

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNALARI MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KONTEYNER GEMİLERİNDE YÜKLEMENİN STABİLİTEYE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gemi İnş. ve Gemi Mak. Müh. Gencer YAPRAK

**HAZİRAN 2014
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNALARI ANABİLİM DALI

KONTEYNER GEMİLERİNDE YÜKLEMENİN STABİLİTEYE ETKİSİ

Gemi İnş. ve Gemi Mak. Müh. Gencer YAPRAK

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNALARI YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 21.05.2014
Tezin Savunma Tarihi : 12.06.2014**

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Emre PEŞMAN

Trabzon 2014

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Anabilim Dalında
Gencer YAPRAK tarafından hazırlanan

GEMİ İNŞAATI ve GEMİ MAKİNALARI ANABİLİM DALI

KONTEYNER GEMİLERİNDE YÜKLEMENİN STABİLİTEYE ETKİSİ başlıklı bu
çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun/./2014 gün ve sayılı kararıyla
oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan :Prof. Dr. Ercan KÖSE
Üye :Doç. Dr. Ersan BAŞAR
Üye :Yrd. Doç. Dr. Emre PEŞMAN

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Konteyner gemileri yük taşımacılığında en çok tercih edilen deniz araçlarıdır. Deniz ise; hesap edilmesi, modellenmesi ve tahmin edilmesi zor bir olgudur. Yapılan tüm hesaplar aslında en kuvvetli yaklaşımları, kesine en yakın doğruları göstermektedir. Yapılmış olan bu çalışmada da denizli havalarda geminin yükleme koşullarına göre davranışları analiz edilmiştir ve bulunan sonuçlar yorumlanmıştır. Çalışmada tümüyle emeği geçen sevgili hocam Yrd. Doç. Dr. Emre PEŞMAN'a, yardımlarıyla yanımdan hiç eksik olmayan nişanlım Saliha ÖZDEMİR'e, canım anneme, babama, ablama, ve Nurhan ÖZDEMİR'e sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

İhtiyacı olana bu çalışmanın gerçekten faydalı olması dileğiyle...

Gencer YAPRAK

Trabzon 2014

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “ Konteyner Gemilerinde Yükleminin Stabiliteye Etkisi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Yrd. Doç. Dr. 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. 24/04/2014

Gencer YAPRAK

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Küçük Açılarda Enine Stabilite.....	2
1.2. Büyük Açılarda Enine Stabilite.....	4
1.2.1. Doğrultucu Moment Kolu.....	4
1.2.2. Statik Stabilite.....	6
1.2.3. Parametrik Yalpa Hareketi – Parametrik Rezonans.....	9
1.3. Boyuna Düzenli Dalgalarda Yalpa Hareketi.....	11
1.3.1. Matematiksel Model.....	12
1.3.1.1. Yalpa Atalet Momenti.....	13
1.3.1.2. Sönüm Momenti.....	13
1.3.1.3. Doğrultma Momenti.....	16
1.3.1.4. Dalga Zorlama Momenti.....	18
1.3.2. Yalpa Hareketinin Matematiksel Modeli ve Çözümü.....	19
1.3.2.1. Krylov-Bogolyubov Yöntemi ve Çözümü.....	20
1.3.2.2. Yaklaşık Analitik Çözümün Stabilitesi.....	27

1.4. Konteyner Tanımı ve Gemi Üzerindeki Yerleşimi.....	29
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	31
2.1. Giriş.....	31
2.2. Geminin Modellenmesi.....	32
2.3. Tankların Modellenmesi.....	33
2.4. Ambarların Modellenmesi.....	35
3. BULGULAR.....	38
3.1. “Durum 1” İncelemesi.....	38
3.2. “Durum 2” İncelemesi.....	41
3.3. “Durum 3” İncelemesi.....	43
3.4. “Durum 4” İncelemesi.....	46
3.5. “Durum 5” İncelemesi.....	48
3.6. “Durum 6” İncelemesi.....	51
3.7. “Durum 7” İncelemesi.....	54
3.8. “Durum 8” İncelemesi.....	56
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	59
5. KAYNAKLAR.....	62
6. EKLER.....	64
ÖZGEÇMİŞ	

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

KONTEYNER GEMİLERİNDE YÜKLEMENİN STABİLİTEYE ETKİSİ

Gencer YAPRAK

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Anabilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Emre PEŞMAN

2014, 63 Sayfa, 26 Sayfa Ek.

