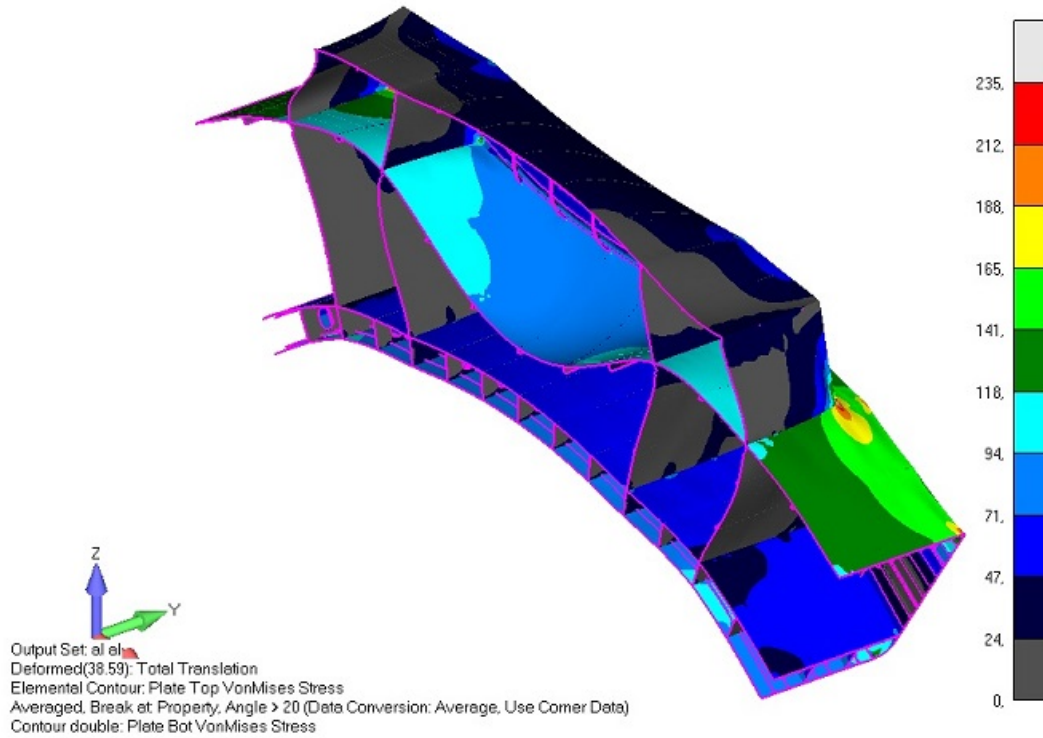
Şekil EkD.37 St-Al-18 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



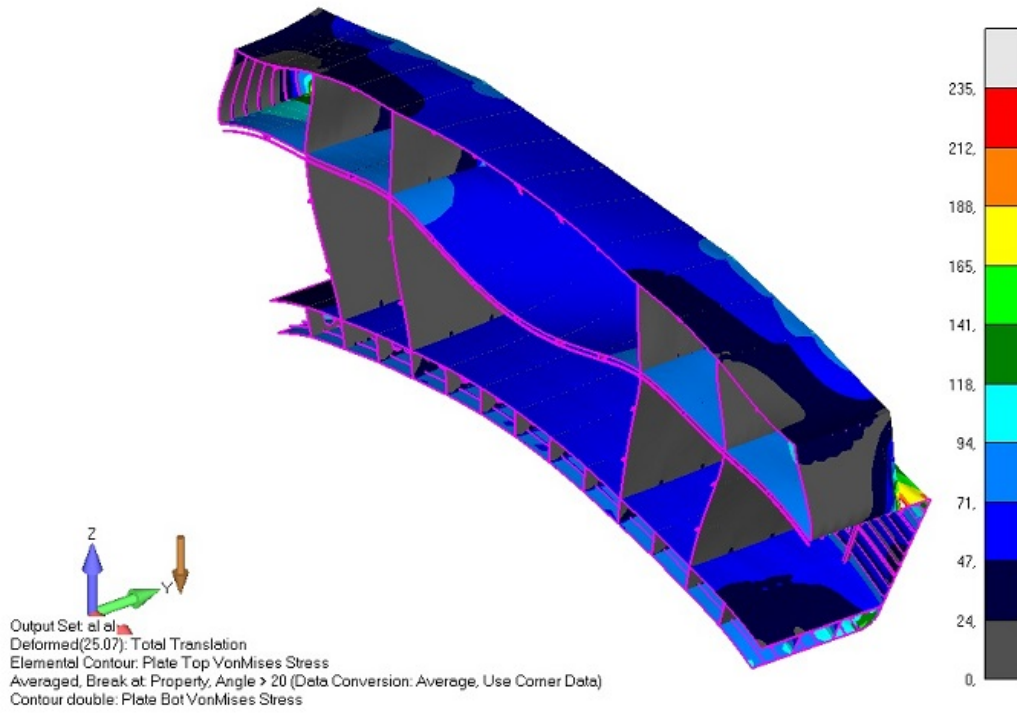
Şekil EkD.38 St-Al-19 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



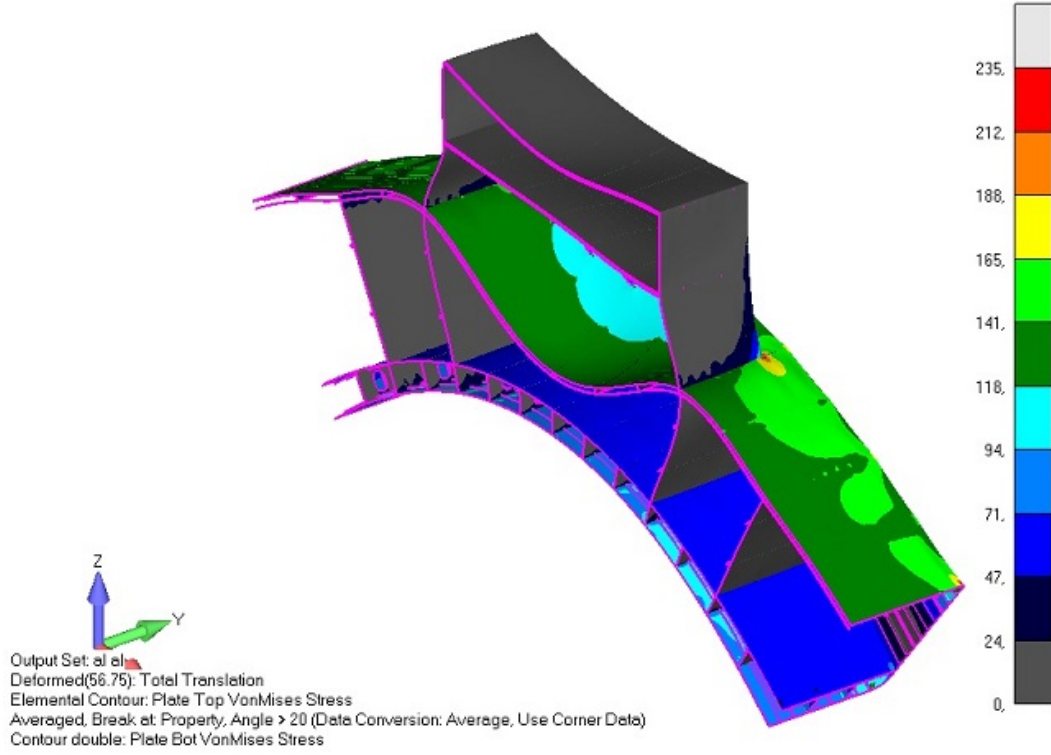
Şekil EkD.39 AI-AI-1 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



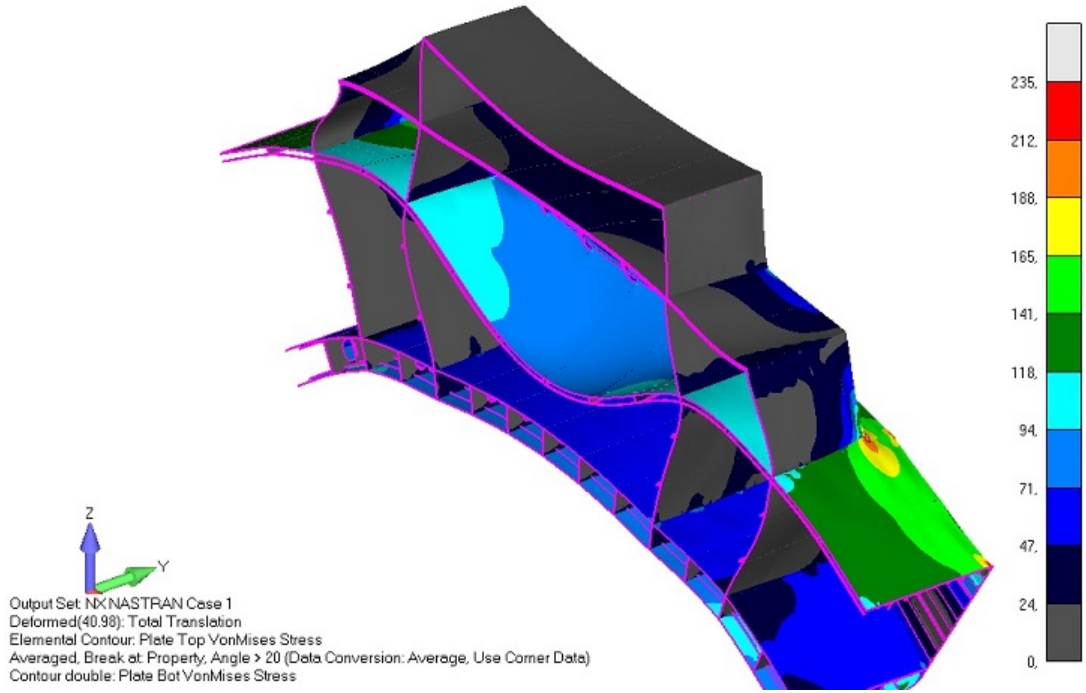
Şekil EkD.40 AI-AI-2 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



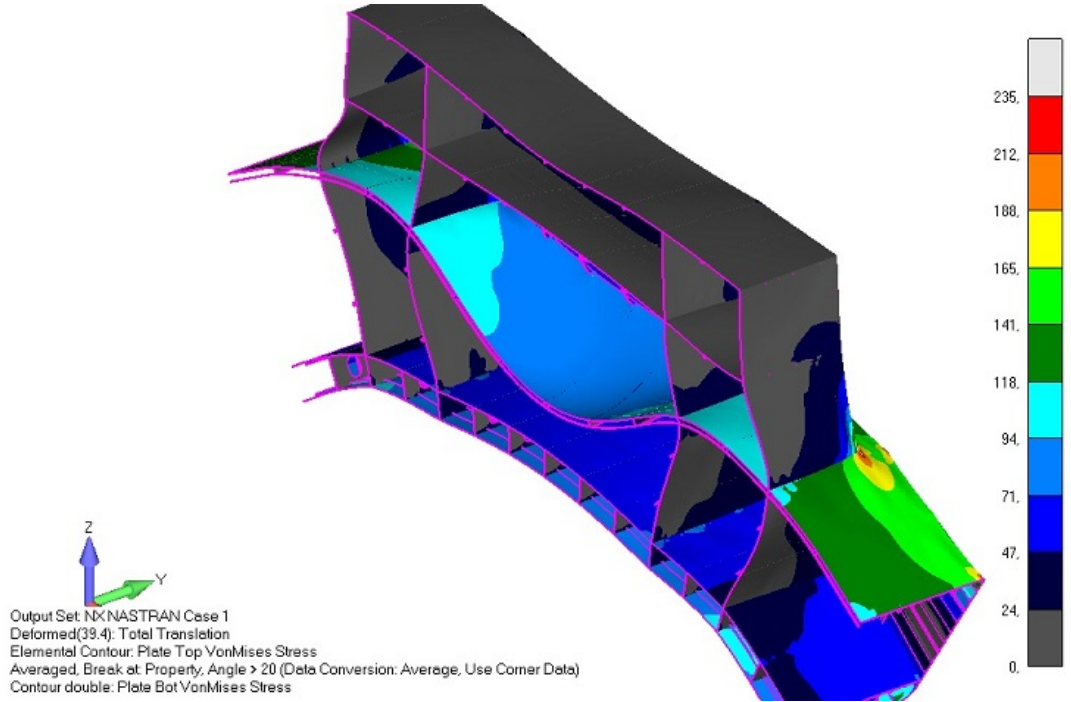
Şekil EKD.41 Al-Al-3 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



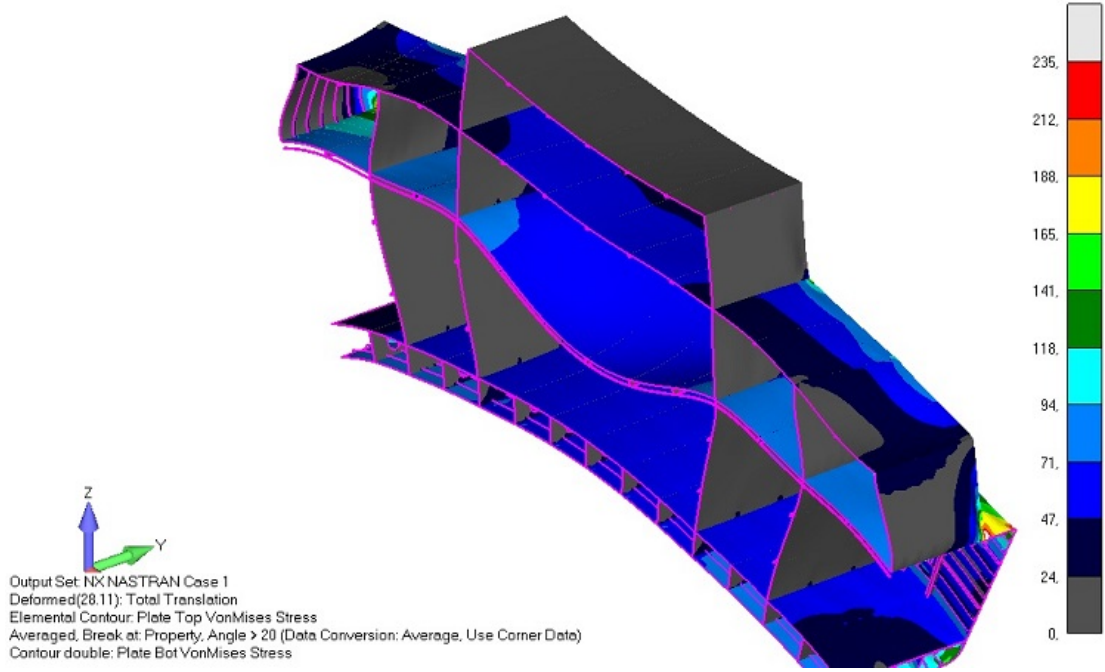
Şekil EKD.42 Al-Al-4 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



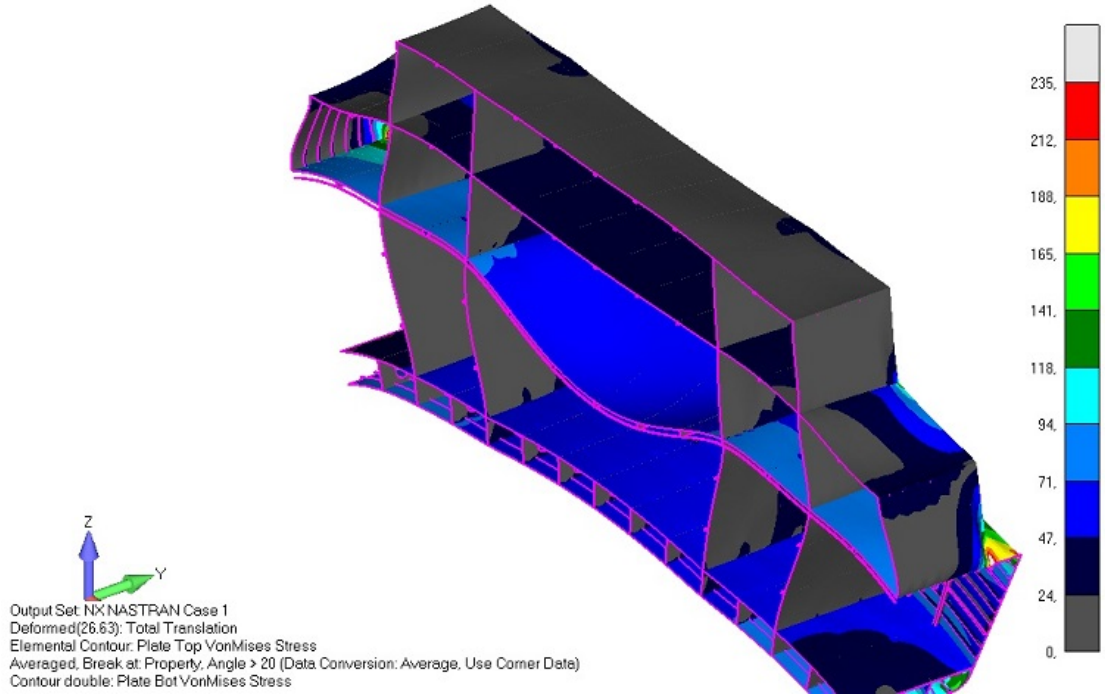
Şekil EkD.43 Al-Al-5 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



