

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNELERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KARADENİZ TİPİ BALIKÇI GEMİLERİNİN AĞIRLIK DAĞILIMININ
STABİLİTE VE GEMİ HAREKETLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gemi İnş. ve Gemi Mak. Müh. Atilla BAYTEMÜR

**HAZİRAN 2018
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNELERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KARADENİZ TİPİ BALIKÇI GEMİLERİNİN AĞIRLIK DAĞILIMININ STABİLİTE VE
GEMİ HAREKETLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Gemi İnş. ve Gemi Mak. Müh. Atilla BAYTEMÜR

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
"GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNELERİ YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25/05/2018

Tezin Savunma Tarihi : 22/06/2018

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Emre PEŞMAN

Trabzon 2018

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Anabilim Dalında
Atilla BAYTEMÜR Tarafından Hazırlanan**

**KARADENİZ TİPİ BALIKÇI GEMİLERİNİN AĞIRLIK DAĞILIMININ STABİLİTE VE
GEMİ HAREKETLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 29/ 05/ 2018 gün ve 1755 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Ercan KÖSE

Üye : Prof. Dr. Metin TAYLAN

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Emre PEŞMAN



Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz tipi balıkçı gemilerinde ortaya çıkan yalpa problemlerine çözüm amacıyla hazırlanmıştır. Elli metrelik bir balıkçı gemisi tüm yapı elemanlarıyla modellenmiş ve üzerinde stabilite çalışmaları yapılmıştır.

Tez çalışmam sırasında değerli bilgi, birikim ve tecrübelerinden yararlandığım başta sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Emre PEŞMAN'a teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Bu çalışmayı hazırlarken geçirdiğim süreç içerisinde benden yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Abdullah TÜRK' e teşekkür ederim.

Üniversite hayatım boyunca benden manevi ve maddi yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen değerli arkadaşlarım Abidin KÜÇÜKAĞTAŞ'a ve Erhan BAKIŞKAN'a teşekkür ederim.

Ayrıca bugünlere gelmemde büyük emekleri olan anne ve babama teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Atilla BAYTEMÜR

Trabzon 2018

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Karadeniz Tipi Balıkçı Gemilerinin Ağırlık Dağılımının Stabilite ve Gemi Hareketleri Üzerine Etkisi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Emre PEŞMAN’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 22/06/2018

Atilla BAYTEMÜR

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Tez Çalışmasının Kapsam ve İçeriği.....	1
1.3. Literatür Çalışması	2
1.4. Balıkçı Gemileri İçin Stabilitate Kriterleri.....	4
1.5. Dilim Teorisi	4
1.6. Enine Dalgalarda Geminin Yalpa Hareketi.....	5
1.6.1. Lineer Olmayan Yalpa Hareketi Denklemi.....	6
1.6.2. Sönüm Momenti	7
1.6.3. Doğrultma Momenti	8
1.6.4. Dalga Zorlama Momenti	8
1.7. Bifürkasyon Noktaları	9
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	10
2.1. Modellenen Geminin Özellikleri.....	10
2.2. Yapı Elemanlarının Modellenmesi.....	13
2.2.1. Perdeler ve Yapı Elemanları	18
2.2.2. Üst Yapıların Modellenmesi ve Yapı Elemanları	21
2.3. Ağırlık Merkezlerinin Belirlenmesi	24
2.3.1. Diğer Ağırlıklar ve Ağırlık Merkezlerinin Belirlenmesi.....	29
2.4. Tankların Modellenmesi	29
2.5. Ambarların Modellenmesi.....	31
3. BULGULAR VE İRDELEMELER	32

3.1.	“Senaryo 1” Durum Analizi	34
3.2.	“Senaryo 2” Durum Analizi	37
3.3.	“Senaryo 3” Durum Analizi	41
3.4.	“Senaryo 4” Durum Analizi	45
3.5.	“Senaryo 5” Durum Analizi	49
3.6.	“Senaryo 6” Durum Analizi	53
3.7.	Dalıp-Çıkma, Baş-Kıç Vurma ve Yalpa Hareketleri Analizi.....	57
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	60
5.	KAYNAKLAR.....	61
6.	EKLER	63

ÖZGEÇMİŞ



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

KARADENİZ TİPİ BALIKÇI GEMİLERİNİN AĞIRLIK DAĞILIMININ STABİLİTE VE
GEMİ HAREKETLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Atilla BAYTEMÜR

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Emre PEŞMAN
2018, 62 Sayfa, 18 Sayfa Ek

Bu çalışmada, Karadeniz tipi balıkçı gemilerinin enine stabilitesinde etkili olan yalpa hareketi üzerinde çalışma yapılmıştır. Balıkçı gemisinin çelik kısmını oluşturan yapısı ve yapı elemanları referans alınarak modelleme çalışması yapılmıştır. Modellenen bu yapıların ağırlıkları ve ağırlık merkezleri hesaplanmıştır. Daha sonra balıkçı gemisinde bulunması gereken diğer donanım ağırlıklarının da gemide buldukları yerler göz önüne alınarak ağırlıkları ve ağırlık merkezleri hesaplanmıştır. Farklı malzeme ve yükleme koşulları göz önünde bulundurularak ağırlık dağılımının stabilite ve gemi hareketleri üzerine etkisi incelenmiştir. Balıkçı gemilerinde üst yapılar çelikten inşa edilmektedir ve stabilite üzerine etkisi büyüktür. Bu çalışmada, üst yapı ağırlığının değişimi kullanılan malzemenin alüminyum veya çelik olarak seçilmesi ile irdelenmiştir. Farklı yükleme koşulları göz önünde bulundurularak stabilite durumları karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Yalpa hareketi lineer olmayan yalpa hareketi denklemi kullanılarak ayrıca incelenmiş ve lineer denklem ile lineer olmayan denklem sonuçları karşılaştırılmıştır. Ayrıca, baş kış vurma hareketi, yalpa hareketi ve dalıp çıkma hareketleri dilim teorisi yöntemiyle analiz edilmiştir. Çalışmanın bölgedeki gemi üreticilerine ön dizayn aşamasında katkı sağlaması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karadeniz tipi balıkçı gemisi, çelik, alüminyum, yükleme durumu, enine stabilite, yalpa hareketi, dilim teorisi

Master Thesis

SUMMARY

THE EFFECT OF WEIGHT DISTRIBUTION ON STABILITY AND SHIP MOTIONS OF
BLACK SEA TYPE FISHING VESSELS

Atila BAYTEMÜR

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Naval Architecture and Naval Engineering
Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Emre PEŞMAN
2018, 62 Pages, 18 Pages Appendix

In this study, roll motion which is effective on the transverse stability of the Black Sea type fishing vessels was investigated. This study was carried out with reference to the structure of the steel section of the fishing ship and the structural elements. The weights and centers of gravity of these modeled structures are calculated. Then weights and centers of gravity were calculated taking into consideration the locations of the other equipment weights that are found on a fishing vessel. The effect of weight distribution on stability and ship motions was examined considering different materials and loading conditions. The fishing vessels are constructed with a superstructure steel that effects stability remarkably. In this study, variable weight of the superstructure was examined by selecting different materials such as aluminum and steel. Stability of the ship is investigated comparatively considering different loading conditions. The roll motion was also examined using a nonlinear rolling motion equation. The results of the linear and the nonlinear equations were compared. Also, the results of pitching motion, roll motion and heave motions were analyzed by strip theory. It is aimed to contribute to the preliminary designs of the shipbuilders working in the region.

Key Words: Black Sea type fishing vessels, steel, aluminum, loading condition, transverse stability, roll motion, strip theory

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Tasarlanan geminin 3 boyutlu modeli	10
Şekil 2.2. Ana güverte altı genel yerleşim planı.....	11
Şekil 2.3. Ana güverte genel yerleşim planı.....	11
Şekil 2.4. Üst güverte genel yerleşim planı.....	12
Şekil 2.5. Köprü üstü güverte genel yerleşim planı.....	12
Şekil 2.6. Miyar güverte	13
Şekil 2.7. Lama omurga ve merkez omurga.....	13
Şekil 2.8. Döşekler ve döşek laması.....	14
Şekil 2.9. Postalar, posta laması ve posta tülânîsinin genel görünümü.....	15
Şekil 2.10. Postalar, posta laması ve posta tülânîsinin detaylı görünümü.....	15
Şekil 2.11. Postalar, posta laması ve boyuna elemanın genel görünümü.....	16
Şekil 2.12. Postalar, posta laması ve boyuna elemanın detaylı görünümü.....	16
Şekil 2.13. Borda postası, küpeşte postası ve lamaların genel görünümü.....	17
Şekil 2.14. Borda postası, küpeşte postası ve lamaların detaylı görünümü	17
Şekil 2.15. Ana güverte altı derin kemere, normal kemere ve tülânî	18
Şekil 2.16. Enine perde genel görünümü.....	18
Şekil 2.17. Enine perde yapı elemanları	19
Şekil 2.18. Boyuna tank perdesi genel görünümü	19
Şekil 2.19. Boyuna tank perdesi yapı elemanları	20
Şekil 2.20. Boyuna ambar perdesi	20
Şekil 2.21. Geminin ana güverte modeli	21
Şekil 2.22. Üst güverte altı elemanları genel görünümü	21
Şekil 2.23. Üst güverte altı elemanları detay görünümü	22
Şekil 2.24. Üst güverte yapısı ve elemanları	22
Şekil 2.25. Kaptan köşkü yapısı ve elemanları.....	23
Şekil 2.26. Miyar güverte	23
Şekil 2.27. 8 mm gemi yapı elemanlarının ağırlığı ve ağırlık merkezi.....	24
Şekil 2.28. 8 mm ana güverte sacı ve küpeştenin ağırlığı ve ağırlık merkezi	25

Şekil 2.29.	12 mm lama, merkez omurga, döşek kaplaması ağırlığı ve ağırlık merkezi	25
Şekil 2.30.	5 mm iç kaplama sacının ağırlığı ve ağırlık merkezi.....	26
Şekil 2.31.	9 mm dış kaplama (döşekler hariç) ağırlığı ve ağırlık merkezi	26
Şekil 2.32.	7 mm enine, boyuna perdeler ve elemanlarının ağırlığı ve ağırlık merkezi..	27
Şekil 2.33.	12 mm kreyn borularının ağırlığı ve ağırlık merkezi	27
Şekil 2.34	9 mm ana güverte altı normal kemerelerin ağırlığı ve ağırlık merkezi	28
Şekil 2.35.	6 mm üst yapıların çelik ağırlığı ve ağırlık merkezi	28
Şekil 2.36.	Tankların yerleşimi	29
Şekil 2.37.	Gemide ambar ve tankların yerleşimi	31
Şekil 3.1.	“ Senaryo 1” durumundaki GZ grafiği	34
Şekil 3.2.	“Senaryo 1” durumundaki 9. dereceden değişken katsayılı polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği	35
Şekil 3.3.	“Senaryo 1” durumundaki 9. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği	35
Şekil 3.4.	“Senaryo 1” durumundaki 5. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği	36
Şekil 3.5.	“Senaryo 1” durumundaki 3 farklı duruma bağlı yalpa açısı-karşılaşma frekansı grafiği	37
Şekil 3.6.	“Senaryo 2” durumundaki GZ grafiği	38
Şekil 3.7.	“Senaryo 2” durumundaki 9. dereceden değişken katsayılı polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği	39
Şekil 3.8.	“Senaryo 2” durumundaki 9. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği	39
Şekil 3.9.	“Senaryo 2” durumundaki 5. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği	40
Şekil 3.10.	“Senaryo 2” durumundaki 3 farklı duruma bağlı yalpa açısı-karşılaşma frekansı grafiği	41
Şekil 3.11.	“Senaryo 3” durumundaki GZ grafiği	42
Şekil 3.12.	“Senaryo 3” durumundaki 9. dereceden değişken katsayılı polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği	43
Şekil 3.13.	“Senaryo 3” durumundaki 9. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği	43
Şekil 3.14.	“Senaryo 3” durumundaki 5. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği	44
Şekil 3.15.	“Senaryo 3” durumundaki 3 farklı duruma bağlı yalpa açısı-karşılaşma frekansı grafiği	45

Şekil 3.16.	“Senaryo 4” durumundaki GZ grafiği	46
Şekil 3.17.	“Senaryo 4” durumundaki 9. dereceden değişken katsayılı polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği	47
Şekil 3.18.	“Senaryo 4” durumundaki 9. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği	47
Şekil 3.19.	“Senaryo 4” durumundaki 5. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği	48
Şekil 3.20.	“Senaryo 4” durumundaki 3 farklı duruma bağlı yalpa açısı-karşılaşma frekansı grafiği	49
Şekil 3.21.	“Senaryo 5” durumundaki GZ grafiği	50
Şekil 3.22.	“Senaryo 5” durumundaki 9. dereceden değişken katsayılı polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği	51
Şekil 3.23.	“Senaryo 5” durumundaki 9.dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği	51
Şekil 3.24.	“Senaryo 5” durumundaki 5. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği	52
Şekil 3.25.	“Senaryo 5” durumundaki 3 farklı duruma bağlı yalpa açısı-karşılaşma frekansı grafiği	53
Şekil 3.26.	“Senaryo 6” durumundaki GZ grafiği	54
Şekil 3.27.	“Senaryo 6” durumundaki 9. dereceden değişken katsayılı polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği	55
Şekil 3.28.	“Senaryo 6” durumundaki 9. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği	55
Şekil 3.29.	“Senaryo 6” durumundaki 5. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği	56
Şekil 3.30.	“Senaryo 6” durumundaki 3 farklı duruma bağlı yalpa açısı-karşılaşma frekansı grafiği	57
Şekil 3.31.	Karşılaşma frekansı-dalıp çıkma transfer fonksiyonu grafiği	58
Şekil 3.32.	Karşılaşma frekansı-yalpa transfer fonksiyonu grafiği	58
Şekil 3.33.	Karşılaşma frekansı-baş kış vurma transfer fonksiyonu grafiği	59

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Geminin tank sınırları.....	30
Tablo 2.2. Geminin ambar sınırları	31
Tablo 3.1. Tüm senaryo durumlarındaki hidrostatik değerler	32
Tablo 3.2. Üst yapının çelik olduğu senaryo durumlarındaki boş ağırlık	33
Tablo 3.3. “Senaryo 1” tankların yük dağılımı.....	34
Tablo 3.4. “Senaryo 2” tankların yük dağılımı.....	38
Tablo 3.5. “Senaryo 3” tankların yük dağılımı.....	42
Tablo 3.6. “Senaryo 4” tankların yük dağılımı.....	46
Tablo 3.7. “Senaryo 5” tankların ve ambarların yük dağılımı	50
Tablo 3.8. “Senaryo 6” tankların ve ambarların yük dağılımı.....	54
Ek Tablo 1. “Senaryo 1” durumundaki stabilite kriterleri	69
Ek Tablo 2. “Senaryo 2” durumundaki stabilite kriterleri	70
Ek Tablo 3. “Senaryo 3” durumundaki stabilite kriterleri	71
Ek Tablo 4. “Senaryo 4” durumundaki stabilite kriterleri.....	72
Ek Tablo 5. “Senaryo 5” durumundaki stabilite kriterleri.....	73
Ek Tablo 6. “Senaryo 6” durumundaki stabilite kriterleri.....	74
Ek Tablo 7. “Senaryo 1” durumundaki denge tablosu	75
Ek Tablo 8. “Senaryo 2” durumundaki denge tablosu	76
Ek Tablo 9. “Senaryo 3” durumundaki denge tablosu	77
Ek Tablo 10. “Senaryo 4” durumundaki denge tablosu.....	78
Ek Tablo 11. “Senaryo 5” durumundaki denge tablosu.....	79
Ek Tablo 12. “Senaryo 6” durumundaki denge tablosu.....	80

SEMBOLLER DİZİNİ

B_L	: Lineer sönüm katsayısı
BM	: Enine metasantr yarıçapı
B_N	: Lineer olmayan sönüm katsayısını
BG	: Yüzme merkezi ile ağırlık merkezi arasındaki dikey mesafe
$B(\phi)$: Lineer olmayan sönüm momenti
$C(\phi)$: Lineer olmayan doğrultma momenti
GM	: Enine metasantr yüksekliği
GZ	: Doğrultma moment kolu
h_1h_2	: Transfer hacminin kolu
KB	: Yüzme merkezinin dikey koordinatı
KG	: Ağırlık merkezinin dikey koordinatı
$M(t)$: Rüzgar ve dalgayla oluşan zorlayıcı kuvvet
V	: Gemi hızı
Φ	: Radyan cinsinden meyil açısı
v	: Batan veya çıkan siyilin hacmi
I	: Yalpa atalet momenti
Δ	: Geminin deplasmanı
ΔGM	: Enine metasantr yüksekliğindeki değişim
Ω_w	: Dalga frekansı
I_{xx}	: Kütle atalet momenti
δI_{xx}	: Ek su atalet momenti
α_m	: Maksimum dalga eğimi
w	: Hareketin frekansı
ϕ_a	: Anlık yalpa genliği

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Bir geminin stabilitesi, geminin meyil yapmasına neden olabilecek her türlü hava koşulundan sonra kendini doğrultabilme yeteneğidir. Balıkçı gemilerinin stabilitesi; gövde formu, özellikle düşey konumda oluşan ağırlık dağılımı ve çalışma koşulları gibi etkenlere bağlı olarak değişir. Balıkçı gemileri ağır çalışma ortamında bulunmaktadır. Bundan dolayı can ve mal güvenliğinin sağlanabilmesi için yeterli stabiliteye sahip olmaları gerekmektedir [1].

Türkiye’deki balıkçı gemilerinde herhangi bir devrilme olayı yaşanmamasına karşın bazı problemlerle karşılaşılmaktadır. Karadeniz tipi balıkçı gemilerinde karşılaşılan en önemli problemlerden birisi mürettebatı çoğu kez zor durumda bırakan yalpa hareketleridir. Karadeniz tipi balıkçı gemileri lama omurga üzerine kurulmuş tek dip yapılı gemilerdir. Güverte üstü evleri ve güverte üstü ekipmanları ağırlığın önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu gemilerin genişlikleri ihtiyaçlar doğrultusunda büyük tutulmaktadır. Buna karşın su çekimleri küçüktür. Bu durum gemilerin aşırı diri olmasına; yani zorlama etkilerine aşırı tepki vermesine neden olmaktadır. Bu çalışma bu tür gemilerin farklı koşullarda doğrultma momenti eğrilerinin belirlenmesi ve lineer olmayan yalpa hareketinin analiz edilmesi amacıyla hazırlanmıştır.

1.2. Tez Çalışmasının Kapsam ve İçeriği

Bu çalışmada Karadeniz tipi balıkçı gemilerinin yapısı ve yapı elemanları referans alınmıştır. Bilgisayar destekli tasarım programı kullanılarak modellenen balıkçı gemisinin çelik ağırlığını oluşturan yapı elemanları 3 boyutlu hale getirilmiş, farklı sac kalınlıkları gruplandırılarak herbirinin kendi arasında ağırlığı ve ağırlık merkezi hesaplanmıştır. Ayrıca balıkçı gemilerinde ağırlığa önemli ölçüde etki eden ağ, kreynler, göz demiri, demir zinciri, ırgat, mobilya vb. gibi diğer elemanların ağırlığı ve bunların oluşturduğu ağırlık merkezleri gemideki konumları göz önüne alınarak hesaplara eklenmiştir. Farklı malzeme ve yükleme koşullarında ağırlık dağılımının stabilite ve gemi hareketleri üzerine etkisi

incelenmiştir. Gemide özellikle stabilite üzerine etkisi büyük olan üst yapı ağırlığının değişimi kullanılan malzemenin alüminyum veya çelik olarak seçilmesi ile irdelenmiştir. Bu çalışmada geminin farklı yükleme koşullarındaki stabilite durumları karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Yalpa hareketi lineer olmayan yalpa hareketi denklemi kullanılarak ayrıca incelenmiş ve lineer denklem ile lineer olmayan denklem sonuçları karşılaştırılmıştır. Dilim teorisi yöntemiyle geminin dalıp-çıkma, yalpa ve baş-kıç vurma hareketleri dalgaların gelme açısına göre incelenmiştir. Çalışmanın bölgedeki gemi üreticilerine ön dizayn aşamasında katkı sağlaması hedeflenmiştir.

1.3. Literatür Çalışması

Enine stabiliteyle alakalı günümüze kadar birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Tezin detayına geçmeden önce bu alanda yapılmış olan çalışmalardan örnekler verilecektir.

1746 yılında Piere Bouger enine metasantr yarıçapı BM' i, su hattı atalet momentinin deplasman hacmine oranı olarak ifade etmiştir. Bu şekilde gemilerin stabilitelerinin ölçümünde kullanılan enine metasantr yüksekliği GM, Denklem (1.1)' de gösterildiği gibi belirtilmiştir [2].

$$GM = KB + BM - KG \quad (1.1)$$

Bu denklemde KB yüzme merkezinin dikey koordinatı, KG ise ağırlık merkezinin dikey koordinatını ifade etmektedir.

Doğrultma moment kolu $GZ = GM \sin\Phi$ veya $GZ = GM \Phi$ ile ifade edilmiştir. Φ radyan cinsinden meyil açısını belirtmektedir.

Doğrultma moment kolunu daha kesin bir şekilde hesaplayabilmek için, Atwood 1796 yılında denklem (1.2)' deki formülü önermiştir [3].

$$GZ = \frac{\nu h_1 h_2}{\nabla} - BG \sin\varphi \quad (1.2)$$

Bu denklemde ν batan veya çıkan sıyilin hacmini, $h_1 h_2$ transfer hacminin kolunu, BG ise yüzme merkezi ile ağırlık merkezi arasındaki dikey mesafeyi belirtmektedir.

1861 yılında Barnes stabilite çapraz eğrilerinin hesabında kullanılması için nümerik bir yöntem ortaya koymuştur [4]. Bu gelişme teorik bilgilerin pratiğe dönüştürülmesinde önemli bir etken olmuştur.

1861 yılında W. Froude sönüm etkisini gözardı ederek, geminin genişliği ve draftının dalga boyuna oranla küçük olduğunu kabul ederek bordadan gelen dalgalarda yalpa hareketi için bir ifade türetmiştir [5].

1952 yılında Grim ve Wendel, dalgalar arasındaki bir geminin doğrultma momenti değişiminin stabilite üzerindeki etkisini göstermiştir. Grim, 1952 yılında Mathieu denkleminin bilinen özelliklerini kullanarak dalgalar arasındaki bir geminin hareketini aşağıda denklem (1.3)' te gösterildiği gibi modellemiştir [6].

$$I\phi'' + \Delta(GM + \Delta GM \cos(\omega t))\phi = 0 \quad (1.3)$$

Denklemden; I: yalpa atalet momenti, Δ : deplasman, GM: enine metasantr yüksekliği, ΔGM : enine metasantr yüksekliğindeki değişim, ω : dalga frekansı, ϕ : yalpa açısıdır.

Grim, 1954 yılında (1.3) denklemini daha genel halde Denklem (1.4)' te gösterildiği gibi yeniden düzenlemiştir [7]. Denklemden "GZ" doğrultma moment kolu değişimi, "M" zorlama terimidir.

$$I\phi'' + \Delta GZ(\phi) = M \quad (1.4)$$

Grim'in çalışması, stabilitenin gemilerin dalgalar arasındaki hareketine bağlı olduğunu göstermesi açısından günümüzde yapılan çalışmaların çoğunun temelini oluşturmaktadır.

Taylan, Duffing yaklaşık yöntemini kullanarak yalpa hareketinde doğrultma ve sönüm momentlerinin etkisini belirtmiş ve bir çözüm elde etmiştir [8].

Üçer, 2008' deki doktora tezi çalışmasında yalpa hareketini diğer gemi hareketleriyle etkileşimsiz kabul ederek farklı matematiksel yöntemlerle incelemiştir [9].

Neves, Perez ve Valerio, boyuna düzenli dalgalarda benzer karakteristik özelliklere ve iki farklı kış tipine sahip küçük balıkçı gemisinin stabilitesini deneysel ve analitik olarak incelemişler ve kış formunun stabilite üzerindeki etkisini göstermişlerdir [10].

Neves, Perez ve Lorca baştan gelen dalga durumlarında balıkçı gemilerinin yalpa hareketleri ve stabiliteleriyle ilgili bir deneysel çalışma yapıp bunu nümerik ve analitik

yöntemlerle ulaştıkları sonuçlarla desteklemişlerdir. Lineer olmayan zaman simülasyonları ile deneysel çalışmalarından elde ettikleri sonuçların çok büyük hareketlerin gözlemlendiği durumlarda dahi uyumlu olduğu gözlemlenmiştir [11].

1.4. Balıkçı Gemileri İçin Stabilite Kriterleri

Güverteli balıkçı gemileri için önerilen minimum IMO stabilite kriterleri şu şekildedir [12].

1) 30° meyil açısına kadar doğrultucu moment kolu eğrisinin altındaki alan, 0.055 mxrad değerinden daha küçük olmamalıdır.

2) Aynı eğrinin, $\theta = 40^\circ$ ye kadar olan alanı, 0.09 mxrad değerinden daha az olmamalıdır. (Eğer gemi içine su girme açısı (X), 40° den daha küçük ise bu açıya kadar olan alan göz önünde bulundurulmalıdır.)

3) GZ- θ eğrisinin, $\theta = [30^\circ-40^\circ]$ arasındaki alanı, 0.03 mxrad değerinden daha az olmamalıdır. (Eğer gemi içine su girme açısı (X), 40° den daha küçük ise 30° ile su girme açısı arasında kalan alan göz önünde bulundurulmalıdır.)

4) Maksimum doğrultucu moment kolu (GZ maks), tercihen 30° yi aşan bir meyil açısında meydana gelmelidir. Fakat bu değer, hiçbir zaman 25° altında meydana gelmemelidir.

5) GZ doğrultucu moment kolu değeri, 30° veya 30° 'den daha büyük bir meyil açısında en az 200 mm olmalıdır.

Ek Tablo 1, Ek Tablo 2, Ek Tablo 3, Ek Tablo 4, Ek Tablo 5 ve Ek Tablo 6' da çalışmada kullanılan gemiye ait IMO stabilite kriterleri sonuçları verilmiştir.

1.5. Dilim Teorisi

Dilim teorisi üç boyutlu olarak hesaplanacak problemin iki boyutlu hale indirgenerek analitik olarak çözümlenmesi yöntemidir. Bu teoride gemi, ideal bir akışkanın (yüzey gerilimi ihmal edilen, homojen, viskositesiz, sıkıştırılamaz) yüzeyinde yüzen rijit bir cisim olarak düşünülür. Dilim teorisi yöntemiyle, yüzmekte olan üç boyutlu cisim üzerinde oluşan kuvvet ve momentler iki boyutlu olarak hesaplanabilir. Geminin sadece suyun altında kalan kısmı hesap edilerek gemiye etkiyen yükler hesaplanır. Geminin sınırlı sayıda

iki boyutlu dilimlerden oluřtuđu dűřünülererek dilim teorisi gemiye uygulanır. Oluřan her dilim, hangi kesitten alınmıřsa o forma ait gemi en kesitine sahiptir ve her dilim sonsuz uzunluktaki yűzen bir silindirin kesiti olarak dűřünüler.

Dilim teorisinde ilk olarak bařlangıç noktasından ξ uzaklıđında bulunan bir geminin kesidi űzerinde meydana gelen hidrodinamik kuvvetler hesaplanır. Her bir gemi kesitine etki eden kuvvetler hesaplanır ve oluřan bu kuvvetler gemi boyunca integre edilir. Bu sayede gemi űzerindeki yűkler hesaplanır. İki boyutlu olarak ek su kűtlesi ve sűnűm katsayıları her bir dilim için hesaplanabilir. Elde edilen bu hidrodinamik deđerler gemi boyunca integre edilerek hareket denklemlerinde yer alan diđer hidrodinamik katsayılar, gemi ek su kűtlesi ve sűnűm katsayısı hesaplanabilir [13].

Karadeniz tipi balıkçı gemileri űzerine yapılan bu çalıřmada dilim teorisi yűntemiyle dalıp-çıkma, yalpa ve bař-kıç vurma hareketleri analiz edilmiřtir.

1.6. Enine Dalgalarda Geminin Yalpa Hareketi

Gemilerin űzellikle enine dalgalarda alabora olmasının en űnemli nedeni yalpa hareketinden dolayı stabilitesini kaybetmesidir [14,15]. Yalpa hareketi, geminin merkez hattı boyunca uzanan uzunlamasına eksene gűre enine açısal harekettir.

Lineer yalpa hareketi uzun yıllar boyunca tűm yűnleriyle ele alınarak çalıřılmıřtır [16,17,18]. Fakat, lineer olmayan yalpa hareketi açık bir çalıřma alanıdır. Çođu zaman diferansiyel denklemin dođrusallık durumu GZ eđrisinin koordinatların orijininden eđriye dođru çekilen kontrol tanjantından saptıđı veya harekete karřı direncin olduđu durumlar için ihlal edilir. Bu çalıřmada dođrultma momenti ve sűnűm momenti olarak gruplandırılan iki lineer olmayan terimin gemi yalpa hareketlerine etkisi incelenmiřtir. Lineer olmayan yalpa hareketi denkleminde ikinci dereceden lineer olmayan sűnűm terimi ve 5. derece, 9. derece ve deđiřken katsayılı 9. derece lineer olmayan dođrultma momenti terimleri kullanılmıřtır. Zorlayıcı hareketin sinűsoidal dalgalardan oluřtuđu kabul edilmiřtir.

1.6.1. Lineer Olmayan Yalpa Hareketi Denklemi

Genel ifadeyle, lineer olmayan yalpa hareketi denklemi şu şekilde yazılabilir:

$$I\ddot{\phi} + B(\dot{\phi}) + C(\phi) = M(t) \quad (1.5)$$

Burada; ϕ : yalpa açısı, I: atalet terimi, $B(\dot{\phi})$: lineer olmayan sönüm momenti, $C(\phi)$: lineer olmayan doğrultma momenti, $M(t)$: rüzgar ve dalgayla oluşan zorlayıcı kuvvet. Daha spesifik olarak (1.5)' teki denklem şu şekilde yazılabilir [19].

$$(I_{xx} + \delta I_{xx})\ddot{\phi} + B_L\dot{\phi} + B_N\dot{\phi}|\dot{\phi}| + \Delta(\sum_{i=1}^n c_{2i-1}\phi^{2i-1}) = \omega_e^2 \alpha_m I_{xx} \cos \omega_e t \quad (1.6)$$

Denklemden I_{xx} kütle atalet momentini, δI_{xx} ise ek su atalet momentini belirtmektedir. Bu çalışmada doğrultma kolu eğrisi 5. derece, 9. derece ve 9. derece değişken katsayılı olmak üzere üç farklı şekilde belirtilmiştir. B_L lineer, B_N ise lineer olmayan sönüm katsayısını belirtmektedir.

Bu denklemde açısal hızın karesi $\dot{\phi}|\dot{\phi}|$, gemi iskele sancak yönünde hareket ettiğinde, sönüm momentinin daima harekete karşı olmasını sağlamak için biri mutlak değer içine alınmıştır. Denklem 1.6' da 5. derece doğrultma moment kolu eğrisi kullanıldığı takdirde, her iki tarafı da $(I_{xx} + \delta I_{xx})$ ' e bölünürse ve C1, C3, C5 katsayılarının değerleri yerine konulursa, boyutsuz katsayılarla ifade edilen aşağıdaki denklem elde edilir:

$$\ddot{\phi} + b_L\dot{\phi} + b_N\dot{\phi}|\dot{\phi}| + \omega_\phi^2\phi + m_3\phi^3 + m_5\phi^5 = \lambda\omega_e^2\alpha_m \cos \omega_e t \quad (1.7)$$

$$\text{Denklemden; } \omega_\phi^2 = \frac{\Delta GM}{(I_{xx} + \delta I_{xx})}, \quad (1.8)$$

1.6.2. Sönüm Momenti

Gemi modellerinin durgun sulara yalpa hareketinin azaltılmasına yönelik deneysel çalışmalar, küçük genliklerde, sönümlenme momentinin birçok durumda açısal hızın doğrusal fonksiyonu olarak değiştiğini göstermiştir.

$$B_{44}\dot{\phi} = B_L\dot{\phi} \quad (1.9)$$

Burada B_L lineer sönüm katsayısını belirtmektedir. Hareket genlikleri arttıkça, sönümün hareketlere doğrusal bağımlılığı, kademeli olarak ikinci dereceden bir hal alır.

$$B_{44}\dot{\phi} = B_N\dot{\phi}^2 \quad (1.10)$$

Yalpa sönüm momenti küçük ve büyük yalpa genliklerinde meydana gelen sönümü daha doğru bir şekilde belirtmek için genellikle aşağıdaki gibi lineer ve lineer olmayan terimlerden oluşan bir fonksiyon ile ifade edilmektedir [20].

$$B_{44}\dot{\phi} = B_L\dot{\phi} + B_N\dot{\phi}|\dot{\phi}| \quad (1.11)$$

Yalpa hareketinin doğruluğu, büyük ölçüde B_{44} sönüm katsayısının tahminine bağlıdır. Fakat, sönüm akışkanın viskozitesinden önemli ölçüde etkilendiği için sönüm katsayılarının tahmini zordur. Genel olarak yalpa sönüm katsayısı; gemi hızı V , hareketin frekansı ω ve anlık yalpa genliğine ϕ_a bağlıdır.

$$B_{44} = B_{44}(V, \omega, \phi_a) \quad (1.12)$$

Yalpa hareketindeki sönüm momenti, gemi gövdesi ve takıntılarının meydana getirdikleri çeşitli hidrodinamik etkenlere dayandırılır. Bu etkenleri şu şekilde sıralayabiliriz:

Dalga yapıcı sönüm, $B_w(\omega)$,

Yüzey sürtünme sönümü, $B_F(V, \phi_a)$,

Türbülans-kabarcık sönümü (gemi gövdesi ve takıntılar), $B_E(V, \phi_a)$,

Kaldırma sönümü, $B_L(V)$.