Denizde, gemi kazaların kimisi yetersiz bünyesel mukavemetten kimisi stabilite zayıflığından, kimisi de diğer bazı nedenlerden kaynaklanmıştır. Stabilite nedeniyle oluşan kazalar daha detaylı incelendiğinde kazaya neden olan etmenlerden birkaçı yanlış veya dengesiz yükleme, yeterli doğrultma moment kolu olmayışı, parametrik rezonansa düşme durumu gibi öğelerle karşılaşılır. Bu tez çalışmasında referans alınan bir konteyner gemisine çeşitli yüklemeler yapılmış, bu yüklemeler altında geminin hidrostatik verileri incelenmiş, doğrultma moment kolunun dalga tepesi dalga çukuru ve sakin su deniz durumlarındaki değişimleri karşılaştırılmıştır. Tüm yükleme koşullarında geminin yalpa genliği-hız diyagramları ve üç boyutlu(yüzey) $GZ-t(s)-\phi(\text{rad})$ grafikleri oluşturulmuştur. Yüklemeler yalnızca konteyner yerleşimlerindeki değişimden ibaret olmayıp tanklardaki yük dağılımları serbest yüzey etkisi gibi değişkenler de dikkate alınmıştır. Oluşturulan GZ yüzeyleri kullanılarak konteyner gemilerinin boyuna dalgalarındaki stabilitesi, bir serbestlik dereceli nonlinear parametrik yalpa hareket denklemlerinin frekansa bağlı çözümü ile incelenmiştir.

Sonuç olarak, gerçek yüklemelere çok yakın olarak düzenlemiş bu inceleme durumlarında geminin stabilite karakteri ve ağır deniz koşullarındaki davranışı incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Konteyner gemisi, Stabilite, Parametrik Rezonans, Yalpa Genliği, Yükleme Durumu, Apl China.

Master Thesis

SUMMARY

THE INFLUENCE OF LOADING ON CONTAINER SHIPS

Gencer YAPRAK

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Naval Architecture and Marine Engineering Graduate Program
Supervisor: Assist. Prof. Emre PEŞMAN
2014, 63 Pages, 26 Pages Appendix.

Some of accidents, which happen on the sea, are about inadequate ship strength, other part is about insufficient ship stability, and the other part of damages are about other reasons. If we have a detail look for stability item, we can see this following reasons; wrong and unbalanced loading, no exist of enough straightening arm, falling to parametric resonance, etc. In this study, variable loading have been done to a reference container ship, under these loading conditions, researched hydrostatic data and the straightening arm has been compared for wave crest, wave trough and still water sea conditions. In addition, for all loading conditions heeling frequency-speed, 3-d (surface) GZ-t(s)-phi(rad) graphics have created. The loading conditions have consisted of not only containers arrangement but also tanks loading and free-surface effect. By using these prepared GZ surfaces, the stability of container ships during the longitudinal waves have been researched by one-freedom-degree movement equations which are depend on frequency solution.

Finally, with this studying, which ordered with real loading conditions, inspected stability character of ship and ship behaviors during the heavy sea.