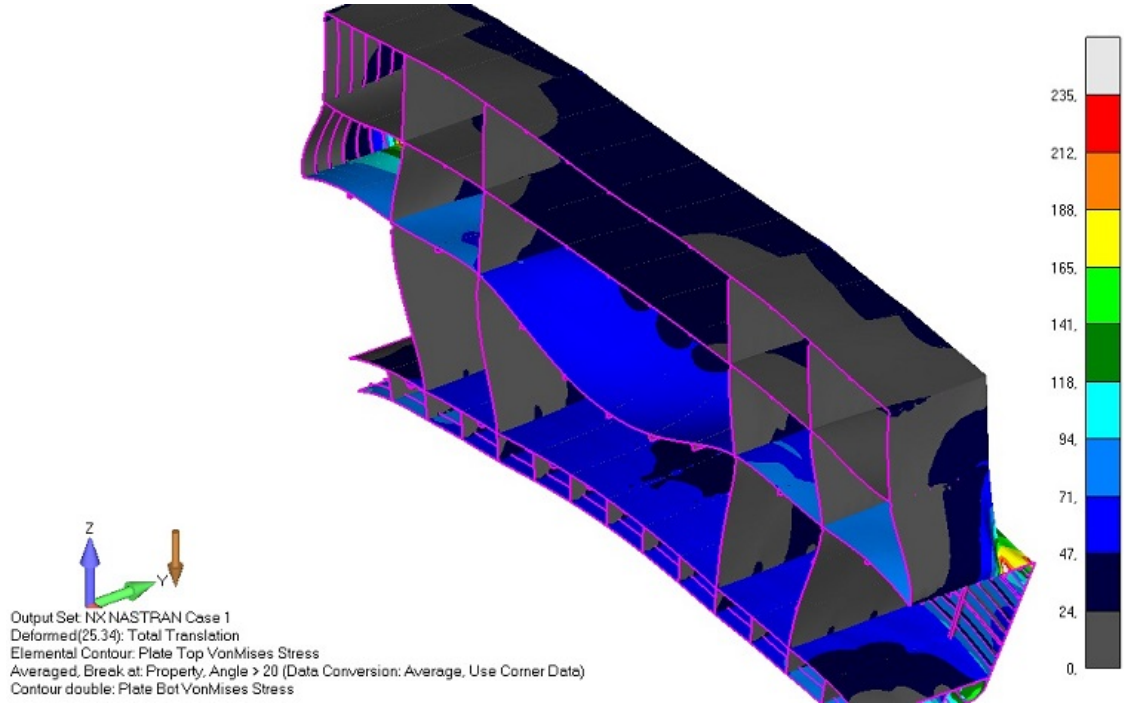
Şekil EkD.44 Al-Al-6 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



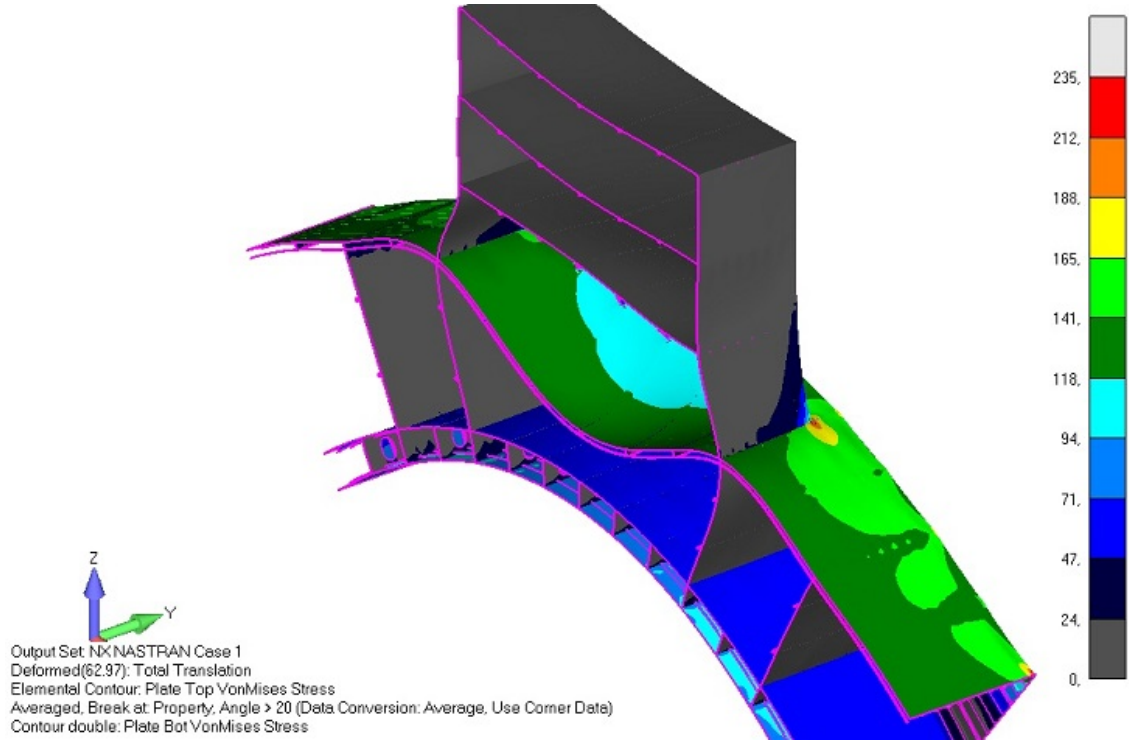
Şekil EKD.45 Al-AI-7 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



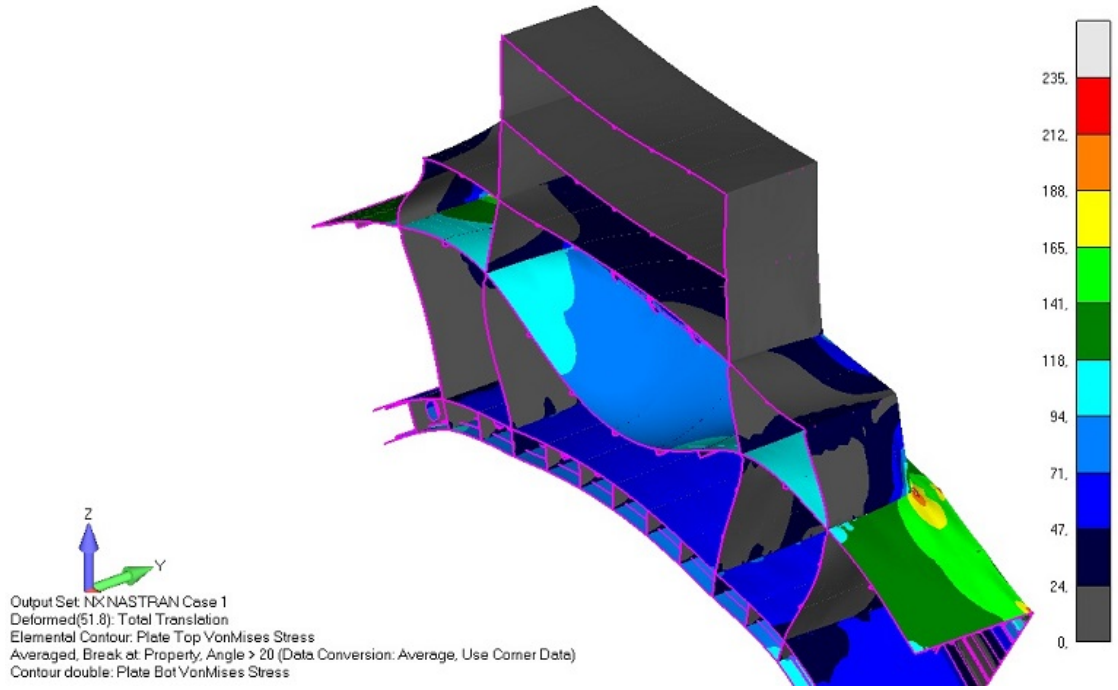
Şekil EKD.46 Al-AI-8 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



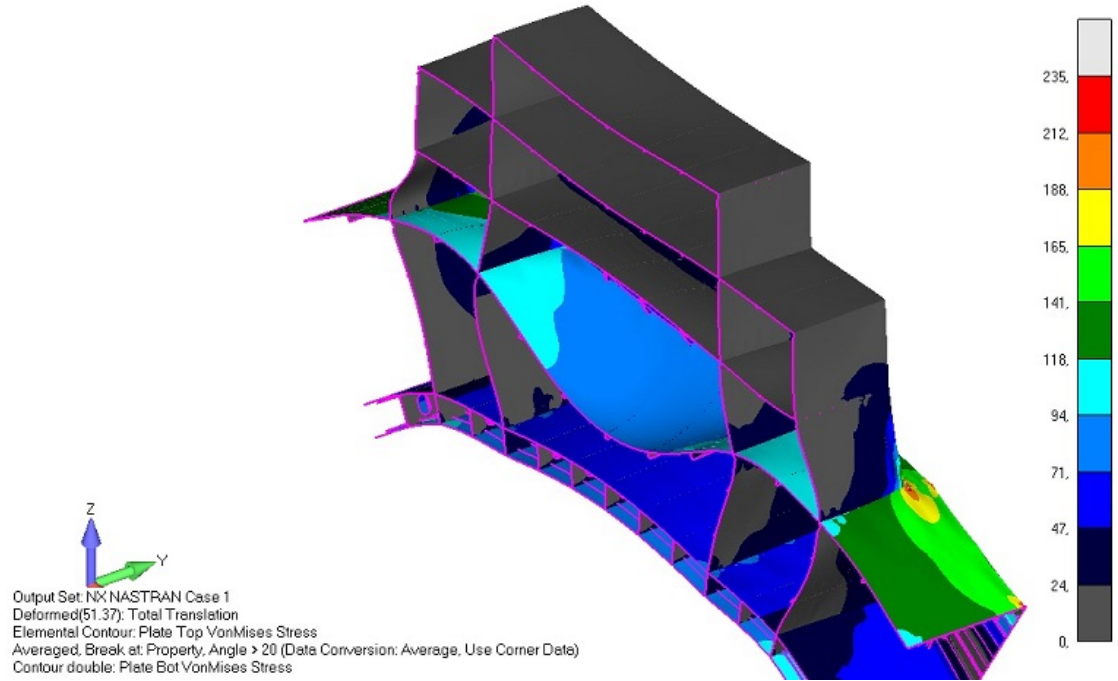
Şekil EkD.47 AI-AI-9 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



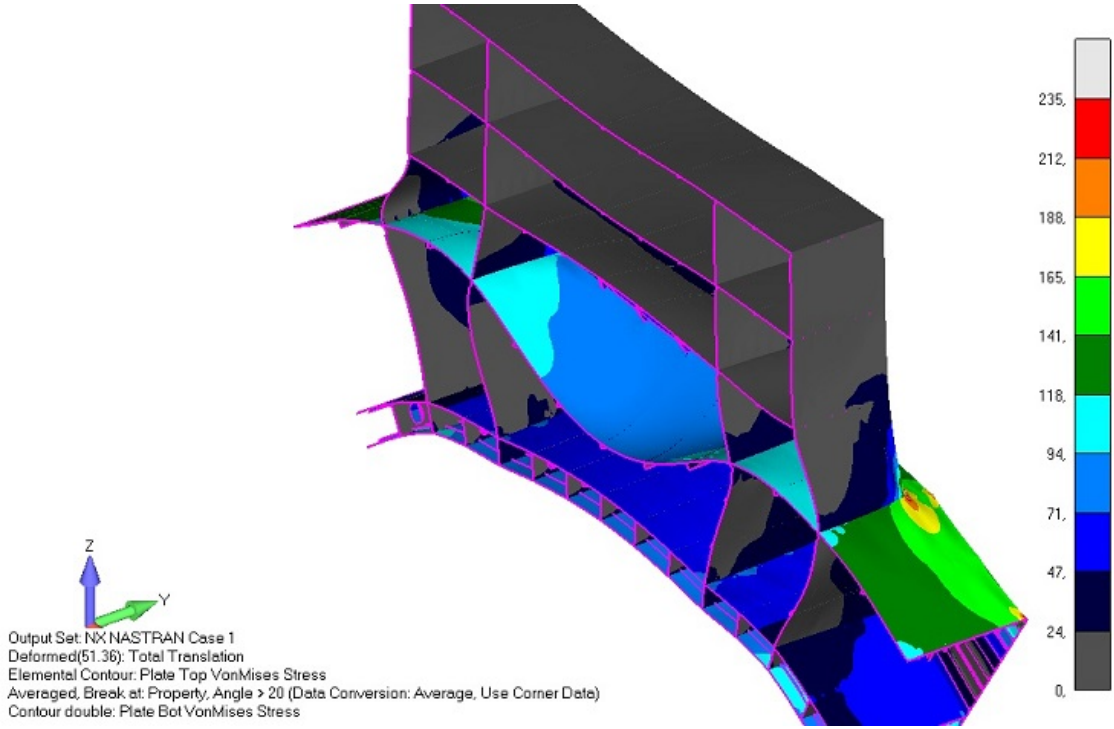
Şekil EkD.48 AI-AI-10 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



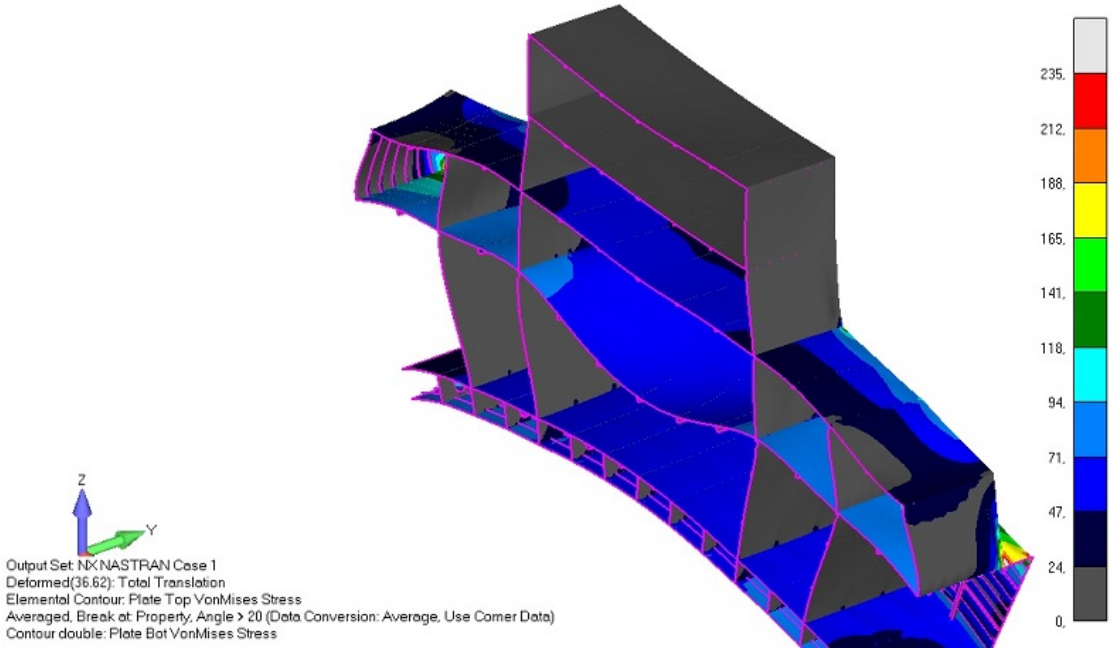
Şekil EkD.49 AI-AI-11 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