Burada sönüm bileşenlerinin sadece hıza, frekansa ve genliğe bağlı olmadığı görülmektedir. Gemi hızına ve yalpa açısına, sadece yüzey sürtünme sönümü $B_F(V, \phi_a)$ ve türbülans-kabarcık sönümü (gemi gövdesi ve takıntılar) $B_E(V, \phi_a)$ bağlıdır. Bunlar lineer olmayan sönüm katsayısı ($B_N = B_F + B_E$) olarak belirtilir. Yalpa açısından bağımsız olan lineer sönüm katsayısı ise ($B_L = B_W + B_I$) olarak belirtilir. Bu çalışmada sönüm terimleri zamana bağlı olarak Himeno ve Ikeda' nın bağıntıları kullanılarak hesaplanmıştır [21, 22]. Ampirik bağıntılar Ek1' de verilmiştir.

Bu çalışmada yalpa hareketi denklemlerinin çözümü yapılırken, zamana bağlı olarak numerik çözüm yapılmıştır. Burada sönüm terimleri anlık olarak hesaplanmıştır. Çözüm, Matlab kodu yardımıyla Dormand-Prince yöntemi uygulanarak yapılmıştır.

1.6.3. Doğrultma Momenti

Geminin doğrultma momenti, GZ eğrisindeki deplasman ile çarpımına eşittir. GZ eğrisi sancak ve iskele yalpa hareketini temsil edebilmesi için tek sayılardan oluşan bir polinomdur [23]. Aşağıda en genel halde doğrultma momenti terimi denklem 1.13' te gösterilmiştir.

$$GZ = \Delta \left(\sum_{i=1}^n c_{2i-1} \phi^{2i-1} \right) \quad (1.13)$$

Bu çalışmada doğrultma momenti eğrilerine 5. derece, 9. derece ve 9. derece değişken katsayılı polinomlar uydurulmuştur. Bulgularda görülebileceği gibi bu gemilerin GZ eğrisi oldukça karışıktır. Bu nedenle; 9. derece değişken katsayılı polinom GZ eğrisi ikiye bölünerek maksimum değer görüldüğü açıya kadar farklı katsayılarla, bu açıdan sonraki değerler farklı katsayılar ile temsil edilmiştir. Bu sayede 9. derece değişken katsayılı polinom, eğrileri en doğru şekilde temsil etmektedir.

1.6.4. Dalga Zorlama Momenti

Dalga zorlama momenti yapılan çalışmalar sonucunda şu şekilde oluşturulmuştur.

$$E(t) = \left(\pi \frac{H}{\lambda} \Delta GM_0 \sin(\chi) \right) \cos(\omega_e t) \quad (1.14)$$

Bu denklemde; H dalga yüksekliği, λ dalga boyu, χ dalga geliş açısıdır. Dalga zorlama momenti, dalgaların baştan gelmesi durumunda sıfır olmaktadır.

1.7. Bifürkasyon Noktaları

Bifürkasyonları, sürekli bifürkasyonlar ve süreksiz bifürkasyonlar olmak üzere 2' ye ayırmak mümkündür. Süreksiz bifürkasyonlar çözüm kümesinin dengesiz kısımlarında oluşurken, sürekli bifürkasyonlar ise çözüm kümesinin dengeli kısımlarında oluşur. Zamandan bağımsız olarak düşünölen çözüm sonuçlarında periyot katlama bifürkasyonu haricinde üç değişik bifürkasyon tipine rastlanır. Bunlar; dengeli çatal, dengesiz çatal ve fold tipi bifürkasyonlardır. Dengesiz çatal ve fold tipi süreksiz bifürkasyon, dengeli çatal ise sürekli bifürkasyonlardır. Süreksiz bifürkasyonlar, gemide kontrolsüz salınım hareketlerine sebep olmaktadır. Süreksiz bifürkasyonlar nedeniyle gemilerde oluşun kontrolsüz hareketler, gemilerin alabora olmasına neden olabilmektedir [24].

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Modellenen Geminin Özellikleri

Hesaplar için tasarlanan geminin ana ölçüleri şu şekildedir:

Tam Boy (LOA) : 50 m

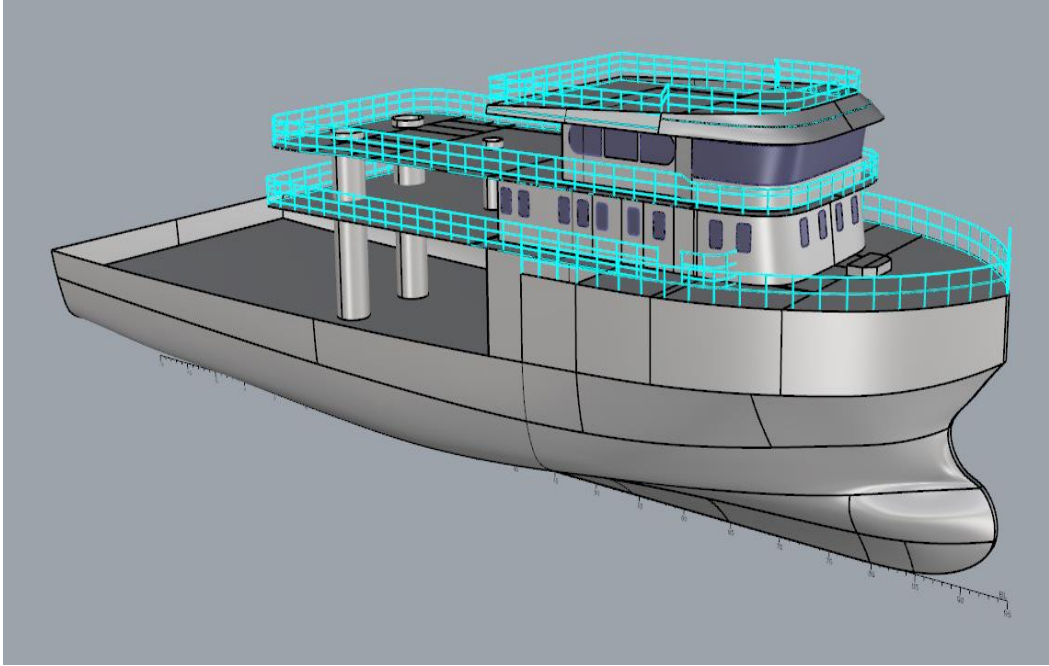
Gemi Dikeyler Arası Boyu (LBP) : 44.781 m

Gemi Genişliği (B) : 16.5 m

Draft (T) : 2.55 m

Gemi Derinliği (D) : 4.73 m

Tasarlanan üç boyutlu model Şekil 2.1' de görölmektedir.

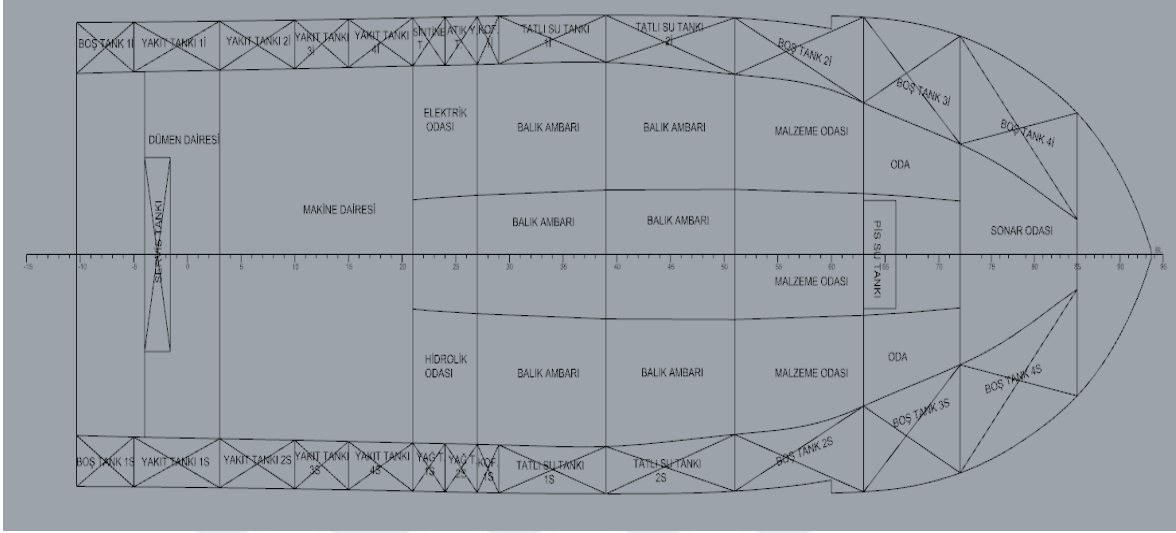


Şekil 2.1. Tasarlanan geminin 3 boyutlu modeli

3 boyutlu model oluşturulduktan sonra gemiye ait genel yerleşim planı oluşturulmuştur.

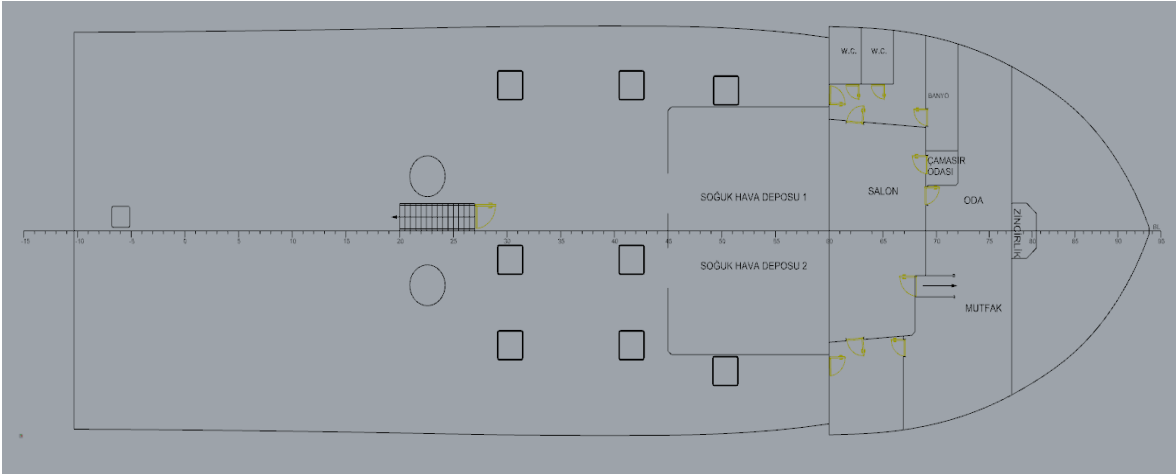
Ana güverte altı yerleşimde tanklar iskele ve sancak yönünde simetrik olarak yerleştirilmiştir. İlerleyen bölümlerde bu tanklardan detaylı olarak bahsedilecektir. Dümen dairesi, makine dairesi, balık ambarları, elektrik odası, hidrolik odası, malzeme odası ve

sonar odası bu bölümde yer almaktadır. Şekil 2.2’ de ana güverte altına ait genel yerleşim planı verilmiştir.



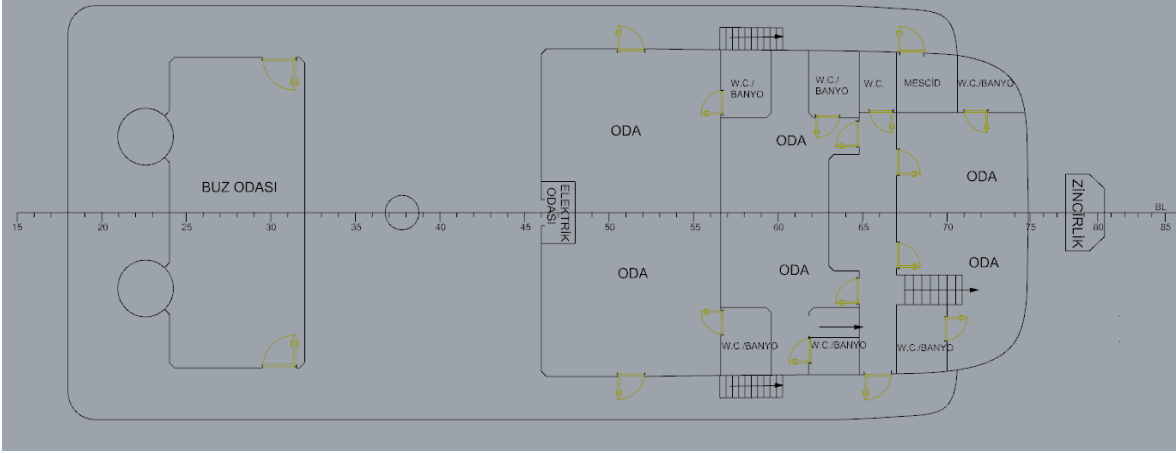
Şekil 2.2. Ana güverte altı genel yerleşim planı

Ana güverte; iki adet soğuk hava deposu, mutfak, salon, oda, 2 adet tuvalet, banyo, çamaşır odası ve zincirlikten oluşmaktadır. Şekil 2.3’ te ana güverteye ait genel yerleşim planı verilmiştir.



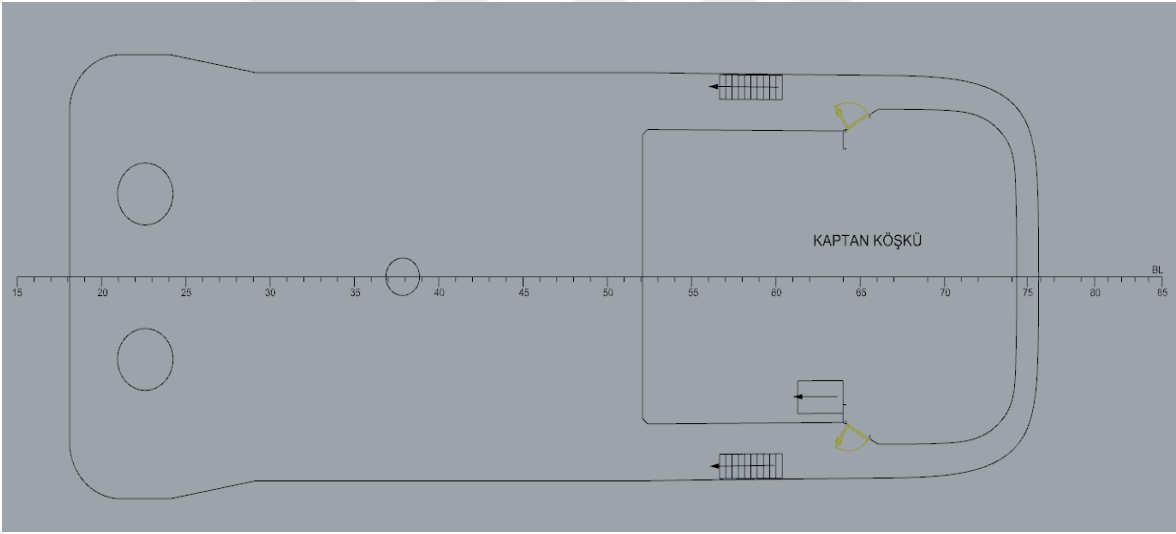
Şekil 2.3. Ana güverte genel yerleşim planı

Üst güverte; odalar, tuvaletler, banyolar, elektrik odası ve buz odasından oluşmaktadır. Şekil 2.4’ te üst güverteye ait genel yerleşim planı verilmiştir.



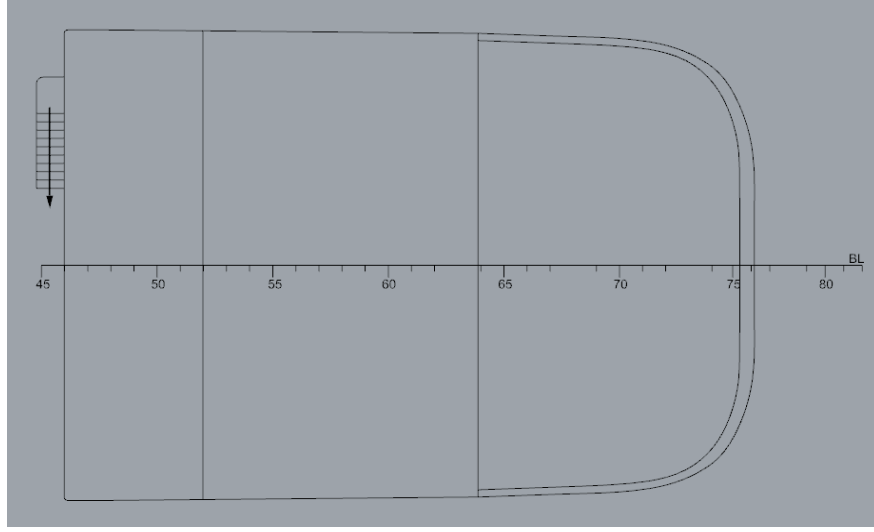
Şekil 2.4. Üst güverte genel yerleşim planı

Köprü üstü güvertede kaptan köşkü bulunmaktadır. Kreynler de bu güvertede yer almaktadır. Şekil 2.5' te köprü üstü güverteye ait genel yerleşim planı verilmiştir.



Şekil 2.5. Köprü üstü güverte genel yerleşim planı

Miyar güvertede ise uydu cihazları yer almaktadır. Şekil 2.6' da miyar güvertenin üstten görünüşü yer almaktadır.

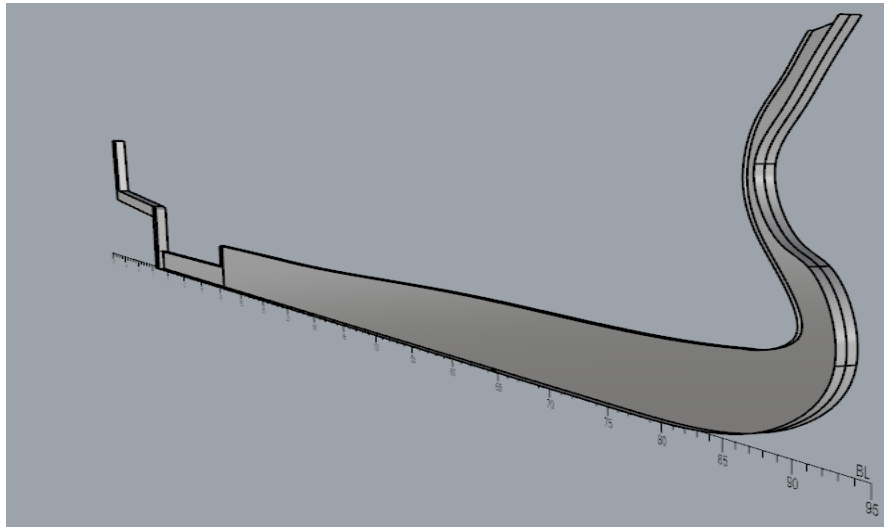


Şekil 2.6. Miyar güverte

2.2. Yapı Elemanlarının Modellenmesi

Karadeniz tipi balıkçı gemileri referans alınarak tüm döşekler, postalar, lamalar, boyuna yapı elemanları, enine yapı elemanları, enine ve boyuna perdeler, güverteler, punteller, kreyn boruları, sac kaplamaları, yaşam mahalleri modellenmiştir. Gemiye oluşturan her bir yapı elemanı ayrı ayrı gruplandırılarak gösterilmiştir.

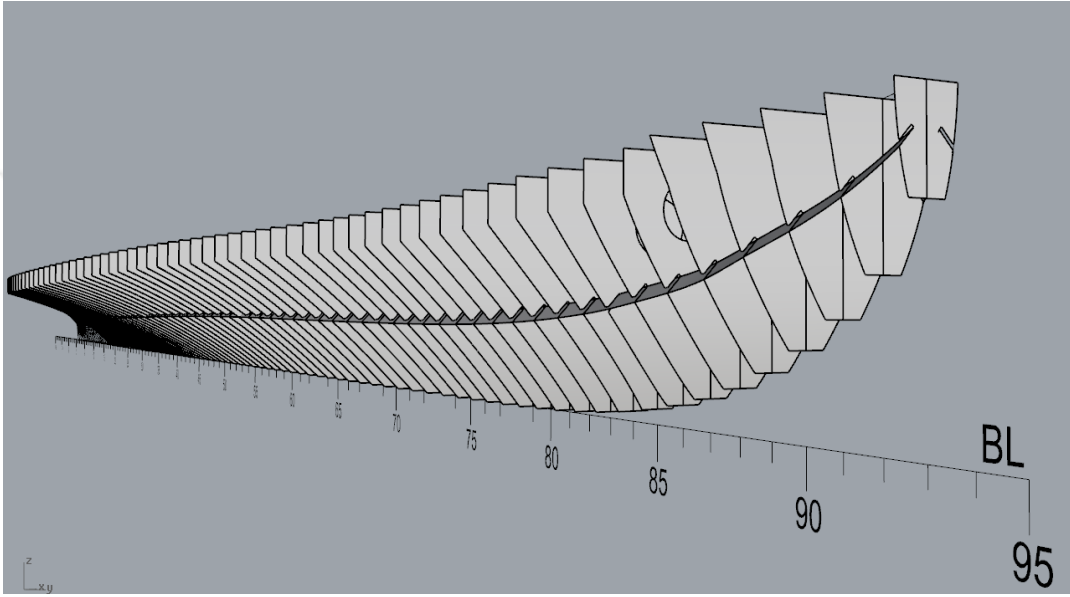
Karadeniz balıkçı gemileri genel olarak lama omurga üzerine inşa edilmektedir. Aşağıda Şekil 2.7' de lama omurga ve üzerine eklenen merkez omurga yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Lama omurga ve merkez omurga

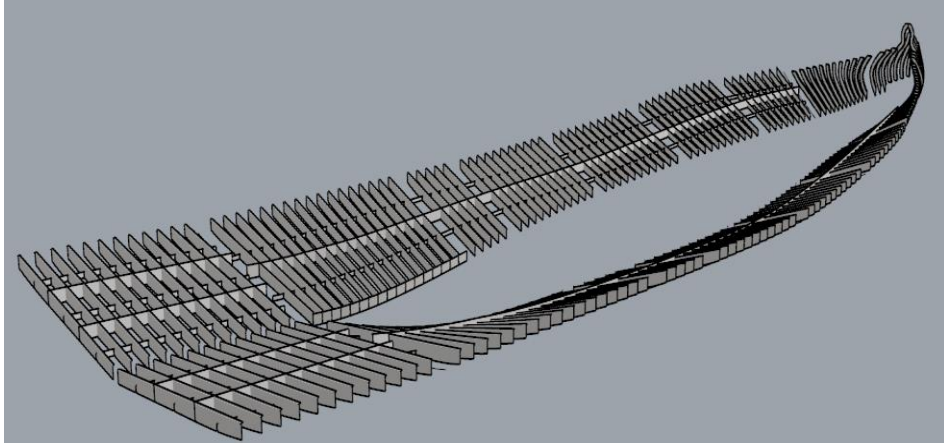
Daha sonra gemi, merkez omurganın iskele ve sancak taraflarına eklenen döşeklerle devam etmektedir.

Şekil 2.8’ de döşekler ve bu döşeklerden geçen döşek laması gösterilmiştir. Döşeklerin arasına lama boşlukları açılmış ve lamalar iskele ve sancak tarafında döşek boyunca devam etmektedir. Lama genişliği 155 mm olarak alınmıştır. Lamaların kaynak yerlerinde 30 mm cugul açılmıştır.

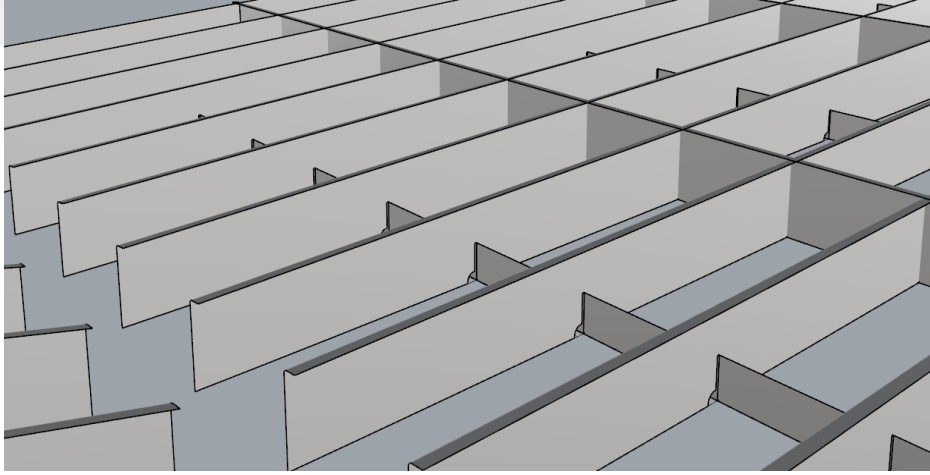


Şekil 2.8. Döşekler ve döşek laması

Döşeklerin ardından 300 mm genişliğindeki saca 50 mm büküm verilerek ve yönleri merkeze bakacak şekilde postalar modellenmiştir. Postaların arasına destek elemanı olarak 105 mm genişliğinde lamalar yerleştirilmiştir ve lamaların kaynak yerlerinde 30 mm cugul açılmıştır. Ayrıca postanın ortasından geçecek şekilde 320 mm genişliğindeki saca 50 mm büküm verilerek ve yönleri merkeze bakacak şekilde tülaneler yerleştirilmiştir. Lama ve tülaneler 72. perdeye kadar gitmektedir. 72. perdeden sonraki postalar eğrisel yapıda olduklarından dolayı üzerlerine 80 mm lama sarılmıştır. Şekil 2.9’ da postalar, posta laması ve posta tülanelerinin genel görünümü, Şekil 2.10’ da ise detaylı görünümü yer almaktadır.

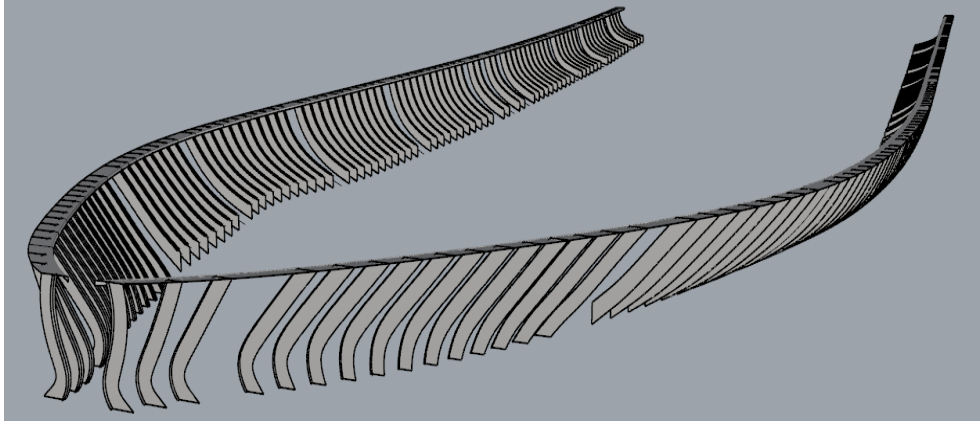


Şekil 2.9. Postalar, posta laması ve posta tulanisinin genel görünümü

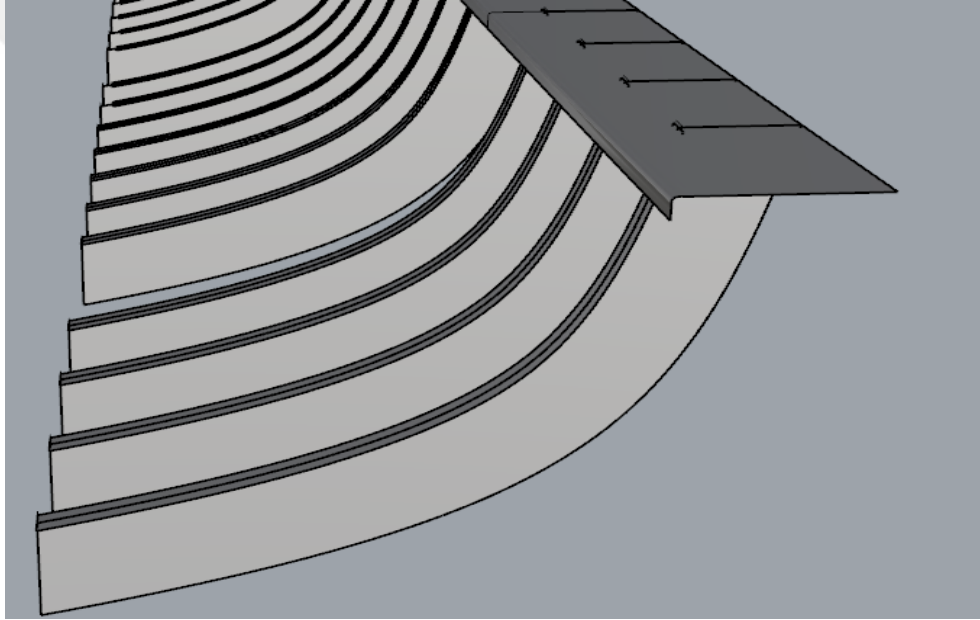


Şekil 2.10. Postalar, posta laması ve posta tulanisinin detaylı görünümü

Modellenen bu postaların ardından eğrisel yapıdaki postalar modellenmiştir. Eğrisel yapılarından dolayı üzerlerine 80 mm genişliğinde lama sarılmıştır. Postalara 250 mm genişlik verilmiştir. Postaların üzerine, postalar boyunca 400 mm genişliğindeki saca 50 mm büküm verilerek boyuna yapı elemanı modellenmiştir. Şekil 2.11’ de eğrisel yapıdaki postalar, posta laması ve boyuna yapı elemanının genel görünümü, Şekil 2.12’ de ise detaylı görünümü yer almaktadır.

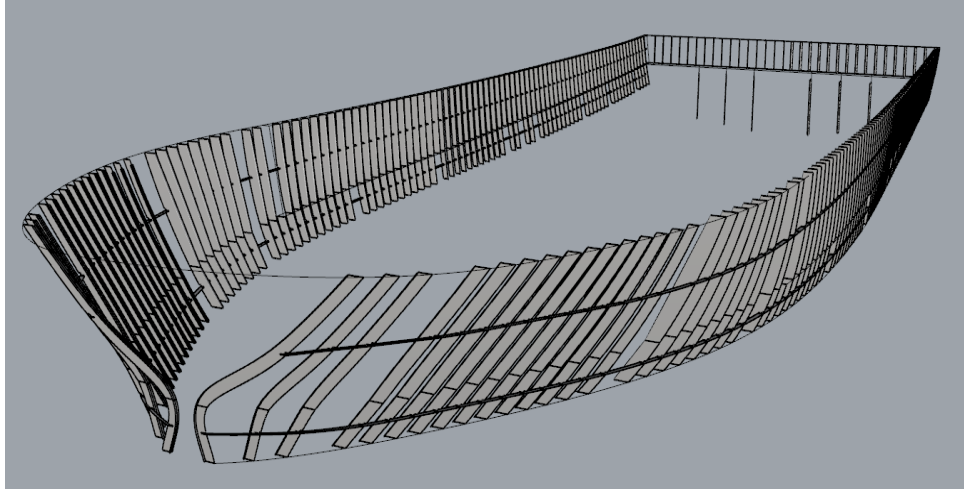


Şekil 2.11. Postalar, posta laması ve boyuna elemanın genel görünümü

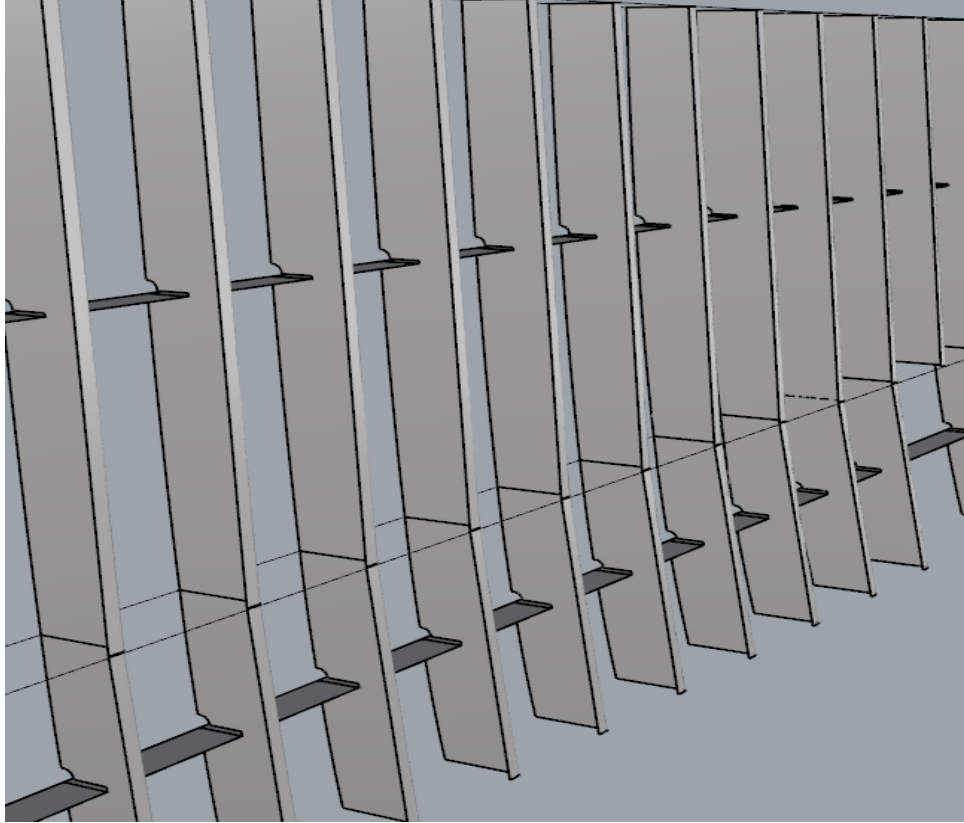


Şekil 2.12. Postalar, posta laması ve boyuna elemanın detaylı görünümü

Boyuna yapı elemanının üzerine 240 mm genişliğindeki saca 60 mm büküm verilerek borda postaları ve borda postalarının üzerine de küpeşte postaları modellenmiştir. Ayrıca bu postaların ortasından geçecek şekilde 120 mm genişliğinde lama modellenmiştir. Lamaların kaynak yerlerinde 30 mm cugul açılmıştır. Şekil 2.13' te borda postası, küpeşte postası ve lamanın genel görünümü, Şekil 2.14' te ise genel görünümü yer almaktadır.