Key Words : Container Ships, Stability, Parametric Resonance, Heeling Frequency, Loading Condition, Appl China.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1.:	ø yalpa açısındaki geminin metasantr noktası.....	1
Şekil 1.2. :	GZ moment kolu gösterimi.....	5
Şekil 1.3.:	Örnek sakin su GZ eğrisi.....	7
Şekil 1.4. :	Gemi hareketleri modeli.....	11
Şekil 1.5:	İki farklı programla elde edilmiş olan sönüm katsayısı bileşenlerinin yalpa açısının 40 derece olduğu durumda gemi hızına göre değişimi[23]....	15
Şekil 1.6. :	Doğrultucu moment kolu yüzeyi[25].....	17
Şekil 1.7. :	Dalga tepesinin geminin boyuna konumuna göre metasantr yüksekliği değişimi[23].....	18
Şekil 1.8.:	Ince – Strutt diyagramı[23].....	27
Şekil 1.9. :	Referans gemi için hız-yalpa genliği grafiği.....	28
Şekil 1.10. :	Konteyner gemisinde row-bay-tier terimlerinin gösterimi[URL-4,2014].....	30
Şekil 2.1. :	Geminin fırtınadan sonra limanda bağlı hali.....	32
Şekil 2.2. :	Referans geminin endaze formu[21].....	32
Şekil 2.3.:	Geminin hesaplarda kullanılmak üzere oluşturan modeli.....	33
Şekil 2.4. :	Geminin üç boyutlu tank yerleşimi.....	34
Şekil 2.5. :	Gemide ambar ve tankların yerleşimi.....	35
Şekil 3.6. :	“Durum 1” sakin su GZ grafiği.....	38
Şekil 3.7. :	“ Durum 1” dalga çukuru GZ eğrisi.....	39
Şekil 3.8.:	“ Durum 1” dalga tepesi GZ eğrisi.....	40
Şekil 3.9. :	“Durum 1” üç durum GZ eğrileri.....	40

Şekil 3.10.:	“ Durum 2” sakin su doğrultma moment kolu eğrisi.....	42
Şekil 3.11. :	“ Durum 2” dalga tepesi- dalga çukuru GZ eğrisi.....	43
Şekil 3.12. :	“Durum 3” kesit yükleme skalası.....	44
Şekil 3.13. :	“Durum 3” dalga tepesi – dalga çukuru – sakin su GZ eğrileri.....	45
Şekil 3.14. :	“Durum 3” dalga tepesi, dalga çukuru GZ eğrileri.....	45
Şekil 3.15. :	“ Durum 4” sakin su GZ eğrisi.....	47
Şekil 3.16. :	“ Durum 4” dalga çukuru, dalga tepesi GZ eğrileri.....	48
Şekil 3.17.:	“ Durum5” sakin su GZ eğrileri.....	50
Şekil 3.18. :	“ Durum 5” dalga tepesi ve dalga çukuru GZ grafikleri.....	50
Şekil 3.19. :	“ Durum 6” sakin su GZ eğrisi.....	51
Şekil 3.20. :	“ Durum 6” dalga tepesi ve dalga çukuru grafikleri.....	52
Şekil 3.21. :	“ Durum 6” yalpa genliği – hız değişimi.....	52
Şekil 3.22. :	Dolaplardaki mürettebat kaynaklı hasar[22].....	53
Şekil 3.23. :	Yaşam mahalli panellerindeki hasar[22].....	53
Şekil 3.24. :	“ Durum 7” sakin su GZ eğrisi.....	54
Şekil 3.25. :	“Durum 7” dalga tepesi ve dalga çukuru grafikleri.....	55
Şekil 3.26. :	“Durum 7” yalpa genliği hız grafiği.....	55
Şekil 3.27. :	“Durum 7” üç durum için GZ eğrileri.....	56
Şekil 3.28. :	“Durum 8” sakin su GZ eğrisi.....	57
Şekil 3.29. :	“Durum 8” dalga tepesi, dalga çukuru GZ eğrisi.....	58
Şekil 3.30. :	“Durum 8” yükleme skalası.....	58

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. : Geminin ambar sınırları.....	36
Tablo 2.2. : Kesit olarak geminin konteyner dizilimi modellenmesi.....	36
Tablo 3.3. : “ Durum 2” sakin su hidrostatik değerleri.....	41
Tablo 3.4. : “ Durum 3” sakin su hidrostatik değerleri.....	44
Tablo 3.5. : “ Durum 4” sakin su hidrostatik değerleri.....	46
Tablo 3.6. : “ Durum 5” sakin su hidrostatik değerleri.....	49
Ek Tablo C.1. : Tank açıklamalar ve sınır ölçüleri.....	69
Ek Tablo D.1. : “ Durum 1” tanklar ve ambarlar yük dağılımı.....	72
Ek Tablo E.1. : “ Durum 2” yükleme koşulları.....	75
Ek Tablo F.1. : “Durum 3” yükleme tablosu.....	78
Ek Tablo G.1. : “ Durum 4” yükleme detayları.....	81
Ek Tablo H.1. : “ Durum 5” detaylı yükleme tablosu.....	84
Ek Tablo I.1. : “ Durum 6” yükleme detayları.....	87
Ek Tablo J.1. : “ Durum 7” yükleme verileri.....	90
Ek Tablo K.1. : “Durum 8” yükleme detayları.....	93