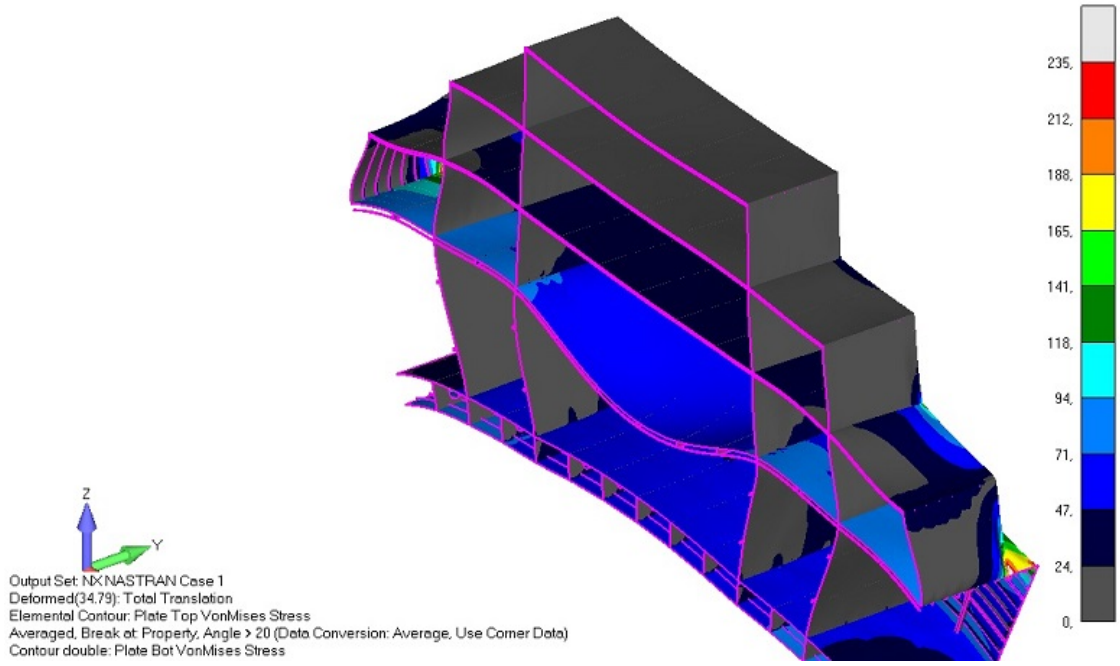
Şekil EkD.50 AI-AI-12 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



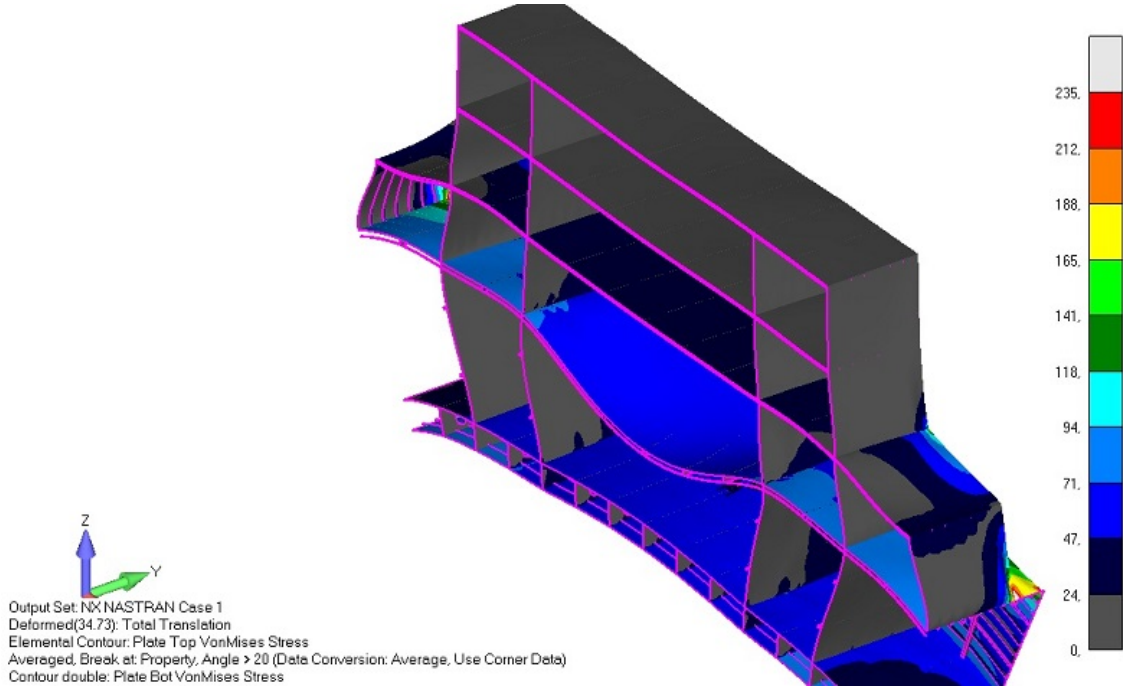
Şekil EkD.51 Al-Al-13 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



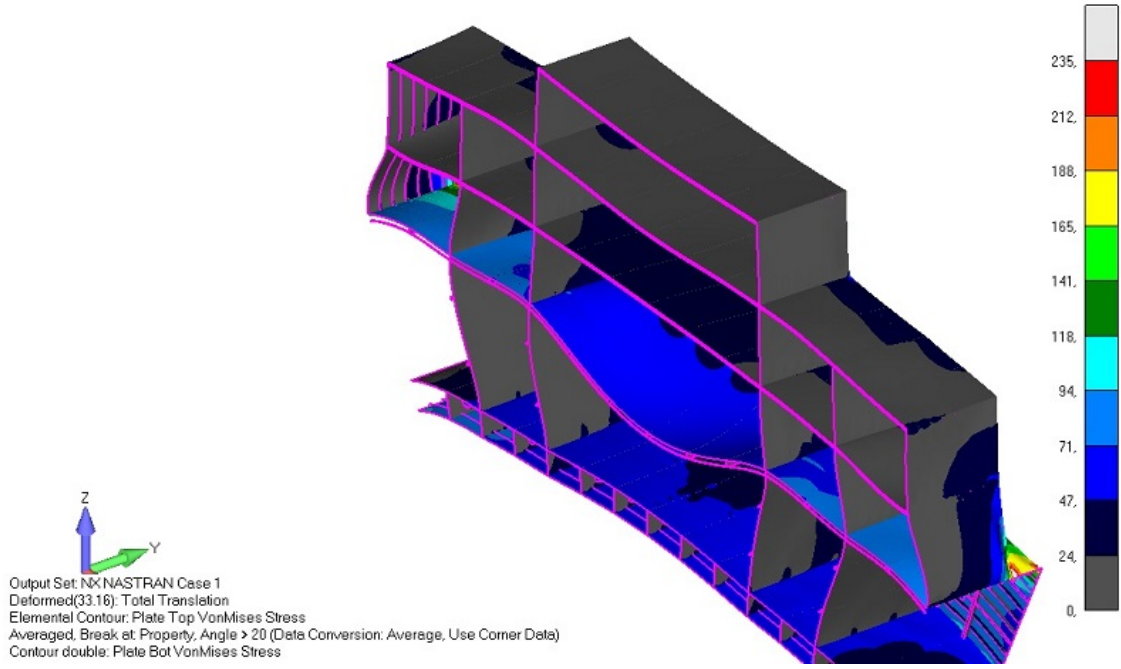
Şekil EkD.52 Al-Al-14 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



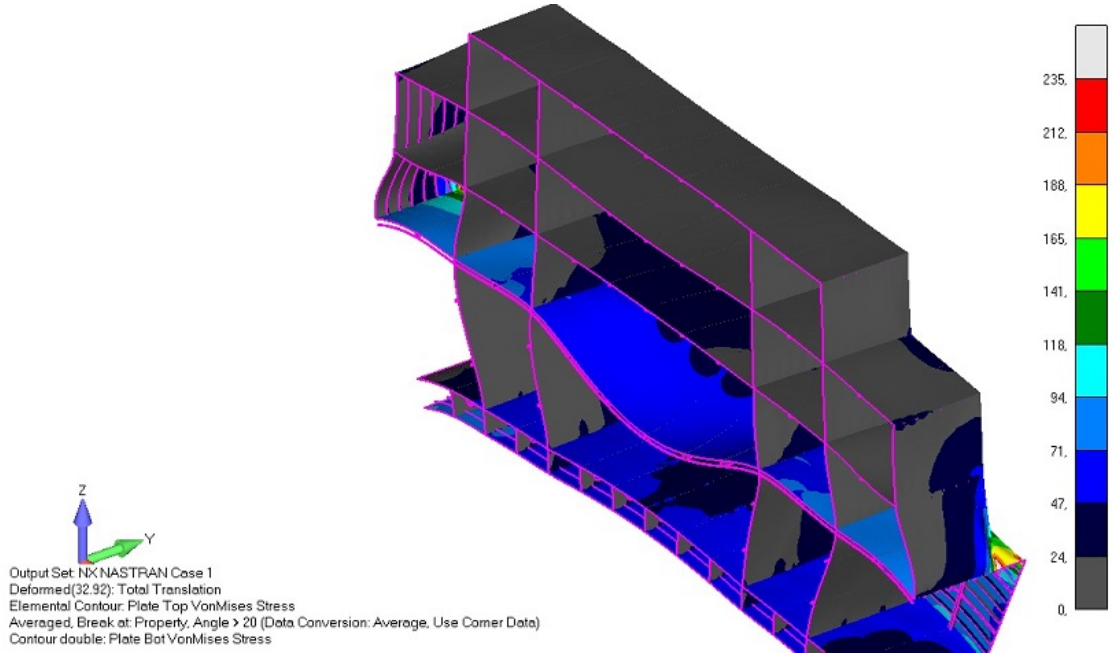
Şekil EkD.53 Al-Al-15 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



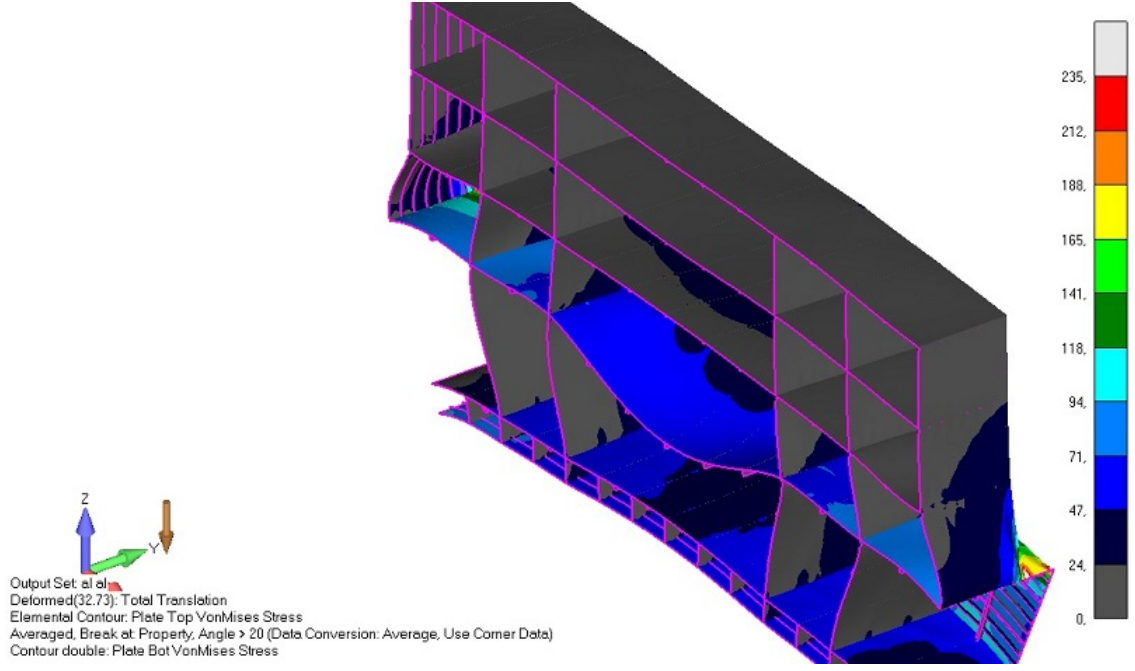
Şekil EkD.54 Al-Al-16 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



Şekil EkD.55 Al-Al-17 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



Şekil EkD.56 Al-Al-18 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları



Şekil EkD.57 Al-Al-19 Modeli için sonlu elemanlar sonuçları

C_E İÇİN REGRESYON ANALİZİ VE SONUÇLARI

Çizelge EkE.1 St-St için analize dahil edilen dizayn değişkenleri-1

	L _{s1}	L _{s2}	L _{s3}	L _{wl}	L _{s1} /L _{wl}	L _{s2} /L _{wl}	L _{s3} /L _{wl}	D	S _n	H _s	H _s /(H _s +D)	a	A ₁	A ₂	A ₁ /A ₂
St-St-1	12000	0	0	46300	0,25918	0	0	5900	1	3000	0,33708	5850	125794	427203	0,29446
St-St-2	20000	0	0	46300	0,43197	0	0	5900	1	3000	0,33708	5850	125794	427203	0,29446
St-St-3	28000	0	0	46300	0,60475	0	0	5900	1	3000	0,33708	5850	125794	427203	0,29446
St-St-4	12000	12000	0	46300	0,25918	0,259179	0	5900	2	6000	0,50420	7350	251588	427203	0,58892
St-St-5	20000	12000	0	46300	0,43197	0,259179	0	5900	2	6000	0,50420	7350	251588	427203	0,58892
St-St-6	20000	20000	0	46300	0,43197	0,431965	0	5900	2	6000	0,50420	7350	251588	427203	0,58892
St-St-7	28000	12000	0	46300	0,60475	0,259179	0	5900	2	6000	0,50420	7350	251588	427203	0,58892
St-St-8	28000	20000	0	46300	0,60475	0,431965	0	5900	2	6000	0,50420	7350	251588	427203	0,58892
St-St-9	28000	28000	0	46300	0,60475	0,604752	0	5900	2	6000	0,50420	7350	251588	427203	0,58892
St-St-10	12000	12000	12000	46300	0,25918	0,259179	0,2591793	5900	3	9000	0,60403	8850	377382	427203	0,88338
St-St-11	20000	12000	12000	46300	0,43197	0,259179	0,2591793	5900	3	9000	0,60403	8850	377382	427203	0,88338
St-St-12	20000	20000	12000	46300	0,43197	0,431965	0,2591793	5900	3	9000	0,60403	8850	377382	427203	0,88338
St-St-13	20000	20000	20000	46300	0,43197	0,431965	0,4319654	5900	3	9000	0,60403	8850	377382	427203	0,88338
St-St-14	28000	12000	12000	46300	0,60475	0,259179	0,2591793	5900	3	9000	0,60403	8850	377382	427203	0,88338
St-St-15	28000	20000	12000	46300	0,60475	0,431965	0,2591793	5900	3	9000	0,60403	8850	377382	427203	0,88338
St-St-16	28000	20000	20000	46300	0,60475	0,431965	0,4319654	5900	3	9000	0,60403	8850	377382	427203	0,88338
St-St-17	28000	28000	12000	46300	0,60475	0,604752	0,2591793	5900	3	9000	0,60403	8850	377382	427203	0,88338
St-St-18	28000	28000	20000	46300	0,60475	0,604752	0,4319654	5900	3	9000	0,60403	8850	377382	427203	0,88338
St-St-19	28000	28000	28000	46300	0,60475	0,604752	0,6047516	5900	3	9000	0,60403	8850	377382	427203	0,88338