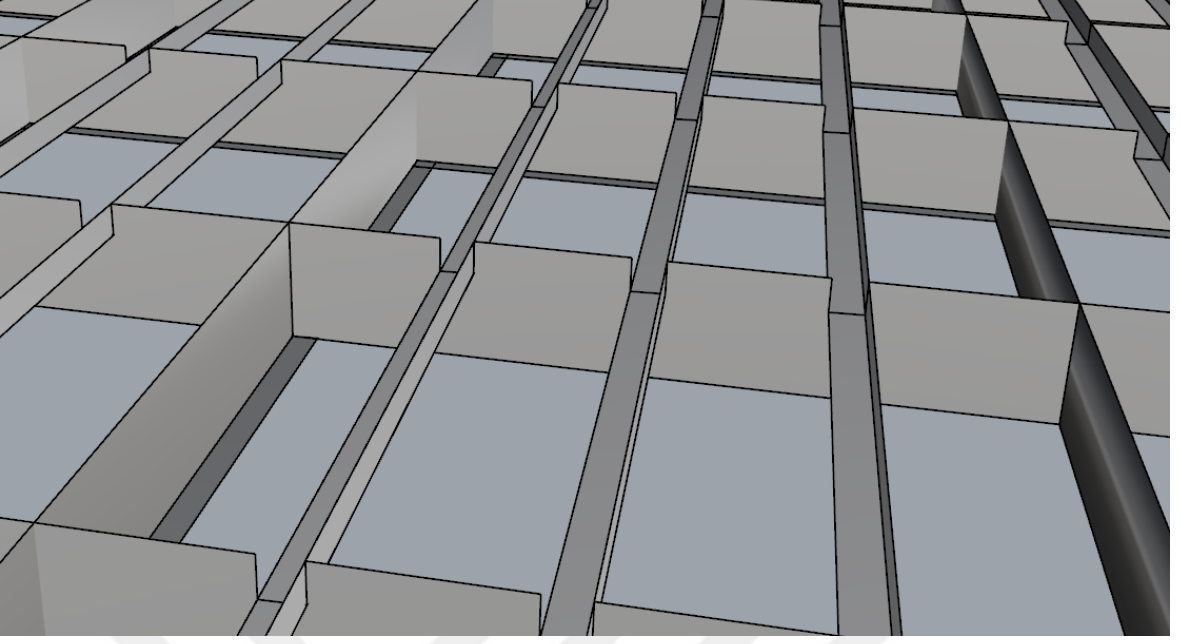


Şekil 2.13. Borda postası, küpeşte postası ve lamaların genel görünümü



Şekil 2.14. Borda postası, küpeşte postası ve lamaların detaylı görünümü

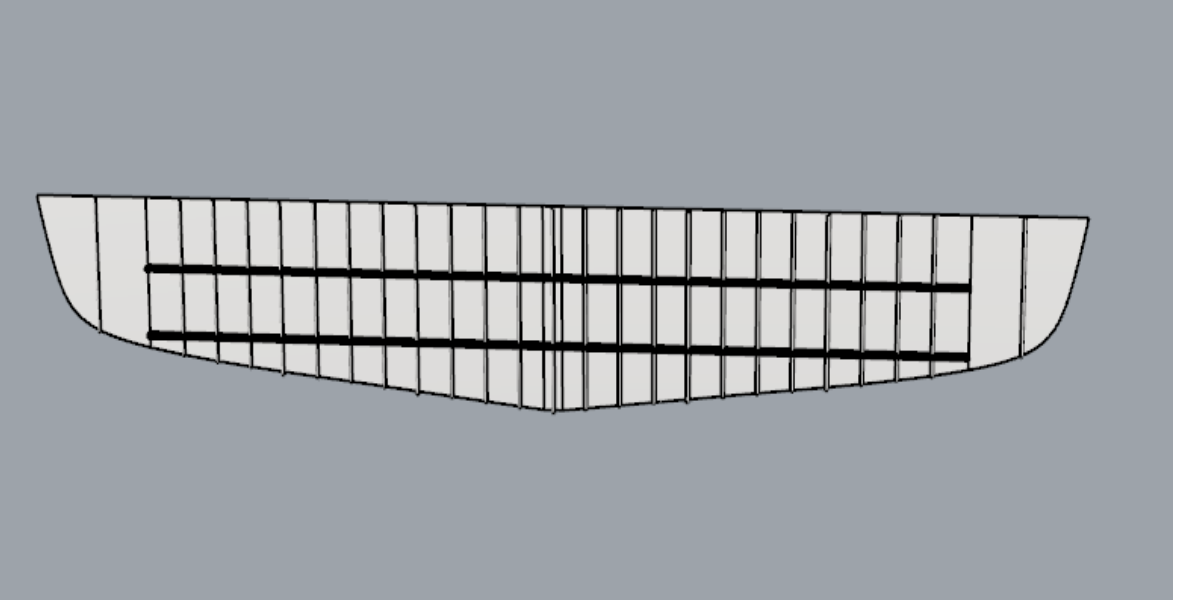
Ana güverte altına 400 mm genişliğindeki saca 70 mm büküm verilerek derin kemeler ve tülâniler, 90x90 mm ölçülerinde köşebent kullanılmıştır. Köşebentlerin tülânilerden geçtiği yerlere 90x90 mm genişliğinde geçme aralığı açılmıştır. Şekil 2.15' te ana güverte altı derin kemere, tülani ve normal kemere yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.15. Ana güverte altı derin kemere, normal kemere ve tülani

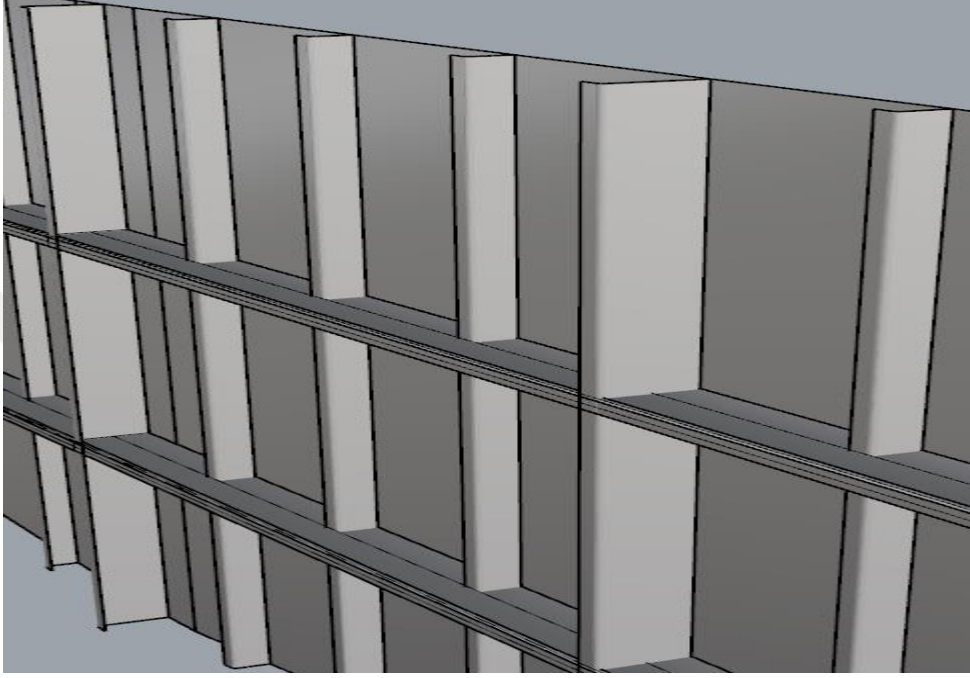
2.2.1. Perdeler ve Yapı Elemanları

Gemimizde 8 adet enine perde bulunmaktadır. Enine perdelerin genel görünümü Şekil 2.16’da gösterildiği gibidir.



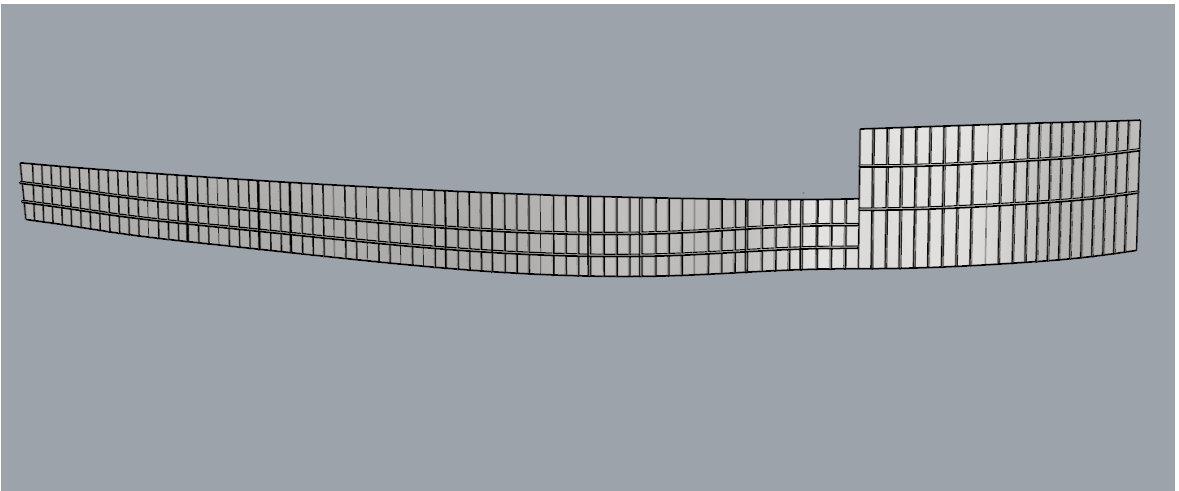
Şekil 2.16. Enine perde genel görünümü

Enine perdelerin eleman yapıları şu şekilde oluşturulmuştur: 215 mm saca 50 mm büküm verilerek derin stifner ve stringer; 125 mm saca 45 mm büküm verilerek normal stifner yapıları oluşturulmuştur. Şekil 2.17' de gösterildiği gibi bükümlerin yönleri merkeze bakacak şekilde modellenmiştir.



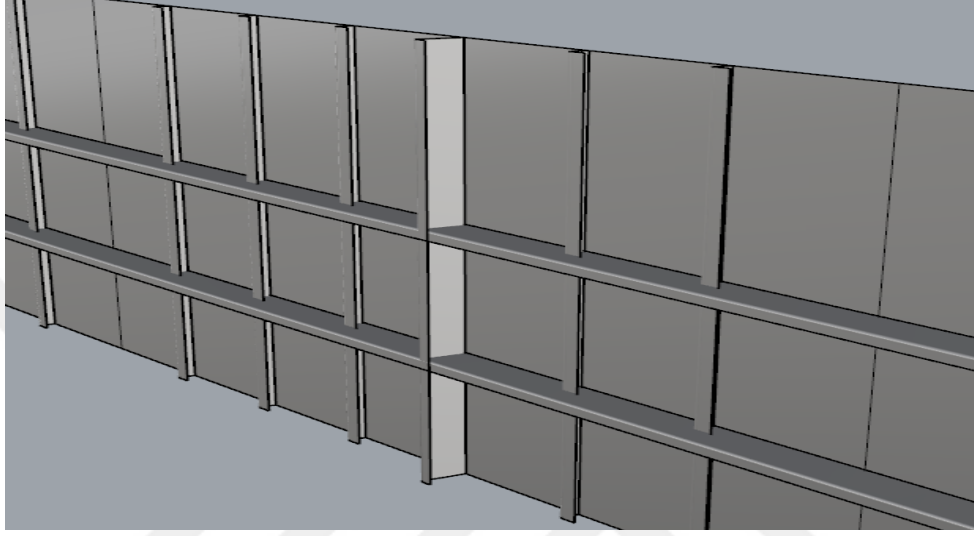
Şekil 2.17. Enine perde yapı elemanları

Gemimizde sancak ve iskelede olmak üzere 2 adet tank sınırlarını oluşturan boyuna perde gitmektedir. Şekil 2.18' de boyuna tank perdesinin genel görünümü verilmiştir.



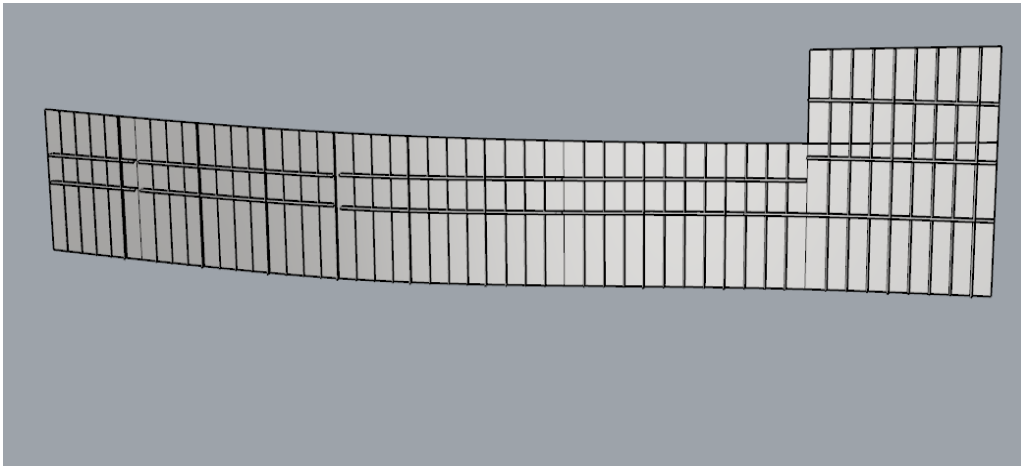
Şekil 2.18. Boyuna tank perdesi genel görünümü

Tank sınırlarını oluşturan boyuna perdelerin eleman yapıları şu şekilde oluşturulmuştur: 200 mm saca 50 mm büküm verilerek derin stifner ve stringer; 60x60 mm ölçülerinde stifner yapıları oluşturulmuştur. Şekil 2.19' da gösterildiği gibi bükümlerin yönleri merkeze bakacak şekilde modellenmiştir.



Şekil 2.19. Boyuna tank perdesi yapı elemanları

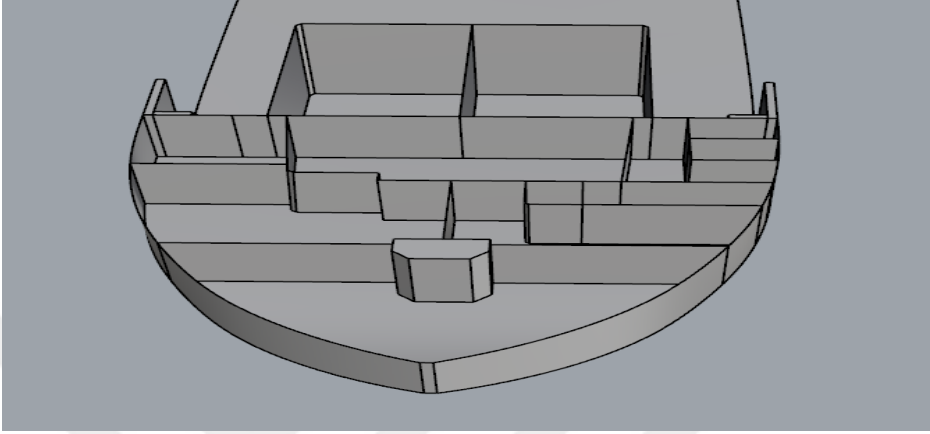
Gemimizin sancak ve iskele tarafında 2 adet olmak üzere ambar sınırlarını oluşturan boyuna perde yapıları oluşturulmuştur. Boyuna ambar perdelerinin genel görünümü ve yapı elemanları Şekil 2.20' de gösterilmiştir. Eleman yapıları enine perdelerdeki eleman yapılarıyla aynıdır.



Şekil 2.20. Boyuna ambar perdesi

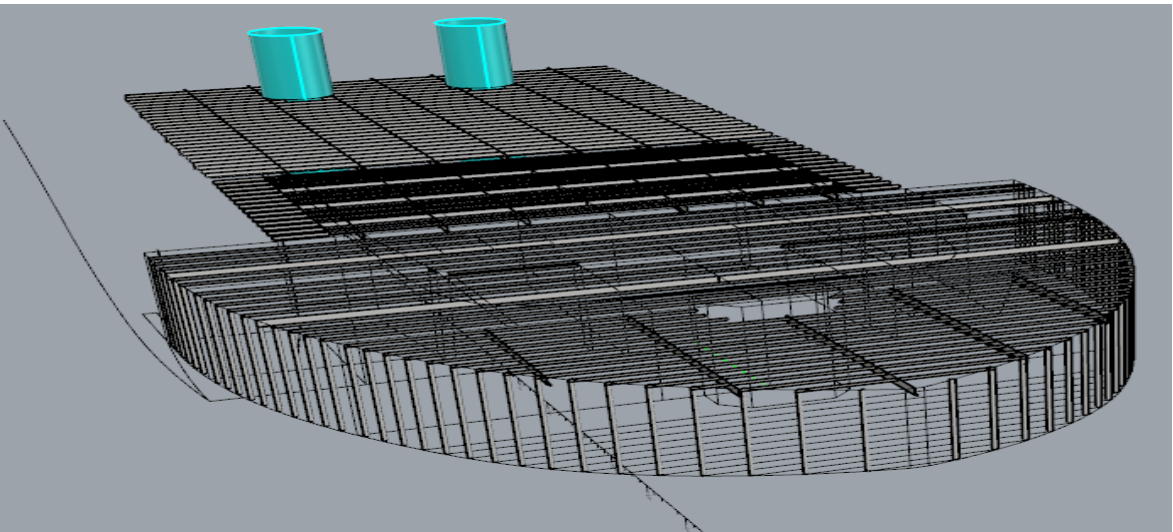
2.2.2. Üst Yapıların Modellenmesi ve Yapı Elemanları

Gemimizin üst yapıları ana güverte, üst güverte, köprüüstü güverte ve miyar güverteden oluşmaktadır. Şekil 2.21’de modellenen ana güverte yapısı görülmektedir.

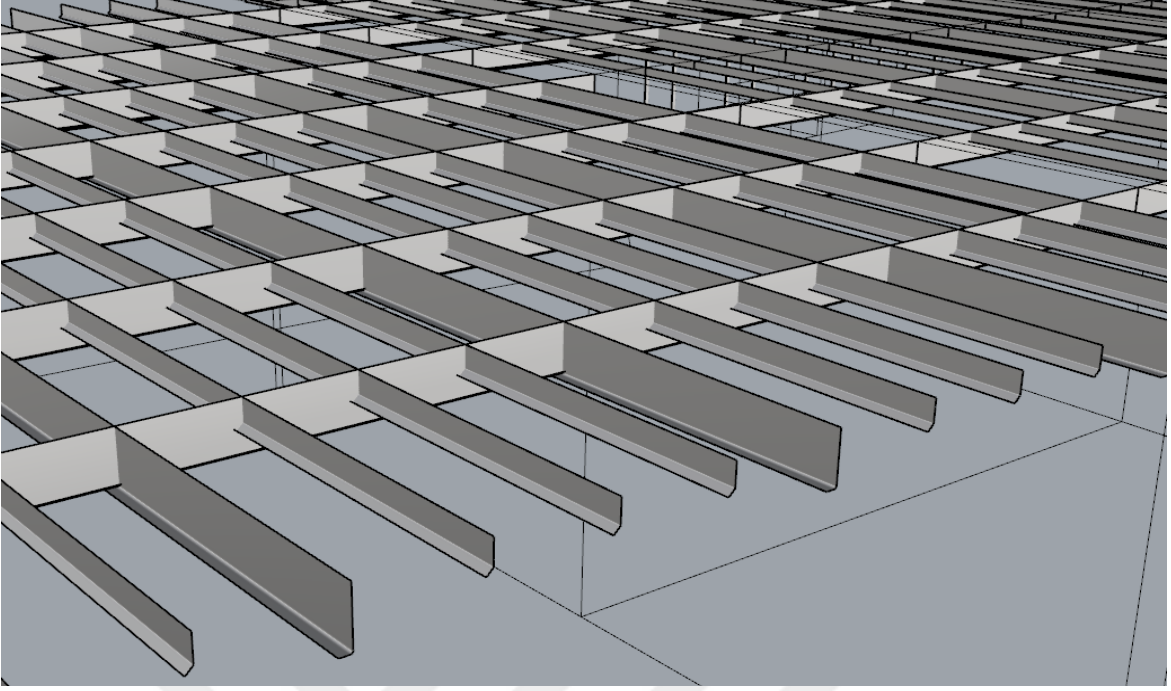


Şekil 2.21. Geminin ana güverte modeli

Üst güverte altındaki eleman yapıları oluşturulurken 300 mm genişliğindeki saca 50 mm büküm verilerek derin kemere ve tulaniler modellenmiştir.. Normal kemereler ise 150 mm genişliğindeki saca 40 mm büküm verilerek modellenmiştir. Kimi yerlerde ise destek elemanı olarak 70x70 mm ebatlarında köşebentler kullanılmıştır. Şekil 2.22’de üst güverte altı elemanlarının genel görünümü, Şekil 2.23’ te ise detaylı görünümü yer almaktadır.

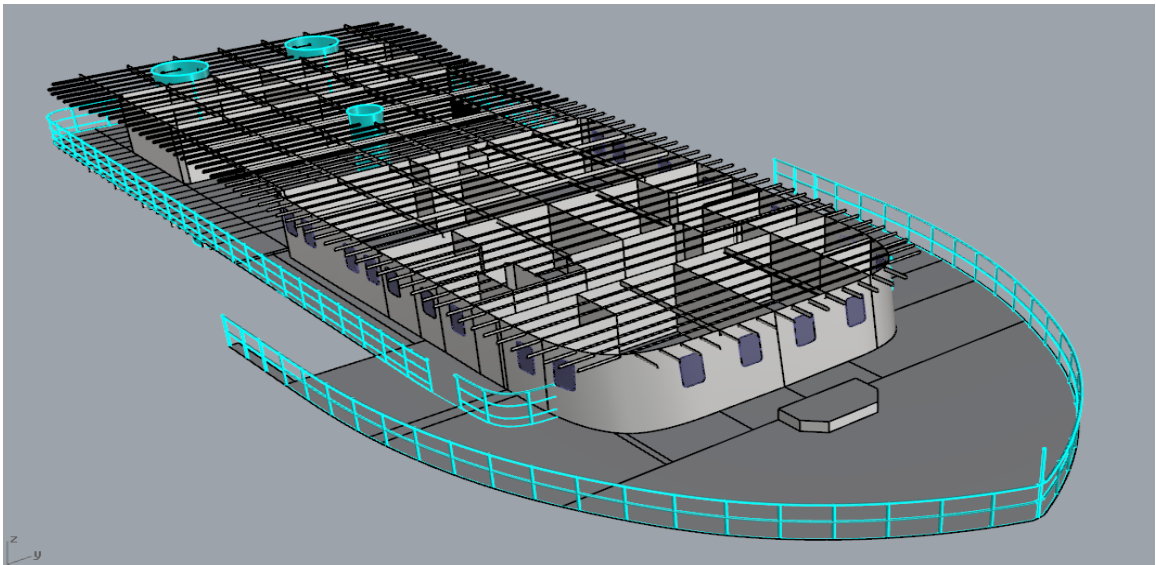


Şekil 2.22. Üst güverte altı elemanları genel görünümü



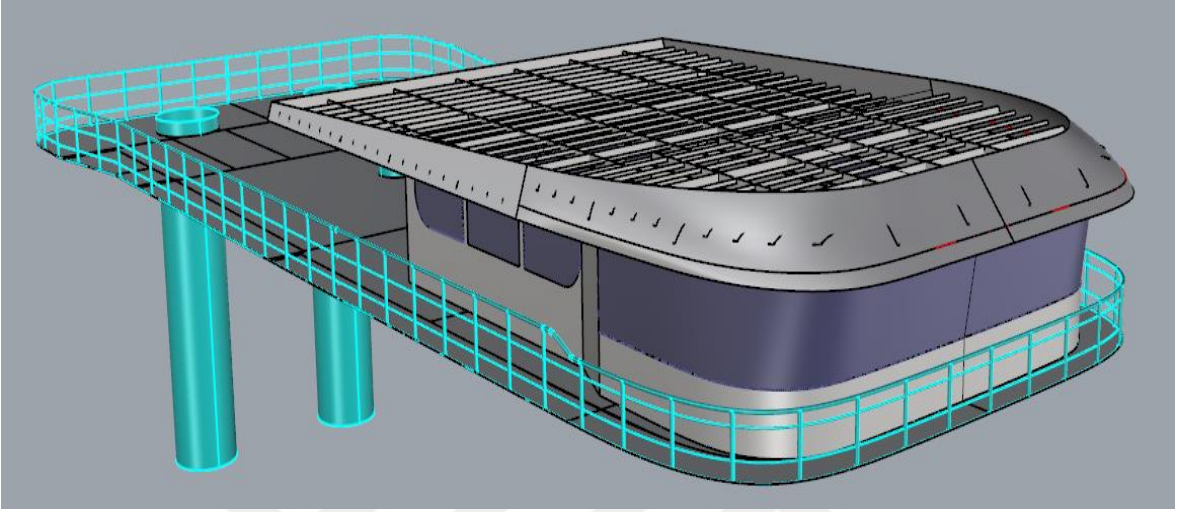
Şekil 2.23. Üst güverte altı elemanları detay görünümü

Üst güverte yapısındaki yani köprü üstü güvertenin altındaki eleman yapıları oluşturulurken 250 mm saca 50 mm büküm verilerek derin kemere ve tulaniler modellenmiştir. Şekil 2.24' te normal kemereleer 130 mm genişliğindeki saca 35 mm büküm verilerek ve 60x60 mm ölçülerinde köşebentler kullanılarak modellenmiştir.



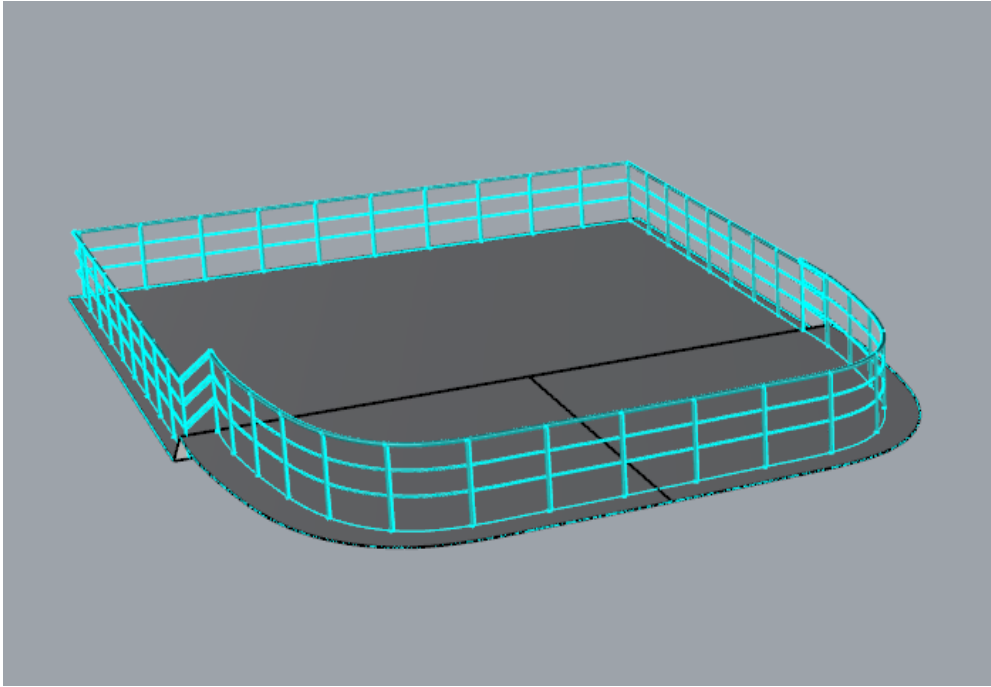
Şekil 2.24. Üst güverte yapısı ve elemanları

Şekil 2.25’ te köprü üstü güvertesindeki yani miyar güvertenin altındaki eleman yapıları oluşturulurken 235 mm saca 50 mm büküm verilerek derin kemere ve tulaniler modellenmiştir. Normal kemereler ise 60x60 mm köşebentler kullanılarak modellenmiştir.



Şekil 2.25. Kaptan köşkü yapısı ve elemanları

Şekil 2.26’ da ise etrafı puntellerle çevrili miyar güverte yapıları görülmektedir.

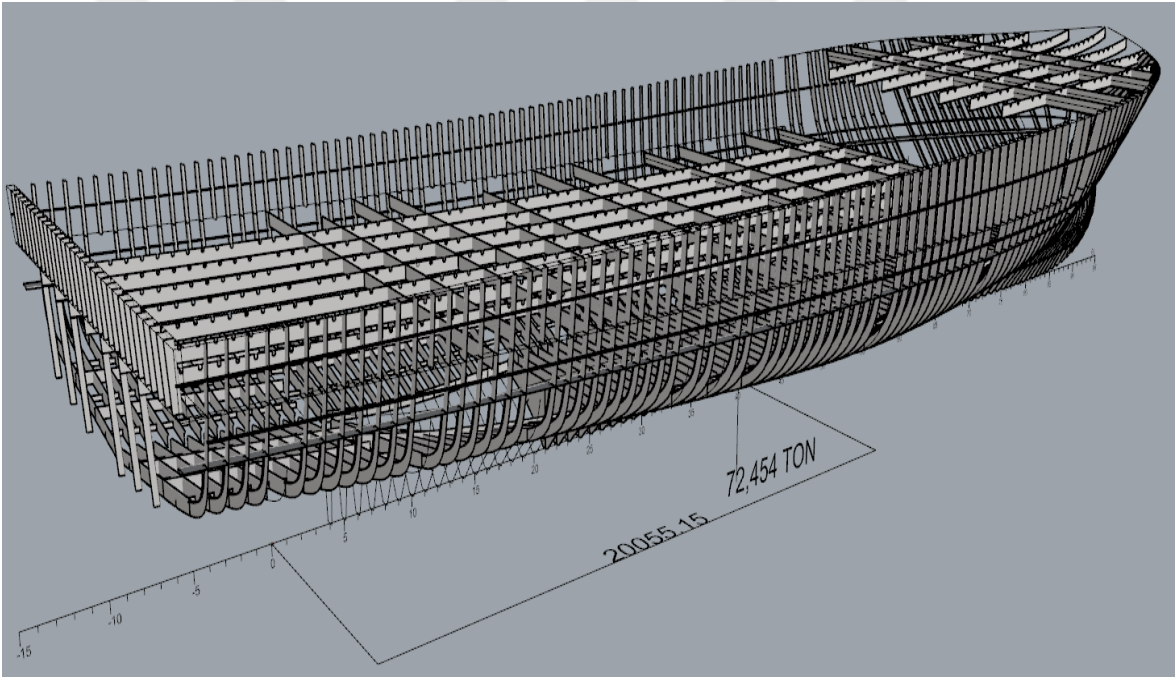


Şekil 2.26. Miyar güverte

2.3. Ağırlık Merkezlerinin Belirlenmesi

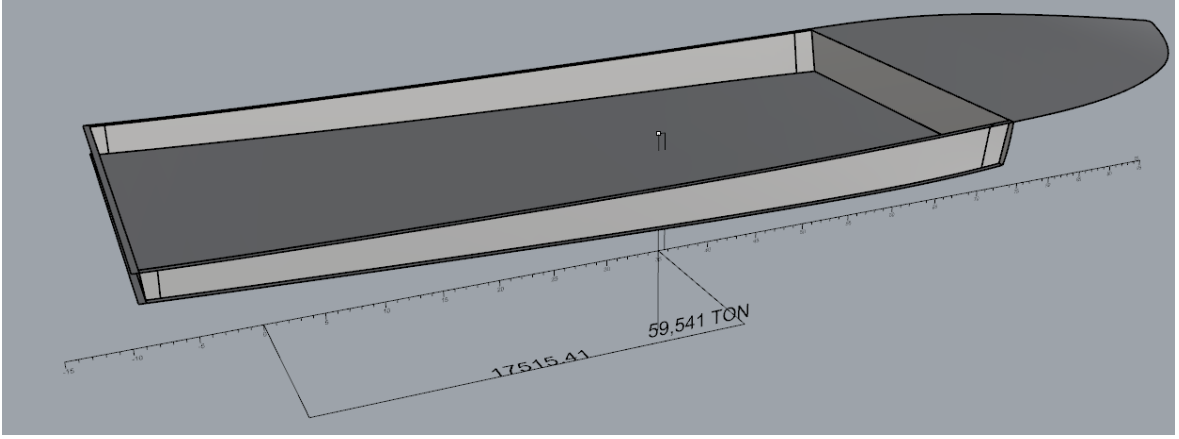
Bu işlem yapılırken dümen rodunun yani kış dikmenin temel hat ile kesiştiği nokta geminin sıfır noktası olarak kabul edilmiştir. Gemiye oluşturan yapı elemanları kalınlık verilmeden modellendikten sonra farklı sac kalınlıklarının kendi aralarındaki ağırlıkları ve ağırlık merkezi belirlenmiştir. Malzeme yoğunluğu çelik sac için 7.86 t/m^3 , alüminyum sac için 2.7 t/m^3 olarak alınmıştır.

Şekil 2.27’ de gösterilen ana güverte altı yapı elemanları, parampet postaları ve güverte altı derin kemerlerinin sac kalınlığı 8 mm alınarak yapının ağırlığı ve ağırlık merkezi bulunmuştur.



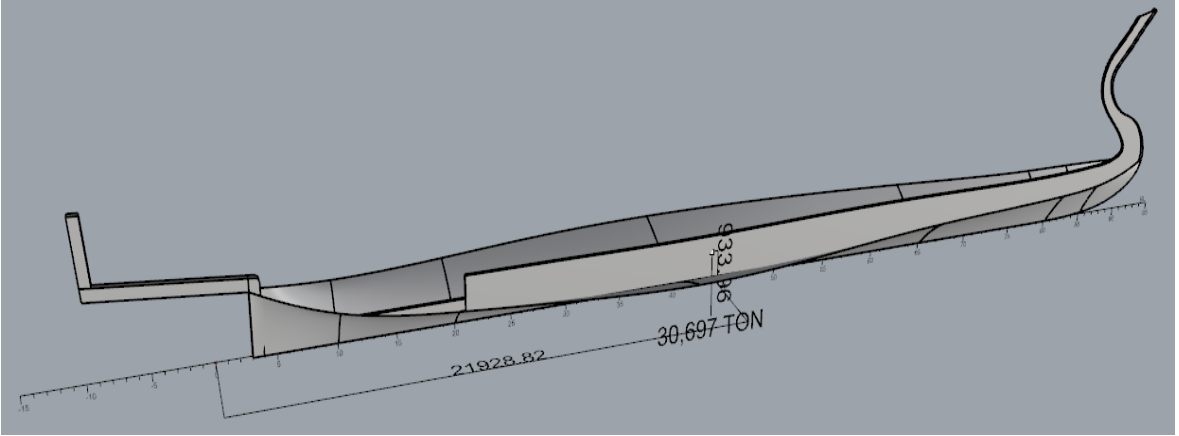
Şekil 2.27. 8 mm gemi yapı elemanlarının ağırlığı ve ağırlık merkezi

Şekil 2.28’de gösterilen ana güverte sacı ve küpeştelerin sac kalınlığı 8 mm alınarak yapının ağırlığı ve ağırlık merkezi bulunmuştur.