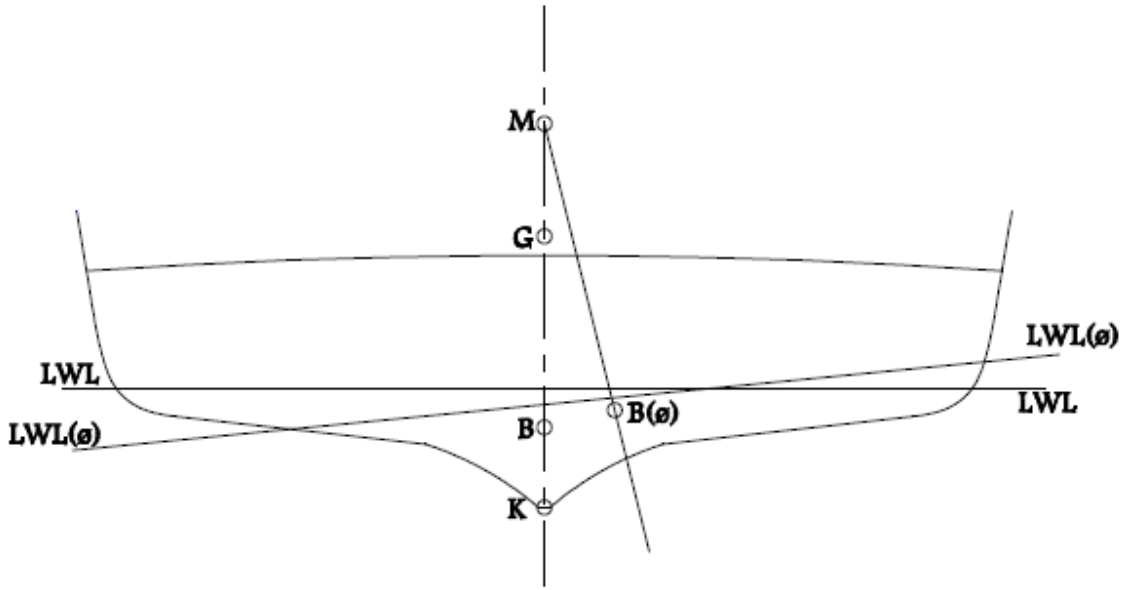
SEMBOLLER DİZİNİ

- ABS : American Bureau of Shipping.
- B : Su altı hacim merkezi.
- B(ϕ) : ϕ yalpa açısındaki su altı hacim merkezi.
- G : Geminin ağırlık merkezi.
- GM : Metasantr noktasının ağırlık merkezinden yüksekliği.
- GZ : Doğrultucu moment kolu.
- K : Omurga.
- KG : Ağırlık merkezinin dikine konumu.
- KM : Metasantr noktasının gemi omurgasına göre konumu.
- LCB : Su altı hacim merkezinin boyuna konumu.
- LCG : Ağırlık merkezinin boyuna konumu.
- LWL : Yüklü su hattı.
- LWL(ϕ) : ϕ yalpa açısındaki su hattı.
- M : Metasantr noktası.
- m : Kütle.
- R : Dönme yarıçapı.
- TCG : Ağırlık merkezinin enine konumu.
- v : Gemi hızı.
- VCG : Yük merkezinin dikine konumu.
- ϕ : Yalpa açısı.
- Δ : Geminin deplasmanı.