Çizelge EkE.2 St-St için analize dahil edilen dizayn değişkenleri-2

	I_A	α_1	α_2	I_1	I_2	μ	E_1	E_2	M	ΔN_1	ΔN_2	ΔM_1	ΔM_2	$\Delta \sigma_{1(T)}$	$\Delta \sigma_{2(D)}$	$\Delta \sigma_{2(B)}$
St-St-1	3,3257E+12	0,395726	0,603932	1,0999E+11	2,41995E+12	0,322021	206000	206000	1E+11	7435327	-7435327	-7,1E+09	5,06E+10	103,6249	-91,3431	32,13177
St-St-2	3,3257E+12	0,395726	0,603932	1,0999E+11	2,41995E+12	0,322021	206000	206000	1E+11	7435327	-7435327	-7,1E+09	5,06E+10	103,6249	-91,3431	32,13177
St-St-3	3,3257E+12	0,395726	0,603932	1,0999E+11	2,41995E+12	0,322021	206000	206000	1E+11	7435327	-7435327	-7,1E+09	5,06E+10	103,6249	-91,3431	32,13177
St-St-4	8,5539E+12	0,519048	0,48068	7,8605E+11	2,41995E+12	0,800093	206000	206000	1E+11	5029759	-5029759	-2,5E+10	6,22E+10	90,22402	-102,633	49,09898
St-St-5	8,5539E+12	0,519048	0,48068	7,8605E+11	2,41995E+12	0,800093	206000	206000	1E+11	5029759	-5029759	-2,5E+10	6,22E+10	90,22402	-102,633	49,09898
St-St-6	8,5539E+12	0,519048	0,48068	7,8605E+11	2,41995E+12	0,800093	206000	206000	1E+11	5029759	-5029759	-2,5E+10	6,22E+10	90,22402	-102,633	49,09898
St-St-7	8,5539E+12	0,519048	0,48068	7,8605E+11	2,41995E+12	0,800093	206000	206000	1E+11	5029759	-5029759	-2,5E+10	6,22E+10	90,22402	-102,633	49,09898
St-St-8	8,5539E+12	0,519048	0,48068	7,8605E+11	2,41995E+12	0,800093	206000	206000	1E+11	5029759	-5029759	-2,5E+10	6,22E+10	90,22402	-102,633	49,09898
St-St-9	8,5539E+12	0,519048	0,48068	7,8605E+11	2,41995E+12	0,800093	206000	206000	1E+11	5029759	-5029759	-2,5E+10	6,22E+10	90,22402	-102,633	49,09898
St-St-10	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	206000	206000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
St-St-11	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	206000	206000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
St-St-12	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	206000	206000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
St-St-13	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	206000	206000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
St-St-14	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	206000	206000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
St-St-15	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	206000	206000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
St-St-16	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	206000	206000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
St-St-17	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	206000	206000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
St-St-18	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	206000	206000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
St-St-19	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	206000	206000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768

Çizelge EkE.3 St-St için analize dahil edilen dizayn değişkenleri-3

	I	e	$\sigma_{N(T)}$	$\sigma_{N(D)}$	$\sigma_{N(B)}$	$\sigma_{(FEM)T}$	$\sigma_{(FEM)T1}$	$\sigma_{(FEM)T2}$	$\sigma_{(FEM)T3}$	$\sigma_{(FEM)D}$	$\sigma_{(FEM)B}$	$C_{E(T)}$	$C_{E(D)}$	$C_{E(B)}$
St-St-1	5,85E+12	2203	-88,8877	-37,6359	63,15933	-4,35064	4,350635	0	0	-126,116	92,7038	0,8158	0,968655	0,919478
St-St-2	5,85E+12	2203	-88,8877	-37,6359	63,15933	-28,1928	28,19284	0	0	-93,153	80,72993	0,585718	0,607786	0,546829
St-St-3	5,85E+12	2203	-88,8877	-37,6359	63,15933	-61,3914	61,39142	0	0	-62,998	70,44933	0,265345	0,277657	0,226878
St-St-4	1,18E+13	810	-57,9308	-6,89045	43,29925	-6,17054	5,001159	6,170541	0	-124,347	92,45385	0,573686	1,144433	1,001133
St-St-5	1,18E+13	810	-57,9308	-6,89045	43,29925	-2,45591	25,15234	2,455914	0	-92,4472	80,49223	0,614857	0,833621	0,75751
St-St-6	1,18E+13	810	-57,9308	-6,89045	43,29925	-2,98417	19,01073	2,984171	0	-91,1646	78,92676	0,609002	0,821124	0,725626
St-St-7	1,18E+13	810	-57,9308	-6,89045	43,29925	-0,48285	51,96961	0,482852	0	-61,3301	69,55317	0,636726	0,530432	0,534714
St-St-8	1,18E+13	810	-57,9308	-6,89045	43,29925	-13,8266	36,20499	13,8266	0	-57,4401	65,81924	0,48883	0,492529	0,458665
St-St-9	1,18E+13	810	-57,9308	-6,89045	43,29925	-25,7583	27,98886	25,75831	0	-52,4585	62,44654	0,356585	0,443991	0,389973
St-St-10	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-3,62959	5,377791	0,952003	3,629586	-123,436	92,31882	0,494807	1,303763	1,038133
St-St-11	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-3,0093	25,4279	1,169636	3,009304	-91,8813	80,45319	0,503131	0,978322	0,835674
St-St-12	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-2,38952	19,34979	4,766613	2,389521	-90,797	78,92841	0,511449	0,967139	0,809657
St-St-13	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-2,40612	18,96693	4,285307	2,406116	-90,8104	78,79393	0,511226	0,967276	0,807363
St-St-14	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-2,2299	51,94977	2,422055	2,229904	-61,0556	69,55492	0,513591	0,660396	0,649721
St-St-15	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-0,8357	35,84037	12,03363	0,835695	-57,3505	65,70348	0,532302	0,622182	0,584005
St-St-16	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-1,99757	35,03471	8,965758	1,997571	-57,4509	65,254	0,516709	0,623218	0,576336
St-St-17	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-0,25918	27,13824	22,47054	0,259182	-52,3613	62,19054	0,540039	0,570726	0,524065
St-St-18	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-6,03676	24,97044	15,88296	6,036757	-52,1982	61,05247	0,462502	0,569043	0,504647
St-St-19	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-11,1851	23,08225	12,73186	11,18512	-51,5502	59,98385	0,39341	0,56236	0,486414

Çizelge EkE.4 St-Al için analize dahil edilen dizayn değişkenleri-1

	L _{s1}	L _{s2}	L _{s3}	L _{wl}	L _{s1} /L _{wl}	L _{s2} /L _{wl}	L _{s3} /L _{wl}	D	S _n	H _s	H _s /(H _s +D)	a	A ₁	A ₂	A ₁ /A ₂
St-Al-1	12000	0	0	46300	0,25918	0	0	5900	1	3000	0,337078652	5850	125794	427203	0,29446
St-Al-2	20000	0	0	46300	0,43197	0	0	5900	1	3000	0,337078652	5850	125794	427203	0,29446
St-Al-3	28000	0	0	46300	0,60475	0	0	5900	1	3000	0,337078652	5850	125794	427203	0,29446
St-Al-4	12000	12000	0	46300	0,25918	0,259179	0	5900	2	6000	0,504201681	7350	251588	427203	0,58892
St-Al-5	20000	12000	0	46300	0,43197	0,259179	0	5900	2	6000	0,504201681	7350	251588	427203	0,58892
St-Al-6	20000	20000	0	46300	0,43197	0,431965	0	5900	2	6000	0,504201681	7350	251588	427203	0,58892
St-Al-7	28000	12000	0	46300	0,60475	0,259179	0	5900	2	6000	0,504201681	7350	251588	427203	0,58892
St-Al-8	28000	20000	0	46300	0,60475	0,431965	0	5900	2	6000	0,504201681	7350	251588	427203	0,58892
St-Al-9	28000	28000	0	46300	0,60475	0,604752	0	5900	2	6000	0,504201681	7350	251588	427203	0,58892
St-Al-10	12000	12000	12000	46300	0,25918	0,259179	0,2591793	5900	3	9000	0,604026846	8850	377382	427203	0,88338
St-Al-11	20000	12000	12000	46300	0,43197	0,259179	0,2591793	5900	3	9000	0,604026846	8850	377382	427203	0,88338
St-Al-12	20000	20000	12000	46300	0,43197	0,431965	0,2591793	5900	3	9000	0,604026846	8850	377382	427203	0,88338
St-Al-13	20000	20000	20000	46300	0,43197	0,431965	0,4319654	5900	3	9000	0,604026846	8850	377382	427203	0,88338
St-Al-14	28000	12000	12000	46300	0,60475	0,259179	0,2591793	5900	3	9000	0,604026846	8850	377382	427203	0,88338
St-Al-15	28000	20000	12000	46300	0,60475	0,431965	0,2591793	5900	3	9000	0,604026846	8850	377382	427203	0,88338
St-Al-16	28000	20000	20000	46300	0,60475	0,431965	0,4319654	5900	3	9000	0,604026846	8850	377382	427203	0,88338
St-Al-17	28000	28000	12000	46300	0,60475	0,604752	0,2591793	5900	3	9000	0,604026846	8850	377382	427203	0,88338
St-Al-18	28000	28000	20000	46300	0,60475	0,604752	0,4319654	5900	3	9000	0,604026846	8850	377382	427203	0,88338
St-Al-19	28000	28000	28000	46300	0,60475	0,604752	0,6047516	5900	3	9000	0,604026846	8850	377382	427203	0,88338

Çizelge EkE.5 St-Al için analize dahil edilen dizayn değişkenleri-2

	I_A	α_1	α_2	I_1	I_2	μ	E_1	E_2	M	ΔN_1	ΔN_2	ΔM_1	ΔM_2	$\Delta \sigma_{1(T)}$	$\Delta \sigma_{2(D)}$	$\Delta \sigma_{2(B)}$
St-Al-1	3,3257E+12	0,395726	0,603932	1,0999E+11	2,41995E+12	0,322021	206000	70000	1E+11	7435327	-7435327	-7,1E+09	5,06E+10	103,6249	-91,3431	32,13177
St-Al-2	3,3257E+12	0,395726	0,603932	1,0999E+11	2,41995E+12	0,322021	206000	70000	1E+11	7435327	-7435327	-7,1E+09	5,06E+10	103,6249	-91,3431	32,13177
St-Al-3	3,3257E+12	0,395726	0,603932	1,0999E+11	2,41995E+12	0,322021	206000	70000	1E+11	7435327	-7435327	-7,1E+09	5,06E+10	103,6249	-91,3431	32,13177
St-Al-4	8,5539E+12	0,519048	0,48068	7,8605E+11	2,41995E+12	0,800093	206000	70000	1E+11	5029759	-5029759	-2,5E+10	6,22E+10	90,22402	-102,633	49,09898
St-Al-5	8,5539E+12	0,519048	0,48068	7,8605E+11	2,41995E+12	0,800093	206000	70000	1E+11	5029759	-5029759	-2,5E+10	6,22E+10	90,22402	-102,633	49,09898
St-Al-6	8,5539E+12	0,519048	0,48068	7,8605E+11	2,41995E+12	0,800093	206000	70000	1E+11	5029759	-5029759	-2,5E+10	6,22E+10	90,22402	-102,633	49,09898
St-Al-7	8,5539E+12	0,519048	0,48068	7,8605E+11	2,41995E+12	0,800093	206000	70000	1E+11	5029759	-5029759	-2,5E+10	6,22E+10	90,22402	-102,633	49,09898
St-Al-8	8,5539E+12	0,519048	0,48068	7,8605E+11	2,41995E+12	0,800093	206000	70000	1E+11	5029759	-5029759	-2,5E+10	6,22E+10	90,22402	-102,633	49,09898
St-Al-9	8,5539E+12	0,519048	0,48068	7,8605E+11	2,41995E+12	0,800093	206000	70000	1E+11	5029759	-5029759	-2,5E+10	6,22E+10	90,22402	-102,633	49,09898
St-Al-10	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	206000	70000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
St-Al-11	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	206000	70000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
St-Al-12	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	206000	70000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
St-Al-13	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	206000	70000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
St-Al-14	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	206000	70000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
St-Al-15	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	206000	70000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
St-Al-16	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	206000	70000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
St-Al-17	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	206000	70000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
St-Al-18	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	206000	70000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
St-Al-19	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	206000	70000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768

Çizelge EkE.6 St-Al için analize dahil edilen dizayn değişkenleri-3

	l	e	$\sigma_{N(T)}$	$\sigma_{N(D)}$	$\sigma_{N(B)}$	$\sigma_{(FEM)T}$	$\sigma_{(FEM)T1}$	$\sigma_{(FEM)T2}$	$\sigma_{(FEM)T3}$	$\sigma_{(FEM)D}$	$\sigma_{(FEM)B}$	$C_{E(T)}$	$C_{E(D)}$	$C_{E(B)}$
St-Al-1	5,85E+12	2203	-88,8877	-37,6359	63,15933	-0,63688	0,636877	0	0	-132,909	93,85168	0,851638	1,043024	0,955202
St-Al-2	5,85E+12	2203	-88,8877	-37,6359	63,15933	-0,63688	0,636877	0	0	-132,909	93,85168	0,851638	1,043024	0,955202
St-Al-3	5,85E+12	2203	-88,8877	-37,6359	63,15933	-34,1555	34,15554	0	0	-98,245	81,45909	0,528176	0,663532	0,569522
St-Al-4	1,18E+13	810	-57,9308	-6,89045	43,29925	-2,08364	2,133108	2,083636	0	-133,115	93,85004	0,618984	1,229867	1,029569
St-Al-5	1,18E+13	810	-57,9308	-6,89045	43,29925	-0,56056	14,09096	0,560555	0	-114,159	86,95	0,635865	1,045165	0,889036
St-Al-6	1,18E+13	810	-57,9308	-6,89045	43,29925	-4,55929	9,867853	4,559289	0	-111,801	85,12186	0,591545	1,022192	0,851802
St-Al-7	1,18E+13	810	-57,9308	-6,89045	43,29925	-0,53942	29,26269	0,53942	0	-95,4694	80,60191	0,636099	0,863068	0,759744
St-Al-8	1,18E+13	810	-57,9308	-6,89045	43,29925	-9,70076	21,28733	9,70076	0	-89,9322	77,02216	0,534559	0,809116	0,686835
St-Al-9	1,18E+13	810	-57,9308	-6,89045	43,29925	-18,0982	17,13792	18,0982	0	-83,8803	73,79974	0,441486	0,75015	0,621204
St-Al-10	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-1,31831	2,273257	0,311691	1,318311	-133,035	93,82996	0,525825	1,402761	1,063917
St-Al-11	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-1,26342	14,21472	0,771299	1,263422	-114,098	86,94791	0,526562	1,207456	0,946491
St-Al-12	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-0,74074	9,859119	4,409177	0,74074	-111,72	85,08501	0,533576	1,182928	0,914705
St-Al-13	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-1,08615	9,274327	2,891368	1,086148	-111,534	84,66748	0,528941	1,181014	0,907581
St-Al-14	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-1,14017	29,28059	1,40748	1,140174	-95,4336	80,60508	0,528216	1,014959	0,838266
St-Al-15	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-0,27727	21,00537	8,161456	0,277265	-89,6712	76,86301	0,539796	0,955527	0,774416
St-Al-16	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-2,60873	20,32679	5,674994	2,608732	-89,2369	76,19691	0,508507	0,951048	0,763051
St-Al-17	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-0,26422	16,52028	15,71153	0,264215	-83,3573	73,47278	0,539971	0,890407	0,71657
St-Al-18	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-5,42586	14,91238	11,04408	5,425864	-82,0054	71,99585	0,470701	0,876465	0,69137
St-Al-19	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-9,90672	13,49934	8,699057	9,906724	-80,3904	70,63712	0,410567	0,859808	0,668186