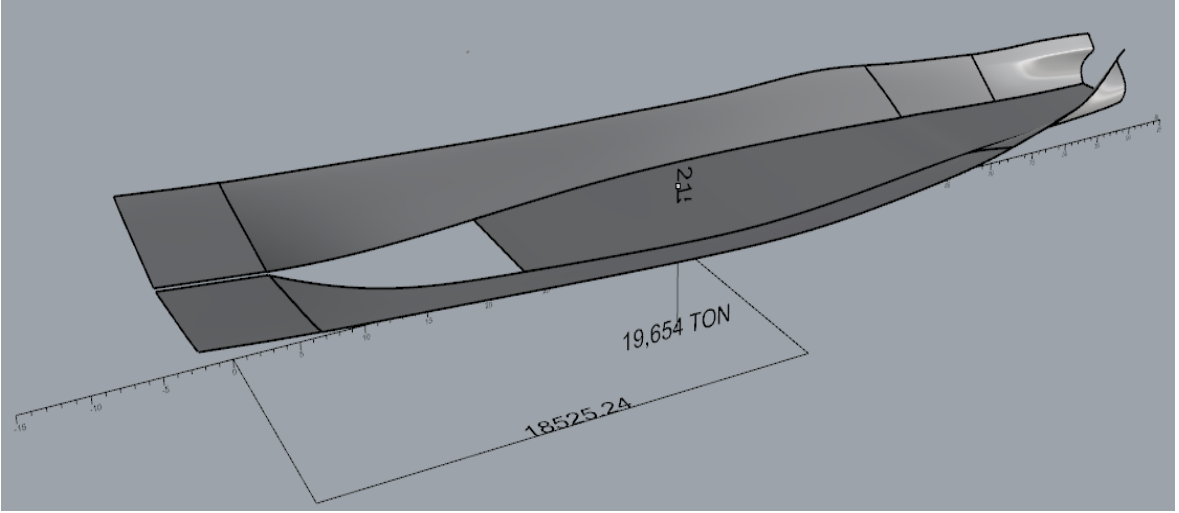
Şekil 2.28. 8 mm ana güverte sacı ve küpeştenin ağırlığı ve ağırlık merkezi

Şekil 2.29' de gösterilen lama, merkez omurga ve döşek kaplamasının sac kalınlığı 12 mm alınarak yapının ağırlığı ve ağırlık merkezi bulunmuştur.



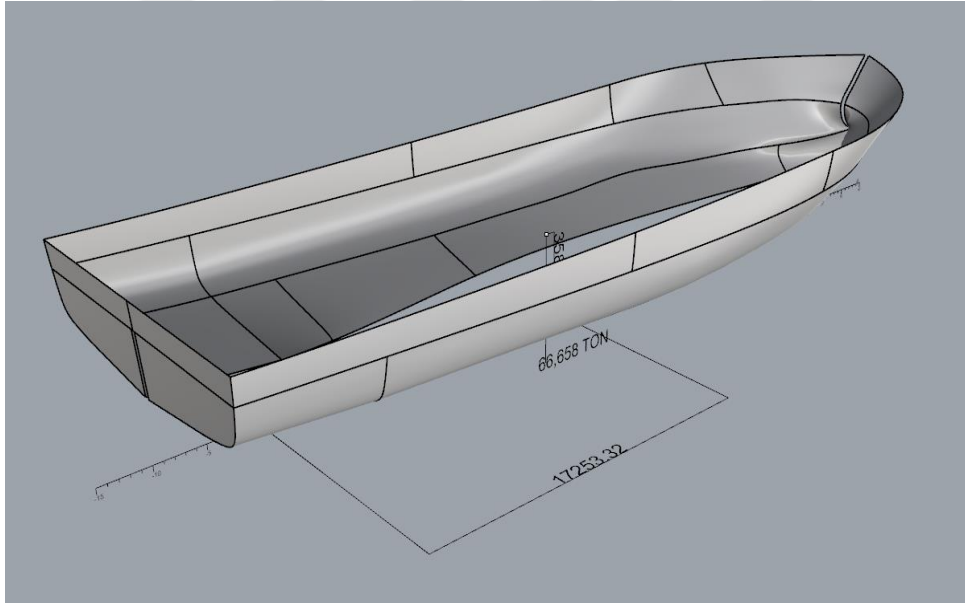
Şekil 2.29. 12 mm lama, merkez omurga, döşek kaplaması ağırlığı ve ağırlık merkezi

Şekil 2.30' da gösterilen ambarlar ve odaların iç kaplamasının sac kalınlığı 5 mm alınarak yapının ağırlığı ve ağırlık merkezi bulunmuştur.



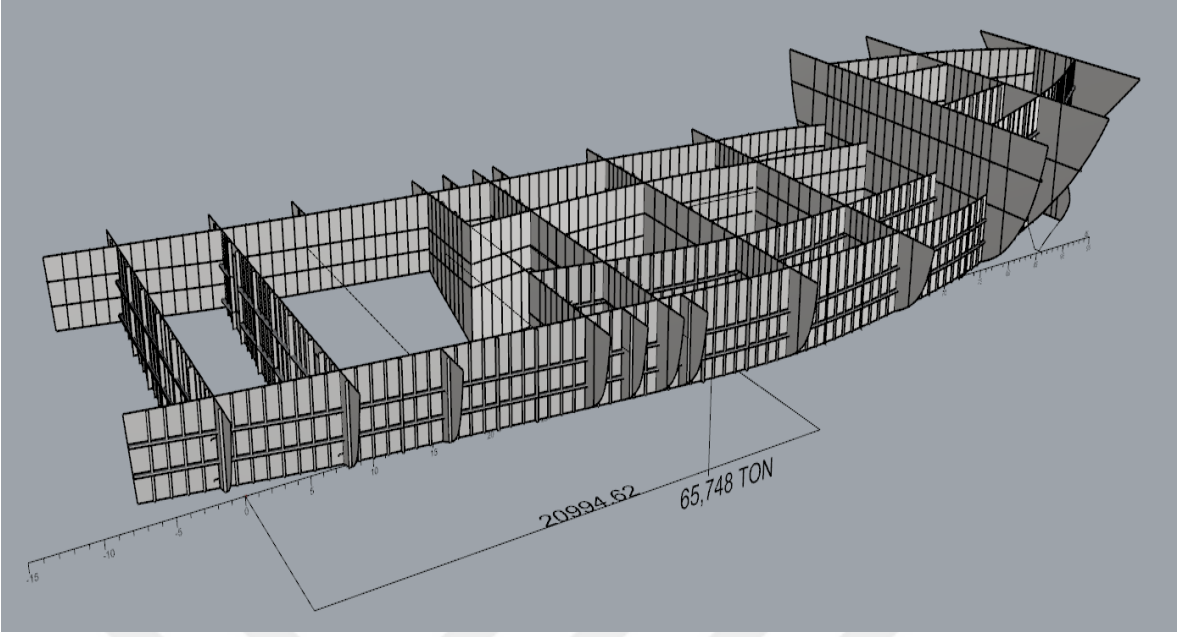
Şekil 2.30. 5 mm iç kaplama sacının ağırlığı ve ağırlık merkezi

Şekil 2.31' de gösterilen dış kaplamanın (döşekler hariç) sac kalınlığı 9 mm alınarak yapının ağırlığı ve ağırlık merkezi bulunmuştur.



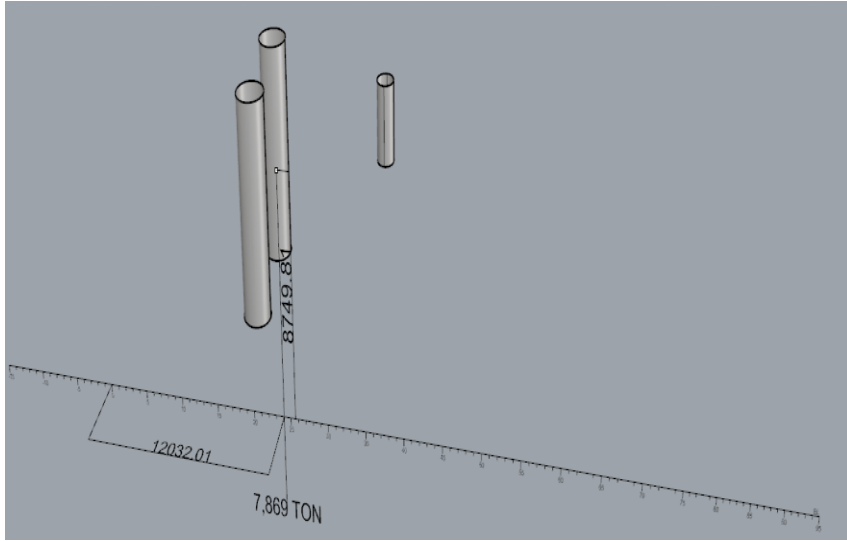
Şekil 2.31. 9 mm dış kaplama (döşekler hariç) ağırlığı ve ağırlık merkezi

Şekil 2.32' de gösterilen enine perdeler, boyuna perdeler ve bu perdelerin üzerindeki yapı elemanlarının sac kalınlığı 7 mm alınarak yapının ağırlığı ve ağırlık merkezi bulunmuştur.



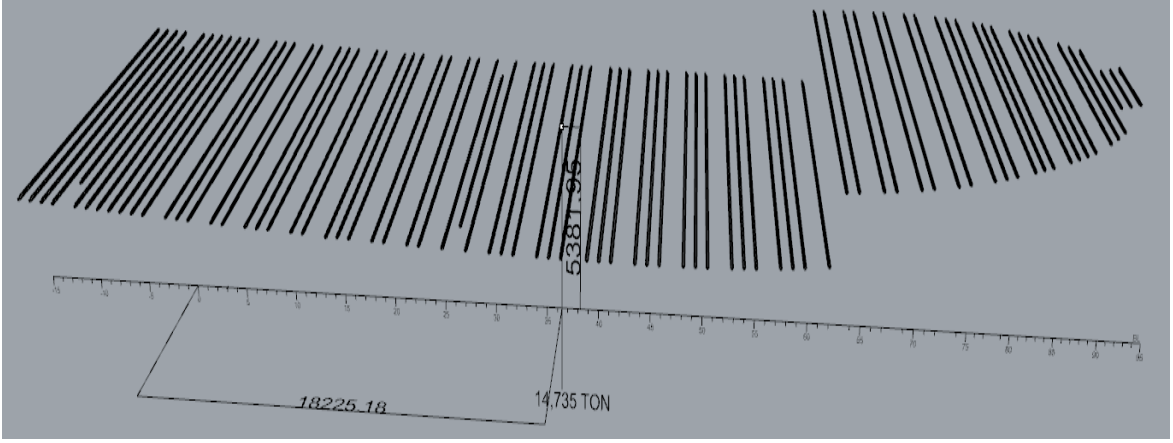
Şekil 2.32. 7 mm enine, boyuna perdeler ve elemanlarının ağırlığı ve ağırlık merkezi

Şekil 2.33' te gösterilen 3 adet kreyn borusunun sac kalınlığı 12 mm alınarak yapının ağırlığı ve ağırlık merkezi bulunmuştur.



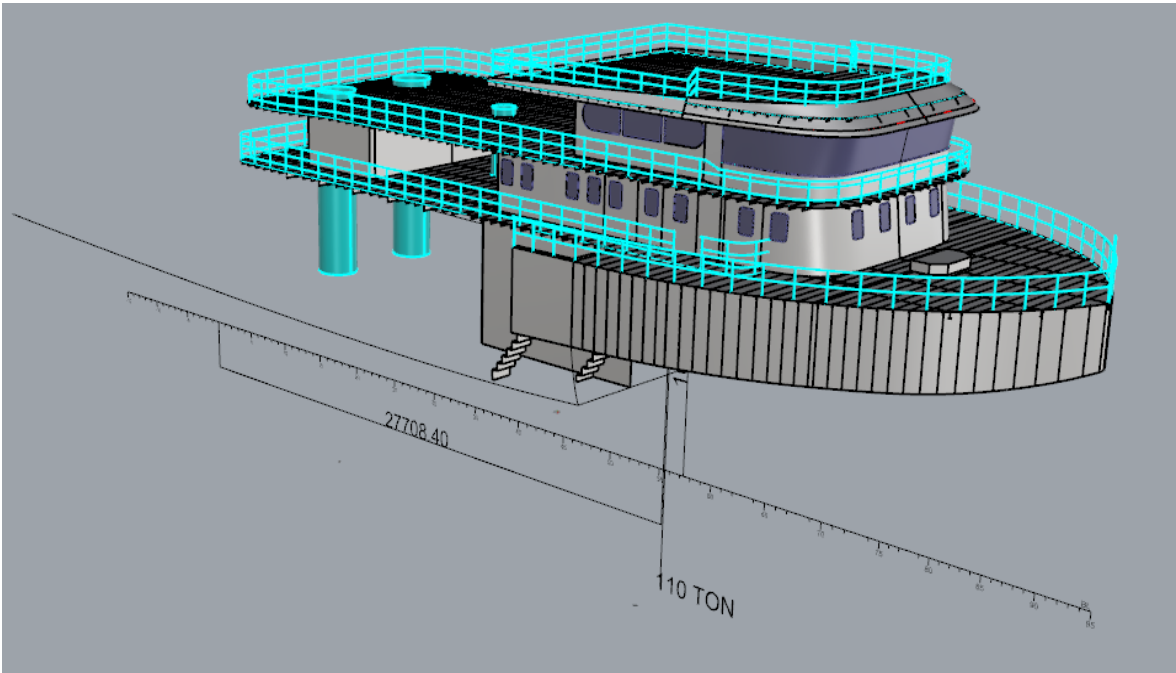
Şekil 2.33. 12 mm kreyn borularının ağırlığı ve ağırlık merkezi

Şekil 2.34' te gösterilen güverte altı normal kemerelerin sac kalınlığı 9 mm alınarak yapının ağırlığı ve ağırlık merkezi bulunmuştur.



Şekil 2.34. 9 mm ana güverte altı normal kemerelerin ağırlığı ve ağırlık merkezi

Şekil 2.35' te gösterilen üst yapının çelik olduğu düşünülerek ve sac kalınlığı 6 mm alınarak yapının ağırlığı ve ağırlık merkezi bulunmuştur. Bu durumda ağırlığımız 110 ton gelmektedir. Üst yapının alüminyum olması durumunda ise ağırlığımız 37,786 ton gelmektedir. Turkuaz rengi ile gösterilen puntellerin ağırlığı burada hesaba katılmamış olup, diğer ağırlıklar kısmında gösterilmiştir. Kreyn boruları ise 12 mm sac kalınlığı grubunda gösterilmiş olduğundan yine burada ağırlık hesabına katılmamıştır. Mavi renk ile gösterilen kısımlar cam yeri olduğundan dolayı yine ağırlık hesabına katılmamıştır.



Şekil 2.35. 6 mm üst yapıların çelik ağırlığı ve ağırlık merkezi

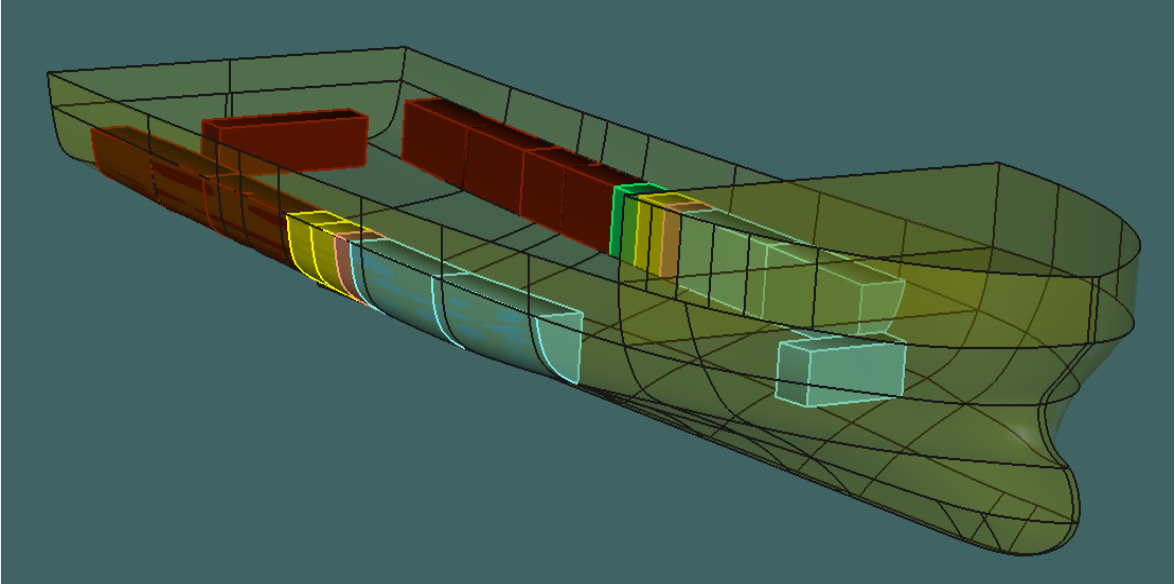
2.3.1. Diğer Ağırlıklar ve Ağırlık Merkezlerinin Belirlenmesi

Yetkili firmalarla ve gemi sahipleriyle irtibata geçilerek diğer ağırlıklar ve ağırlık merkezleri şu şekilde belirlenmiştir:

Makine dairesindeki toplam ağırlık 25 ton, ana güverte üzerinde 3 ton ve 2 tonluk ağ, 3 adet kreynin ağırlığı sırasıyla 15 ton, 15 ton ve 6 ton, mobilya ağırlığı 5 ton, toplam puntel ağırlığı 3.668 ton, 2 adet göz demiri 2 ton, demir zincirinin ağırlığı 6.5 ton, ırgatın ağırlığı 1 ton ve 2 adet buz makinesinin ağırlığı 1 ton olarak belirlenmiştir. Ayrıca gemide 6 adet ambar bulunmaktadır ve toplam ambar kapasitesi 420 tondur. Bu yapıların konuldukları bölümler göz önünde bulundurularak ağırlık merkezleri en uygun olacak şekilde stabilite programına koordinatlar girilmiştir.

2.4. Tankların Modellenmesi

Oluşturulan geminin tankları stabilite programı kullanılarak modellenmiş ve yüklemeleri yapılmıştır. Geminin üç boyutlu tank yerleşimi Şekil 2.36' da gösterilmiştir.



Şekil 2.36. Tankların yerleşimi

Bu yerleşimde; iskele ve sancaktaki kahverengi renkli tanklar yakıt tankını, kıçtaki kahverengi tank yakıt servis tankını, iskeledeki yeşil renkli tank sintine tankını (deniz suyu), iskeledeki sarı renkli tank atık yağ tankını, sancaktaki sarı renkli tanklar ise yağ

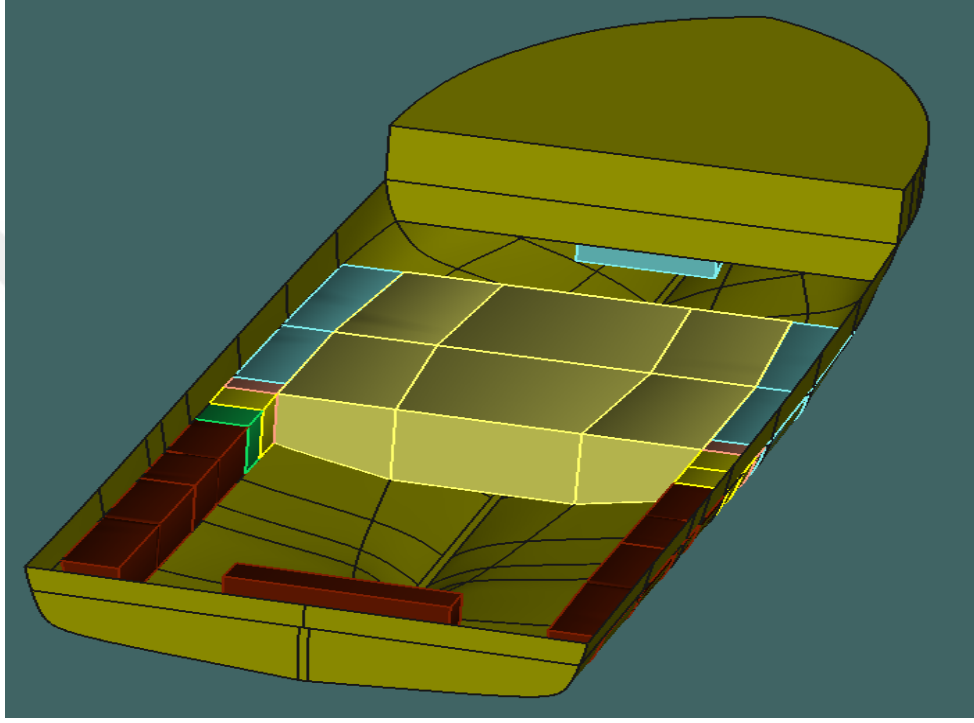
tankını, turuncu renkli tanklar koferdam tankını, iskele ve sancaktaki mavi renkli tanklar içme suyu tankını, ön taraftaki mavi tank pis su tankını belirtmektedir. Tankların sınır koordinatları Tablo 2.1' de verilmiştir. Değerler metre cinsindedir. Kıç kaimenin temel hat ile kesiştiği nokta geminin sıfır noktası kabul edilerek koordinatlar girilmiştir.

Tablo 2.1. Geminin tank sınırları

Tank Adı	Arka Sınır	Ön Sınır	Ön İsk.Sınır	Ön S. Sınır	Baş Üst Sınır	Baş Alt Sınır	Arka İsk.Sınır	Arka S.Sınır	Arka Üst Sınır	Arka Alt Sınır
S Yakıt T.1	-2.5	1.5	6.36	8.05	5.168	2.926	6.36	8.02	5.31	3.22
S Yakıt T.2	1.5	5	6.408	8.09	5.053	2.759	6.36	8.05	5.16	2.92
S Yakıt T.3	5	7.5	6.452	8.122	4.981	2.644	6.408	8.09	5.05	2.75
S Yakıt T.4	7.5	10.5	6.507	8.168	4.904	2.502	6.452	8.122	4.98	2.64
S Yağ T. 1	10.5	12	6.531	8.193	4.87	2.436	6.507	8.168	4.90	2.50
S Yağ T. 2	12	13.5	6.554	8.218	4.84	2.375	6.531	8.193	4.87	2.43
S Koferdam T.	13.5	14.5	6.572	8.232	4.82	2.339	6.554	8.218	4.84	2.37
S Tatlı Su T.1	14.5	19.5	6.626	8.261	4.75	2.239	6.572	8.232	4.82	2.33
S Tatlı Su T.2	19.5	25.5	6.187	8.171	4.71	2.366	6.626	8.261	4.75	2.23
İ Yakıt T. 1	-2.5	1.5	-8.05	-6.36	5.168	2.926	-8.02	-6.3	5.31	3.22
İ Yakıt T. 2	1.5	5	-8.09	-6.41	5.053	2.759	-8.05	-6.36	5.16	2.92
İ Yakıt T. 3	5	7.5	-8.12	-6.45	4.981	2.644	-8.09	-6.41	5.05	2.75
İ Yakıt T. 4	7.5	10.5	-8.17	-6.51	4.904	2.502	-8.12	-6.45	4.98	2.64
İ Sintine T.	10.5	12	-8.19	-6.53	4.87	2.436	-8.17	-6.51	4.9	2.5
İ Atık Y. T.	12	13.5	-8.22	-6.55	4.84	2.375	-8.19	-6.53	4.87	2.43
İ Kof. T.	13.5	14.5	-8.23	-6.57	4.82	2.339	-8.22	-6.55	4.84	2.37
İ Tatlı Su T. 1	14.5	19.5	-8.26	-6.63	4.75	2.239	-8.23	-6.57	4.82	2.33
İ Tatlı Su T. 2	19.5	25.5	-8.17	-6.19	4.71	2.366	-8.26	-6.63	4.75	2.23
Servis Tankı	-2	-0.8	-3.35	3.35	5.252	3.508	-3.35	3.35	5.29	3.5

2.5. Ambarların Modellenmesi

Geminin ana güverte altına 6 adet ambar yerleştirilmiştir. Geminin üç boyutlu ambar görünümü ve tankların görünümü aşağıda Şekil 2.37' de gösterilmiştir. Ambarların sınır koordinatları ise Tablo 2.2.' de gösterilmiştir.



Şekil 2.37. Gemide ambar ve tankların yerleşimi

Tablo 2.2. Geminin ambar sınırları

Ambar Adı	Arka Sınır	Ön Sınır	Ön İsk.Sınır	Ön S. Sınır	Baş Üst Sınır	Baş Alt Sınır	Arka İsk.Sınır	Arka S.Sınır	Arka Üst Sınır	Arka Alt Sınır
M1 Balık Ambarı	13.5	19.5	-3.35	3.353	4.75	1.267	-2.87	2.865	4.84	1.297
S1 Balık Ambarı	13.5	19.5	3.353	6.625	4.75	1.267	2.865	6.555	4.84	1.297
I1 Balık Ambarı	13.5	19.5	-6.63	-3.35	4.75	1.267	-6.56	-2.87	4.84	1.297
M2 Balık Ambarı	19.5	25.5	-3	3.001	4.71	1.35	-3.35	3.353	4.75	1.28
S2 Balık Ambarı	19.5	25.5	3.001	6.18	4.71	1.35	3.353	6.625	4.75	1.28
I2 Balık Ambarı	19.5	25.5	-6.18	-3	4.71	1.35	-6.63	-3.35	4.75	1.28

3. BULGULAR VE İRDELEMELER

Bu bölümde üst yapı ağırlığının çelik veya alüminyum olma durumuna ve farklı yükleme koşullarına bağlı olarak farklı senaryo başlıkları altında bulgular elde edilmiştir. Ayrıca Matlab programında 9. dereceden değişken katsayılı polinoma, 9. dereceden polinoma ve 5. dereceden polinoma bağlı olarak meyil açısı-GZ eğrisi grafikleri oluşturulmuş ve elde edilen grafikler incelenmiştir. Bu 3 farklı polinom kullanılarak lineer olmayan yalpa hareketi denklemi ve lineer denklem çözülerek elde edilen maksimum yalpa açısı-karşılaşma frekansı grafikleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca geminin dalıp-çıkma, yalpa ve baş-kıç vurma hareketleri dalganın gelme açısına göre karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

Tüm senaryo durumlarındaki hidrostatik değerler Tablo 3.1' de gösterildiği gibidir.

Tablo 3.1. Tüm senaryo durumlarındaki hidrostatik değerler

Draft vasat (m)	2,55
Deplasman (ton)	521,9
Sancak meyil açısı (derece)	0
Baş kaime draftı (m)	2,55
Kıç kaime draftı (m)	2,55
LCF draftı (m)	2,55
Kıça trim (+ dikey kıça) m	0
Su hattı boyu (m)	47,851
Su hattı genişliği (m)	14,457
Islak Alan (m ²)	538,723
Islak su hattı alanı (m ²)	468,608
Prizmatik katsayı	0,588
Blok katsayısı	0,288
Orta kesit alan katsayısı	0,491
Su hattı alan katsayısı	0,677
LCB sıfır noktasından (baş +) m	20,95
LCF sıfır noktasından (baş +) m	19,052
KB m	1,761
KG m	2,55
BMt m	11,314
BML m	106,761
GMt m	10,525
GML m	105,972
KMt m	13,075
KML m	108,522
Batma (TPc) ton/cm	4,803
MTc ton.m	12,351
Doğ. Mom. 1 der. = GM.dep.sin(1)ton.m	95,874
Maksimum güverte meyil açısı	0
Trim açısı (baş +)	0

Ayrıca üst yapının çelik olduğu senaryo durumlarında kullanılacak olan geminin boş ağırlığı Tablo 3.2’ de gösterildiği gibi oluşturulmuştur. Toplam boş ağırlığımız 530,958 ton olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3.2. Üst yapının çelik olduğu senaryo durumlarındaki boş ağırlık

Eleman adı	Toplam kütle (ton)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Ana güverte sacı ve küpeşte	57,975	17,515	0	5,519
Ana güverte altı postaları ve parampet postası	72,454	20,055	0	3,203
Dış kaplama (döşekler hariç)	66,658	17,253	0	3,585
Ana güverte altı normal kemere	14,735	18,225	0	5,381
Lama ve merkez omurga ve döşek kaplaması	30,697	21,928	0	0,933
Kreyn boruları	7,869	12,032	0	8,749
Perdeler ve elemanları	65,748	20,994	0	3,857
İç kaplama sacı	19,654	18,525	0	2,152
Üst yapılar (çelik)	110	27,708	0	10,364
Makine dairesi	25	6,5	0	1,7
Ağlar	5	6	0	5,1
2 adet büyük kreyn	30	11,295	0	12,158
1 adet küçük kreyn	6	18,93	0	12,158
Baş kasara puntel	0,651	37,065	0	10,266
Üst güverte puntel	0,962	19,844	0	10,227
Köprü üstü güverte puntel	1,13	22,727	0	12,469
Miyar güverte puntel	0,925	29,602	0	14,946
Mobilya	5	31,786	0	10,122
2 adet göz demiri	2	43,85	0	7,5
Demir zincirleri	6,5	39,089	0	8,48
Irgat	1	39,089	0	10
2 adet buz makinesi	1	14	0	12
Toplam boş ağırlık	530,958			

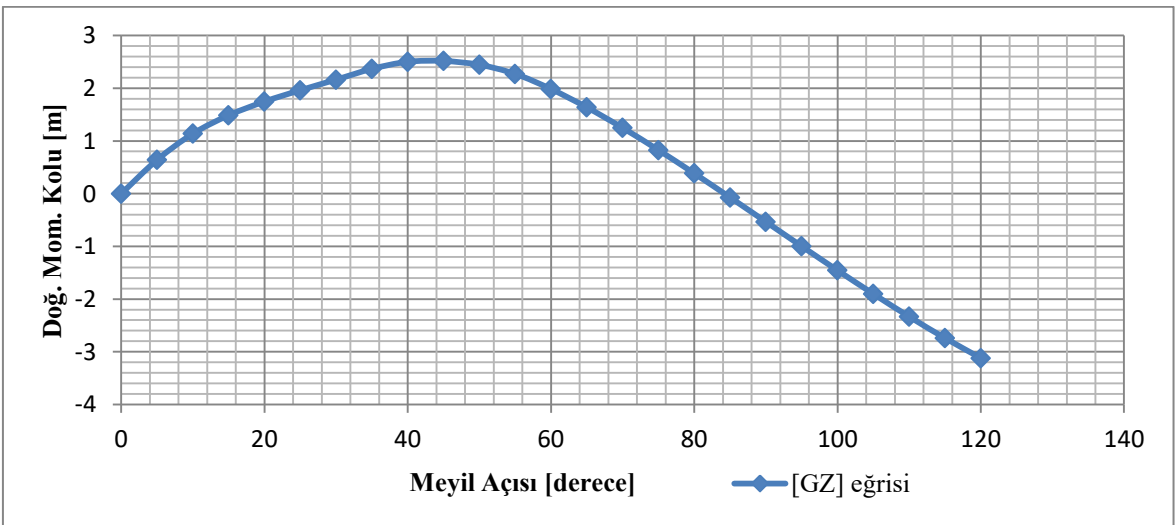
Üst yapının alüminyum olduğu senaryo durumlarında ise tek fark 110 tonluk üst yapı ağırlığının 37,786 ton gelmesidir. Bu durumda ise toplam boş ağırlığımız 458,744 ton olmaktadır.

3.1. “ Senaryo 1” Durum Analizi

Bu senaryoda geminin limana girişteki durumu incelenmiştir. Üst yapı çelik ve tanklar yüksüzdür. Tankların ağırlık merkezleri ve yük dağılımı Tablo 3.3’ te gösterildiği gibidir. Denge durumundaki değerler Ek Tablo 7’ de verilmiştir.