1. GENEL BİLGİLER

Gemilerin önemli denizcilik özelliklerinden biri yüzme koşulu yanında yeterli enine ve boyuna stabiliteye sahip olmasıdır. Eski dönemlerde geminin stabilitesiyle ilgili matematiksel bir yaklaşım yoktu. Yapılan teknelerin dengeli olup olmadıkları deneyimli kişilerin görüşüne dayanarak belirleniyordu. Ardından gemilerin dengeli olabilmesi için ağırlık merkezinin sephiye merkezinden aşağıda olması gerektiğini ileri sürülmüştür.

Daha sonraları metasantr noktası kavramı ortaya atılmış ve küçük açılarda enine stabilitenin ölçütü olarak metasantr yüksekliğinin kullanılabileceği ileri sürülmüştür.



Şekil 1.1. θ yalpa açısındaki geminin metasantr noktası

Şekildeki gibi yana doğru meyil yapmış bir geminin yeni sephiye merkezinde çizilen düşeyin orta eksenini kestiği noktaya metasantr noktası denir ve M ile gösterilir[24]. Bir geminin küçük açılarda dengede sayılabilmesi için ağırlık merkezi M metasantr noktasından aşağıda olmalıdır. Enine stabilitenin ölçütü $|GM|$ enine metasantr yüksekliğidir.

Daha sonraları gemilerin denge problemleri metasantrik yöntemlerle çözülmeye çalışılmıştır. 20. yy.'da buna dayalı olarak gemilerin sağlaması gereken değişik stabilite kriterleri ileri sürülmüştür. Gemilerin $\theta < 10^\circ$ gibi küçük açılarda enine stabilite formülleri $|GM|$ enine metasantr yüksekliğine bağlı olarak daha basit şekilde incelenebilir. $\theta > 10^\circ$ açılarında büyük açılarda stabilite yaklaşımı uygulanmalıdır. Ayrıca gemiye dışarıdan ağırlık alınması veya çıkarılması ve gemideki bir ağırlığın yer değiştirmesi gibi problemler statik stabilite yaklaşımıyla kolayca incelenebilir. Rüzgar etkisi, dalga etkisi gibi değişken etkiler altında stabilite, dinamik stabilite olarak adlandırılır ve ileri düzeyde matematiksel yaklaşım gerektirir. Ayrıca yaranma ve karaya oturma gibi durumlarda daha karmaşık problemlerle karşılaşılır.

1.1. Küçük Açılarda Enine Stabilite

Küçük açılarda enine stabilitede değişik varsayımlar yapılarak hesaplarda kolaylık sağlanır. Büyük açılarda meyil durumunda bu varsayımlar geçerliliğini yitirir. Küçük açılarda enine stabilitede uygulanan başlıca varsayımlar şunlardır:

1. Yeni ve eski sephiye merkezlerini birleştiren doğrunun yatay olduğu varsayılır. Halbuki büyük açılarda meyil durumunda sephiye eğrisi parabolle yakın bir eğri çizer.
2. Yana meyil durumunda sudan çıkan ve suya giren dilimlerin tam simetrik oldukları düşünülür. Bu durumda ilk durumdaki su hattı ile son durumdaki su hattı orta ekseninde kesişir. Aslında bu durum paralel bordalı gemiler için geçerlidir.
3. $\theta < 10^\circ$ olduğundan hesaplarda ve bağıntılarda $\sin \theta = \tan \theta = \theta$ olarak alınır. Ayrıca $|BM|$ enine metasantr yarıçapı ve metasantr noktası sabit kabul edilir. Halbuki büyük açılarda meyil durumunda su hattının şekli değişeceğinden $|BM|$ değişir, metasantr noktası sabit kalmaz.
4. Küçük açılarda enine stabilitede rüzgar etkisi, dalga etkisi, gibi dinamik etkiler hesaba katılamaz.

Gemideki bir ağırlığın düşey yer değiştirmesi: Bir geminin ambarında bulunan W ağırlığı düşey olarak “z” kadar yukarı çıkarıldığında ağırlık merkezi $W.z/W$ kadar yukarı çıkar ve $|GM|$ değeri azaldığı için geminin stabilitesine negatif etkisi olur.