Çizelge EkE.7 Al-Al için analize dahil edilen dizayn değişkenleri-1

	L _{s1}	L _{s2}	L _{s3}	L _{wl}	L _{s1} /L _{wl}	L _{s2} /L _{wl}	L _{s3} /L _{wl}	D	S _n	H _s	H _s /(H _s +D)	a	A ₁	A ₂	A ₁ /A ₂
Al-Al-1	12000	0	0	46300	0,25918	0	0	5900	1	3000	0,337078652	5850	125794	427203	0,29446
Al-Al-2	20000	0	0	46300	0,43197	0	0	5900	1	3000	0,337078652	5850	125794	427203	0,29446
Al-Al-3	28000	0	0	46300	0,60475	0	0	5900	1	3000	0,337078652	5850	125794	427203	0,29446
Al-Al-4	12000	12000	0	46300	0,25918	0,259179	0	5900	2	6000	0,504201681	7350	251588	427203	0,58892
Al-Al-5	20000	12000	0	46300	0,43197	0,259179	0	5900	2	6000	0,504201681	7350	251588	427203	0,58892
Al-Al-6	20000	20000	0	46300	0,43197	0,431965	0	5900	2	6000	0,504201681	7350	251588	427203	0,58892
Al-Al-7	28000	12000	0	46300	0,60475	0,259179	0	5900	2	6000	0,504201681	7350	251588	427203	0,58892
Al-Al-8	28000	20000	0	46300	0,60475	0,431965	0	5900	2	6000	0,504201681	7350	251588	427203	0,58892
Al-Al-9	28000	28000	0	46300	0,60475	0,604752	0	5900	2	6000	0,504201681	7350	251588	427203	0,58892
Al-Al-10	12000	12000	12000	46300	0,25918	0,259179	0,2591793	5900	3	9000	0,604026846	8850	377382	427203	0,88338
Al-Al-11	20000	12000	12000	46300	0,43197	0,259179	0,2591793	5900	3	9000	0,604026846	8850	377382	427203	0,88338
Al-Al-12	20000	20000	12000	46300	0,43197	0,431965	0,2591793	5900	3	9000	0,604026846	8850	377382	427203	0,88338
Al-Al-13	20000	20000	20000	46300	0,43197	0,431965	0,4319654	5900	3	9000	0,604026846	8850	377382	427203	0,88338
Al-Al-14	28000	12000	12000	46300	0,60475	0,259179	0,2591793	5900	3	9000	0,604026846	8850	377382	427203	0,88338
Al-Al-15	28000	20000	12000	46300	0,60475	0,431965	0,2591793	5900	3	9000	0,604026846	8850	377382	427203	0,88338
Al-Al-16	28000	20000	20000	46300	0,60475	0,431965	0,4319654	5900	3	9000	0,604026846	8850	377382	427203	0,88338
Al-Al-17	28000	28000	12000	46300	0,60475	0,604752	0,2591793	5900	3	9000	0,604026846	8850	377382	427203	0,88338
Al-Al-18	28000	28000	20000	46300	0,60475	0,604752	0,4319654	5900	3	9000	0,604026846	8850	377382	427203	0,88338
Al-Al-19	28000	28000	28000	46300	0,60475	0,604752	0,6047516	5900	3	9000	0,604026846	8850	377382	427203	0,88338

Çizelge EkE.8 Al-Al için analize dahil edilen dizayn değişkenleri-2

	I_A	α_1	α_2	I_1	I_2	μ	E_1	E_2	M	ΔN_1	ΔN_2	ΔM_1	ΔM_2	$\Delta \sigma_{1(T)}$	$\Delta \sigma_{2(D)}$	$\Delta \sigma_{2(B)}$
Al-Al-1	3,3257E+12	0,395726	0,603932	1,0999E+11	2,41995E+12	0,322021	70000	70000	1E+11	7435327	-7435327	-7,1E+09	5,06E+10	103,6249	-91,3431	32,13177
Al-Al-2	3,3257E+12	0,395726	0,603932	1,0999E+11	2,41995E+12	0,322021	70000	70000	1E+11	7435327	-7435327	-7,1E+09	5,06E+10	103,6249	-91,3431	32,13177
Al-Al-3	3,3257E+12	0,395726	0,603932	1,0999E+11	2,41995E+12	0,322021	70000	70000	1E+11	7435327	-7435327	-7,1E+09	5,06E+10	103,6249	-91,3431	32,13177
Al-Al-4	8,5539E+12	0,519048	0,48068	7,8605E+11	2,41995E+12	0,800093	70000	70000	1E+11	5029759	-5029759	-2,5E+10	6,22E+10	90,22402	-102,633	49,09898
Al-Al-5	8,5539E+12	0,519048	0,48068	7,8605E+11	2,41995E+12	0,800093	70000	70000	1E+11	5029759	-5029759	-2,5E+10	6,22E+10	90,22402	-102,633	49,09898
Al-Al-6	8,5539E+12	0,519048	0,48068	7,8605E+11	2,41995E+12	0,800093	70000	70000	1E+11	5029759	-5029759	-2,5E+10	6,22E+10	90,22402	-102,633	49,09898
Al-Al-7	8,5539E+12	0,519048	0,48068	7,8605E+11	2,41995E+12	0,800093	70000	70000	1E+11	5029759	-5029759	-2,5E+10	6,22E+10	90,22402	-102,633	49,09898
Al-Al-8	8,5539E+12	0,519048	0,48068	7,8605E+11	2,41995E+12	0,800093	70000	70000	1E+11	5029759	-5029759	-2,5E+10	6,22E+10	90,22402	-102,633	49,09898
Al-Al-9	8,5539E+12	0,519048	0,48068	7,8605E+11	2,41995E+12	0,800093	70000	70000	1E+11	5029759	-5029759	-2,5E+10	6,22E+10	90,22402	-102,633	49,09898
Al-Al-10	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	70000	70000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
Al-Al-11	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	70000	70000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
Al-Al-12	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	70000	70000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
Al-Al-13	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	70000	70000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
Al-Al-14	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	70000	70000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
Al-Al-15	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	70000	70000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
Al-Al-16	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	70000	70000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
Al-Al-17	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	70000	70000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
Al-Al-18	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	70000	70000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768
Al-Al-19	1,5694E+13	0,600565	0,399209	2,5943E+12	2,41995E+12	1,383917	70000	70000	1E+11	1624875	-1624875	-4,9E+10	6,38E+10	74,51446	-96,9589	58,60768

Çizelge EkE.9 Al-Al için analize dahil edilen dizayn değişkenleri-3

	I	e	$\sigma_{N(T)}$	$\sigma_{N(D)}$	$\sigma_{N(B)}$	$\sigma_{(FEM)T}$	$\sigma_{(FEM)T1}$	$\sigma_{(FEM)T2}$	$\sigma_{(FEM)T3}$	$\sigma_{(FEM)D}$	$\sigma_{(FEM)B}$	$C_{E(T)}$	$C_{E(D)}$	$C_{E(B)}$
Al-Al-1	5,85E+12	2203	-88,8877	-37,6359	63,15933	-4,36456	4,364557	0	0	-126,063	92,3997	0,815665	0,968071	0,910014
Al-Al-2	5,85E+12	2203	-88,8877	-37,6359	63,15933	-27,6923	27,69225	0	0	-93,5508	80,46411	0,590548	0,612141	0,538557
Al-Al-3	5,85E+12	2203	-88,8877	-37,6359	63,15933	-60,6376	60,63758	0	0	-63,5853	70,29256	0,27262	0,284087	0,221999
Al-Al-4	1,18E+13	810	-57,9308	-6,89045	43,29925	-6,1554	4,889397	6,155397	0	-124,328	92,15202	0,573854	1,144255	0,994986
Al-Al-5	1,18E+13	810	-57,9308	-6,89045	43,29925	-2,52061	24,79187	2,520611	0	-92,8579	80,23136	0,61414	0,837623	0,752197
Al-Al-6	1,18E+13	810	-57,9308	-6,89045	43,29925	-2,80577	18,73887	2,805774	0	-91,6105	78,67649	0,61098	0,825469	0,720529
Al-Al-7	1,18E+13	810	-57,9308	-6,89045	43,29925	-0,39615	51,4014	0,39615	0	-61,959	69,41937	0,637687	0,53656	0,531989
Al-Al-8	1,18E+13	810	-57,9308	-6,89045	43,29925	-13,4713	35,91687	13,47134	0	-58,148	65,71272	0,492768	0,499427	0,456496
Al-Al-9	1,18E+13	810	-57,9308	-6,89045	43,29925	-25,2073	27,78095	25,20733	0	-53,2849	62,40752	0,362692	0,452044	0,389179
Al-Al-10	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-3,62651	5,235609	0,968762	3,626511	-123,435	92,01878	0,494848	1,303759	1,033013
Al-Al-11	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-3,03085	25,05431	1,111504	3,030846	-92,2912	80,19102	0,502842	0,982549	0,831201
Al-Al-12	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-2,42206	19,07561	4,624432	2,422057	-91,2371	78,67786	0,511012	0,971677	0,805382
Al-Al-13	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-2,4456	18,70605	4,134101	2,445599	-91,2505	78,54438	0,510696	0,971816	0,803105
Al-Al-14	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-2,26751	51,38134	2,353447	2,267509	-61,6785	69,42066	0,513086	0,666821	0,64743
Al-Al-15	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-0,90123	35,58142	11,79213	0,90123	-58,0499	65,60078	0,531422	0,629397	0,582253
Al-Al-16	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-1,86444	34,81427	8,767447	1,864436	-58,149	65,15562	0,518496	0,630418	0,574657
Al-Al-17	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-0,3086	26,98825	22,04637	0,308597	-53,1856	62,16281	0,539376	0,579227	0,523592
Al-Al-18	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-5,80951	24,89435	15,59964	5,809512	-53,0287	61,03882	0,465552	0,577609	0,504414
Al-Al-19	2,07E+13	-616	-40,4999	2,975659	31,47628	-10,8653	23,04675	12,4814	10,86532	-52,4024	59,99142	0,397702	0,57115	0,486543

Çizelge EkE.10 Regresyon analizine dahil edilen deney tekne karakteristikleri-1

	L_{s1}/L_{wl}	L_{s2}/L_{wl}	L_{s3}/L_{wl}	$H_s/(H_s+D)$	μ	E_1	E_2	$C_{E(FEM)}$
St-St-1	0,25918	0,00000	0,00000	0,33708	0,32202	206000	206000	0,96866
St-St-2	0,43197	0,00000	0,00000	0,33708	0,32202	206000	206000	0,60779
St-St-4	0,25918	0,25918	0,00000	0,50420	0,80009	206000	206000	1,14443
St-St-5	0,43197	0,25918	0,00000	0,50420	0,80009	206000	206000	0,83362
St-St-6	0,43197	0,43197	0,00000	0,50420	0,80009	206000	206000	0,82112
St-St-7	0,60475	0,25918	0,00000	0,50420	0,80009	206000	206000	0,53043
St-St-9	0,60475	0,60475	0,00000	0,50420	0,80009	206000	206000	0,44399
St-St-10	0,25918	0,25918	0,25918	0,60403	1,38392	206000	206000	1,30376
St-St-11	0,43197	0,25918	0,25918	0,60403	1,38392	206000	206000	0,97832
St-St-12	0,43197	0,43197	0,25918	0,60403	1,38392	206000	206000	0,96714
St-St-13	0,43197	0,43197	0,43197	0,60403	1,38392	206000	206000	0,96728
St-St-14	0,60475	0,25918	0,25918	0,60403	1,38392	206000	206000	0,66040
St-St-15	0,60475	0,43197	0,25918	0,60403	1,38392	206000	206000	0,62218
St-St-16	0,60475	0,43197	0,43197	0,60403	1,38392	206000	206000	0,62322
St-St-17	0,60475	0,60475	0,25918	0,60403	1,38392	206000	206000	0,57073
St-St-18	0,60475	0,60475	0,43197	0,60403	1,38392	206000	206000	0,56904
St-St-19	0,60475	0,60475	0,60475	0,60403	1,38392	206000	206000	0,56236
St-AI-5	0,43197	0,25918	0,00000	0,50420	0,80009	206000	70000	1,04516
St-AI-6	0,43197	0,43197	0,00000	0,50420	0,80009	206000	70000	1,02219
St-AI-7	0,60475	0,25918	0,00000	0,50420	0,80009	206000	70000	0,86307
St-AI-8	0,60475	0,43197	0,00000	0,50420	0,80009	206000	70000	0,80912
St-AI-9	0,60475	0,60475	0,00000	0,50420	0,80009	206000	70000	0,75015
St-AI-10	0,25918	0,25918	0,25918	0,60403	1,38392	206000	70000	1,40276
St-AI-11	0,43197	0,25918	0,25918	0,60403	1,38392	206000	70000	1,20746

Çizelge EkE.11 Regresyon analizine dahil edilen deney tekne karakteristikleri-2

	L_{s1}/L_{wl}	L_{s2}/L_{wl}	L_{s3}/L_{wl}	$H_s/(H_s+D)$	μ	E_1	E_2	$C_{E(FEM)}$
St-AI-12	0,43197	0,43197	0,25918	0,60403	1,38392	206000	70000	1,18293
St-AI-14	0,60475	0,25918	0,25918	0,60403	1,38392	206000	70000	1,01496
St-AI-15	0,60475	0,43197	0,25918	0,60403	1,38392	206000	70000	0,95553
St-AI-16	0,60475	0,43197	0,43197	0,60403	1,38392	206000	70000	0,95105
St-AI-17	0,60475	0,60475	0,25918	0,60403	1,38392	206000	70000	0,89041
St-AI-18	0,60475	0,60475	0,43197	0,60403	1,38392	206000	70000	0,87646
St-AI-19	0,60475	0,60475	0,60475	0,60403	1,38392	206000	70000	0,85981
AI-AI-1	0,25918	0,00000	0,00000	0,33708	0,32202	70000	70000	0,96807
AI-AI-4	0,25918	0,25918	0,00000	0,50420	0,80009	70000	70000	1,14426
AI-AI-5	0,43197	0,25918	0,00000	0,50420	0,80009	70000	70000	0,83762
AI-AI-6	0,43197	0,43197	0,00000	0,50420	0,80009	70000	70000	0,82547
AI-AI-7	0,60475	0,25918	0,00000	0,50420	0,80009	70000	70000	0,53656
AI-AI-8	0,60475	0,43197	0,00000	0,50420	0,80009	70000	70000	0,49943
AI-AI-9	0,60475	0,60475	0,00000	0,50420	0,80009	70000	70000	0,45204
AI-AI-10	0,25918	0,25918	0,25918	0,60403	1,38392	70000	70000	1,30376
AI-AI-11	0,43197	0,25918	0,25918	0,60403	1,38392	70000	70000	0,98255
AI-AI-12	0,43197	0,43197	0,25918	0,60403	1,38392	70000	70000	0,97168
AI-AI-13	0,43197	0,43197	0,43197	0,60403	1,38392	70000	70000	0,97182
AI-AI-14	0,60475	0,25918	0,25918	0,60403	1,38392	70000	70000	0,66682
AI-AI-15	0,60475	0,43197	0,25918	0,60403	1,38392	70000	70000	0,62940
AI-AI-16	0,60475	0,43197	0,43197	0,60403	1,38392	70000	70000	0,63042
AI-AI-17	0,60475	0,60475	0,25918	0,60403	1,38392	70000	70000	0,57923
AI-AI-18	0,60475	0,60475	0,43197	0,60403	1,38392	70000	70000	0,57761
AI-AI-19	0,60475	0,60475	0,60475	0,60403	1,38392	70000	70000	0,57115

SUMMARY OUTPUT					
Regression Statistics					
Multiple R	0,989863				
R Square	0,979829				
Adjusted R Square	0,976299				
Standard Error	0,037656				
Observations	48				
Anova					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	7,000	2,755	0,394	277,575	0,000
Residual	40,000	0,057	0,001		
Total	47,000	2,812			
	Coef.	St. Error	t Stat	P-value	
Intercept	0,883	0,143	6,193	0,000	
L _{s1} /L _{wl}	-1,691	0,055	-30,487	0,000	
L _{s2} /L _{wl}	-0,246	0,053	-4,611	0,000	
L _{s3} /L _{wl}	-0,032	0,068	-0,472	0,640	
H _s /(H _s +D)	1,521	0,484	3,145	0,003	
μ	-0,011	0,118	-0,091	0,928	
E ₁	0,000	0,000	19,251	0,000	
E ₂	0,000	0,000	-19,496	0,000	