Tablo 3.3. “Senaryo 1” tankların yük dağılımı

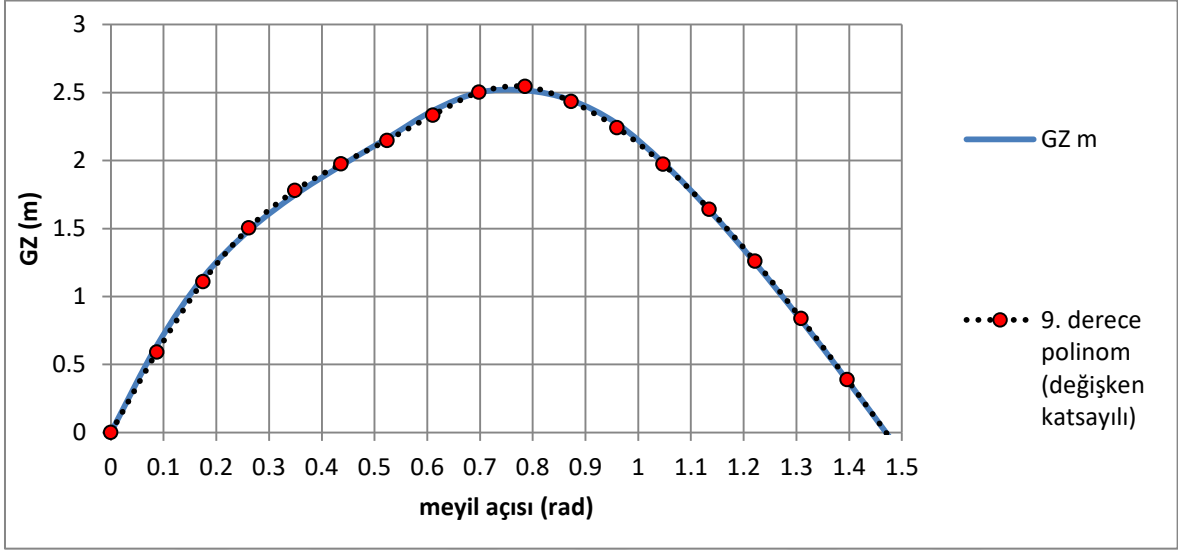
Tank adı	Yükleme durumu	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
S yakıt tankı 1	0%	1,477	6,366	2,932
S yakıt tankı 2	0%	4,98	6,408	2,759
S yakıt tankı 3	0%	7,486	6,456	2,644
S yakıt tankı 4	0%	10,483	6,507	2,503
S yağ tankı 1	0%	11,991	6,531	2,437
S yağ tankı 2	0%	13,491	6,554	2,376
S koferdam tankı	0%	14,494	6,572	2,34
S tatlı su tankı 1	0%	19,472	6,626	2,24
S tatlı su tankı 2	0%	19,534	6,626	2,24
İ yakıt tankı 1	0%	1,477	-6,366	2,932
İ yakıt tankı 2	0%	4,98	-6,408	2,759
İ yakıt tankı 3	0%	7,486	-6,456	2,644
İ yakıt tankı 4	0%	10,483	-6,507	2,503
İ sintine tankı	0%	11,991	-6,531	2,437
İ atık yağ tankı	0%	13,491	-6,554	2,376
İ koferdam tankı	0%	14,494	-6,572	2,34
İ tatlı su tankı 1	0%	19,472	-6,626	2,24
İ tatlı su tankı 2	0%	19,534	-6,626	2,24
Servis tankı	0%	-1,993	0	3,508
Pis su tankı	0%	31,509	0	2,993



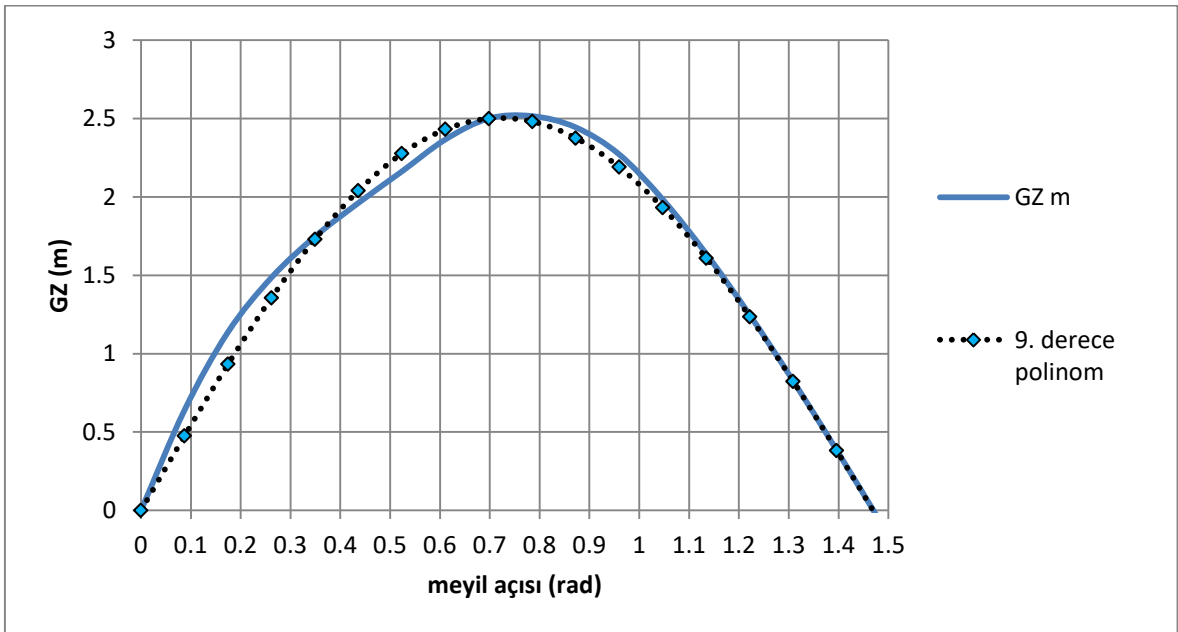
Şekil 3.1. “ Senaryo 1” durumundaki GZ grafiği

Bu yükleme durumunda geminin doğrultma moment kolu-meyil açısı eğrisi Şekil 3.1’ deki gibidir. Maksimum doğrultma kolu değeri 43.2 derecede 2.522 metredir. Stabilitenin kaybolduğu açı 84 derecedir.

Aşağıda Şekil 3.2.’ de 9. dereceden değişken katsayılı polinoma bağlı meyil açısı-GZ eğrisi grafiği gösterilmiştir. Eğrilerin birbiriyle oldukça uyumlu olduğu görülmektedir.

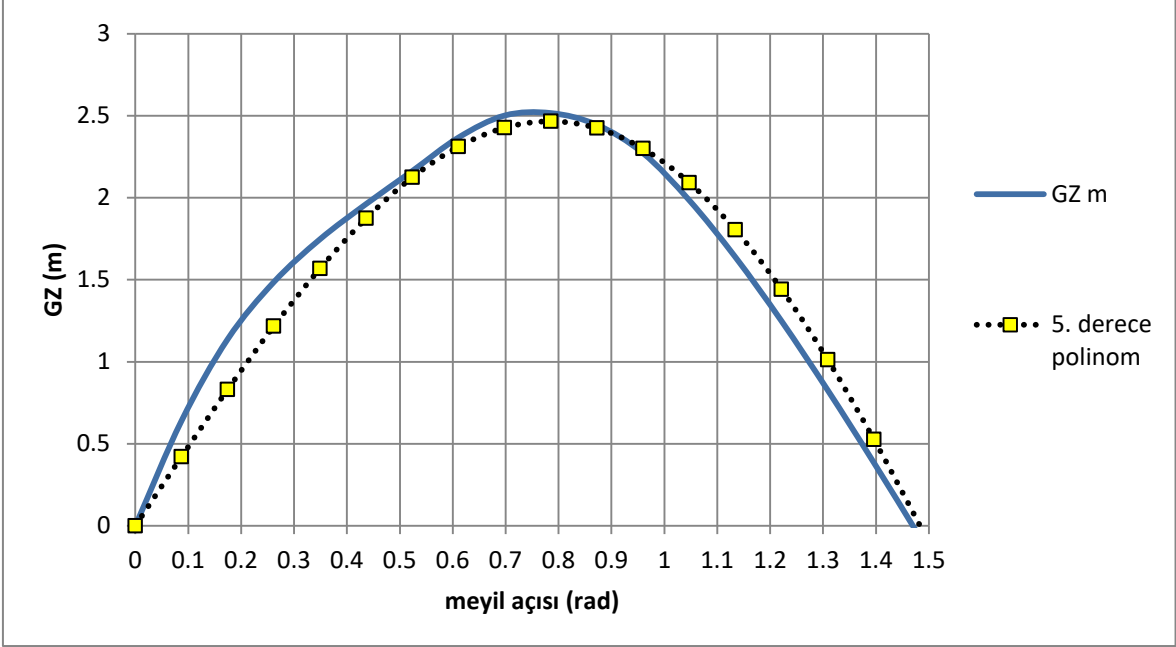


Şekil 3.2. “Senaryo 1” durumundaki 9. dereceden değişken katsayılı polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği



Şekil 3.3. “Senaryo 1” durumundaki 9. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği

Şekil 3.3.' teki meyil açısı-GZ eğrisi grafiği incelendiğinde GZ eğrileri ile 9. derece polinom eğrileri arasında belli noktalarda uyumsuzluk olduğu görülebilmektedir.

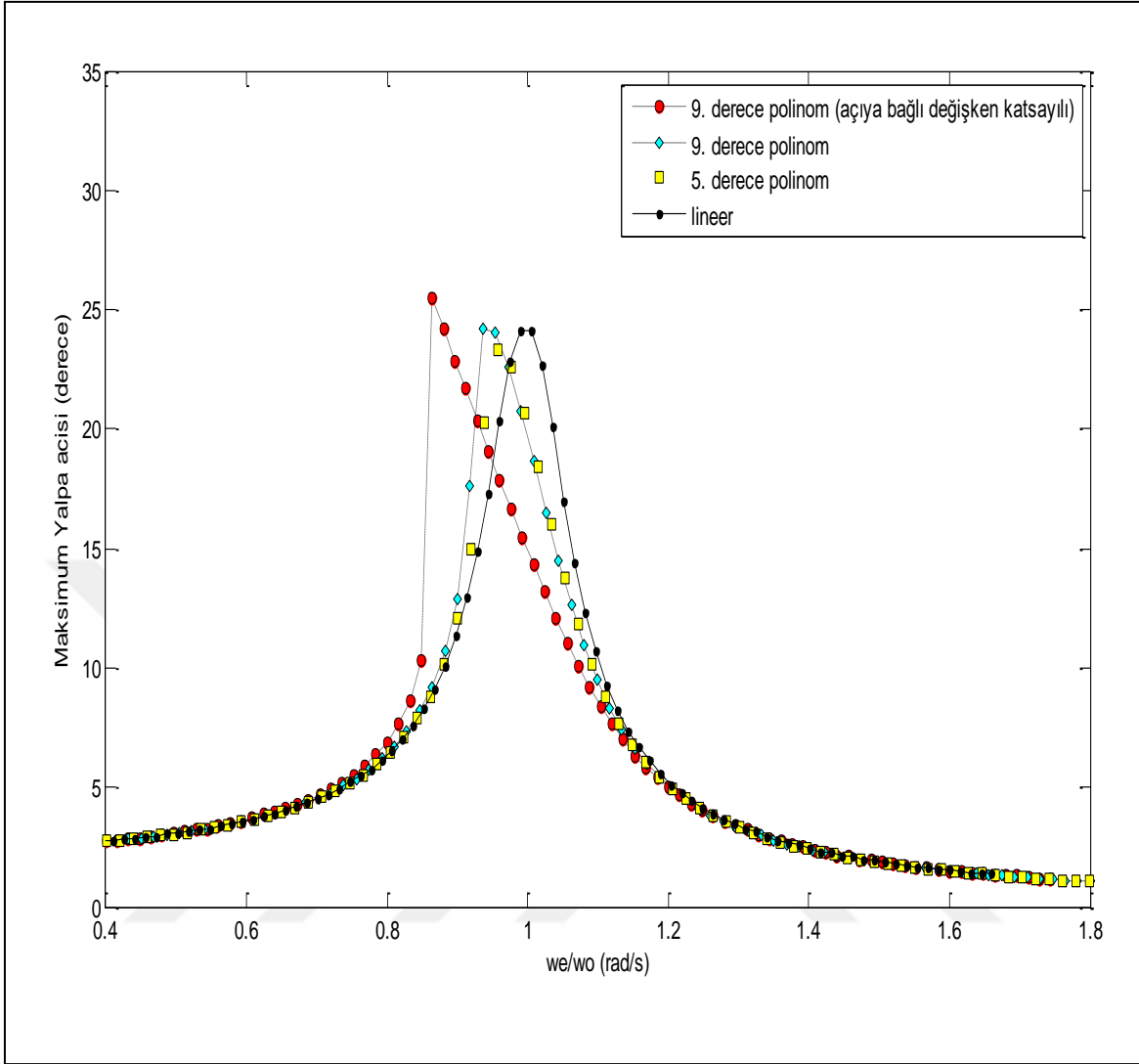


Şekil 3.4. "Senaryo 1" durumundaki 5. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği

Şekil 3.4.' teki meyil açısı-GZ eğrisi grafiği incelendiğinde GZ eğrileri ile 5. derece polinom eğrileri arasında birçok noktada uyumsuzluk olduğu gözlemlenmiştir.

3 farklı durumdaki lineer olmayan yalpa hareketi denkleminde bağı olarak GZ eğrisi-meyil açısı grafiği incelendiğinde 9. dereceden değişken katsayılı polinomun bu yüklem koşullarındaki GZ eğrisi ile daha uyumlu olduğu açıkça görülmektedir.

Şekil 3.5.' te bu 3 farklı durumdaki lineer olmayan yalpa hareketi denklemi ve lineer denkleme bağı olarak maksimum yalpa açısı-karşılaşma frekansı grafiği incelendiğinde GZ eğrileriyle uyumlu olduğu gözlenen 9. dereceden açıya bağı değişken katsayılı polinomun kullanıldığı yalpa hareketi denklemi sonuçlarında 0.85 rad/s' de maksimum yalpa açısı değerlerinin 26 dereceye kadar çıkabildiği görülmektedir. Bu durum lineer olmayan hareketin bir sonucu olarak oluşmuştur. 0,8 ile 0,9 radyan/s frekansları civarında çatallanma (bifürkasyon) olduğu tespit edilmiştir. 9. derece ve 5. derece polinomlu moment kolu eğrilerinde çatallanma görülmemektedir. Polinom derecesi düştükçe sonuçların lineer denklem ile elde edilen sonuçlara yaklaştığı yani çatallanma oluşumunun azaldığı görülmüştür.



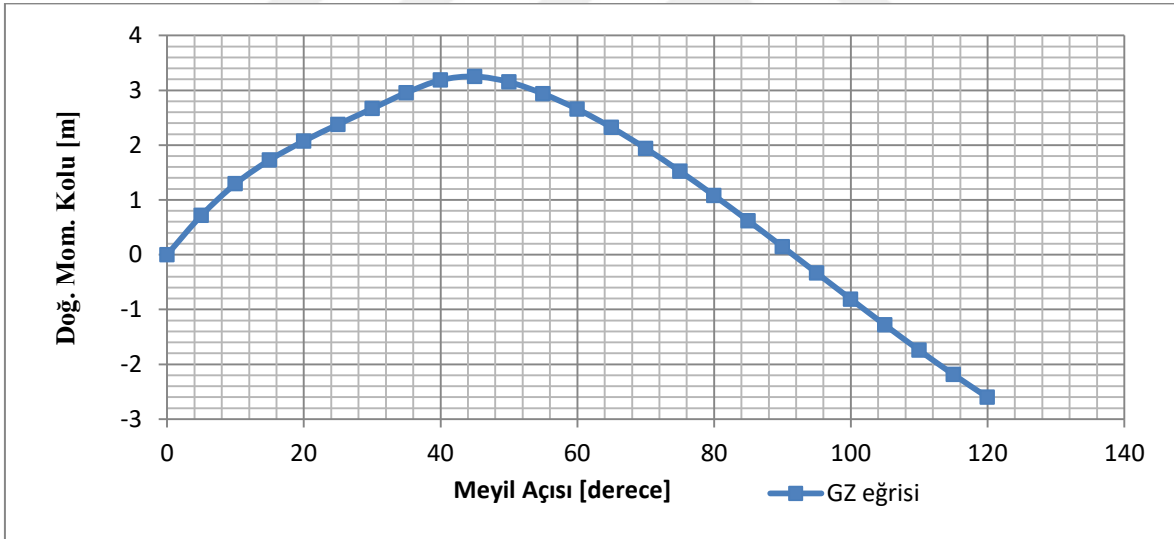
Şekil 3.5. “Senaryo 1” durumundaki 3 farklı duruma bağlı yalpa açısı-karşılaşma frekansı grafiği

3.2. “ Senaryo 2” Durum Analizi

Bu senaryo durumunda yine senaryo 1 durumunda olduğu gibi geminin limana girişteki durumu incelenmiştir. Tankların yüksüz ve üst yapının alüminyum olduğu düşünülerek “Senaryo 1” ile karşılaştırma yapılmıştır. Tankların ağırlık merkezleri ve yük dağılımı Tablo 3.4’ te gösterilmiştir. Denge durumundaki değerler Ek Tablo 8’ de verilmiştir.

Tablo 3.4. “Senaryo 2” tankların yük dağılımı

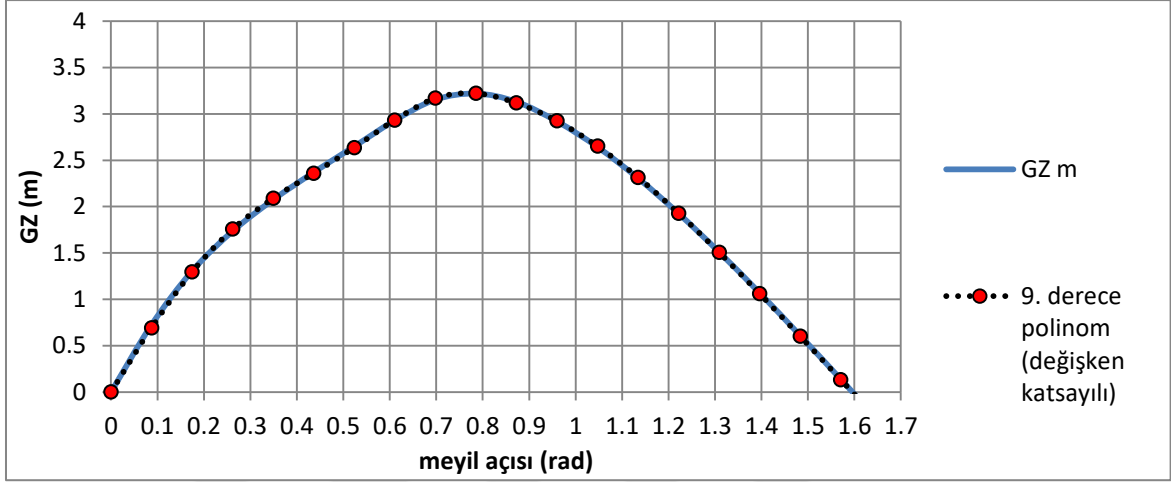
Tank adı	Yükleme durumu	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
S yakıt tankı 1	0%	1,477	6,366	2,932
S yakıt tankı 2	0%	4,98	6,408	2,759
S yakıt tankı 3	0%	7,486	6,456	2,644
S yakıt tankı 4	0%	10,483	6,507	2,503
S yağ tankı 1	0%	11,991	6,531	2,437
S yağ tankı 2	0%	13,491	6,554	2,376
S koferdam tankı	0%	14,494	6,572	2,34
S tatlı su tankı 1	0%	19,472	6,626	2,24
S tatlı su tankı 2	0%	19,534	6,626	2,24
İ yakıt tankı 1	0%	1,477	-6,366	2,932
İ yakıt tankı 2	0%	4,98	-6,408	2,759
İ yakıt tankı 3	0%	7,486	-6,456	2,644
İ yakıt tankı 4	0%	10,483	-6,507	2,503
İ sintine tankı	0%	11,991	-6,531	2,437
İ atık yağ tankı	0%	13,491	-6,554	2,376
İ koferdam tankı	0%	14,494	-6,572	2,34
İ tatlı su tankı 1	0%	19,472	-6,626	2,24
İ tatlı su tankı 2	0%	19,534	-6,626	2,24
Servis tankı	0%	-1,993	0	3,508
Pis su tankı	0%	31,509	0	2,993



Şekil 3.6. “Senaryo 2” durumundaki GZ grafiği

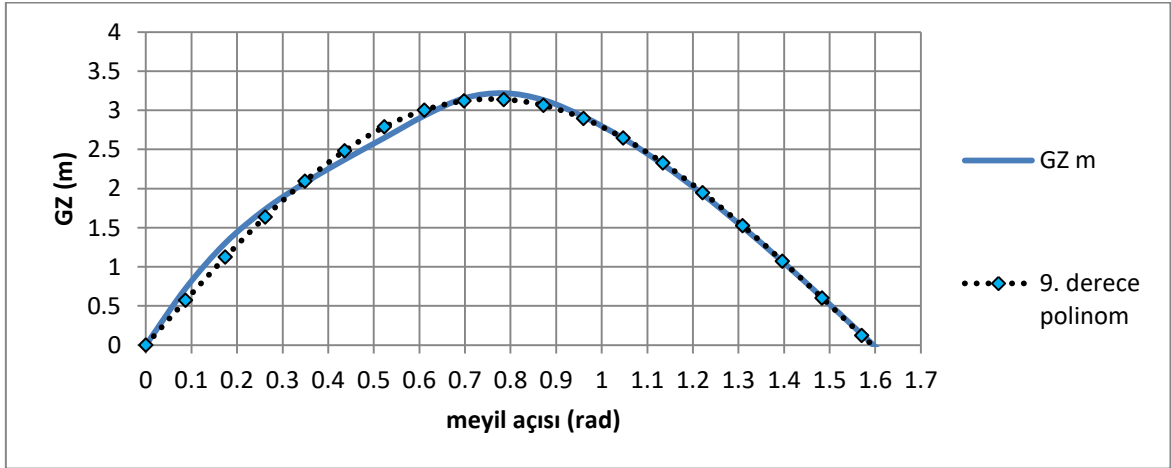
Bu yükleme durumundaki geminin doğrultma moment kolu-meyil açısı eğrisi Şekil 3.6’ da verilmiştir. “Senaryo 1” durumu ile karşılaştırıldığında maksimum doğrultma kolu değerinin ve stabilitenin kaybolduğu açının arttığı gözlemlenmektedir. Maksimum doğrultma kolu değeri 44.1 derecede 3.253 metredir. Stabilitenin kaybolduğu açı 91 derecedir.

Şekil 3.7.' de 9. dereceden değişken katsayılı polinoma bağlı meyil açısı-GZ eğrisi grafiği incelendiğinde “Senaryo 1” durumunda olduğu gibi eğrilerin birbiriyle oldukça uyumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 3.7. “Senaryo 2” durumundaki 9. dereceden değişken katsayılı polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği

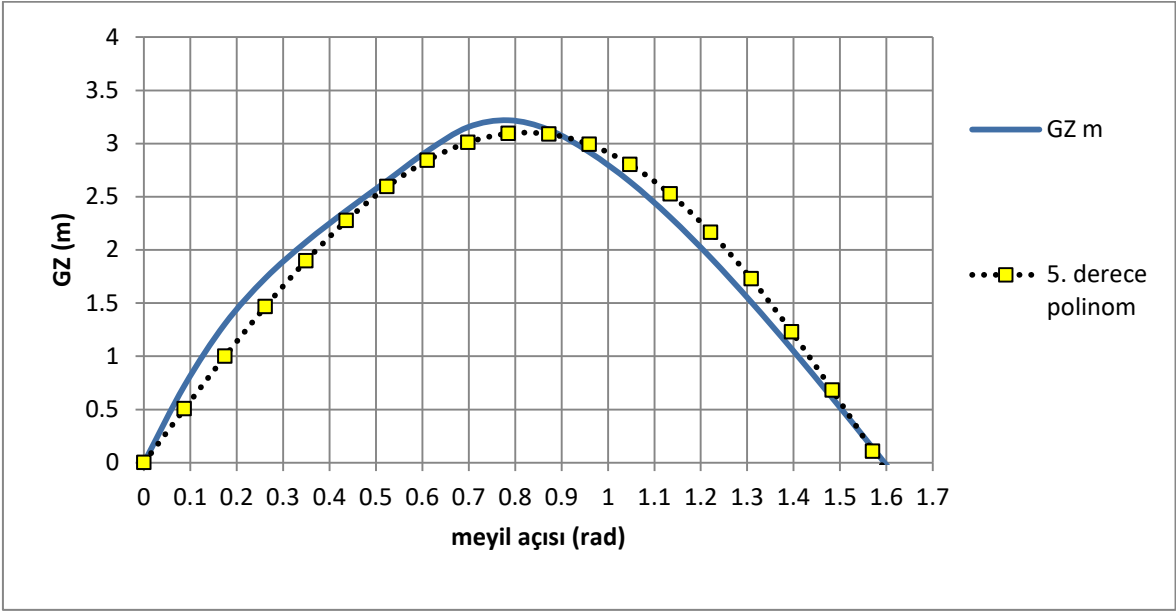
Şekil 3.8.' de 9.dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ eğrisi grafiği gösterilmiştir.



Şekil 3.8. “Senaryo 2” durumundaki 9. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği

“Senaryo 2” koşullarındaki meyil açısı-GZ eğrisi grafiği incelendiğinde GZ eğrileri ile 9. derece polinom eğrileri arasındaki uyumsuzluğun “Senaryo 1” koşullarına göre azaldığı görülmektedir.

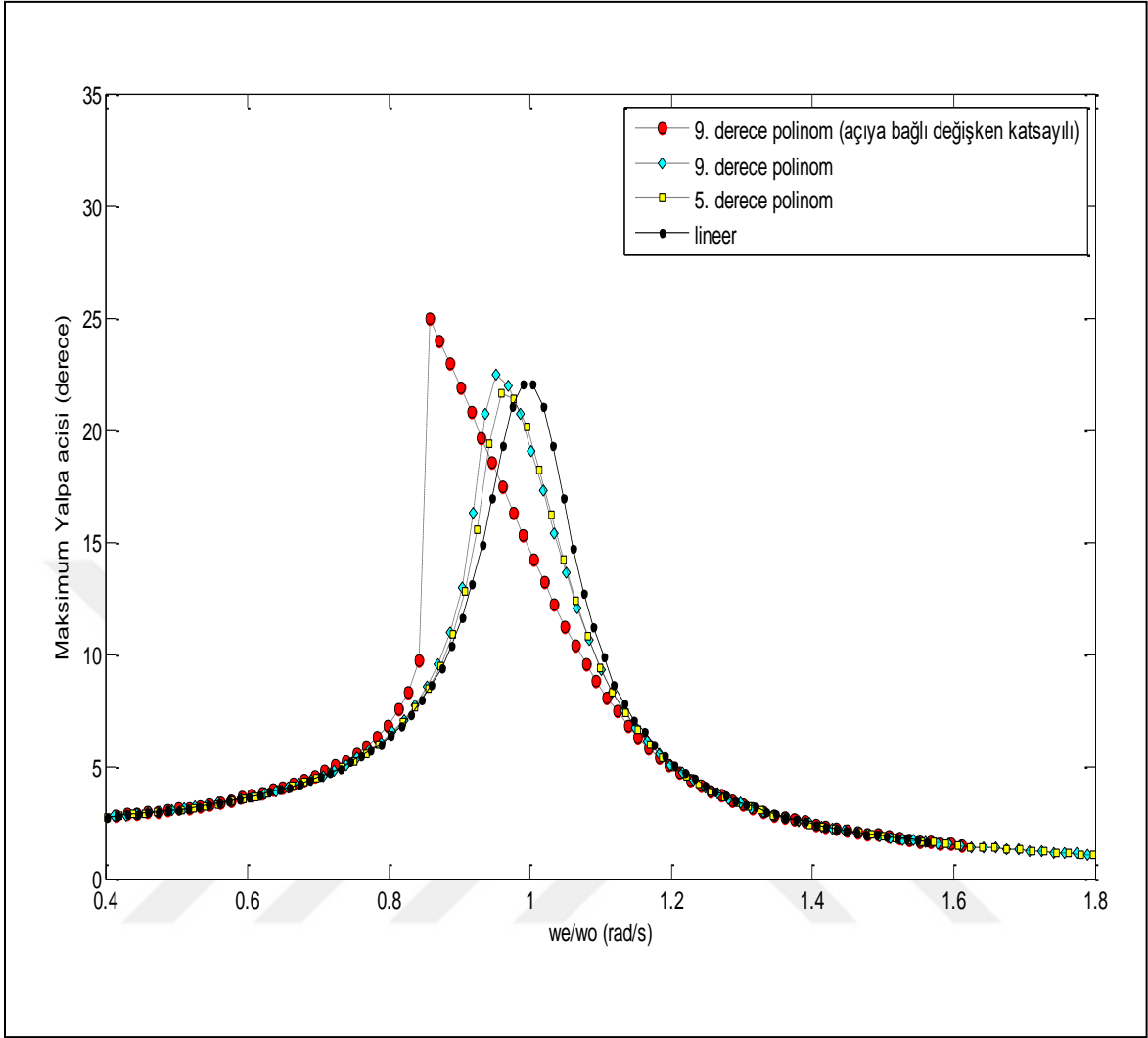
Şekil 3.9’ da ise 5. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ eğrisi grafiği gösterilmiş ve bu grafiğin birbiriyle uyumu incelenerek “Senaryo 1” durumu ile karşılaştırılması yapılmıştır. “Senaryo 2” durumunda da tıpkı “Senaryo 1” durumunda olduğu gibi birçok noktada uyumsuzluk vardır. Fakat “Senaryo 2” durumunda 0-0,55 rad arasındaki yalpa açılarında 5. derece polinom eğrilerinin GZ eğrileriyle daha uyumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 3.9. “Senaryo 2” durumundaki 5. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği

2. senaryo durumundaki yükleme koşullarına bağlı olarak 3 farklı durumdaki lineer olmayan yalpa hareketi denklemine bağlı GZ eğrisi-meyil açısı grafiği incelendiğinde tıpkı 1. senaryo durumunda olduğu gibi 9. dereceden değişken katsayılı polinomun bu yükleme koşulundaki GZ eğrisi ile daha uyumlu olduğu açıkça görülmektedir.

Şekil 3.10.’ da 3 farklı durumdaki lineer olmayan yalpa hareketi denklemleri ve lineer denklemlere bağlı olarak maksimum yalpa açısı-karşılaşma frekansı grafiği incelendiğinde GZ eğrileriyle uyumlu olduğu gözlenen 9. dereceden açıya bağlı değişken katsayılı polinomun 0.85 rad/s’ de maksimum yalpa açısında 25 dereceye kadar çıkabildiği görülmektedir. “Senaryo 1” durumuna benzer sonuçlar elde edilmiştir.



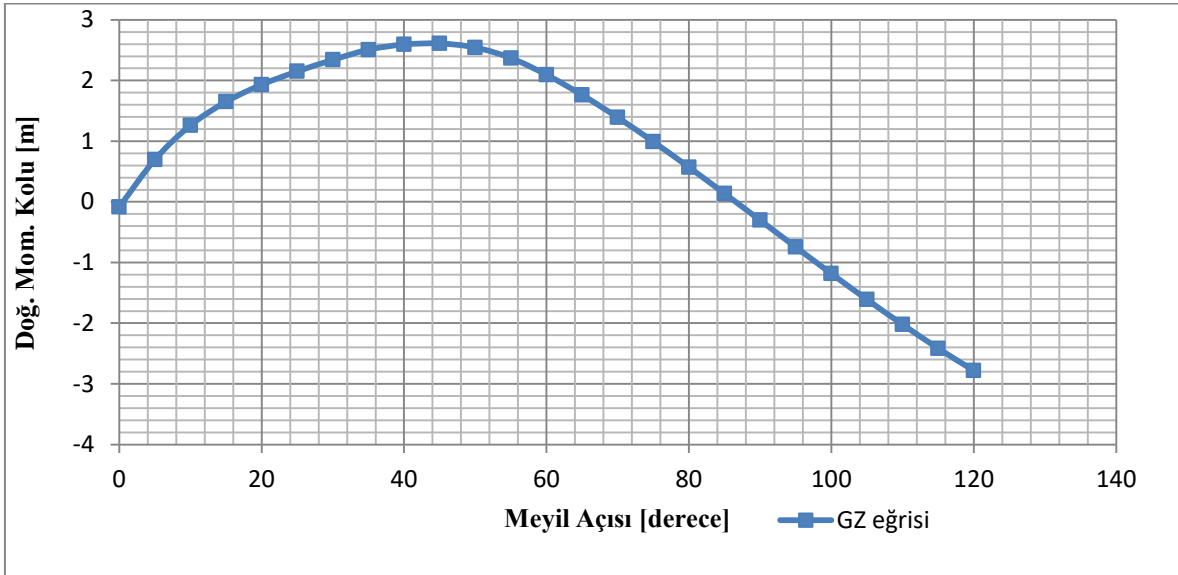
Şekil 3.10. "Senaryo 2" durumundaki 3 farklı duruma bağlı yalpa açısı-karşılaşma frekansı grafiği

3.3. "Senaryo 3" Durum Analizi

Bu senaryoda geminin limandan ayrılma durumu incelenmiştir. Üst yapı çeliktir. Koferdam tankları, pis su tankı, sintine tankı ve atık yağ tankları boştur. Diğer tanklar tam yüklüdür. Tankların ağırlık merkezleri ve yük dağılımı Tablo 3.5' teki gibidir. Denge durumundaki değerler Ek Tablo 9' da verilmiştir.