Geminin düşey simetri eksenine ağırlık eklenmesi veya gemiden ağırlık çıkarılması: Geminin simetri eksenine ağırlık eklenmesi veya çıkarılması durumunda ağırlık merkezinin yüksekliği değişir.

Yeni ağırlık merkezinin omurgadan yüksekliği moment alınarak bulunabilir. Ağırlık eklenmesinin veya çıkarılmasının etkisiyle ağırlık merkezinin yüksekliği değişince metasantr yüksekliği de değişir. Ayrıca gemi suya batacağından ya da sudan çıkacağından su altı hacmi ve su hattının şekli değişeceğinden $|KB|$ ve $|BM|$ de değişebilir. Gemiye deplasmanına göre çok büyük ağırlıklar eklenip çıkarıldığında yeni metasantr yüksekliği $|KB|_2 + |BM|_2 - |KG|_2$ olarak hesaplanır.

Gemideki bir ağırlığın enine yer değiştirmesi: Bir geminin güvertesinde bulunan W ağırlığı yatay olarak $y[m]$ kaydırıldığında ağırlıkların düşey konumları değişmediğinden ağırlık merkezinin omurgadan yüksekliği dolayısıyla $|GM|$ değişmez. Ancak ağırlık merkezi ağırlığın kaydığı tarafa doğru $W.y/W$ metre kayar. Bu durumda sephiye merkezi ile yeni ağırlık merkezi aynı düşey doğrultuda bulunmadığından geminin dengesi negatif etkilenir ve gemi ağırlığın kaydırıldığı yöne doğru meyil yapmaya başlar. Devirici ve düzeltici momentler eşit olduğunda gemi yana doğru meyil yapmış olarak kalır.

Gemilerdeki sıvı tanklarının stabiliteye etkisi: Gemilerde bulunabilecek serbest yüzeyli sıvı tankları, geminin enine ve boyuna stabilitesinin bozulmasına neden olur. Serbest yüzeyli sıvı tankının etkisi tankın üst tarafının alanı kadar geminin su hattı alanında azalma olacağı şeklinde düşünülebilir. Sıvı yük veya maden cevheri gibi taneli yük taşıyan gemilerin stabilitelerinde serbest yüzey etkisiyle azalma olur. Bu azalmayı belirli bir ölçüde gidermek amacıyla tanklar veya ambarlar boyuna perdelerle bölmelere ayırılır. Örneğin tank 2'ye bölündüğünde metasantr yüksekliğindeki azalma miktarı $1/4$ oranında küçülmüş olur.

$$|BM| = \frac{I_{ox}}{\nabla} \quad (1.1)$$

$$|GM| = |KB| + |BM| - |KG| \quad (1.2)$$

$$\Delta |GM| = \partial |GM| = \frac{\rho_t}{\rho_{su}} \cdot \frac{i}{\nabla} \quad (1.3)$$

$$i = \frac{l.b^3}{12} \quad (1.4)$$

i : tankın üst yüzeyinin x eksenine göre eylemsizlik momenti.

Daire şeklinde dönüş yapan bir geminin meyili: Daire şeklinde bir yörünge üzerinde hareket eden gemiye merkezden dışarıya doğru merkezkaç kuvveti etki eder. Bu kuvvetin etkisiyle gemi yana doğru meyil yapar.

Bir geminin R yarıçaplı bir dairesel yörünge izleyerek V hızıyla hareket ettiği düşünülürse geminin ağırlık merkezine merkezden dışarıya doğru $(m.V^2)/R$ merkezkaç kuvveti etkir. Eğer bir önlem alınmazsa gemi bu kuvvetin etkisiyle dışarıya doğru sürüklenir. Geminin dümeni uygun şekilde ayarlanarak dümene ve geminin suyun içindeki bölümüne merkeze doğru $(m.V^2)/R$ ye eşit su direncinin etkimesi sağlanır. Birbirine eşit ve zıt yönde ve etki doğrultuları farklı olan merkezkaç kuvvet ile merkezciil kuvvet bir kuvvet çifti oluşturur ve gemiye yana doğru $M_{devirme}$ momentini etki ettirir. Gemi yana doğru meyil yaptıkça sephiye merkezi yatay olarak yana kayar. Gemiye gittikçe büyüyen bir $M_{düzeltici}$ moment etki eder. $M_{devirme} = M_{düzeltici}$ olduğunda gemi yana doğru meyil yapmış olarak kalır.