Şekil EkE.1 C_E için regresyon analiz sonuçları

Çizelge EkE.12 Deney tekneleri fark yüzdeleri-1

Gözlem	Öngörülen $C_{E(D)}$	Farklar	FARK/ASIL %
St-St-1	0,94318	0,02547	2,7
St-St-2	0,65092	-0,04313	6,6
St-St-4	1,12843	0,01600	1,4
St-St-5	0,83616	-0,00254	0,3
St-St-6	0,79362	0,02751	3,5
St-St-7	0,54390	-0,01347	2,5
St-St-9	0,45881	-0,01482	3,2
St-St-10	1,26567	0,03810	3,0
St-St-11	0,97340	0,00492	0,5
St-St-12	0,93086	0,03628	3,9
St-St-13	0,92530	0,04198	4,5
St-St-14	0,68114	-0,02074	3,0
St-St-15	0,63859	-0,01641	2,6
St-St-16	0,63303	-0,00982	1,6
St-St-17	0,59604	-0,02532	4,2
St-St-18	0,59049	-0,02145	3,6
St-St-19	0,58493	-0,02257	3,9
St-AI-5	1,10781	-0,06265	5,7
St-AI-6	1,06527	-0,04307	4,0
St-AI-7	0,81555	0,04752	5,8
St-AI-8	0,77300	0,03612	4,7
St-AI-9	0,73045	0,01970	2,7
St-AI-10	1,53731	-0,13455	8,8
St-AI-11	1,24505	-0,03759	3,0

Çizelge EkE.13 Deney tekneleri fark yüzdeleri-2

Gözlem	Öngörülen $C_{E(D)}$	Farklar	FARK/ASIL %
St-AI-12	1,20250	-0,01957	1,6
St-AI-14	0,95278	0,06218	6,5
St-AI-15	0,91024	0,04529	5,0
St-AI-16	0,90468	0,04637	5,1
St-AI-17	0,86769	0,02272	2,6
St-AI-18	0,86214	0,01433	1,7
St-AI-19	0,85658	0,00323	0,4
AI-AI-1	0,95041	0,01766	1,9
AI-AI-4	1,13566	0,00859	0,8
AI-AI-5	0,84340	-0,00578	0,7
AI-AI-6	0,80085	0,02462	3,1
AI-AI-7	0,55113	-0,01457	2,6
AI-AI-8	0,50859	-0,00916	1,8
AI-AI-9	0,46604	-0,01400	3,0
AI-AI-10	1,27290	0,03086	2,4
AI-AI-11	0,98063	0,00191	0,2
AI-AI-12	0,93809	0,03359	3,6
AI-AI-13	0,93253	0,03928	4,2
AI-AI-14	0,68837	-0,02155	3,1
AI-AI-15	0,64582	-0,01643	2,5
AI-AI-16	0,64027	-0,00985	1,5
AI-AI-17	0,60328	-0,02405	4,0
AI-AI-18	0,59772	-0,02011	3,4
AI-AI-19	0,59217	-0,02102	3,5

EK-F

STABİLİTE KRİTERİ

Bu kısımda günümüzdeki 'IMO Hasarsız Stabilite Kodu (2008)' kurallarının belirlenmesinde izlenen yöntemler nedenleriyle incelenmiş ve yatlar için gerekli olan koşulları içeren minimum şartları sağlayacak kriter önerilmiştir [13], [14].

IMO Kurallarının Oluşturulmasının Arka Planı

Askeri kurumlar tarafından öncelik yaralı stabilite iken, sivil kurumlar hasarsız stabiliteye odaklanmıştır. 1960 yılında bir çok ülkenin katılım gösterdiği 'Uluslararası SOLAS' konferansı öncesinde (SOLAS 60) gemilerin teknik gereksinimlerinin güvenli şekilde belirlenmesi, geliştirilmesi ve birbirleriyle harmanlanması için IMCO kurulmuştur. Günümüzde güncellenmiş adı IMO olup halen Birleşmiş Milletler'e bağlıdır ve bünyesinde 130 üye ülke bulunmaktadır [23].

1962'de 'Bölmelendirme ve Stabilite' alt komitesi oluşturulmuş ve 1968'de ilk uluslararası stabilite kriteri Önerge A.167 adı ile onaylanmıştır. Bu kriter, Rahola'nın 1935 yılında Baltık Denizi'nde alabora olmuş gemiler üzerinde yaptığı çalışmalara dayanmaktadır.

Bu genelgenin getirdiği gereksinimler aşağıdaki gibidir [16]:

- GZ eğrisi altında kalan alan, 30 dereceye kadar 0,055 m.rad'dan büyük olmak zorundadır.
- GZ eğrisi altında kalan alan, 40 dereceye veya güverte üstündeki ilk açıklıktan su girme açısına (Φ_f) kadar (hangisi küçükse) 0,090 m.rad'dan büyük olmak zorundadır.
- GZ eğrisi altında kalan alan, 30 ile 40 derece (veya Φ_f) arasında 0,030 m.rad'dan büyük olmak zorundadır.
- Doğrultma kolu GZ, 30 derecenin üstünde 0,2 m değerine ulaşabilmelidir.
- Maksimum doğrultma kolu GZ_{max} tercihen 30 ve zorunlu olarak 25 derecenin üzerinde oluşmalıdır.
- Başlangıç metasantr yüksekliği (GM_0) 0,15 m'den büyük olmalıdır.

- Statik meyil açısı, yolcuların belli bir tarafta (sancak veya iskele) yoğunluklu olarak toplanmasıyla 10 derecenin üstünde olmamalıdır.

1970 ve 1980’lerde IMO, mevcut kriterin rüzgar ve alabora olma ile kinetik enerjinin absorbe edilmesi konularının dahil edilerek geliştirilmesi konusunda çalışmalar yapmıştır. Bununla ilgili bir dizi kriter 1985’te Genelge A.562 ile ve daha sonra 1993’te, A.167, A.206, A168 ve A.562’yi de kapsayacak şekilde yayınlanmıştır. Bu genelgedeki hava şartları ile ilgili kriterler (weather criteria), kaynağının hangi hesaplara dayandığı gösterilmeyen basitleştirilmiş denklemler ve tablolar içeriyordu. Fakat bu yeni kriteri öncekilerle kıyaslayabilmek için veya gereksinim derecesini belirleyebilmek için bu denklemlerin temelini bilmesi gerekiyordu. 1970’lerdeki ve 1980’lerin başlarındaki alt komitenin yıllık toplantıları esnasında Stabilitate ve Load Line alt birimleri tarafından sunulan çalışma dökümanları genelgenin yeniden yapılandırılmasında kullanılmıştır. Bu husus ilerleyen kısımlarda yine incelenecektir.

Japon Hava Kriteri

Japonya tarafından Stab XXIV/4 no.lu belge Eylül 1979’da IMO’ya sunulmuş olup, Genelge A.167’yi tamamlayıcı nitelikte hava şartları ile ilgili çalışma teklif edilmiştir. Burada rüzgar etkisi ve ani rüzgarın oluşturacağı etki dikkate alınmıştır. Japonya tarafından önerilen kriter aşağıdaki gibidir [34]:

- Metasantrik yükseklik:

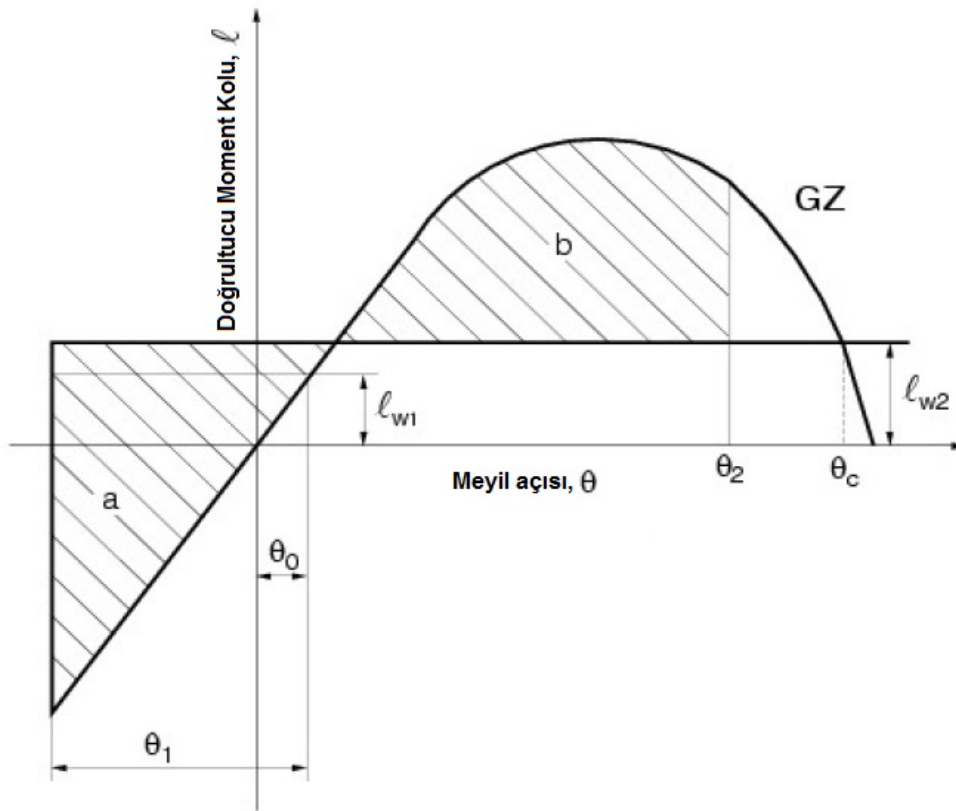
$$GM > \frac{\text{rüzgara veya yolcuların yer değiştirmesine bağlı oluşacak meyil momenti}}{\Delta \cdot \text{freebordun } \%70' \text{ i su altında iken oluşacak meyil açısı}}$$

- Dinamik stabilite: $\frac{\text{Toparlama enerjisi}}{\text{Alabora olması için gerekli min.enerji}}$

- Maksimum doğrultma kolu: $0,275m \geq GZ_{\max} \geq 0,0215.B$

Dinamik stabilite kriterine göre gemi, sabit rüzgar etkisiyle bir Φ_0 açısı ve dalgaların etkisine bağlı olarak da bir Φ_1 açısı alacaktır. Gemi, rüzgar istikametinde meyil yaptığında ani rüzgarın etkisinde kalacaktır. Dinamik stabilite, kompartımanların su almaya başlayacağı Φ_2 açısına kadar gemiyi stabil pozisyonuna getirmek için yeterli olmalıdır.

Dinamik stabilite, aşağıda Şekil EkF.1’de gösterildiği gibi GZ eğrisi ile ani rüzgar karşısında oluşacak rüzgar kolu arasında kalan alandır. Gerekli stabiliteye sahip olabilmek için b alanının a alanından büyük olması gereklidir. Japonya tarafından önerilen rüzgar hızı, okyanusu geçecek olan gemiler için 26 m/s ve kıyı gemileri için de 19 m/s olarak verilmiştir. Ani rüzgar etkisi, sabit rüzgarın $\sqrt{1,5}$ katı olarak (veya sabit rüzgar momentinin 1,5 katı) önerilmiştir. Önerilen rüzgar veya ani rüzgar hızı ile ilgili hiçbir gerekçe verilmemiştir.



Şekil EkF.1 Japon kriteri stabilite eğrileri [32]

Japonya, rüzgara bağlı meyil momenti ve maksimum yalpalama büyüklüğü (Φ_1) ile ilgili aşağıdaki denklemleri önermiştir:

➤ Rüzgara Bağlı Meyil Momenti

$$D_{w1} = \frac{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_D V^2 \cdot A \cdot Z}{\Delta} \quad (\text{EkF.1})$$

Burada, $A \text{ (m}^2\text{)}$ = Rüzgarın etki ettiği geminin yanal alanı,

$Z \text{ (m)}$ = A'nın alan merkezi ile su altında kalan kısmın projeksiyon alan merkezi arasındaki mesafe,

$V \text{ (m/s)}$ = Sabit rüzgar hızı,

$\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$ = Havanın yoğunluğu,

$C_D \text{ (m}^{-1}\text{s}^2\text{)}$ = Rüzgar direnci katsayısı,

$\Delta \text{ (ton)}$ = Deplasmandır.

Japonya, sıradan boyutsal oranlara sahip gemiler için ('sıradan' teriminin tanımı yapılmamıştır) $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_D = 0,76 \cdot 10^{-4}$ rüzgar direnci katsayısını önermiştir. Bu denklem düzenlendiğinde $C_D = 0,117 \text{ m}^{-1}\text{s}^2$ 'ye eşit olacaktır.

Rüzgara bağlı meyil momenti, meyil açısından ayrı incelenmiş ve ani rüzgara bağlı oluşacak moment için $D_{w2} = 1,5 \cdot D_{w1}$ bağıntısı kullanılacaktır.

➤ Yalpa Genliği

Yalpa genliği düzenli dalgada yalpa genişliği frekansına bağlıdır ve IMO Stab XXIV/4'te aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$V = \sqrt{\frac{\pi - r - \Phi_w}{2N}} \quad (\text{EkF.2})$$

Burada, r = Efektif dalga eğim faktörü = $0,73 + 0,6 \cdot \frac{OG}{T}$

(OG, G ile su hattı arasındaki dikey mesafedir.)

$\Phi_w \text{ (}^\circ\text{)}$ = Dalga eğimi = $180 \cdot s$

$$s = \text{Dalga eğimi} = \text{Dalga yüksekliği} / \text{Dalga boyu} = \frac{h}{\lambda}$$

N = Bertin'in yalpa sönümlleme katsayısı = 0,02'dir.

Bu denklem boyutsal olarak doğru gözükmemektedir. Sonucun derece olarak ifade edilebilmesi için karekök içerisindeki derece cinsinden bir diğer boyutsuz sayı ile çarpılması gerekmektedir.

Düzensiz dalga durumundaki standart yalpa genliği (Φ_1), 1000 yalpadaki en büyük genlik alınarak düzenli dalga durumundaki rezonans yalpa durumundan türetilmiştir.

$$\Phi_1 = 0,7 \cdot V = \sqrt{\frac{138 \cdot r \cdot s}{N}} \quad (\text{EkF.3})$$

Dalga eğiminin hesaplanması için önerilen hesap yöntemi, Sverdrup ve Munk tarafından ortaya konan dalga eğimi ve dalga yaşı arasındaki ilişkiye dayanmaktadır. Dalga yaşı, dalga hızının rüzgar hızına oranı ile ifade edilmektedir. Belirli bir rüzgar hızı için (bu durumda 26 m/sn) dalga eğimi, derin suda dalga bağıntısı kullanılarak dalga periyodunun (T) bir fonksiyonu olarak verilmektedir:

$$\text{Dalga Hızı} = C = \sqrt{\frac{g}{2\pi} \cdot \lambda} = \frac{g}{2\pi} \cdot T \quad (\text{EkF.4})$$

Japonya bunun için aşağıdaki lineer yaklaşımı önermiştir:

$$s = 0,151 - 0,0072T \quad (\text{EkF.5})$$

Dalga periyodu geminin yalpa periyoduna eşit olduğunda rezonans yalpa genliğine ulaşılmış olacaktır. Dalga eğimi bu doğal periyod esnasında hesaplanır. Dizayn aşamasında doğal yalpa periyodu ölçülemeyeceği için yalpa periyodu aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$T = 2\pi \cdot \frac{k_x}{\sqrt{gGM}} \quad (\text{EkF.6})$$

Buradaki k_x , atalet yarıçapı veya boyuna eksen etrafındaki dönme yarıçapıdır. k_x genellikle $k_x = C \cdot B$ olarak ifade edilir. Burada B geminin genişliğidir. Ortalama bir yük gemisi için C

katsayısı 0,4 olarak alınmıştır. Bunun yanında C katsayısının tam olarak hesaplanması için aşağıdaki formül de önerilmiştir:

$$C_2 = f \cdot \left[C_B \cdot C_U + 1,1 C_U (1 - C_B) \left(\frac{H}{T} - 2,2 \right) + \frac{H^2}{B^2} \right] \quad (\text{EkF.7})$$

Burada; $f = 0,125$ yolcu ve kargo gemileri için,

$f = 0,133$ tankerler için,

$f = 0,200$ balıkçı gemileri içindir.