Tablo 3.5. “Senaryo 3” tankların yük dağılımı

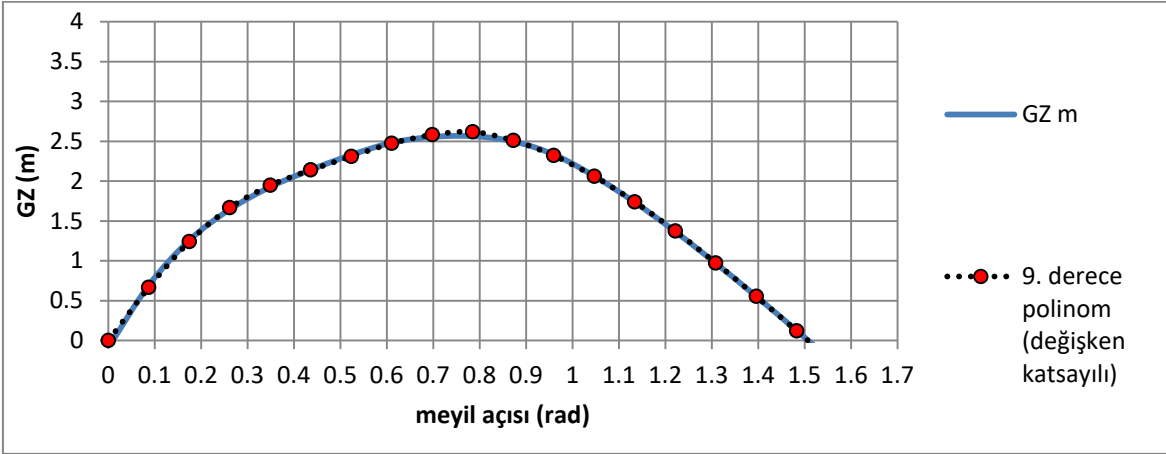
Tank adı	Yükleme durumu	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	Yük miktarı (ton)
S yakıt tankı 1	100%	-0,488	7,062	4,312	11,199
S yakıt tankı 2	100%	3,267	7,091	4,147	10,233
S yakıt tankı 3	100%	6,245	7,133	4,046	7,366
S yakıt tankı 4	100%	9,007	7,174	3,96	8,854
S yağ tankı 1	100%	11,251	7,208	3,893	4,483
S yağ tankı 2	100%	12,751	7,231	3,851	4,53
S koferdam tankı	0%	14,494	6,572	2,34	0
S tatlı su tankı 1	100%	17,002	7,286	3,759	15,402
S tatlı su tankı 2	100%	22,536	7,153	3,736	19,573
İ yakıt tankı 1	100%	-0,503	-7,045	4,309	11,456
İ yakıt tankı 2	100%	3,267	-7,091	4,147	10,233
İ yakıt tankı 3	100%	6,245	-7,133	4,046	7,366
İ yakıt tankı 4	100%	9,007	-7,174	3,96	8,854
İ sintine tankı	0%	11,991	-6,531	2,437	0
İ atık yağ tankı	0%	13,491	-6,554	2,376	0
İ koferdam tankı	0%	14,494	-6,572	2,34	0
İ tatlı su tankı 1	100%	17,002	-7,286	3,759	15,402
İ tatlı su tankı 2	100%	22,536	-7,153	3,736	19,573
Servis tankı	100%	-1,403	0	4,392	14,207
Pis su tankı	0%	32,24	0	2,993	0



Şekil 3.11. “Senaryo 3” durumundaki GZ grafiği

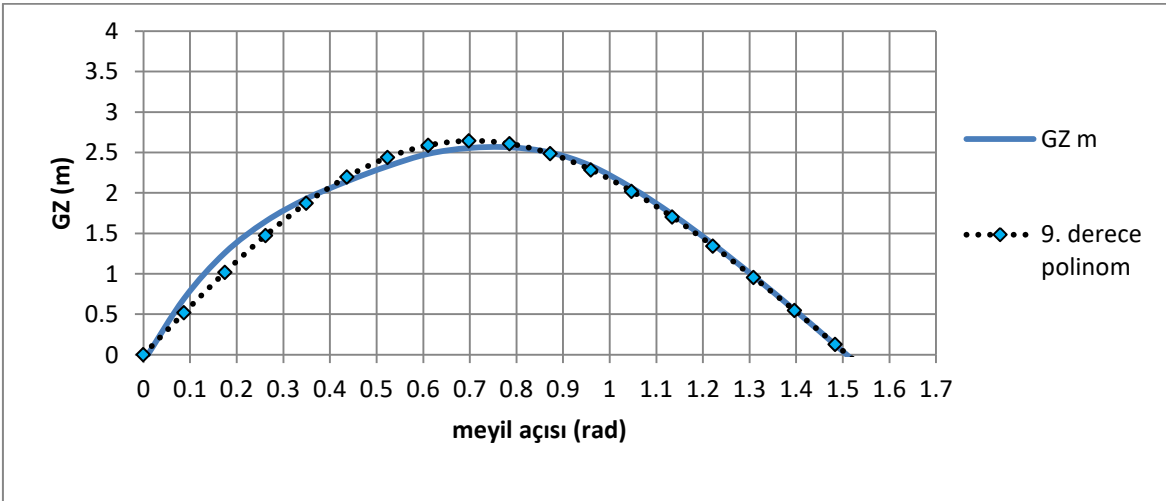
Bu yükleme durumundaki geminin doğrultma moment kolu-meyil açısı eğrisi Şekil 3.11’ de verilmiştir. Maksimum doğrultma kolu değeri 43.6 derecede 2.613 metredir. Stabilitenin kaybolduğu açı 86.5 derecedir.

Şekil 3.12.’ de 9. dereceden değişken katsayılı polinoma bağlı meyil açısı-GZ eğrisi grafiği gösterilmiştir. Elde edilen eğrilerin birbiriyle oldukça uyumlu olduğu görülmektedir.



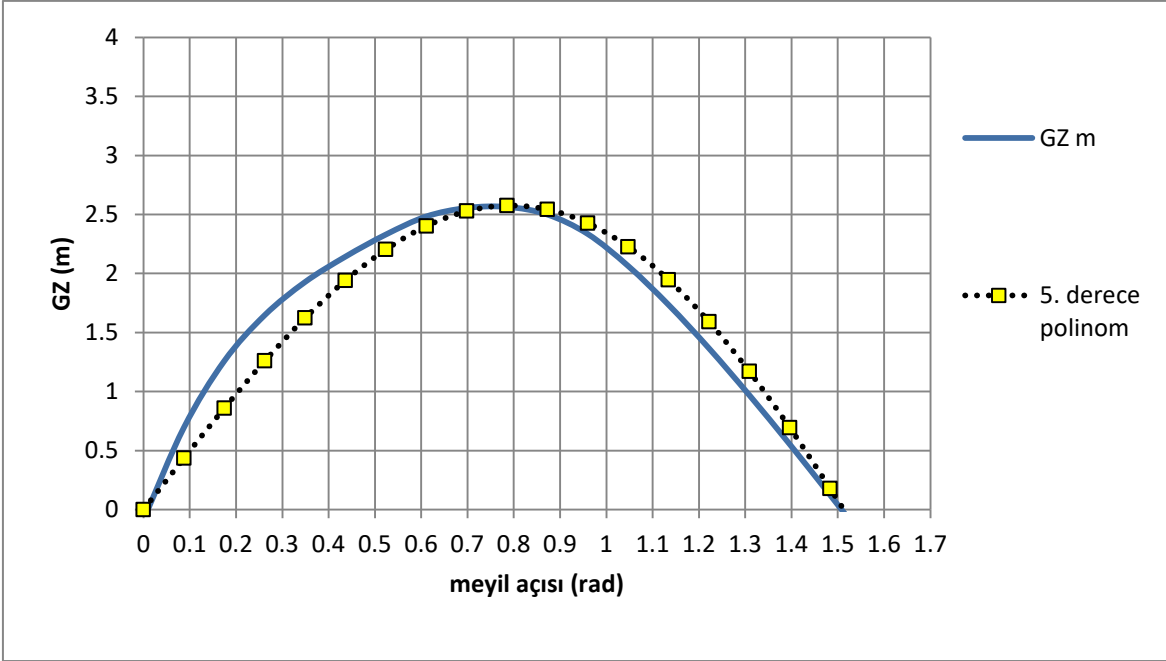
Şekil 3.12. “Senaryo 3” durumundaki 9. dereceden değişken katsayılı polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği

Şekil 3.13.’ te 9. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ eğrisi grafiği gösterilmiştir.



Şekil 3.13. “Senaryo 3” durumundaki 9. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği

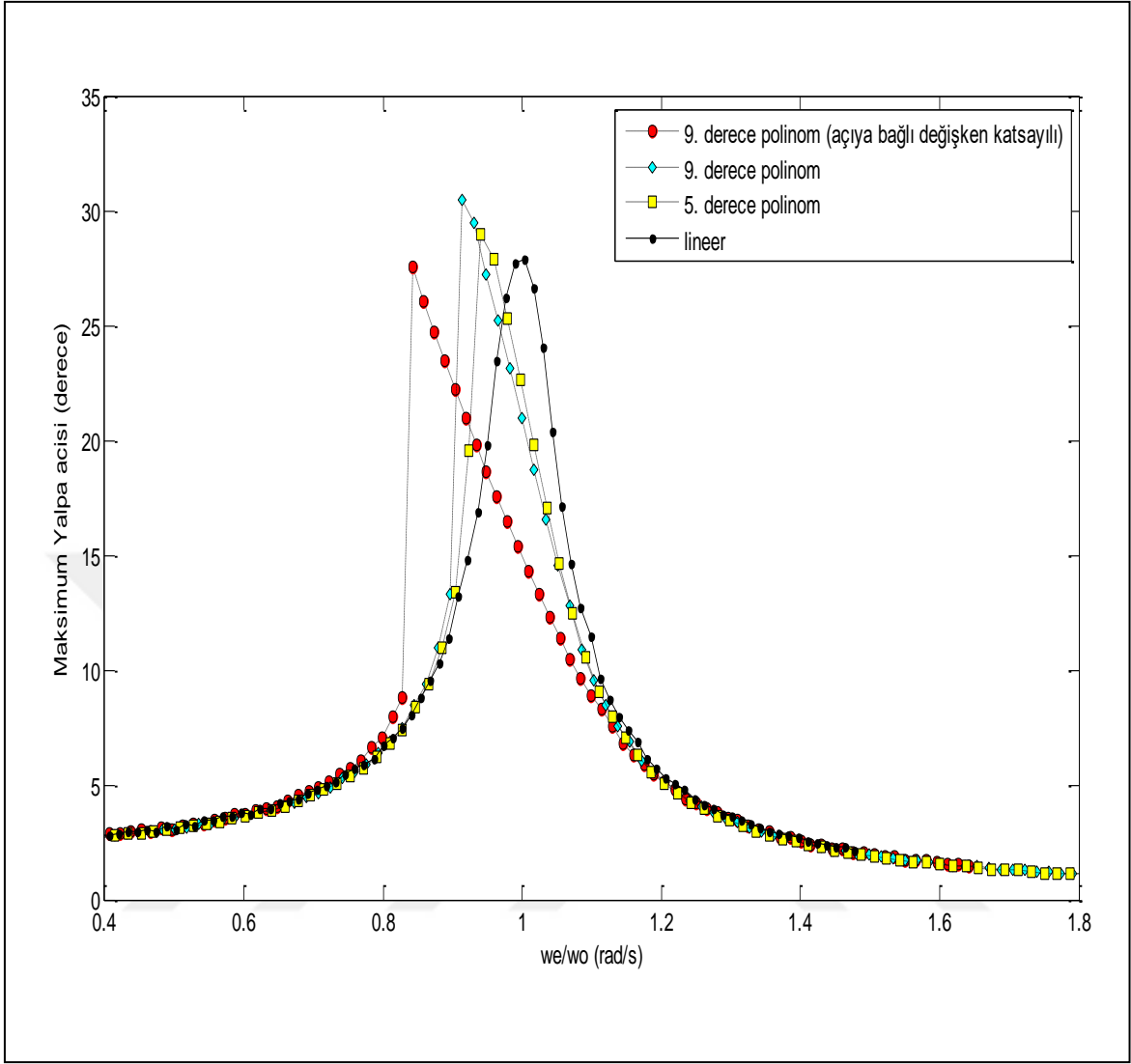
Şekil 3.14’ te ise 5. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ eğrisi grafiği gösterilmiştir.



Şekil 3.14. “Senaryo 3” durumundaki 5.dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği

3. senaryo durumundaki yükleme koşullarına bağlı olarak 3 farklı durumdaki lineer olmayan yalpa hareketi denkleminde bağlı GZ eğrisi-meyil açısı grafiği incelendiğinde 9. dereceden değişken katsayılı polinomun bu yükleme koşulundaki GZ eğrisi ile daha uyumlu olduğu açıkça görülmektedir.

Şekil 3.15’ te 3 farklı durumdaki lineer olmayan yalpa hareketi denklemi ve lineer denkleme bağlı olarak maksimum yalpa açısı-karşılaşma frekansı grafiği incelendiğinde GZ eğrileriyle uyumlu olduğu gözlenen 9. dereceden açıya bağlı değişken katsayılı polinomun 0.85 rad/s’ de maksimum yalpa açısında 28 dereceye kadar çıkabildiği görülmektedir. 3 farklı durumdaki lineer olmayan yalpa hareketinde de çatallanma meydana gelmiştir. 9. derece moment kolu eğrilerinde meydana gelen çatallanma en fazladır. Polinom derecesi düşükçe çatallanma oluşumu azalmış ve sonuçların lineer denklem ile elde edilen sonuçlara yaklaştığı görülmüştür.



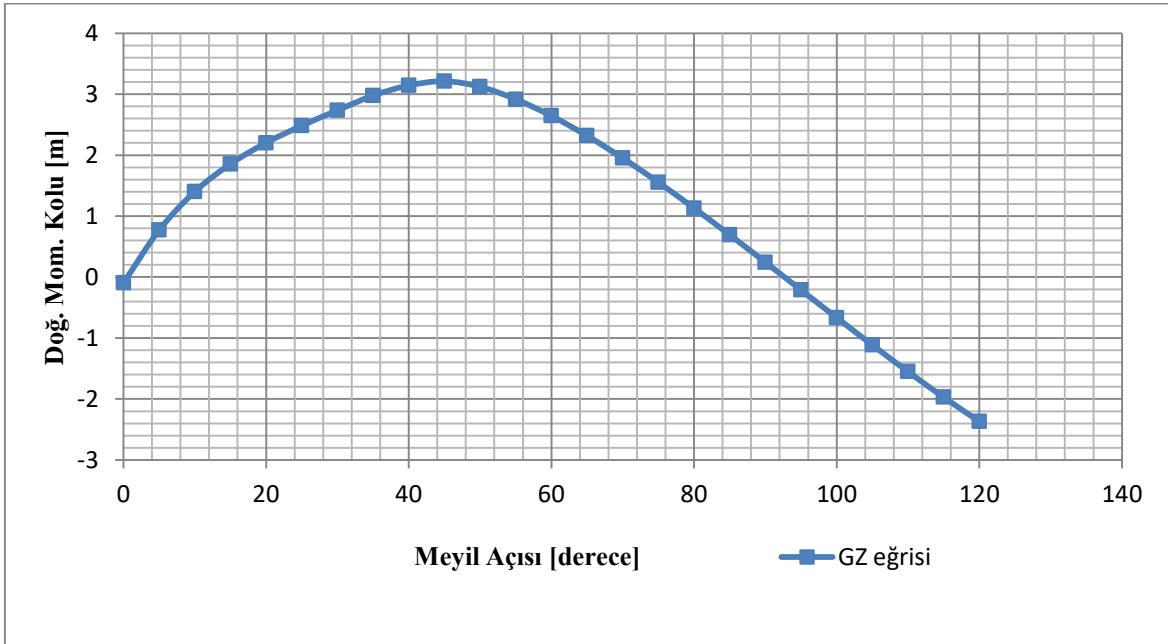
Şekil 3.15. "Senaryo 3" durumundaki 3 farklı duruma bağlı yalpa açısı-karşılaşma frekansı grafiği

3.4. "Senaryo 4" Durum Analizi

Bu senaryodaki durum analizinde senaryo 3' teki durumdan farklı olarak sadece üst yapılar alüminyum alınarak karşılaştırma yapılmıştır. Tankların ağırlık merkezleri ve yük dağılımı Tablo 3.6' daki gibidir. Denge durumundaki değerler Ek Tablo 10' da verilmiştir.

Tablo 3.6. “Senaryo 4” tankların yük dağılımı

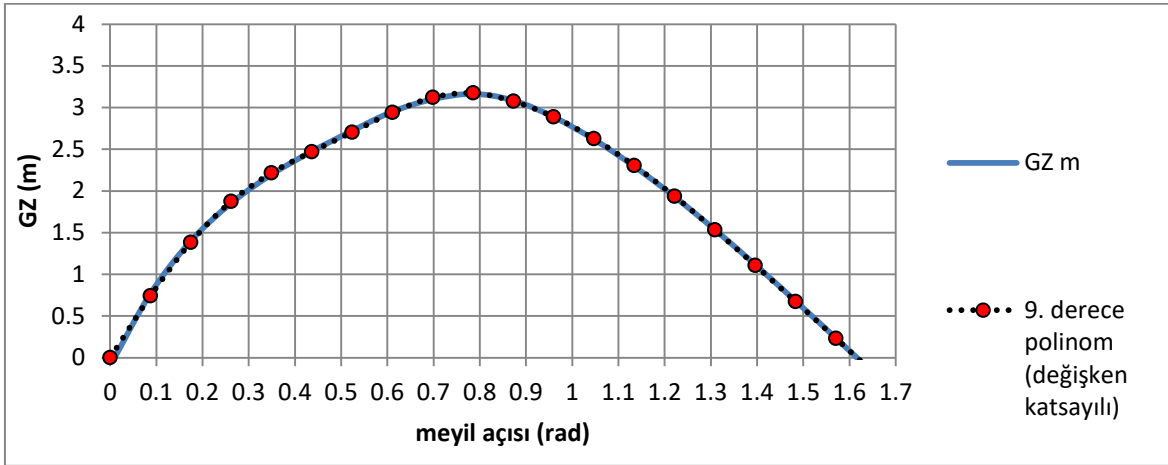
Tank adı	Yükleme durumu	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	Yük miktarı (ton)
S yakıt tankı 1	100%	-0,488	7,062	4,312	11,199
S yakıt tankı 2	100%	3,267	7,091	4,147	10,233
S yakıt tankı 3	100%	6,245	7,133	4,046	7,366
S yakıt tankı 4	100%	9,007	7,174	3,96	8,854
S yağ tankı 1	100%	11,251	7,208	3,893	4,483
S yağ tankı 2	100%	12,751	7,231	3,851	4,53
S koferdam tankı	0%	14,494	6,572	2,34	0
S tatlı su tankı 1	100%	17,002	7,286	3,759	15,402
S tatlı su tankı 2	100%	22,536	7,153	3,736	19,573
İ yakıt tankı 1	100%	-0,503	-7,045	4,309	11,456
İ yakıt tankı 2	100%	3,267	-7,091	4,147	10,233
İ yakıt tankı 3	100%	6,245	-7,133	4,046	7,366
İ yakıt tankı 4	100%	9,007	-7,174	3,96	8,854
İ sintine tankı	0%	11,991	-6,531	2,437	0
İ atık yağ tankı	0%	13,491	-6,554	2,376	0
İ koferdam tankı	0%	14,494	-6,572	2,34	0
İ tatlı su tankı 1	100%	17,002	-7,286	3,759	15,402
İ tatlı su tankı 2	100%	22,536	-7,153	3,736	19,573
Servis tankı	100%	-1,403	0	4,392	14,207
Pis su tankı	0%	32,24	0	2,993	0



Şekil 3.16. “Senaryo 4” durumundaki GZ grafiği

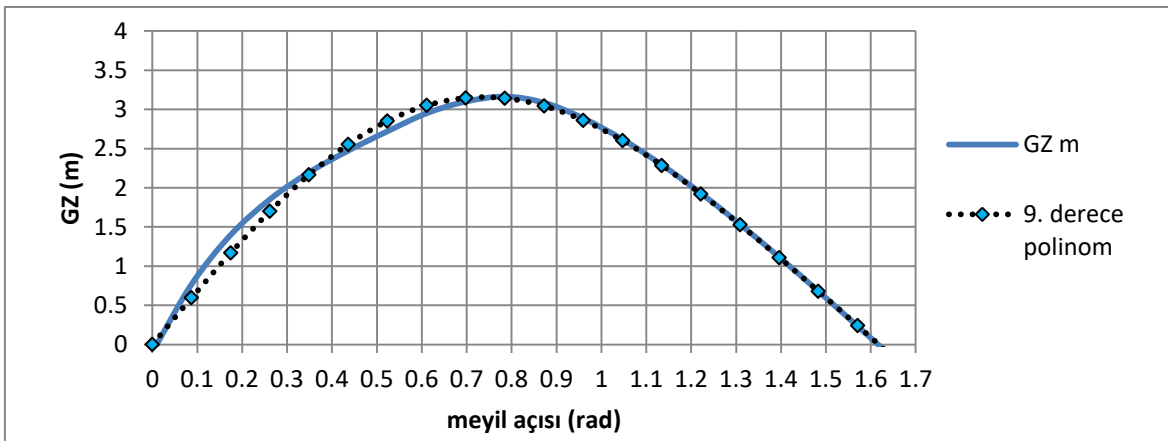
Şekil 3.16’ da bu yükleme durumundaki geminin doğrultma moment kolu-meyil açısı eğrisi verilmiştir. “Senaryo 3” durumuna göre maksimum doğrultma kolu değeri ve stabilitenin kaybolduğu açı artmıştır. Stabilitenin kaybolduğu açı 92 derecedir. Maksimum doğrultma kolu değeri ise 45 derecede 3.212 metredir.

Şekil 3.17.’ de 9. dereceden değişken katsayılı polinoma bağlı meyil açısı-GZ eğrisi grafiği gösterilmiştir.



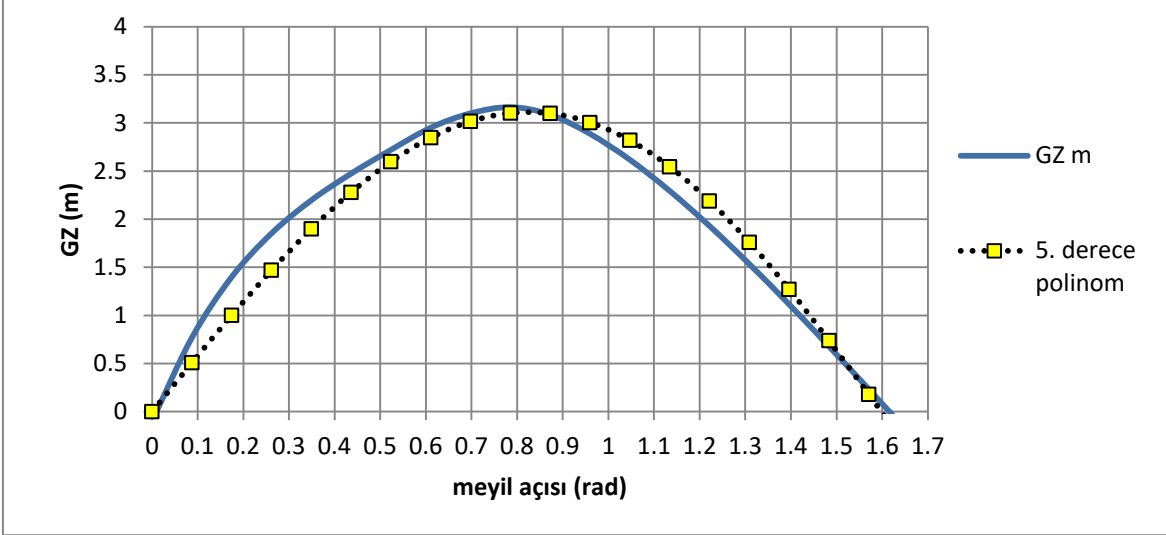
Şekil 3.17. “Senaryo 4” durumundaki 9. dereceden değişken katsayılı polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği

Şekil 3.18.’ de 9. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ eğrisi grafiği gösterilmiştir. Eğrilerin birbiriyle olan uyumu “Senaryo 3” durumu ile benzerlik göstermektedir.



Şekil 3.18. “Senaryo 4” durumundaki 9. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği

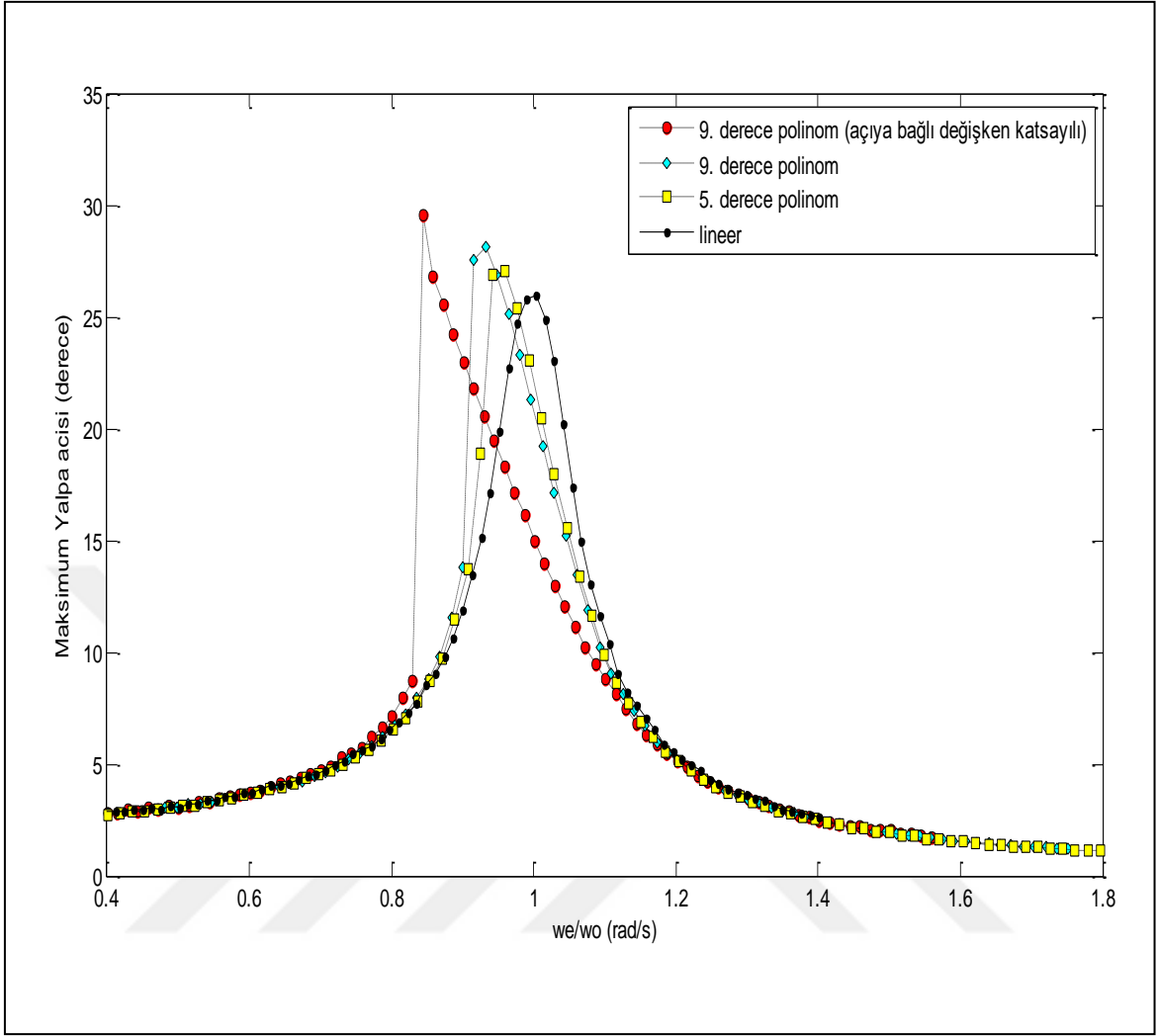
Şekil 3.19’ da ise 5. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ eğrisi grafiği gösterilmiştir. “Senaryo 3” durumu ile karşılaştırıldığında eğrilerdeki uyumun az da olsa düzeldiği görülmesine rağmen yine birçok noktada uyumsuzluk görülmektedir.



Şekil 3.19. “Senaryo 4” durumundaki 5. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği

3 farklı durumdaki lineer olmayan yalpa hareketi denkleminde bağlı GZ eğrisi-meyil açısı grafiği 4. senaryo durumundaki yükleme koşullarına bağlı olarak incelendiğinde “Senaryo 3” durumunda olduğu gibi 9. dereceden değişken katsayılı polinomun GZ eğrisi ile daha uyumlu olduğu açıkça görülmektedir.

Şekil 3.20’ de lineer olmayan yalpa hareketi denklemi ve lineer denkleme bağlı olarak maksimum yalpa açısı-karşılaşma frekansı grafiği 3 farklı duruma bağlı olarak incelendiğinde GZ eğrileriyle uyumlu olduğu gözlenen 9. dereceden açıya bağlı değişken katsayılı polinomun 0.85 rad/s’ de maksimum yalpa açısında 30 dereceye kadar çıkabildiği görülmektedir. “Senaryo 3” durumu ile kıyaslandığında bu değer arttığı görülmektedir. 3 farklı durumdaki lineer olmayan yalpa hareketinde de çatallanma meydana gelmesine rağmen 9. dereceden açıya bağlı değişken katsayılı polinomda meydana gelen çatallanmanın en yüksek değere ulaştığı görülmektedir. “Senaryo 3” durumunda olduğu gibi polinom derecesi düştükçe sonuçlar lineer denklem ile elde edilen sonuçlara yaklaşmıştır ve çatallanma oluşumu azalmıştır.



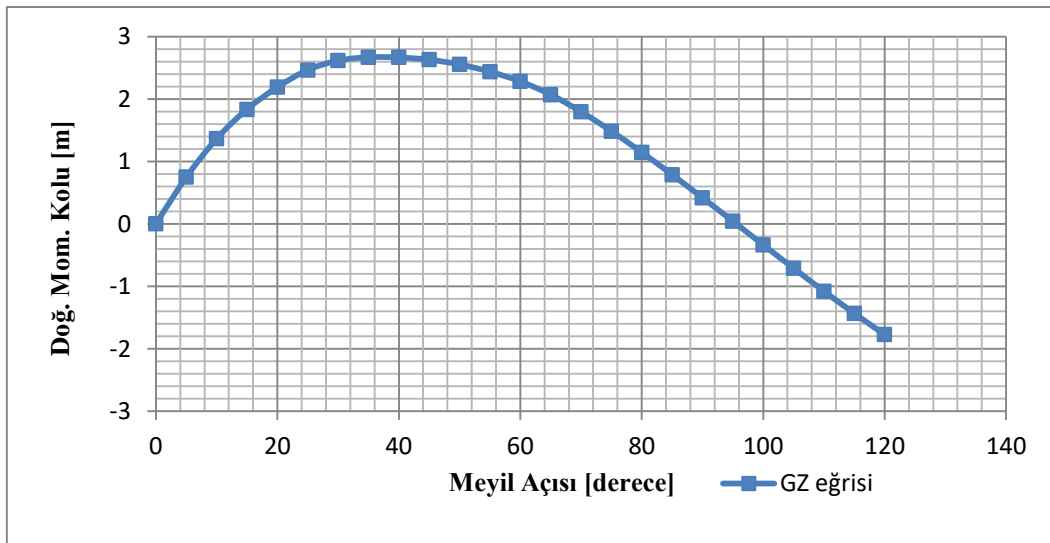
Şekil 3.20. "Senaryo 4" durumundaki 3 farklı duruma bağlı yalpa açısı-karşılaşma frekansı grafiği

3.5. "Senaryo 5" Durum Analizi

Bu senaryo durumunu şu şekilde özetleyebiliriz: Koferdam tankları hariç diğer tanklar ve balık ambarları tam yüklüdür. Üst yapı malzemesi çeliktir. Tankların ve ambarların ağırlık merkezleri ve yük dağılımları Tablo 3.7.'deki gibidir. Denge durumundaki değerler Ek Tablo 11' de verilmiştir.

Tablo 3.7. “Senaryo 5” tankların ve ambarların yük dağılımı

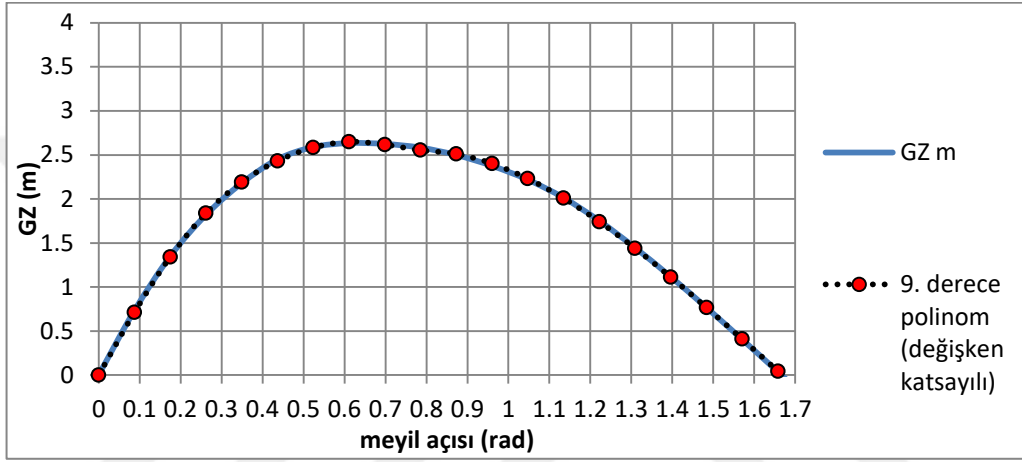
Ambar adı - Tank adı	Yükleme durumu	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	Yük miktarı (ton)
M1 balık ambarı	100%	16,55	0	3,058	92
S1 balık ambarı	100%	16,473	4,683	3,334	56,5
İ1 balık ambarı	100%	16,473	-4,683	3,334	56,5
M2 balık ambarı	100%	22,447	0	3,035	111
S2 balık ambarı	100%	22,427	4,653	3,313	52
İ2 balık ambarı	100%	22,427	-4,653	3,313	52
S yakıt tankı 1	100%	-0,488	7,062	4,312	9,407
S yakıt tankı 2	100%	3,267	7,091	4,147	8,596
S yakıt tankı 3	100%	6,245	7,133	4,046	6,187
S yakıt tankı 4	100%	9,007	7,174	3,96	7,438
S yağ tankı 1	100%	11,251	7,208	3,893	4,125
S yağ tankı 2	100%	12,751	7,231	3,851	4,168
S koferdam tankı	0%	14,494	6,572	2,34	0
S tatlı su tankı 1	100%	17,002	7,286	3,759	15,402
S tatlı su tankı 2	100%	22,536	7,153	3,736	19,573
İ yakıt tankı 1	100%	-0,503	-7,045	4,309	9,623
İ yakıt tankı 2	100%	3,267	-7,091	4,147	8,596
İ yakıt tankı 3	100%	6,245	-7,133	4,046	6,187
İ yakıt tankı 4	100%	9,007	-7,174	3,96	7,438
İ sintine tankı	100%	11,251	-7,208	3,893	4,595
İ atık yağ tankı	100%	12,751	-7,231	3,851	4,168
İ koferdam tankı	0%	14,494	-6,572	2,34	0
İ tatlı su tankı 1	100%	17,002	-7,286	3,759	15,402
İ tatlı su tankı 2	100%	22,536	-7,153	3,736	19,573
Servis tankı	100%	-1,403	0	4,392	11,934
Pis su tankı	100%	32,242	0	3,883	11,605



Şekil 3.21. “Senaryo 5” durumundaki GZ eğrisi

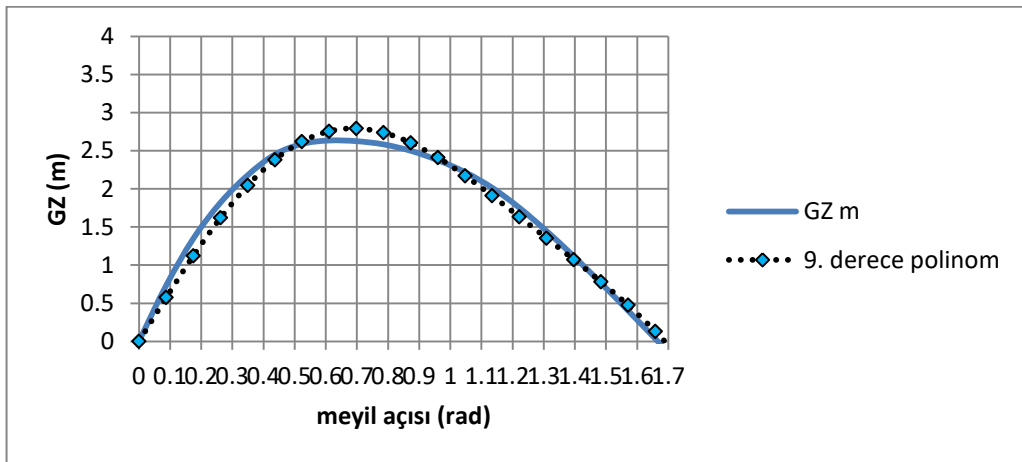
Bu yükleme durumundaki geminin doğrultma moment kolu-meyil açısı eğrisi Şekil 3.21’ de verilmiştir. Maksimum doğrultma kolu değeri 37.3 derecede 2.672 metredir. Stabilitenin kaybolduğu açı 95 derecedir.