C_B = Blok katsayısı

C_U = Üst güverte alan katsayısı

$$H \text{ (m)} = D + \frac{A}{L_{pp}}$$

$D \text{ (m)}$ = Derinlik

Kriteri İyileştirme Çalışmaları

Alt komite üyeleri 1980-1982 yılları arasında Japonya tarafından önerilen hava durumu kriteri üzerinde çalışmışlar ve özellikle depolanan dinamik stabilitenin belirleneceği açı sınırı ile ilgili bazı düzeltmeler önermişlerdir.

➤ **Japonya'nın Sunduğu Tamamlayıcı Döküman:** Kasım 1981'de IMO Stab/95 bünyesinde Japonya, bir geminin doğal yalpa periyodunun hesaplanması için aşağıdaki yeni bir ampirik formülü önermiştir [14], [20]. (Bu formülün dayandırıldığı kaynak hakkında herhangi bir bilgiye yer verilmemiştir)

$$C = 0,3725 + 0,0227 \frac{B}{T} - 0,0043 \frac{L_{pp}}{10} \quad (\text{EkF.8})$$

Geminin orta kesitteki formu belirli bir açığa veya genişleyen bir yan duvar formuna sahipse formül aşağıdaki şekilde olacaktır:

$$C = 0,3085 + 0,0227 \frac{B}{T} - 0,0043 \frac{L_{pp}}{10} \quad (\text{EkF.9})$$

Yukarıda C değerlerinin her iki seçenek için de hesaplanması için yaklaşımlar verilmiştir. T değeri aşağıdaki gibi hesaplanacaktır [17]:

$$T = 2\pi \cdot \frac{C_B}{\sqrt{gGM}} \quad (\text{EkF.9})$$

Burada; T: Yalpa periyodudur.

Aynı dökümanda, depolanan enerjinin hesaplamasında kullanılan formülasyonda sınır değer 50 derece olarak önerilmektedir. 50° meyil açısı, gemide yüklü olan kargonun kaymasının beklenebileceği açının ötesindedir. Bu Rusya tarafından önerilen alternatif metotta da belirtilmiştir.

➤ **Rusya'nın Sunduğu Kriter:** Şubat 1982'de Rusya tarafından, IMO Stab 27/73 bünyesinde yalpanın genliğinin hesaplanması için alternatif bir metod önerilmiştir [14]. Bu metod, Rus Klas Kuruluşu'nun kuralları içerisine dahil edilmiş değişik tipteki gemilerin düzensiz dalga durumundaki yalpa periyod hesaplamalarından yola çıkılarak yaklaşım formülleri yardımı ile hazırlanmıştır. Bu hesaplamalar, deneysel sonuçlarla elde edilmiş temel hareket denklemlerine dayanmaktadır. Japonya'nın kriterine karşın bu metotta, yalpa sönümleme katsayısının tekne formuna bağımlılığı hesaba katılmış ve gerçek verilere dayandırılmıştır. Ayrıca denge durumunu bozan momentin dinamik bileşenleri de hesaba dahil edilmiştir. Yalpa genliği, aşağıdaki formül ile derece cinsinden hesaplanabilmektedir:

$$\Phi = k \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot Y \quad (\text{EkF.10})$$

Burada k, X_1 ve X_2 Çizelge EkF.1, EkF.2 ve EkF.3'te gösterilen boyutsuz faktörlerdir. Y ise Çizelge EkF.4'te derece cinsinden belirtilmektedir.

Çizelge EkF.1 Faktör k

$A_k / L.B$	0.0%	1.0%	1.5%	2.0%	2.5%	3.0%	3.5%	$\geq 4.0\%$
k	1.00	0.98	0.95	0.88	0.79	0.74	0.72	0.70

Burada $A_k(m^2)$, yalpa omurga alanı veya merkez omurga alanıdır. Her ikisinin varlığında ise alanların toplamı ile hesaplanacaktır.

Çizelge EkF.2 Faktör X_1

B/T	≤2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	≥3,5
X_1	1.0	0.98	0.95	0.96	0.93	0.91	0.90	0.88	0.86	0.84	0.82	0.80

Çizelge EkF.3 Faktör X_2

C_b	≤0,45	0.50	0.55	0.60	0.65	≥0,70
X_2	0,75	0,82	0,89	0,95	0,97	1,00

Çizelge EkF.4 Faktör Y (Sınırsız sefer için)

$\frac{\sqrt{GM}}{B}$	≤0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	≥0,13
Y	24,0	25,0	27,0	29,0	30,7	32,0	33,4	34,4	35,3	36,0

➤ **Hesaplar ve Kombinasyonlar:** Japonya, Rusya ve Önerge A.167'nin sunduğu hava kriterlerini kullanarak alt komite üyeleri, hali hazırda çalışan belli sayıda gemiler için elde edilen hesap sonuçlarını sunmuştur. Bu çalışmalar A.167'ye kıyasla daha kısıtlayıcı olduğundan hava kriterinin gerekliliği ortaya konulmuştur. Japon ve Rus metodlarının getireceği avantajları da dahil etmek için, alt komite (STAB 27/WP.3) tarafından bu iki metodun birleşimi olan yeni bir metod önerilmiş ve sonuçta ters yalpa açısını hesaplamak için aşağıdaki formüle ulaşılmıştır:

$$\Phi_1 = \frac{k.X_1.X_2}{C} \cdot \Phi_{1Japan} \quad (\text{EkF.11})$$

Burada, Φ_{1japan} = Japon hava kriterinde açıklandığı gibi Japonların önerdiği metodla hesaplanan yalpa genliği,

k, X_1 , ve X_2 = Rusların önerdiği düzeltme faktörleri,

C = 0,76 = Test hesaplamaları için kabul edilen katsayıdır.

Önerge A.749

Uyarlanmış önerge, A.167'ye bağlı olarak GZ eğrisi altındaki alan gereksinimi ile hava kriterine bağlı enerji denge durumunun birleşimini içermektedir. Hava durumu kriterinin gereksinimleri aşağıdaki gibidir:

Sabit rüzgar (l_{w1}) ve ani rüzgar etkisi (l_{w2}) ile oluşan meyil moment kolu:

$$l_{w1} = \frac{P.A.Z}{1000.g.\Delta} \quad (\text{EkF.12})$$

$$l_{w2} = 1,5 \cdot l_{w1} \quad (\text{EkF.13})$$

Burada, $P \text{ (N.m}^{-2}\text{)} = \text{Rüzgar basıncı} = 504 \text{ N.m}^{-2}$,

$A \text{ (m}^2\text{)} = \text{Su üstündeki yanal projeksiyon alanı,}$

$Z \text{ (m)} = \text{A alan merkezi ile su altındaki projeksiyon alan merkezi (veya yaklaşık olarak draftın yarısı) arasındaki mesafe,}$

$\Delta(t) = \text{Deplasman}$

$g \text{ (m.s}^{-2}\text{)} = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ 'dir.

Ters yalpa açısı:

$$\Phi_1 = 109k.X_1.X_2.\sqrt{rs} \quad (\text{EkF.14})$$

Burada; k, X_1 ve X_2 = Rusların önerdiği düzeltme faktörleri olup,

k = 1,0 (Yalpa ve merkez omurgasız, yuvarlak sintine dönüşüne sahip gemiler için);

k = 0,7 (Keskin sintine dönüşüne sahip gemiler için)'dir.

Yalpa ve merkez omurgaya sahip gemiler için k değeri ise Çizelge EkF.1'den alınacaktır.

X_1 = Çizelge EkF.2'de gösterildiği gibi,

X_2 = Çizelge EkF.3'te gösterildiği gibi,

r ve s faktörleri Japon kriterinde verildiği gibi,

$r = 0,73 + 0,6 \cdot OG/T$ = Efektif dalga eğim faktörü,

OG (m) = G ile su hattı arasındaki dikey mesafe,

T (m) = Ortalama draft

s = Çizelge EkF.5'de gösterildiği gibi dalga eğimidir.

Çizelge EkF.5 Faktör s

T_0	≤ 6	7	8	12	14	16	18	≥ 20
s	0,100	0,098	0,093	0,065	0,053	0,044	0,038	0,035

$$T_0 = \text{Geminin doğal yalpa periyodu} = 2 \frac{CB}{\sqrt{GM}} \quad (\text{EkF.15})$$

$$C = 0,373 + 0,023 \frac{B}{T} - 0,043 \frac{L_{pp}}{100} \quad (\text{EkF.16})$$

Alabora Rüzgar Gücü

Bir gemiyi durağan konumdan alabora olmaya zorlayacak kuvvetler rüzgar veya dalga etkisiyle doğacaktır. Rüzgar geminin su üstünde kalan yatay alanı için bir itme kuvveti oluşturacak ve bu kuvvet de bir yatma/meyil momenti meydana getirecektir. Bir önceki bölümde tanımlanan IMO kriterinde bu meyil momentinin tanımlanması için bir formül sunulmuştur. Fakat bu formül kuvveti belirli durumlarda detaylandırmamış ve farklı gereksinimler için basitçe uyarlanabilir değildir. Bu nedenle tezde her terimin belirli gereksinimlere göre ayarlanabileceği temel bir ifade önerilmiştir.

Aşağıdaki formül, sürüklenme kuvvetinin hesaplanması için kullanılacaktır:

$$F = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot \rho \cdot A \cdot V^2 \quad (\text{EkF.17})$$

Burada; C_D = Sürüklenme katsayısı

ρ (kg.m^{-3}) = Havanın yoğunluğu = $1,293 \text{ kg.m}^{-3}$

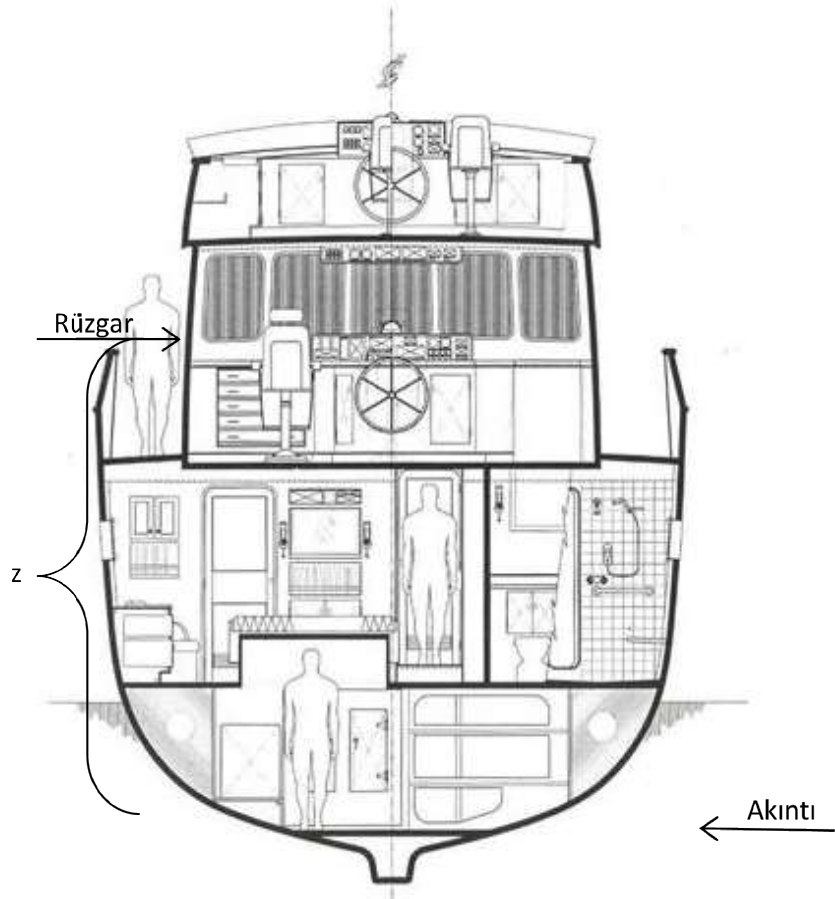
A (m^2) = Rüzgara maruz kalan alan

V (m.s^{-1}) = Rüzgar hızıdır.

Bu itme kuvvetinin etkisiyle yüzme merkezi etrafında oluşacak yatma/meyil momenti:

$$M_W = F.z \quad (\text{EkF.18})$$

Burada; z (m) = Su üstündeki rüzgara maruz kalan yanal alan merkezi ile yüzme merkezi (yaklaşık olarak draftın yarısı) arasındaki dikey mesafedir (Şekil EkF.2).



Şekil EkF.2 Rüzgar kolu [69]

Alabora etme momenti ile depolanan hidrostatik momenti kıyaslamak için normalize edilmiş rüzgar yatırma kolu kullanılır.

$$H_W = \frac{F.z}{1000.g\Delta} = \frac{\frac{1}{2}C_D\rho AV^2.z}{1000.g\Delta} \quad (\text{EkF.19})$$

Burada; Δ (t) = Geminin deplasmanıdır (metrik ton = t).

Sürüklenme Katsayısı

- **Amerikan Donanması:** Rüzgar yatırma kolunun hesaplanması için Amerikan Donanması tarafından kullanılan formül, doğrudan boyutsuz bir sürüklenme katsayısını içermemektedir [15]. Amerikan Donanması kriteri ile IMO kriterlerinin kıyaslanması için C_D katsayısı aşağıdaki gibi hesaplanır [31]:

$$(\text{Yatırma kolu})_{\text{US Donanma}} = \frac{0,004V^2Al \cos^2 \theta}{2240\Delta} \quad (\text{m}) \quad (\text{EkF.20})$$

Bu denklemde yatırma kolu ft, V knot, A ft², l ft ve Δ long ton birimi ile ifade edilmiştir.

Bu metrik sisteme çevrildiğinde;

$$(\text{Yatırma kolu})_{\text{US Donanma}} = \frac{0,4536}{0,3048^3} \cdot \left(\frac{3600}{1852}\right)^2 \cdot 0,3048 \cdot \frac{0,004V^2Al \cos^2 \theta}{1000\Delta}$$

$$(\text{Yatırma kolu})_{\text{US Donanma}} = \frac{0,0737V^2Al \cos^2 \theta}{1000\Delta} \cdot \text{m} \quad (\text{EkF.21})$$

Bu ifade (EkF.19) eşitliği ile aşağıda gösterildiği gibi kıyaslanır ($\cos^2$ ihmal edilerek):

$$\frac{0,0737 V^2 Al}{1000\Delta} = \frac{\frac{1}{2}C_D\rho V^2 Al}{1000.g\Delta}$$

$$\Rightarrow \frac{\frac{1}{2}C_D\rho}{g} = 0,0737 \Rightarrow C_D = 0,0737 \cdot \frac{2g}{\rho} = 0,0737 \cdot \frac{2 \cdot 9,81}{1,293} = 1,12$$

Buradan, Amerikan Donanması'nın kullandığı formülde $g=9,81 \text{ m.s}^{-2}$ ve $\rho=1,293 \text{ kg.m}^{-3}$ şeklinde hesaba alındığında C_D katsayısının 1,12 olacağı sonucu çıkartılabilir.

- **IMO:** Genelge A.749'da rüzgar yatırma kolu için aşağıdaki formül verilmiştir:

$$I_W = \frac{PAz}{1000g\Delta} \quad P = 504 \text{ N.m}^{-2}$$

Bu ifade (EkF.19) eşitliği ile kıyaslandığında aşağıdaki denklem elde edilir:

$$P = \frac{1}{2} C_D \rho \cdot V^2$$

Burada $V = 26 \text{ m.s}^{-1}$ ve $\rho = 1,293 \text{ kg.m}^{-3}$ yerine yazıldığında aşağıdaki C_D denklemi elde edilir:

$$C_D = \frac{2P}{\rho V^2} = \frac{2 \cdot 504}{1,293 \cdot 26^2} = 1,15 \quad (\text{EkF.22})$$

IMO kriterinde kullanılan boyutsuz sürüklenme katsayısı $C_D = 1,15$ 'tir.

- **Önerilen Kriter:** Daha garantili sonuçlar elde edebilmek için nispeten daha kötümser bir değer olan Amerikan Donanması'nın kullandığı 1,12 değeri, yatlar için sürüklenme katsayısı $C_D = 1,12$ olarak kabul edilecektir.