Şekil 3.22.’ de 9. dereceden değişken katsayılı polinoma bağlı meyil açısı-GZ eğrisi grafiği gösterilmiştir.



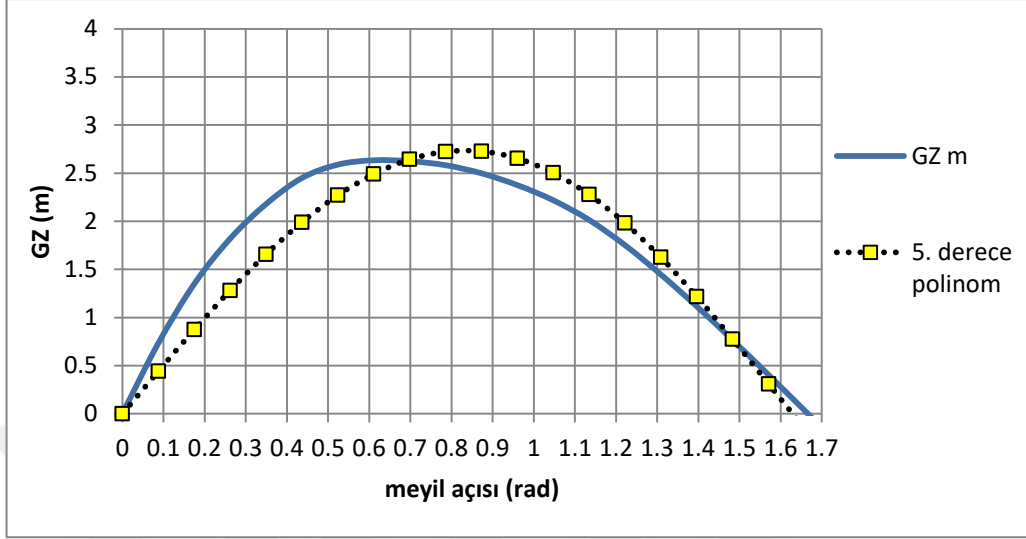
Şekil 3.22. “Senaryo 5” durumundaki 9. dereceden değişken katsayılı polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği

Şekil 3.23.’ te 9. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ eğrisi grafiği gösterilmiştir.



Şekil 3.23. “Senaryo 5” durumundaki 9. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği

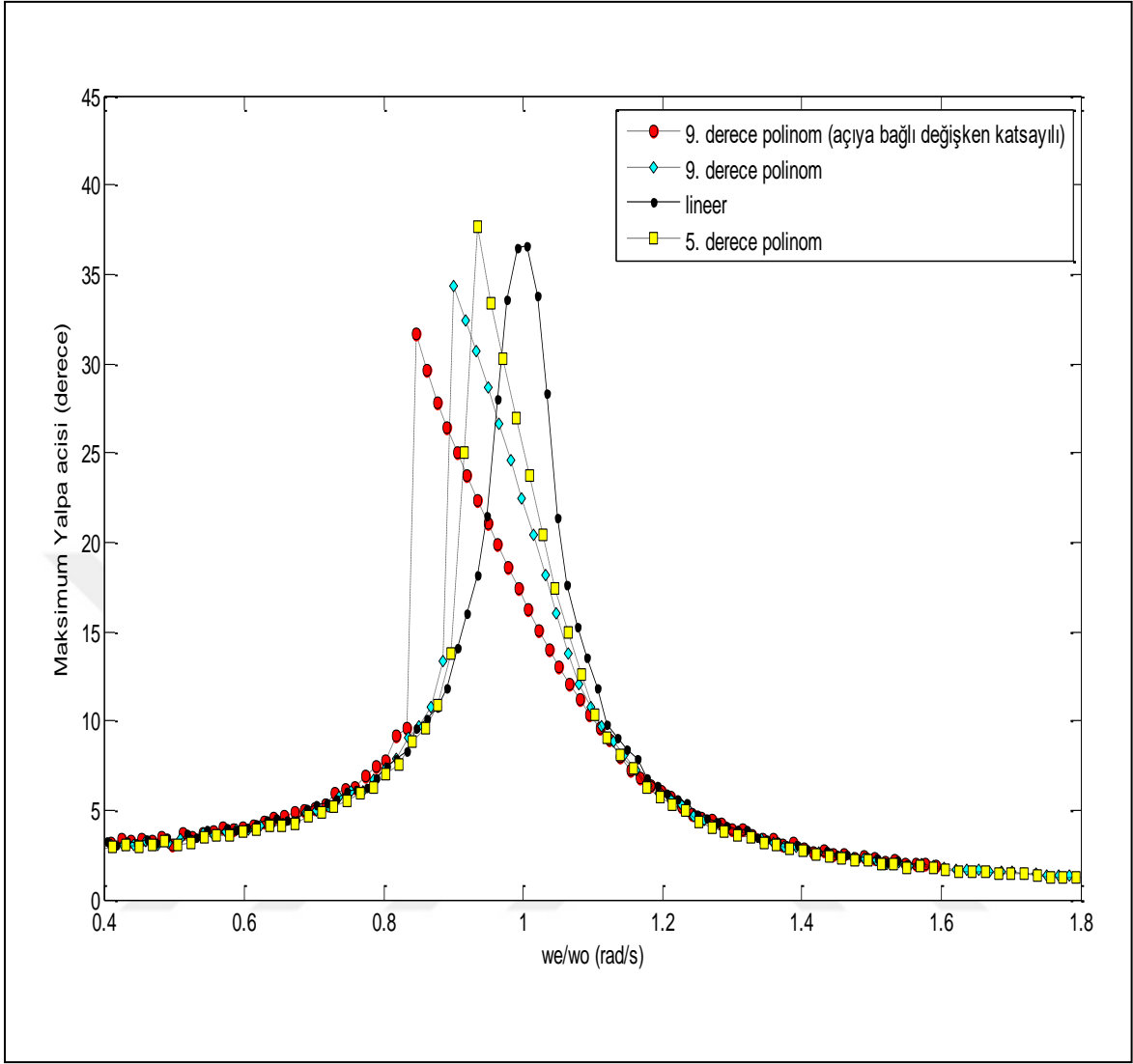
5. dereceden polinoma bağı meyil açısı-GZ eğrisi grafiği Şekil 3.24' te gösterilmiştir.



Şekil 3.24. "Senaryo 5" durumundaki 5.dereceden polinoma bağı meyil açısı-GZ grafiği

5. senaryo durumundaki yükleme koşullarına bağı olarak 3 farklı durumdaki lineer olmayan yalpa hareketi denkleminde bağı GZ eğrisi-meyil açısı grafiği incelendiğinde 9. dereceden değişken katsayılı polinomun bu yükleme koşulundaki GZ eğrisi ile daha uyumlu olduğu açıkça görülmektedir.

Şekil 3.25' te 3 farklı durumdaki lineer olmayan yalpa hareketi denklemleri ve lineer denklemlerle bağı olarak maksimum yalpa açısı-karşılaşma sıklığı grafiği incelendiğinde GZ eğrileriyle uyumlu olduğu gözlenen 9. dereceden açıya bağı değişken katsayılı polinomun 0.85 rad/s' de maksimum yalpa açısında 32 dereceye kadar çıkabildiği görülmektedir. 3 farklı durumdaki lineer olmayan yalpa hareketinde de çatallanma meydana gelmiştir. 5. derece polinomlu moment kolu eğrilerinde çatallanmanın en yüksek değere ulaştığı görülmüştür. Lineer olmayan yalpa hareketi denklemlerinin polinom derecesi düştükçe sonuçların lineer denklem ile elde edilen sonuçlara yaklaştığı ve çatallanma oluşumunun azaldığı görülmektedir.



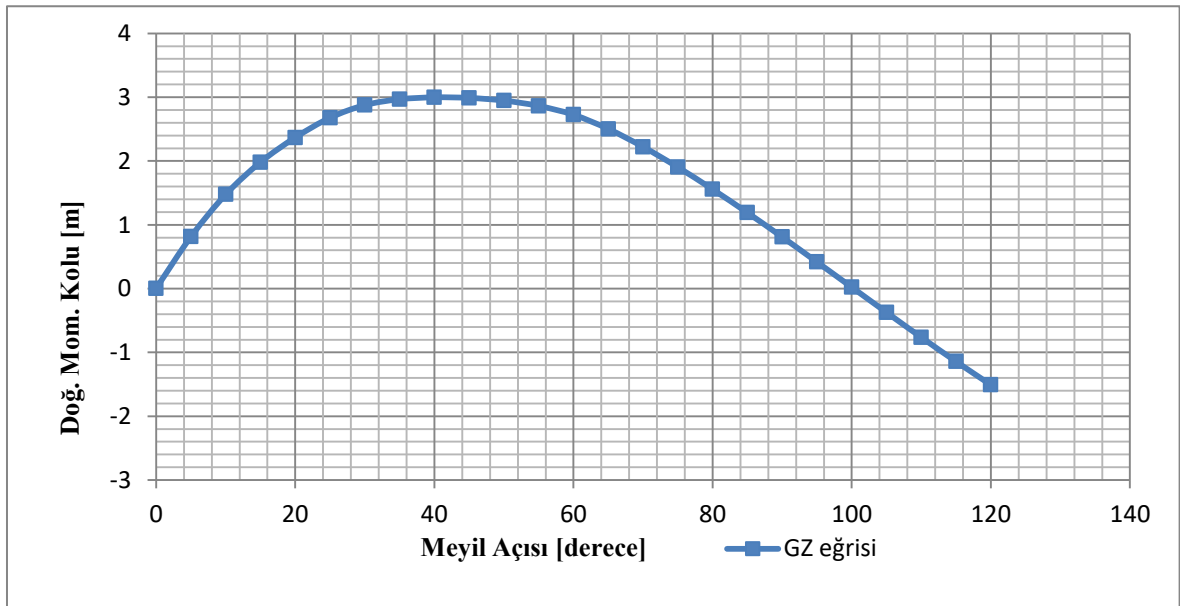
Şekil 3.25. “Senaryo 5” durumundaki 3 farklı duruma bağlı yalpa açısı-karşılaşma frekansı grafiği

3.6. “ Senaryo 6” Durum Analizi

Bu senaryo durumunda koferdam tankları hariç diğer tanklar ve balık ambarları tam yüklüdür. Üst yapı malzemesi alüminyumdur. Çıkan sonuçlar Senaryo 5 ile karşılaştırılmıştır. Tankların ve ambarların ağırlık merkezleri ve yük dağılımları Tablo 3.8.’deki gibidir. Denge durumundaki değerler Ek Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 3.8. “Senaryo 6” tankların ve ambarların yük dağılımı

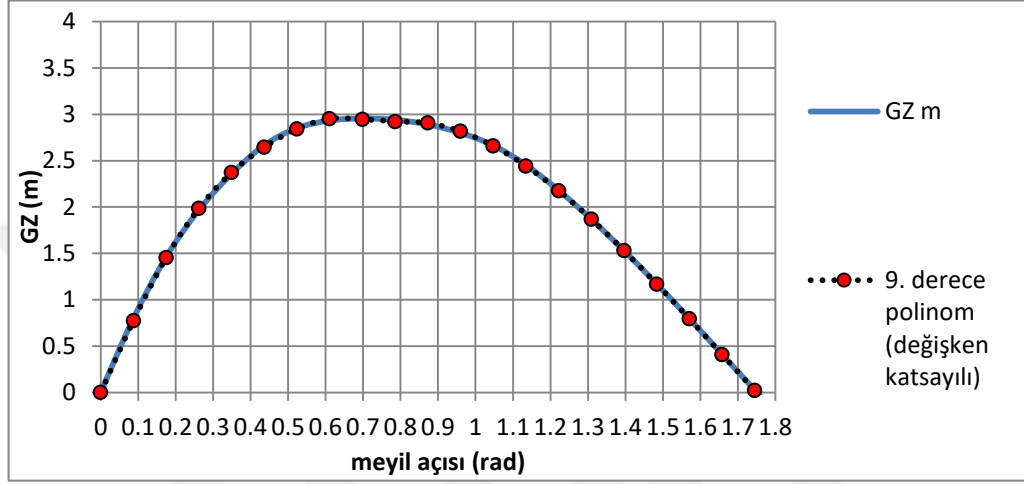
Ambar adı - Tank adı	Yükleme durumu	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	Yük miktarı (ton)
M1 balık ambarı	100%	16,55	0	3,058	92
S1 balık ambarı	100%	16,473	4,683	3,334	56,5
İ1 balık ambarı	100%	16,473	-4,683	3,334	56,5
M2 balık ambarı	100%	22,447	0	3,035	111
S2 balık ambarı	100%	22,427	4,653	3,313	52
İ2 balık ambarı	100%	22,427	-4,653	3,313	52
S yakıt tankı 1	100%	-0,488	7,062	4,312	9,407
S yakıt tankı 2	100%	3,267	7,091	4,147	8,596
S yakıt tankı 3	100%	6,245	7,133	4,046	6,187
S yakıt tankı 4	100%	9,007	7,174	3,96	7,438
S yağ tankı 1	100%	11,251	7,208	3,893	4,125
S yağ tankı 2	100%	12,751	7,231	3,851	4,168
S koferdam tankı	0%	14,494	6,572	2,34	0
S tatlı su tankı 1	100%	17,002	7,286	3,759	15,402
S tatlı su tankı 2	100%	22,536	7,153	3,736	19,573
İ yakıt tankı 1	100%	-0,503	-7,045	4,309	9,623
İ yakıt tankı 2	100%	3,267	-7,091	4,147	8,596
İ yakıt tankı 3	100%	6,245	-7,133	4,046	6,187
İ yakıt tankı 4	100%	9,007	-7,174	3,96	7,438
İ sintine tankı	100%	11,251	-7,208	3,893	4,595
İ atık yağ tankı	100%	12,751	-7,231	3,851	4,168
İ koferdam tankı	0%	14,494	-6,572	2,34	0
İ tatlı su tankı 1	100%	17,002	-7,286	3,759	15,402
İ tatlı su tankı 2	100%	22,536	-7,153	3,736	19,573
Servis tankı	100%	-1,403	0	4,392	11,934
Pis su tankı	100%	32,242	0	3,883	11,605



Şekil 3.26. “Senaryo 6” durumundaki GZ eğrisi

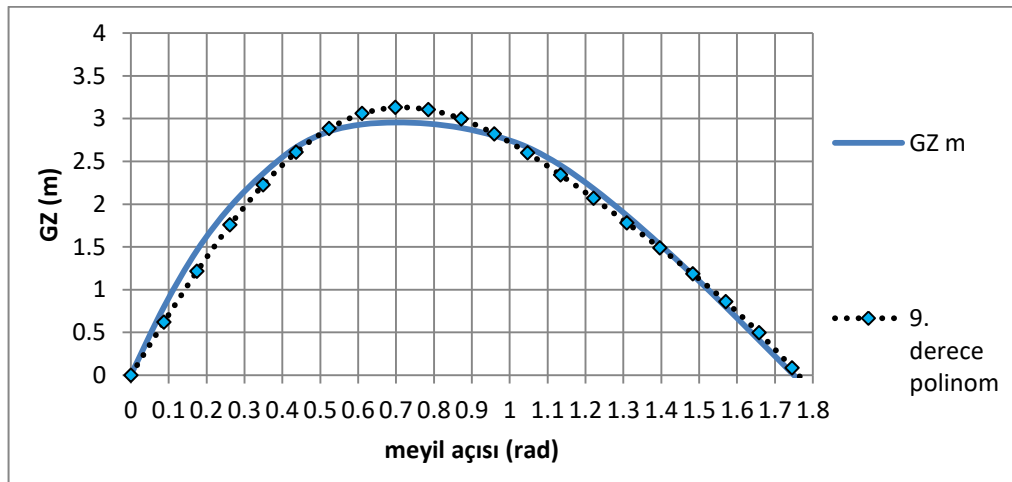
Bu yükleme durumundaki geminin doğrultma moment-meyil açısı eğrisi Şekil 3.26’ da verilmiştir. Maksimum doğrultma kolu değeri 41.4 derecede 3 metredir. Stabilitenin kaybolduğu açı 100 derecedir.

Şekil 3.27.’ de 9. dereceden değişken katsayılı polinoma bağlı meyil açısı-GZ eğrisi grafiği gösterilmiştir.



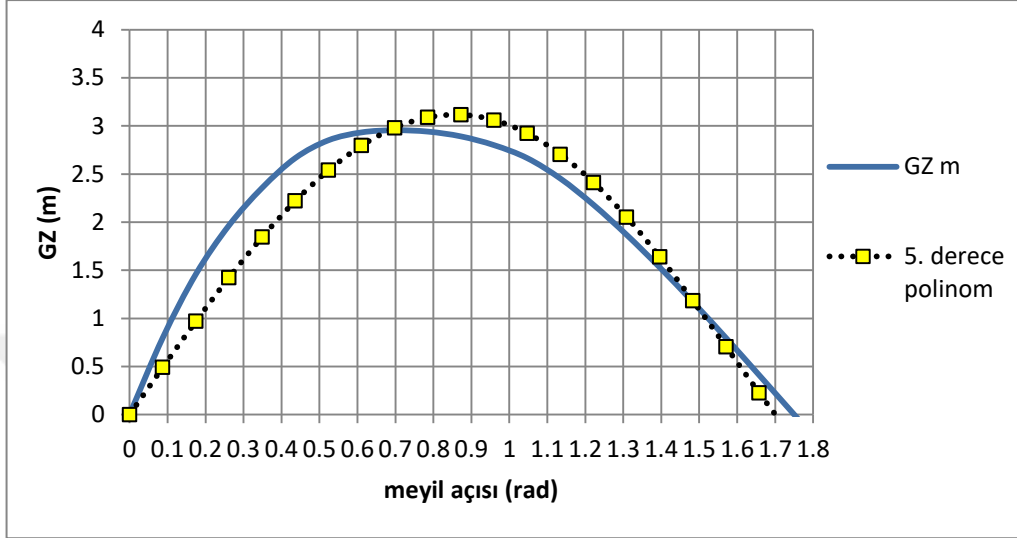
Şekil 3.27. “Senaryo 6” durumundaki 9. dereceden değişken katsayılı polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği

Şekil 3.28.’ de 9. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ eğrisi grafiği gösterilmiştir. 5. senaryo durumu ile karşılaştırıldığında eğrilerin birbiriyle olan uyumu benzerlik göstermektedir.



Şekil 3.28. “Senaryo 6” durumundaki 9. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği

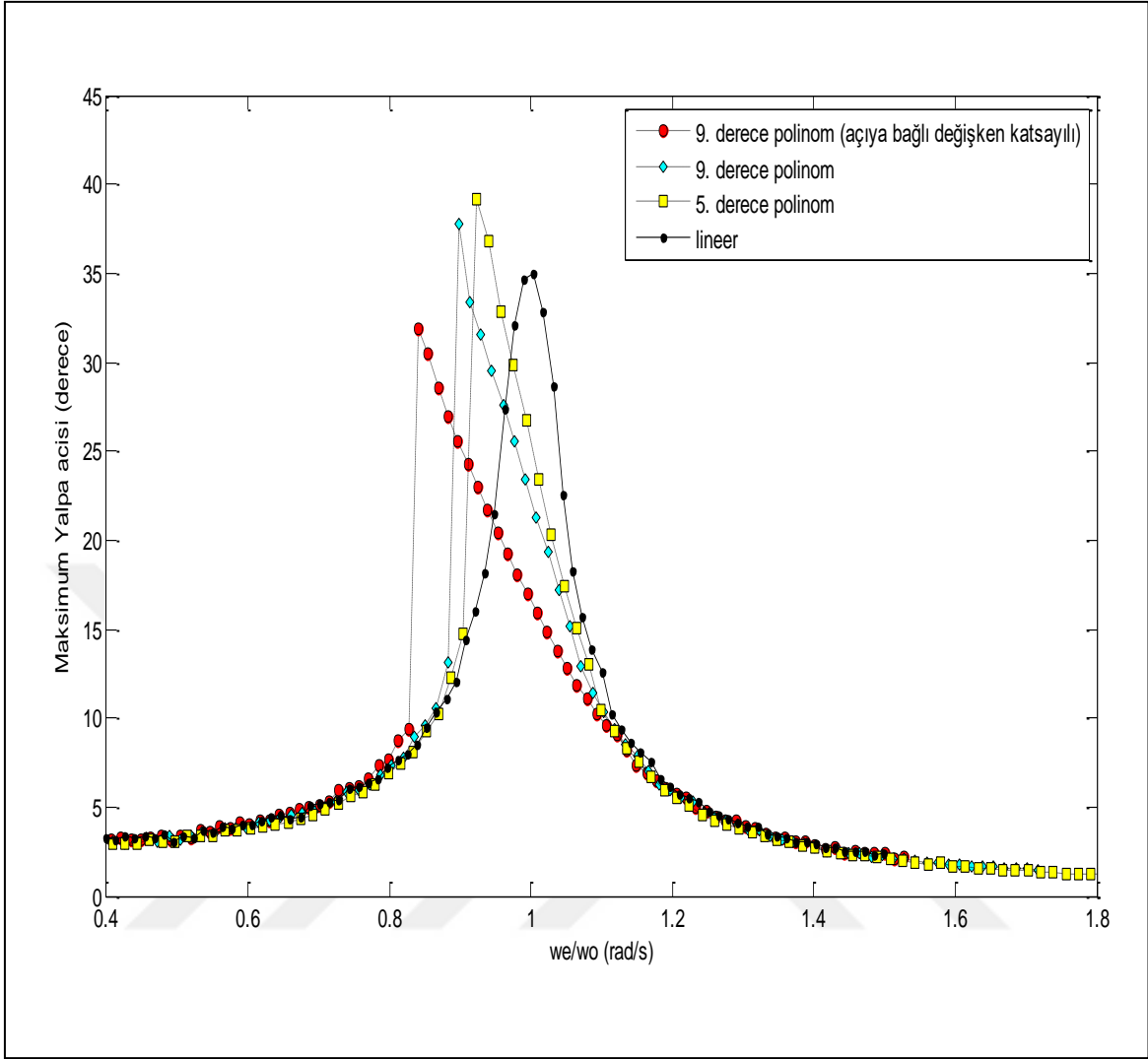
Şekil 3.29’ da ise 5. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ eğrisi grafiği gösterilmiştir. 5. senaryo durumu ile karşılaştırıldığında eğrilerin birbiriyle olan uyumu kısmen birbirine yaklaşırsa da yine birçok noktada uyumsuzluk olduğu görülmektedir.



Şekil 3.29. “Senaryo 6” durumundaki 5. dereceden polinoma bağlı meyil açısı-GZ grafiği

6. senaryo durumundaki yükleme koşullarına bağlı olarak 3 farklı durumdaki lineer olmayan yalpa hareketi denklemine bağlı GZ eğrisi-meyil açısı grafiği incelendiğinde 5. Senaryo durumundaki gibi 9. dereceden değişken katsayılı polinomun bu yükleme koşulundaki GZ eğrisi ile daha uyumlu olduğu açıkça görülmektedir.

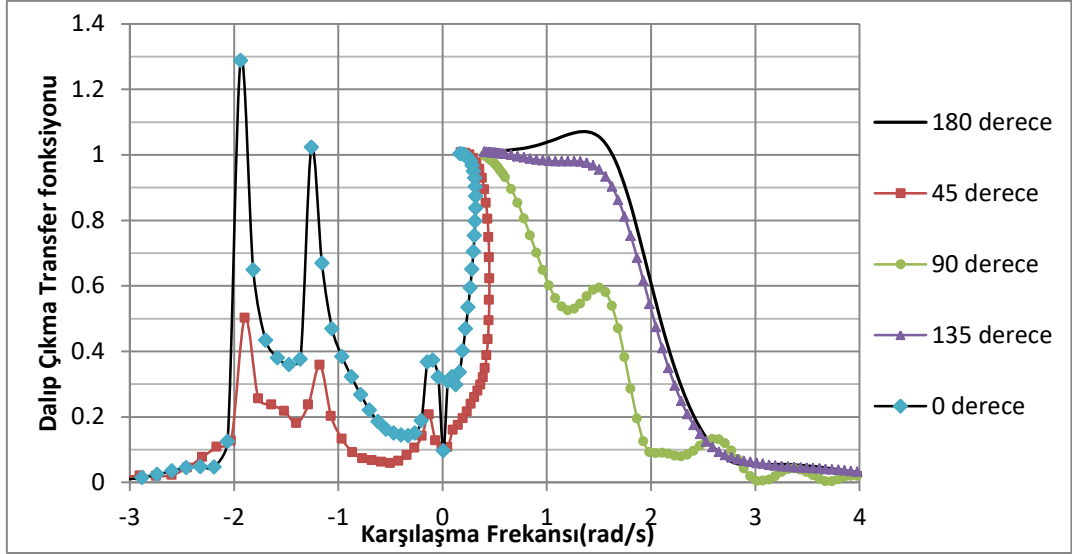
Şekil 3.30’ da 3 farklı durumdaki lineer olmayan yalpa hareketi denklemi ve lineer denkleme bağlı olarak maksimum yalpa açısı-karşılaşma frekansı grafiği incelendiğinde GZ eğrileriyle uyumlu olduğu gözlenen 9. dereceden açıya bağlı değişken katsayılı polinomun 0.85 rad/s’ de maksimum yalpa açısında 32 dereceye kadar çıkabildiği görülmektedir. 3 farklı durumdaki lineer olmayan yalpa hareketinde de çatallanma meydana gelmiştir ve bu çatallanmalar 5. senaryo durumu ile benzerlik göstermektedir. Lineer denklem ile elde edilen sonuçlarda ise çatallanma meydana gelmemiştir.



Şekil 3.30. "Senaryo 6" 3 farklı duruma bağlı yalpa açısı-karşılaşma frekansı grafiği

3.7. Dalıp -Çıkma, Baş-Kıç Vurma ve Yalpa Hareketleri Analizi

Dilim teorisi yöntemi uygulanarak geminin dalıp çıkma, yalpa ve baş kıç vurma durumu sonucu elde edilen karşılaşma frekansı-transfer fonksiyonu grafikleri incelenmiştir. Geminin 5. senaryo durumundaki hareketi incelenmiştir. Beaufort rüzgar kuvvetinin 5 olduğu koşul incelenmiştir. Hız 15 knot' tır. Yalpa jirasyon yarıçapı 6,7 m , baş kıç vurma jirasyon yarıçapı 12,5 m ve savrulma jirasyon yarıçapı 12,5 m olarak hesaplanmıştır. Dalgaların gemiye baştan, baş omuzluktan, bordadan, kıç omuzluktan ve kıçtan geldiği durumlar ayrı ayrı incelenmiştir. Grafiklerde 180 derece baştan gelen dalgaları, 0 derece kıçtan gelen dalgaları, 45 derece kıç omuzluktan gelen dalgaları, 90 derece bordadan gelen dalgaları, 135 derece ise baş omuzluktan gelen dalgaları belirtmektedir.



Şekil 3.31. Karşılaşma frekansı-dalıp çıkma transfer fonksiyonu grafiği

Şekil 3.31' deki karşılaşma frekansı-dalıp çıkma transfer fonksiyonu grafiği incelendiğinde kıçtan gelen dalgalarda dalıp çıkma transfer fonksiyonunun en yüksek değere ulaştığı görülmektedir. Grafiğe bağlı olarak geminin maksimum dalga hareketlerine maruz kaldığı noktada hesaplanan dalga frekansları ve periyotları şu şekildedir:

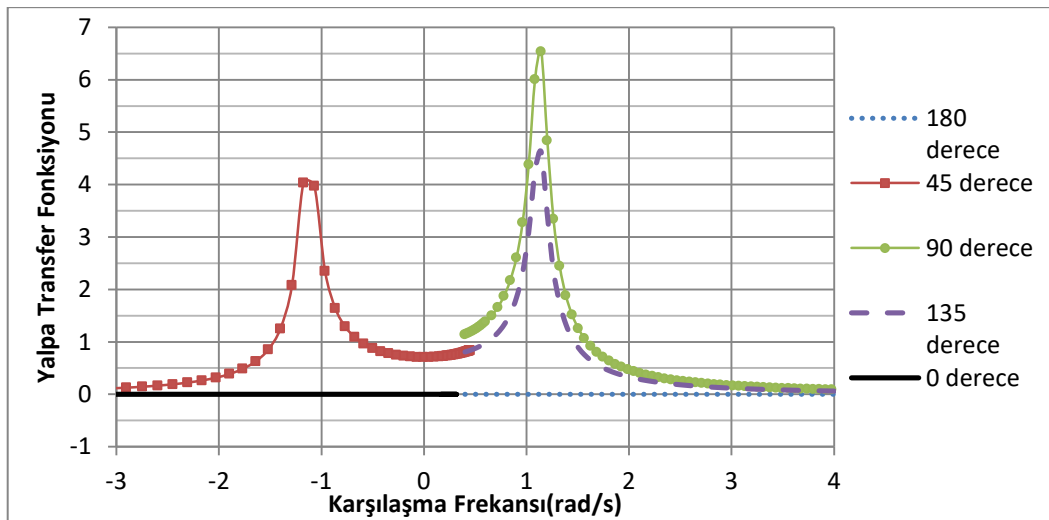
Kıçtan gelen dalgalarda dalga frekansı 2,4 rad/s ve periyodu 2,61 s

Kıç omuzluktan gelen dalgalarda dalga frekansı 0,2 rad/s ve periyodu 31,4 s

Bordadan gelen dalgalarda dalga frekansı 0,4 rad/s ve periyodu 15,7 s

Baş omuzluktan gelen dalgalarda dalga frekansı 0,35 rad/s ve periyodu 13,5s

Baştan gelen dalgalarda dalga frekansı 0,8 rad/s ve periyodu 7,85 s'dir.



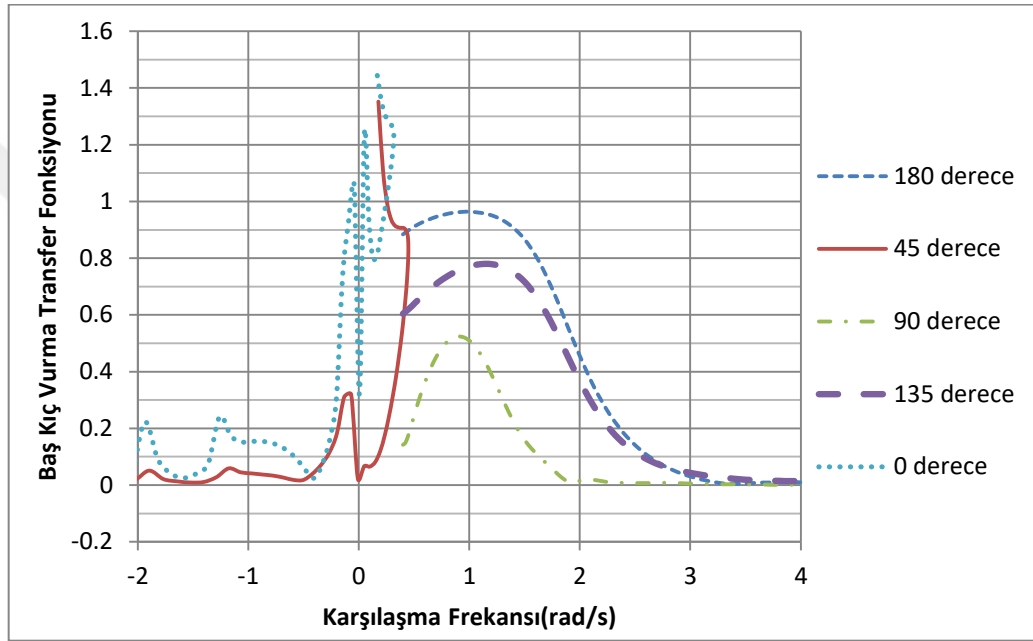
Şekil 3.32. Karşılaşma frekansı-yalpa transfer fonksiyonu grafiği

Şekil 3.32' deki karşılaşma frekansı-yalpa transfer fonksiyonu grafiği incelendiğinde bordadan gelen dalgalarda yalpa transfer fonksiyonunun 1,143 rad/s' de en yüksek değere ulaştığı görülmektedir. Tepe noktalarında oluşan dalga frekansları ve dalga periyotları şu şekildedir:

Kıç omuzluktan gelen dalgalarda dalga frekansı 2,95 rad/s ve periyodu 2,12 s

Bordadan gelen dalgalarda dalga frekansı 1,143 rad/s ve periyodu 5,5 s

Baş omuzluktan gelen dalgalarda dalga frekansı 0,79 rad/s ve periyodu 7,94s'dir.



Şekil 3.33. Karşılaşma frekansı-baş kış vurma transfer fonksiyonu grafiği

Şekil 3.33' teki karşılaşma frekansı-baş kış vurma transfer fonksiyonu grafiği incelendiğinde kıçtan gelen dalgalarda baş kış vurma transfer fonksiyonunun 0,168 rad/s' de en yüksek değere ulaştığı görülmektedir. Tepe noktalarında oluşan dalga frekansları ve dalga periyotları şu şekildedir:

Kıçtan gelen dalgalarda dalga frekansı 0,19 rad/s ve periyodu 33s

Kıç omuzluktan gelen dalgalarda dalga frekansı 0,2 rad/s ve periyodu 31,4 s

Bordadan gelen dalgalarda dalga frekansı 0,9 rad/s ve periyodu 6,98 s

Baş omuzluktan gelen dalgalarda dalga frekansı 0,795 rad/s ve periyodu 7,8 s

Baştan gelen dalgalarda dalga frekansı 0,64 rad/s ve periyodu 9,5 s'dir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Karadeniz tipi balıkçı gemisi referans alınarak farklı malzeme ve yükleme koşullarında ağırlık dağılımının stabilite ve gemi hareketleri üzerine etkisi incelenmiştir. Üst yapı malzemesi olarak çelik yerine alüminyum kullanılmasının geminin ağırlık merkezini aşağı yönde çekeceğinden dolayı Karadeniz tipi balıkçı gemilerinin stabilite karakteristiklerini iyileştireceği düşünülmüştür. Fakat bu çözümün yalpa problemini önlemede yetersiz kaldığı sonucuna varılmıştır.

Bütün senaryo durumlarında ilk başta 5. dereceden polinoma, 9. dereceden polinoma ve lineer denkleme bağlı meyil açısı-GZ eğrisi grafikleri oluşturulmuştur. Fakat GZ eğrileriyle istenen uyum sağlanamamıştır. GZ eğrisinin yanlış temsil edilmesinin analizin hatalı olmasına sebep olduğu söylenebilir. Bu sorunun çözümü olarak tüm senaryo durumlarına 9. dereceden değişken katsayılı polinoma bağlı denklemler uygulanmış ve GZ eğrileriyle uyumlu grafikler elde edilmesi sağlanmıştır.

Senaryo durumları birbirleriyle kıyaslandığında üst yapının çelik yerine alüminyum kullanılmasının maksimum doğrultma moment kolu değerini ve stabilitenin kaybolduğu açı değerini artırdığı görülmüştür. Ayrıca eklerde verilen denge durumu tabloları incelendiğinde üst yapı malzemesi olarak çelik yerine alüminyum kullanılmasının ağırlık merkezini 0,7 m ile 0,4 m arasında aşağı yönde çektiği görülmektedir. Alüminyumun çeliğe göre yaklaşık 3 kat daha hafif olmasının bunda etkili olduğu söylenebilir.

Tasarlanan gemide metasantr yükseklikleri oldukça yüksektir. Gemi genişliğinin draftla kıyaslandığında çok büyük olması küçük açılardaki doğrultma momenti değerlerinin büyük olmasına neden olmaktadır. Elde edilen GZ eğrileri konkav şeklindedir ve bu istenmeyen bir durumdur. Elde edilen bu sonuçlar gemilerin aşırı diri olmasına neden olmuştur. Balıkçıların geri dönüşlerinde hafif dalgalı havalarda güvertede çalışmalarının zorlaştığı görülmektedir ve bu sonuçla örtüşmektedir. Gemi geometrisine bağlı olarak GZ eğrilerinin küçük açılardaki türevlerinin aşırı büyük olması 0,8-1 rad/s frekanslarında fold bifürkasyonunun denk gelmesine neden olmuştur. Bu durum yalpa genliklerinin aniden artmasına neden olmaktadır. Üst yapılarda alüminyum veya çelik malzeme kullanımının yalpa problemini çözmediği açıkça görülmüştür. Genel olarak ortaya çıkan tüm bu problemlerin çözümü için geminin su altı derinliği arttırılacak ve genişliği küçültülecek şekilde farklı bir model tasarlanabilir.

5. KAYNAKLAR

1. Yılmaz, H., Gemi Hidrostatığı ve Stabilitesi, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2006.
2. Bouger, P., "Traite du Navire de la Construction et de les Mouvements", Paris, 1746.
3. Atwood, Disquisition on the stability of ships, Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 1796.
4. Barnes, F. K., On a New Method of Calculating the Statical and Dynamical Stabilities of a Ship, Trans. INA, 1861.
5. Froude, W., On the Rolling of Ships, Trans. INA, 1861.
6. Grim, O., Rollschwingungen, Stabilitat und Slicherheitin Seegang, Schifftechnik, 1952.
7. Grim, O., Zur Stabilitat der Periodisch Erzwangenen Rollschwingungen eines Schiffes, Ingenuer Archive, 1954.
8. Taylan, M., The effect of nonlinear damping and restoring in ship rolling, Ocean Engineering, 27 (2000) 921-932.
9. Üçer, E., Gemilerin Enine Stabilitesinin Matematiksel Yöntemlerle İrdelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008.
10. Neves, M. A. S., Perez, N. ve Lorca, O., 1999, Stability of small fishing vessels in longitudinal waves, Ocean Engineering, 26, 1389-1419.
11. Neves, M. A. S., Perez, N. ve Lorca, O., 2003, Analysis of roll motion and stability of fishing vessel in head seas, Ocean Engineering, 30, 921- 935.
12. Gudmundsson, A., Safety Practices Related to Small Fishing Vessel Stability, FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, 2009.
13. Erbaş, B., Gemi Hareketlerinin Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005.
14. DE KAT, J.O ve J.R Paulling, The simulation of Ship Motionn and Capsizing in Severe Seas, Transactions SNAME, 1989.
15. Wright, J.H.G ve W.B. Marsfield, 1979, Ship roll response and capsize behavior in beam seas, Transactions RINA, 122, 129-148.
16. Bhattacharryya, R., Dynamics of Marine Vehicles, John Wiley & Sons, 1978.
17. Blagoveshchensky, S.N., Theory of Ship Motions, Volumes I and II, Dover Publications, New York, 1962.
18. Lewis, E.V., Editor, Principles of Naval Architecture, Volumes I, II and III, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, New Jersey, 1988.

19. Zborowski, A. ve M. Taylan, Influence of Main Form Parameters on Stability Margin of Ships Rolling in Beam Synchronous Waves, Fourth International Conference on Stability of Ships and Ocean vehicles, Naples, Italy, 1990.
20. Zborowski, A. ve Taylan, M., Evaluation of small vessels roll motion stability reserve for resonance conditions, Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME). Spring Meeting/STAR Symposium, New Orleans, 1989.
21. Ikeda, Y., Himeno, Y. ve Tanaka, N., A Prediction Method for Ship Roll Damping, Report No. 00405, Department of Naval Architecture, University of Osaka Prefecture, 1978.
22. Peşman, E., Bayraktar, D. ve Taylan M., Influence of Damping on the Roll Motion of Ships, 2nd International Conference on Marine Research and Transportation, A5, Napoli (Ischia) Italy, 2007.
23. Taylan, M., Application of nonlinear roll motion model for assessment of ship stability in waves, Doktora Tezi, Ocean Eng Department. Florida Institute of Technology, Florida, 1990.
24. Thompson, J.M.T., Rainey, R.C. ve Soliman, M.S., Ship stability criteria based on chaotic transients from incursive fractals, Phil. Trans. R. Soc. Lond., 332 (1990) 149-167.

6. EKLER

Ek 1

Lineer ve lineer olmayan sönüm katsayılarının hesabı için aşağıda verilmiş olan ampirik bağıntılar kullanılmıştır.

Yüzey Sürtünme Direnci:

$$S = L(1.7D + C_B B)$$

$$r_e = \frac{(0.887 + 0.145 C_B) \left(\frac{S}{L} \right) + 2 * |KG - D|}{\pi}$$

$$\nu = (1.063 + 1.039(\rho - 1.025) + 0.02602(\rho - 1.025)^2 \cdot (10^{-6}))$$

$$R_e = \frac{0.512(r_e \phi_A^2) \omega}{\nu}$$

$$C_f = 1.328(R_e^{-0.5} + 0.014 R_e^{-0.114})$$

$$B_{f_1} = 0.5 \rho r_e^3 S C_f \left(1 + 4.1 \frac{V}{\omega L} \right)$$

$$B_F = \frac{8}{3\pi} \phi_A w B_{f_1}$$

Kaldırma Kuvveti Sönümü:

$$C_{SL} = LD$$

$$C_{LO} = 0.3D$$

$$C_{LR} = 0.5D$$

$$C_{OG} = |KG - D|$$

$$\text{If } C_M \leq 0.92 \quad \kappa = 0$$

$$\text{If } C_M > 0.97 \quad \kappa = 0.3$$

$$\text{If } 0.97 \geq C_M > 0.92$$

$$\kappa = 106(C_M - 0.91)^2 - 700(C_M - 0.91)^3 \quad k_N = \frac{2\pi D}{L} + \kappa \left(4.1 \frac{B}{L} - 0.045 \right)$$

$$B_l = \frac{1}{2} \rho C_{SL} V C_{KN} C_{LO} C_{LR} \left(1 + 1.4 \frac{C_{OG}}{C_{LR}} + 0.7 \frac{C_{OG}^2}{C_{LO} C_{LR}} \right)$$

Dalga Sönümü:

$$\xi_d = \frac{\omega^2 D}{g}$$

$$\tau = \frac{V\omega}{g}$$

$$A_1 = 1 + \xi_d^{-1.2} e^{-2\xi_d}$$

$$A_2 = 0.5 + \xi_d^{-1.0} e^{-2\xi_d}$$

$$B_W = \frac{1}{2} B_{W0} \left\{ \begin{array}{l} [(A_2 + 1) + (A_2 - 1) \tanh(20(\tau - 0.3))] \\ + (2A_1 - A_2 - 1) e^{-150(\tau - 0.25)^2} \end{array} \right\}$$

Türbülans ve Kabarcık Sönümü:

B_X ; ilgili kesitin genişliği, D_X ; ilgili kesitin derinliği, A_X ; ilgili kesitin alanıdır.

$$H_{OX} = \frac{B_X}{2D_X} H_{OX}' = \frac{H_{OX} D}{D - C_{OG}}$$

$$\sigma = \frac{A_X}{B_X D_X} \quad \sigma' = \frac{\sigma D - C_{OG}}{D - C_{OG}}$$

$$C_{F3} = 1 + 4e^{-1.65 \times 10^5 (1 - \sigma)^2}$$

$$C_{F1} = \frac{1}{2} (1 + \tanh(20\sigma - 14))$$

$$C_{F2} = \frac{1}{2} (-1 \cos(\sigma\pi)) - 1.5 (1 - e^{5-5\sigma}) (0.5 - 0.5 \cos(2\pi\sigma))$$

$$H_1 = \frac{1}{H_{OX}}$$

$$c_1 = 1.5(1 + H_1) - \frac{1}{\sqrt{(1/4)(1 + H_1)^2 + 2H_1 \left(1 - \left(\frac{4}{\pi} \right) \sigma \right)}}$$

$$a_1 = c_1(1 - H_1)$$

$$a_3 = c_1(1 + H_1) - 1$$

$$M = \frac{B_x}{2(1 + a_1 + a_3)}$$

$$C_{ks1} = 0$$

$$C_{ks2} = \frac{4a_3}{2(\cos(a_1(1 + a_3)))}$$

$$R_{MAX1} = M \sqrt{\left(\left((1 + a_1)\sin(C_{ks1}) - a_3\sin(3C_{ks1})\right)^2 + \left((1 + a_1)\cos(C_{ks1}) - a_3\cos(3C_{ks1})\right)^2\right)}$$

$$R_{MAX2} = M \sqrt{\left(\left((1 + a_1)\sin(C_{ks2}) - a_3\sin(3C_{ks2})\right)^2 + \left((1 + a_1)\cos(C_{ks2}) - a_3\cos(3C_{ks2})\right)^2\right)}$$

$$R_{MAX1} > R_{MAX2} \quad C_{ks} = C_{ks1}, \quad R_{MAX} = R_{MAX1}$$

$$R_{MAX1} \leq R_{MAX2} \quad C_{ks} = C_{ks2}, \quad R_{MAX} = R_{MAX2}$$

$$A_1 = -2a_3\cos(5C_{ks}) + a_1(1 - a_3)\cos(3C_{ks}) + \left((6 - 3a_1)a_3^2 + (a_1^2 - 3a_1)a_3 + a_1^2\right)\cos(C_{ks})$$

$$A_2 = -2a_3\sin(5C_{ks}) + a_1(1 - a_3)\sin(3C_{ks}) + \left((6 + 3a_1)a_3^2 + (a_1^2 - 3a_1)a_3 + a_1^2\right)\sin(C_{ks})$$

$$H = 1 + a_1^2 + 9a_3^2 + 2a_1(1 - 3a_3)\cos(2C_{ks}) - 6a_3\cos(4C_{ks})$$

$$\gamma = \frac{\sqrt{\pi}C_{F3}}{2(D - C_{OG})\sqrt{H_{OX}'\sigma'}} \left[R_{MAX} + \frac{2M}{H} \sqrt{A_1^2 + A_2^2} \right]$$

$$C_P = \frac{1}{2} \left(0.87e^{-\gamma} - 4e^{-0.187\gamma} + 3 \right)$$

$$B_{CRL} = 2D_x \sqrt{\frac{H_{OX}(\sigma - 1)}{\pi - 4}}$$

$$B_{CRL} \leq D_x \quad \text{ve} \quad B_{CRL} < B_x / 2 \quad B_{CRL} = B_{CRL}$$

$$H_{OX} \geq 1 \quad \text{ve} \quad B_{CRL} \geq D_x \quad B_{CRL} = D_x$$

$$H_{OX} < 1 \quad \text{ve} \quad B_{CRL} > D_x H_{OX} \quad B_{CRL} = B_x / 2$$

$$C_R = \left(\frac{R_{MAX}}{D_X} \right)^2 \left(1 - \frac{C_{F1} B_{CRL}}{D_X} \right) \left(1 - \frac{C_{OG}}{D_X} - \frac{C_{F1} B_{CRL}}{D_X} \right) + C_{F2} \left(H_{OX} - \frac{C_{F1} B_{CRL}}{D_X} \right)^2$$

$B_{ex} = \frac{1}{2} \rho D_X^4 C_P C_R$ tek bir kesitin değeridir. Tüm gemi için integral yapılarak B_E katsayısı bulunur.

$$C_K = \frac{V}{0.04 \omega L}$$

$$B_E = \frac{8}{3\pi} \phi_A \omega B_e \frac{1}{1 + C_K^2}$$

Yalpa Omurganın Sönüme Katkısı:

Yalpa omurganın sönüme katkısı aşağıda gösterildiği gibi normal kuvvet ve basınç kuvvetinin oluşturduğu sönüm olarak ikiye ayrılmaktadır.

$$B_{BK} = B_{BKN} + B_{BKH}$$

$$f = 1 + 0.3e^{-160(1-\sigma)}$$

$$r_{cb} = D_X \sqrt{\left(\left(H_{OX} - 0,2929 \frac{B_{CRL}}{D_X} \right)^2 + \left(1 - \frac{-OG}{D} - 0,2929 \frac{B_{CRL}}{D_X} \right)^2 \right)}$$

Sürüklenme kuvveti;

$$C_D = 22.5 \frac{b_{BK}}{\pi r_{cb} B_{CRL} f} + 2.4$$

Normal kuvvetlerin oluşturduğu sönüm;

$$B_{BKN} = \frac{8}{3\pi} \rho r_{cb}^3 b_{BK} \omega B_{CRL} f^2 C_D$$

Birim uzunluk için basınç kuvvetlerinin oluşturduğu sönüm aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$m_1 = \frac{B_{CRL}}{D_X}$$

$$m_2 = \frac{-OG}{D}$$

$$m_3 = 1 - m_1 - m_2$$

$$m_4 = H_{OX} - m_1$$

$$m_5 = 0,414H_{OX} + 0,0651m_1^2 - \frac{(0,382H_{OX} + 0,0106)m_1}{(H_{OX} - 0,215m_1)(1 - 0,215m_1)}$$

$$m_6 = 0,414H_{OX} + 0,0651m_1^2 - \frac{(0,382 + 0,0106H_{OX})m_1}{(H_{OX} - 0,215m_1)(1 - 0,215m_1)}$$

$$S_o = 0,3\pi r_{cb} \phi_A + 1,95b_{BK}$$

$$S_o > \frac{\pi B_{CRL}}{4} \quad m_7 = \frac{S_o}{D_X} - \frac{\pi m_1}{4}, \quad m_8 = m_7 + 0,414m_1$$

$$S_o \leq \frac{\pi B_{CRL}}{4} \quad m_7 = 0, \quad m_8 = \sqrt{2} \left(1 - \cos \left(\frac{S_o}{B_{CRL}} \right) \right) m_1$$

$$A_2 = (m_3 + m_4)m_8 - m_7$$

$$B_2 = \frac{m_4^3}{3H_{OX} - 0,215m_1} + \frac{(1 - m_1^2)(2m_3 - m_2)}{6(1 - 0,215m_1)} + (m_3m_5 + m_4m_6)m_1$$

$$B_{BKH} = \frac{4}{3\pi} \rho r_{cb}^2 D^2 \omega B_{CRL} f^2 \cdot \left\{ - \left(-22,5 \frac{b_{BK}}{\pi r_{cb} f B_{CRL}} - 1,2 \right) A_2 + 1,2 B_2 \right\}$$

Ampirik bağıntılarda kullanılan kısaltmalar

- L : Gemi uzunluğu
- B : Geminin genişliği
- D : Draft
- C_B : Blok katsayısı
- C_M : Orta kesit alan oranı
- GM : Metasanır yüksekliği
- GZ : Doğrultma moment kolu
- LCB : Boyuna hacim merkezi
- LCF : Boyuna yüzme merkezi
- KG : Ağırlık merkezinin düşey konumu
- I_{xx} : Geminin atalet momenti
- δI_{xx} : Ek atalet momenti
- Δ : Deplasman
- ρ : Deniz suyunun yoğunluğu
- α_m : Dalga dikliği
- ν : Kinematik viskosite
- ω : Frekans
- ω_e : Karşılaşma frekansı

ϕ_A	: Anlık yalpa genliği
R_e	: Reynolds sayısı
C_f	: Sürtünme katsayısı
B_{W0}	: Yayılma sönümü
B_{CRL}	: Sintine dönümü yarıçapı
B_I	: Kaldırma kuvveti sönümü
B_W	: Dalga sönümü
B_E	: Kabarcık ve türbülans yapıcı sönüm
B_F	: Yüzey sürtünme sönümü
B_{BK}	: Yalpa omurga sönümü
B_L	: lineer sönüm katsayısı ($B_L=B_I+ B_W$)
B_N	: lineer olmayan sönüm katsayısı ($B_N=B_E+ B_F + B_{BK}$)
b_{BK}	: Yalpa omurga genişliği
f	: Yalpa omurgada hıza bağlı düzeltme katsayısı
S	: Islak alan
B_X	:İlgili kesitin genişliği
D_X	: İlgili kesitin derinliği
A_X	: İlgili kesitin alanı
r_{cb}	: Yalpa omurganın yalpa ekseninden ortalama uzaklığı

Ek Tablo 1. “Senaryo 1” durumundaki stabilite kriterleri

Kriterler	İstenen değer	Birimler	Mevcut değer	Durum	Fazlalık (%)
0°-30° arasında GZ eğrisi altında kalan alan	3.1513	m.derece	40.4639	Geçti	1184.04
0°-40° arasında GZ eğrisi altında kalan alan	5.1566	m.derece	64.0131	Geçti	1141.31
30°-40° arasında GZ eğrisi altında kalan alan	1.7189	m.derece	23.5492	Geçti	1270.02
30 ve üzerindeki açılarda maks. GZ uzunluğu	0.2	m.derece	2.522	Geçti	1161
Maksimum GZ açısı	25	derece	43.2	Geçti	72.73
Başlangıç GMt	0.15	m.derece	7.655	Geçti	5003
Yolcu durumundaki denge açısı (<=)	10	derece	0	Geçti	100
3 knot'taki manevra açısı (<=)	10	derece	0	Geçti	100
Şiddetli rüzgar ve yalpa durumu				Geçti	
Meyil açısı (<=)	16	derece	0.8	Geçti	94.73
Meyil açısı / Güverte kenarı batma açısı (<=)	80	%	2.46	Geçti	96.92
Alan1/Alan2 (>=)	100	%	246.78	Geçti	146.78
24 m ve üzeri balıkçı gemileri için başlangıç GMt	0.35	m	7.655	Geçti	2087.14

Ek Tablo 2. "Senaryo 2" durumundaki stabilite kriterleri

Kriterler	İstenen değer	Birimler	Mevcut değer	Durum	Fazlalık (%)
0°-30° arasında GZ eğrisi altında kalan alan	3.1513	m.derece	47.789	Geçti	1416.49
0°-40° arasında GZ eğrisi altında kalan alan	5.1566	m.derece	77.255	Geçti	1398.18
30°-40° arasında GZ eğrisi altında kalan alan	1.7189	m.derece	29.466	Geçti	1614.25
30 ve üzerindeki açılarda maks. GZ uzunluğu	0.2	m.derece	3.253	Geçti	1526.5
Maksimum GZ açısı	25	derece	44.1	Geçti	76.36
Başlangıç GMt	0.15	m.derece	8.748	Geçti	5552
Yolcu durumundaki denge açısı (<=)	10	derece	0	Geçti	100
3 knot'taki manevra açısı (<=)	10	derece	0	Geçti	100
Şiddetli rüzgar ve yalpa durumu				Geçti	
Meyil açısı büyük olmamalıdır (<=)	16	derece	0.9	Geçti	94.29
Meyil açısı / Güverte kenarı batma açısı (<=)	80	%	2.52	Geçti	96.85
Alan1/Alan2 (>=)	100	%	261.46	Geçti	161.46
24 m ve üzeri balıkçı gemileri için başlangıç GMt	0.35	m	8.748	Geçti	2322.29

Ek Tablo 3. “Senaryo 3” durumundaki stabilite kriterleri

Kriterler	İstenen değer	Birimler	Mevcut değer	Durum	Fazlalık (%)
0°-30° arasında GZ eğrisi altında kalan alan	3.1513	m.derece	44.353	Geçti	1307.45
0°-40° arasında GZ eğrisi altında kalan alan	5.1566	m.derece	69.2868	Geçti	1243.65
30°-40° arasında GZ eğrisi altında kalan alan	1.7189	m.derece	24.9338	Geçti	1350.57
30 ve üzerindeki açılarda maks. GZ uzunluğu	0.2	m.derece	2.613	Geçti	1206.5
Maksimum GZ açısı	25	derece	43.6	Geçti	74.54
Başlangıç GMt	0.15	m.derece	9.715	Geçti	6376.67
Yolcu durumundaki denge açısı (<=)	10	derece	0	Geçti	100.28
7 knot'taki manevra açısı (<=)	10	derece	0.1	Geçti	99.32
Şiddetli rüzgar ve yalpa durumu				Geçti	
Meyil açısı büyük olmamalıdır (<=)	16	derece	1	Geçti	93.61
Meyil açısı / Güverte kenarı batma açısı (<=)	80	%	3.28	Geçti	95.9
Alan1/Alan2 (>=)	100	%	234.08	Geçti	134.08
24 m ve üzeri balıkçı gemileri için başlangıç GMt	0.35	m	9.715	Geçti	2675.71

Ek Tablo 4. "Senaryo 4" durumundaki stabilite kriterleri

Kriterler	İstenen değer	Birimler	Mevcut değer	Durum	Fazlalık (%)
0°-30° arasında GZ eğrisi altında kalan alan	3.1513	m.derece	50.4229	Geçti	1500
0°-40° arasında GZ eğrisi altında kalan alan	5.1566	m.derece	80.0527	Geçti	1452.43
30°-40° arasında GZ eğrisi altında kalan alan	1.7189	m.derece	29.6298	Geçti	1623.76
30 ve üzerindeki açılarda maks. GZ uzunluğu	0.2	m.derece	3.212	Geçti	1506
Maksimum GZ açısı	25	derece	45	Geçti	80
Başlangıç GMt	0.15	m.derece	10.786	Geçti	7090
Yolcu durumundaki denge açısı (<=)	10	derece	0	Geçti	100.28
8 knot'taki manevra açısı (<=)	10	derece	0.1	Geçti	99.03
Şiddetli rüzgar ve yalpa durumu				Geçti	
Meyil açısı büyük olmamalıdır (<=)	16	derece	1.1	Geçti	93.41
Meyil açısı / Güverte kenarı batma açısı (<=)	80	%	3.25	Geçti	95.94
Alan1/Alan2 (>=)	100	%	244.31	Geçti	144.31
24 m ve üzeri balıkçı gemileri için başlangıç GMt	0.35	m	10.786	Geçti	2981.71

Ek Tablo 5. "Senaryo 5" durumundaki stabilite kriterleri

Kriterler	İstenen değer	Birimler	Mevcut değer	Durum	Fazlalık (%)
0°-30° arasında GZ eğrisi altında kalan alan	3.1513	m.derece	49.8259	Geçti	1481.12
0°-40° arasında GZ eğrisi altında kalan alan	5.1566	m.derece	76.4128	Geçti	1381.84
30°-40° arasında GZ eğrisi altında kalan alan	1.7189	m.derece	26.5869	Geçti	1446.74
30 ve üzerindeki açılarda maks. GZ uzunluğu	0.2	m.derece	2.672	Geçti	1236
Maksimum GZ açısı	25	derece	37.3	Geçti	49.09
Başlangıç GMt	0.15	m.derece	8.803	Geçti	5768.67
Yolcu durumundaki denge açısı (<=)	10	derece	0	Geçti	100.28
15 knot'taki manevra açısı (<=)	10	derece	0.5	Geçti	95.28
Şiddetli rüzgar ve yalpa durumu				Geçti	
Meyil açısı büyük olmamalıdır (<=)	16	derece	0.3	Geçti	98.42
Meyil açısı / Güverte kenarı batma açısı (<=)	80	%	1.11	Geçti	98.61
Alan1/Alan2 (>=)	100	%	262.52	Geçti	162.52
24 m ve üzeri balıkçı gemileri için başlangıç GMt	0.35	m	8.803	Geçti	2415.14

Ek Tablo 6. "Senaryo 6" durumundaki stabilite kriterleri

Kriterler	İstenen değer	Birimler	Mevcut değer	Durum	Fazlalık (%)
0°-30° arasında GZ eğrisi altında kalan alan	3.1513	m.derece	54.0666	Geçti	1615.69
0°-40° arasında GZ eğrisi altında kalan alan	5.1566	m.derece	83.6473	Geçti	1522.14
30°-40° arasında GZ eğrisi altında kalan alan	1.7189	m.derece	29.5807	Geçti	1620.91
30 ve üzerindeki açılarda maks. GZ uzunluğu	0.2	m.derece	2.999	Geçti	1399.5
Maksimum GZ açısı	25	derece	41.4	Geçti	65.46
Başlangıç GMt	0.15	m.derece	9.587	Geçti	6291
Yolcu durumundaki denge açısı (<=)	10	derece	0	Geçti	100.27
16 knot'taki manevra açısı (<=)	10	derece	0.4	Geçti	95.73
Şiddetli rüzgar ve yalpa durumu				Geçti	
Meyil açısı büyük olmamalıdır (<=)	16	derece	0.3	Geçti	98.39
Meyil açısı / Güverte kenarı batma açısı (<=)	80	%	1.08	Geçti	98.65
Alan1/Alan2 (>=)	100	%	268.02	Geçti	168.02
24 m ve üzeri balıkçı gemileri için başlangıç GMt	0.35	m	9.587	Geçti	2639.14

Ek Tablo 7. "Senaryo 1" durumundaki denge tablosu

Draft vasat (m)	2,544
Deplasman (ton)	531
Sancak meyil açısı (derece)	0
Baş kaime draftı (m)	2,403
Kıç kaime draftı (m)	2,686
LCF draftı (m)	2,572
Kıça trim (+ dikey kıça) m	0,283
Su hattı boyu (m)	49,721
Su hattı genişliği (m)	14,506
Islak Alan (m ²)	558,299
Islak su hattı alanı (m ²)	489,715
Prizmatik katsayı	0,569
Blok katsayısı	0,269
Orta kesit alan katsayısı	0,492
Su hattı alan katsayısı	0,679
LCB sıfır noktasından (baş +) m	20,205
LCF sıfır noktasından (baş +) m	18,047
KB m	1,777
KG m	5,832
BMt m	11,71
BML m	118,929
GMt m	7,655
GML m	114,874
KMt m	13,487
KML m	120,703
Batma (TPc) ton/cm	5,02
MTc ton.m	13,62
Doğ. Mom. 1 der. = GM.dep.sin(1)ton.m	70,937
Maksimum güverte meyil açısı	0,3617
Trim açısı (baş +)	0,3617

Ek Tablo 8. “Senaryo 2” durumundaki denge tablosu

Draft vasat (m)	2,34
Deplasman (ton)	458,7
Sancak meyil açısı (derece)	0
Baş kaime draftı (m)	1,933
Kıç kaime draftı (m)	2,747
LCF draftı (m)	2,438
Kıç trim (+ dikey kıç) m	0,814
Su hattı boyu (m)	49,757
Su hattı genişliği (m)	13,974
Islak Alan (m ²)	532,155
Islak su hattı alanı (m ²)	471,534
Prizmatik katsayı	0,56
Blok katsayısı	0,237
Orta kesit alan katsayısı	0,473
Su hattı alan katsayısı	0,678
LCB sıfır noktasından (baş +) m	18,991
LCF sıfır noktasından (baş +) m	17,025
KB m	1,683
KG m	5,119
BMt m	11,916
BML m	136,865
GMt m	8,48
GML m	133,429
KMt m	13,597
KML m	138,525
Batma (TPc) ton/cm	4,833
MTc ton.m	13,669
Doğ. Mom. 1 der. = GM.dep.sin(1)ton.m	67,891
Maksimum güverte meyil açısı	1,0419
Trim açısı (baş +)	1,0419

Ek Tablo 9. “Senaryo 3” durumundaki denge tablosu

Draft vasat (m)	2,759
Deplasman (ton)	684,6
Sancak meyil açısı (derece)	0,5
Baş kaime draftı (m)	2,364
Kıç kaime draftı (m)	3,155
LCF draftı (m)	2,872
Kıç trim (+ dikey kıç) m	0,791
Su hattı boyu (m)	49,791
Su hattı genişliği (m)	15,153
Islak Alan (m ²)	653,478
Islak su hattı alanı (m ²)	577,037
Prizmatik katsayı	0,605
Blok katsayısı	0,283
Orta kesit alan katsayısı	0,514
Su hattı alan katsayısı	0,765
LCB sıfır noktasından (baş +) m	18,181
LCF sıfır noktasından (baş +) m	16,005
KB m	2,006
KG m	5,412
BMt m	13,094
BML m	125,61
GMt m	9,687
GML m	122,204
KMt m	15,098
KML m	127,592
Batma (TPc) ton/cm	5,915
MTc ton.m	18,682
Doğ. Mom. 1 der. = GM.dep.sin(1)ton.m	115,74
Maksimum güverte meyil açısı	1,1309
Trim açısı (baş +)	1,0122

Ek Tablo 10. “Senaryo 4” durumundaki denge tablosu

Draft vasat (m)	2,565
Deplasman (ton)	612,4
Sancak meyil açısı (derece)	0,5
Baş kaime draftı (m)	1,938
Kıç kaime draftı (m)	3,193
LCF draftı (m)	2,762
Kıç trim (+ dikey kıç) m	1,255
Su hattı boyu (m)	49,822
Su hattı genişliği (m)	14,828
Islak Alan (m ²)	626,452
Islak su hattı alanı (m ²)	557,106
Prizmatik katsayı	0,597
Blok katsayısı	0,257
Orta kesit alan katsayısı	0,493
Su hattı alan katsayısı	0,754
LCB sıfır noktasından (baş +) m	17,048
LCF sıfır noktasından (baş +) m	15,366
KB m	1,943
KG m	4,829
BMt m	13,636
BML m	134,352
GMt m	10,749
GML m	131,466
KMt m	15,573
KML m	136,237
Batma (TPc) ton/cm	5,71
MTc ton.m	17,978
Doğ. Mom. 1 der. = GM.dep.sin(1)ton.m	114,883
Maksimum güverte meyil açısı	1,6863
Trim açısı (baş +)	1,6058

Ek Tablo 11. ‘‘Senaryo 5’’ durumundaki denge tablosu

Draft vasat (m)	3,549
Deplasman (ton)	1125
Sancak meyil açısı (derece)	0
Baş kaime draftı (m)	3,518
Kıç kaime draftı (m)	3,581
LCF draftı (m)	3,557
Kıça trim (+ dikey kıça) m	0,063
Su hattı boyu (m)	48,991
Su hattı genişliği (m)	16,047
Islak Alan (m ²)	773,944
Islak su hattı alanı (m ²)	655,461
Prizmatik katsayı	0,667
Blok katsayısı	0,39
Orta kesit alan katsayısı	0,589
Su hattı alan katsayısı	0,834
LCB sıfır noktasından (baş +) m	18,822
LCF sıfır noktasından (baş +) m	16,569
KB m	2,469
KG m	4,555
BMt m	10,888
BML m	92,853
GMt m	8,802
GML m	90,767
KMt m	13,357
KML m	95,321
Batma (TPc) ton/cm	6,718
MTc ton.m	22,802
Doğ. Mom. 1 der. = GM.dep.sin(1)ton.m	172,822
Maksimum güverte meyil açısı	0,0802
Trim açısı (baş +)	0,0802

Ek Tablo 12. “Senaryo 6” durumundaki denge tablosu

Draft vasat (m)	3,393
Deplasman (ton)	1053
Sancak meyil açısı (derece)	0
Baş kaime draftı (m)	3,183
Kıç kaime draftı (m)	3,604
LCF draftı (m)	3,45
Kıç trim (+ dikey kıç) m	0,421
Su hattı boyu (m)	49,435
Su hattı genişliği (m)	15,947
Islak Alan (m ²)	757,977
Islak su hattı alanı (m ²)	646,385
Prizmatik katsayı	0,659
Blok katsayısı	0,363
Orta kesit alan katsayısı	0,578
Su hattı alan katsayısı	0,82
LCB sıfır noktasından (baş +) m	18,2
LCF sıfır noktasından (baş +) m	16,316
KB m	2,402
KG m	4,156
BMt m	11,341
BML m	96,703
GMt m	9,587
GML m	94,949
KMt m	13,743
KML m	99,101
Batma (TPc) ton/cm	6,625
MTc ton.m	22,322
Doğ. Mom. 1 der. = GM.dep.sin(1)ton.m	176,144
Maksimum güverte meyil açısı	0,5389
Trim açısı (baş +)	0,5383

ÖZGEÇMİŞ

1991 yılında Kocaeli’de doğdu. Lise öğrenimini 24 Kasım Anadolu Lisesi’nde tamamladı. 2010 yılında yüksek öğrenimine Karadeniz Teknik Üniversitesi Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği Bölümü’nde başladı. 2015 Haziran ayında Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisi olarak mezun oldu. 2015 Temmuz ayından itibaren aynı üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine devam etmektedir. İyi seviyede İngilizce bilmektedir.