Yatırma/Meyil Kolu Eğrisi

- **Amerikan Donanması:** Amerikan Donanması, meyil açısının kosinüs karesi fonksiyonuna bağlı olarak değişen bir yatırma/meyil kolu eğrisi kullanmaktadır. Bu fonksiyonun arka planındaki teori, rüzgar basıncının etkin olduğu su üstündeki yanal alan ile su üstü ve altında kalan alan merkezleri arasındaki mesafesinin her ikisinin de meyil açısına ve dolayısıyla açının kosinüsüne bağlı olarak değişecek olmasıdır.

$$(\text{Yatırma kolu})_{\text{US Donanma}} = \frac{0,004V^2 A l \cos^2 \Phi}{2240\Delta} \text{ (m)} \quad (\text{EkF.23})$$

- **IMO:** Genelge A.749'da IMO tarafından değişken meyil açısına göre sabit kalan bir yatırma/meyil kolu önerilmiştir. Bu yaklaşımın açıklaması, ticari gemilerde üstyapının genelde küçük olması ve artan meyil açısıyla azalan üstyapı projeksiyon alanının, su üstünde artmaya başlayan tekne yanal alanı ile kompanse edilecek

olmasıdır. IMO'nun yaklaşımı, yatlar için düşünenecek olursak Amerikan Donanması'ninkine kıyasla daha ihtiyatlı bir yaklaşımdır.

➤ **Önerilen Kriter:** Amerikan Donanması'nın yaklaşımında meyil açısının kosinüs kareli fonksiyonu 90 derecede momenti sıfır yapmaktadır. Yüzme hattı eksenini etrafında dönen iki boyutlu bir plaka için bu teori geçerli olacaktır. Fakat meyil halindeki üç boyutlu bir gemi için su üzerine çıkan teknenin yanal alanı açıyla beraber artacaktır. Bunun için Amerikan Donanması'nın kullandığı metoddan daha gerçekçi, fakat IMO'nunki kadar da ihtiyatlı olmayan bir yaklaşım geliştirilmeye çalışılacaktır. Yanal alanın kosinüse bağlı olarak azalışı dikey pozisyonundan başlayarak, teknenin genişliğinin yarısının su üstünde kalacağı 90 derecelik açıya kadar incelenirse, projeksiyon alanı aşağıdaki şekilde değişmiş olacaktır:

$$A_{\text{Önerilen}} = C_w \frac{L_{wl}B}{2} + \left(A - C_w \frac{L_{wl}B}{2} \right) \cos \Phi \quad (\text{EkF.24})$$

Burada; $A \text{ (m}^2\text{)} = \text{Su üstündeki projeksiyon alanı}$

$L_{wl} \text{ (m)} = \text{Su hattı boyu}$

$B \text{ (m)} = \text{Genişlik}$

$C_w = \text{Su hattı alan katsayısıdır.}$

Su altı ve su üstü alan merkezi arasındaki dikey mesafenin hesaplanmasında da benzer bir yöntem kullanılacaktır. Yine geminin dikey durumundan 90 derece meyil açısında tekne kısmının genişliğinin yarısı su altında kalacağı pozisyona kadar incelendiğinde, yatay konumda bu mesafe genişliğin yarısı kadar olacaktır.

$$z_{\text{Önerilen}} = \frac{B}{2} + \left(z - \frac{B}{2} \right) \cos \Phi \quad (\text{EkF.25})$$

Burada; $z \text{ (m)} = \text{Su altı ve üstündeki projeksiyon alanlarının merkezleri arasında kalan mesafedir.}$

Rüzgar yatırma kolu, yukarıda belirtilen yaklaşımlara bağlı olarak aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$H_W = \frac{\frac{1}{2} C_D \rho V^2 \cdot \left[c_w \cdot \frac{L_W B}{2} + \left(A - c_w \frac{L_W B}{2} \right) \cos \Phi \right] \cdot \left[\frac{B}{2} + \left(z - \frac{B}{2} \right) \cos \Phi \right]}{1000 \cdot g \cdot \Delta} \quad (\text{EkF.26})$$

Rüzgar Hızı

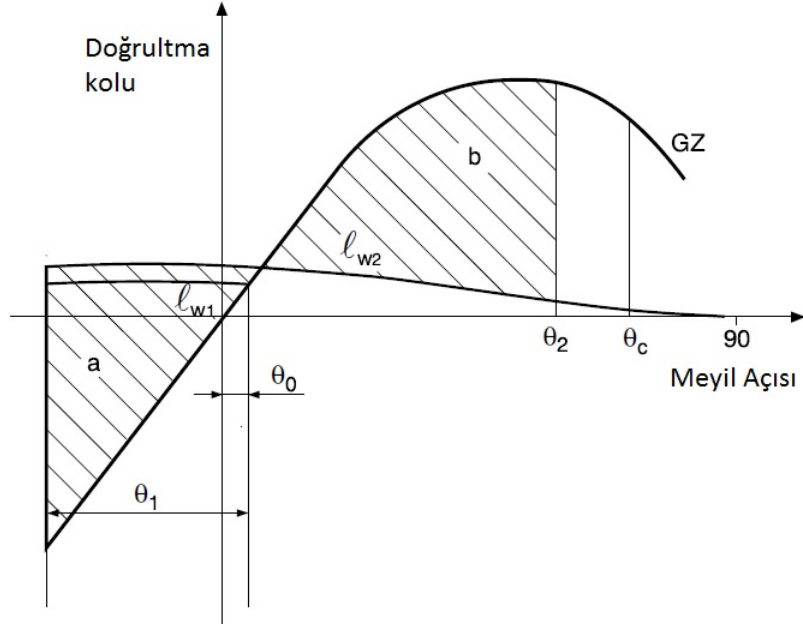
- **Amerikan Donanması:** Amerikan Donanması rüzgar hızını yeni inşa edilecek gemiler için 100 knots (51,44 m/s) olarak kabul etmiştir. Ani rüzgar etkisi rüzgar yatırma hesabında hesaba katılmamıştır fakat dinamik stabilitede marjin olarak dahil edilmiştir ($A_2=1,4 A_1$).
- **IMO:** Genelge A.749'da IMO 30 m/s'lik sabit rüzgar hızı ve 45 m/s'lik ani rüzgar etkisi tanımlanmıştır.
- **Önerilen Kriter:** IMO kriterinin sabit ve ani rüzgar etkisini göz önünde bulundurması daha gerçekçi bir yaklaşım olacak, yanal alan değeri büyük olan mega yatlarda Amerikan Donanması'nın önerdiği değer yatların kullanma amaçlarına yönelik abartı kaçacağından, belirlenecek kriterde IMO'nun kavramı olan 30 m/s'lik sabit rüzgar hızı ve 45 m/s'lik ani rüzgar etkisi olarak kabul edilmiştir.

Yatlar için Önerilen Kriter

Şimdiye kadar detaylı incelenen ve bu çalışmada ortaya konulan teori için sınır koşullarını oluşturacak kriter aşağıdaki ifadelerle özetlenebilir:

- Gemi, boyuna eksenine dikey olarak etki eden sabit şiddetli bir rüzgarın etkisi altındadır. Bu rüzgar (EkF.27) eşitliği yardımıyla hesaplanabilecek bir moment kolu (H_{W1}) oluşturacaktır.
- Geminin aldığı statik meyil açısından (Φ_0), dalganın etkisiyle yalpa yapacağı kabul edilmektedir. Rüzgardan tarafa oluşacak yalpanın büyüklüğü (Φ_1), (EkF.32) eşitliğinde verilen rüzgarsız durumda geminin alacağı yalpa büyüklüğü olacaktır.
- Gemi, rüzgar üstüne alacağı maksimum açığı aldığı anda ani rüzgar etkisine maruz kalacaktır ve bu durum da (EkF.28) eşitliğinde verilen moment kolunun (H_{W2}) oluşmasına neden olacaktır.

- Bu koşullar altında, tekne formunun düzeltme enerjisi alabora enerjisine eşit veya daha büyük olmalıdır. Bu durum, Şekil EkF.3’de gösterilen alan, b alanının a alanından büyük olması durumudur. Alan b’ye 50° , Φ_f veya Φ_c değerlerinden en küçüğü sınır olarak kabul edilecektir.



Şekil EkF.3 Dinamik stabilite

Rüzgar meyil kolu:

$$H_{W1} = \frac{\frac{1}{2} C_D \rho V^2 \cdot \left[c_w \cdot \frac{L_{PP} B}{2} + \left(A - c_w \cdot \frac{L_{PP} B}{2} \right) \cdot \left[\frac{B}{2} + \left(z - \frac{B}{2} \right) \right] \cos^2 \Phi \right]}{1000 \cdot g \cdot \Delta} \quad (\text{EkF.27})$$

$$H_{W2} = 1,5 \cdot H_{W1} \quad (\text{EkF.28})$$

Burada; C_D = Yanal sürüklenme katsayısı = 1,12

ρ (kg.m⁻³) = Hava yoğunluğu = 1,293 kg.m⁻³

L_{PP} (m) = Dikmeler arası boy

B (m) = Genişlik

C_w = Su kesit katsayısı

A (m²) = Rüzgara maruz kalan alan

z (m) = Su üstünde kalan projeksiyon alan merkezi ile su altında kalan projeksiyon alan merkezi arasındaki dikey uzaklık

V (m.s⁻¹) = Sabit rüzgar hızı = 51.44 m.s⁻¹

Δ (t) = Geminin deplasmanıdır.

Rüzgar Üstüne Yalpa Açısı:

Rüzgar üstüne yalpa açısı için tepki spektrumu, belirli bir deniz durumundaki dalga spektrumunun yalpa transfer fonksiyonunun (diğer bir deyişle 'response amplitude operatör, RAO) karesiyle çarpımı ile bulunur ve bu da doğrusallaştırılmış hareket denklemlerinden türetilmiştir [22].

$$SR(\omega) = SE(\omega) \cdot (RAO(\omega))^2 \quad (\text{EkF.29})$$

Uyarmayı modelleyebilmek için Ochi Kuzey Atklantik Dalga Spektrumunun kullanılması önerilecektir [21].

$$SR(\omega) = \sum_{i=1}^9 P_{\omega_{mi}} \cdot \frac{5}{16} \left(\frac{\omega_{mi}}{\omega} \right)^4 \cdot \frac{H^2}{\omega} \cdot e^{-1,25 \left(\frac{\omega_{mi}}{\omega} \right)^4} \quad (\text{EkF.30})$$

Burada; ω_{mi} (rad.s⁻¹) = i tipi periyod

$P_{\omega_{mi}}$ = i tipi periyod olasılığı

H (m) = Ortalama dalga yüksekliğidir.

Çizelge EkF.6 Ochi period tip ailesi

Periyod Tipi	Olasılık
$\omega_{mi} = 0,048 (8,75-\ln H)$	$P_{\omega_{m1}} = 0,05$
$\omega_{mi} = 0,054 (8,44-\ln H)$	$P_{\omega_{m2}} = 0,05$
$\omega_{mi} = 0,061 (8,07-\ln H)$	$P_{\omega_{m3}} = 0,0875$
$\omega_{mi} = 0,069 (7,77-\ln H)$	$P_{\omega_{m4}} = 0,1875$
$\omega_{mi} = 0,079 (7,63-\ln H)$	$P_{\omega_{m4}} = 0,25$
$\omega_{mi} = 0,099 (6,87-\ln H)$	$P_{\omega_{m5}} = 0,1875$
$\omega_{mi} = 0,111 (6,67-\ln H)$	$P_{\omega_{m6}} = 0,0875$
$\omega_{mi} = 0,119 (6,65-\ln H)$	$P_{\omega_{m7}} = 0,05$
$\omega_{mi} = 0,134 (6,41-\ln H)$	$P_{\omega_{m9}} = 0,05$

Birim dalga yüksekliğinde yalpa için RAO değeri aşağıdaki şekilde bulunur [18]:

$$RAO(\omega) = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\right)^2 + \left(2 \frac{\omega}{\omega_n} \beta^*\right)^2}} \cdot \frac{\omega^2}{2g} \quad (\text{EkF.31})$$

Burada; $\omega_n = \frac{2\pi}{T_n}$ = Yalpa rezonans frekansıdır. Rezonans periyodu T_n , model deneyi ile tespit edilir veya $T_n = \frac{2\pi B}{\sqrt{gGM}} \left(0,3725 + 0,0227 \frac{B}{T} - 0,043 \frac{L_{pp}}{100}\right)$ formülü ile hesaplanır.

β^* = Boyutsuz sönümlleme faktörüdür. β^* model deneyi ile tespit edilir veya aşağıdaki formül aracılığıyla hesaplanır:

$$\beta^* = 19,25 \cdot \left[A_k \sqrt{b_k} + 0,0024 \cdot L_{pp} \cdot B \sqrt{d}\right] \cdot \frac{d^2 \sqrt{d} \cdot \Phi_i}{C_B \cdot L_{pp} \cdot B^3 T}$$

Burada; L_{pp} (m) = Dikmeler arası gemiboyu

B (m) = Gemi genişliği

T (m) = Gemi draftı

GM (m) = Enine metasantr yüksekliği

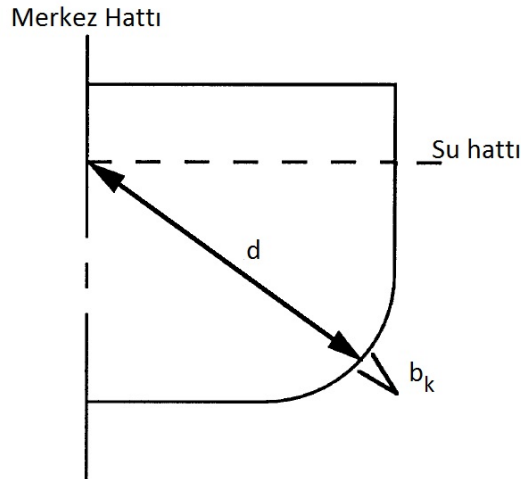
C_B = Blok katsayısı

$A_k (m^2)$ = Yalpa omurga alanı (sancak+iskele)

$b_k (m)$ = Yalpa omurga genişliği

$d (m)$ = Su hattının merkez hattını kestiği noktadan yalpa omurgaya diagonal mesafesidir.

$\Phi_i (rad) = 0,262 \text{ rad } (15^\circ)$ veya yalpa genliğinin iteratif işleme tabi tutulması ile bulunur (Sönümleme, yalpa genliği ile artacaktır. Önceki araştırmalar deniz şiddeti 8’de yalpa genliğinin daima 15° ’den büyük olacağını göstermiştir. 15° ’nin kullanılması sönümleme faktörü için ihtiyatlı ve basitleştirilmiş bir değer verecektir) [28].



Şekil EkF.4 Yalpa omurga

Uygulamalı olasılık teorisine göre ortalama yalpa genliği aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanabilir:

$$\Phi_1 = 2\sqrt{m_0} \quad (\text{EkF.32})$$

Burada; $m_0 = E$ = Tepki sapması $= \int_0^\infty SR(\omega)d\omega'$ dır.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	:Erdinç AÇIKEL
Doğum Tarihi ve Yeri	:29.06.1981 - Mersin
Yabancı Diller	:İngilizce (akıcı), Hollandaca (akıcı), Fransızca (başlangıç) ve İtalyanca (başlangıç)
E-posta	:eacikel@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y.Lisans	Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2006
Lisans	Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2003
Lise	Toros Fen Lisesi	Mersin	1999

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2012	IHC Merwede-Offshore & Marine, Hollanda	Mühendislik Bölümü Proje Müdürü
2009	IHC Merwede-Beaver Dredgers, Hollanda	Baş Gemi İnşaatı Mühendisi
2008	CHT Tersanesi, İstanbul	Proje Müdürü
2006	Anadolu Tersanesi, İstanbul	Dizayn ve İş Hazırlama Birim Şefi & Dış İstasyon Sorumlusu
2004	Bosfor Dizayn & Mühendislik, İstanbul	Firma Sahibi
2002	Admarin Dizayn, İstanbul	Gemi İnşaatı Mühendisi
1999	Torgem Tersanesi, İstanbul	Staj

YAYINLARI

Makale

1."Kavram Dizayn Aşamasında 20 ile 60 m Arasındaki Yatların Enine Stabilite Özelliklerinin Artık Stabilite Yöntemi ile Belirlenmesi", GMO-SHIPMAR, No:208, June 2017, İstanbul.