1.2. Büyük Açılarda Enine Stabilite

1.2.1. Doğrultucu Moment Kolu

Şekil 1.2.de, meyilsiz ve dik konumdaki bir geminin su hattı LWL, buna karşılık gelen sephiye merkezi B ve ağırlık merkezi de G olsun. Geminin, sancak tarafına θ açısı kadar meyil ettiğini varsayalım. Yeni su hattı LWL(θ) olur ve sephiye merkezi de batan tarafa doğru hareket ederek yeni konumu B(θ) olur. Ağırlık kuvveti Δ 'ya eşit olan, G'den

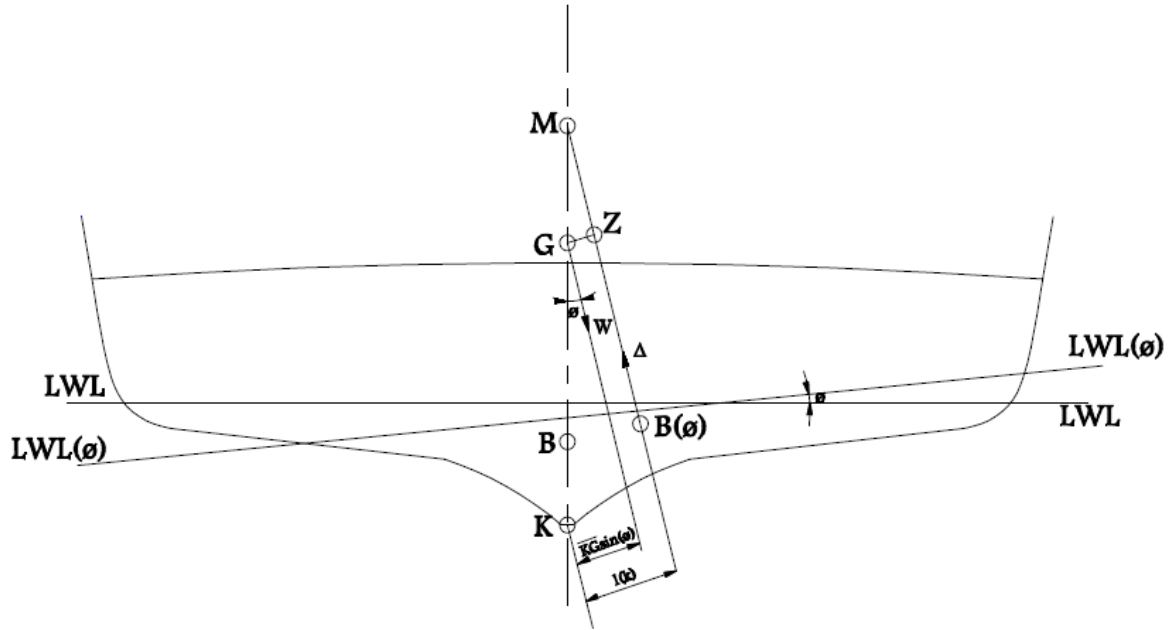
geçer ve düşey yönde olan $LWL(\theta)$ ye diktir. Aynı şekilde sephiye(kaldırma) kuvveti de, Δ 'ya eşit olan, $B(\theta)$ 'den geçer ve bu da $LWL(\theta)$ 'ye diktir.

G noktasından sephiye kuvvetinin etkime hattına çekilen dikme, bu hat Z noktasında kesişir.

Ağırlık ve sephiye kuvvetleri ise değeri,

$$M_R = \Delta \cdot [GZ] \quad (1.5)$$

olan doğrultucu momenti oluşturur. Δ , bütün meyil açılarında sabit olduğundan, doğrultucu moment, doğrultucu kolla $[GZ]$ belirtilebilir.



şekil 1.2. GZ moment kolu gösterimi

Gösterilen şekilden şu bağıntı çıkarılabilir:

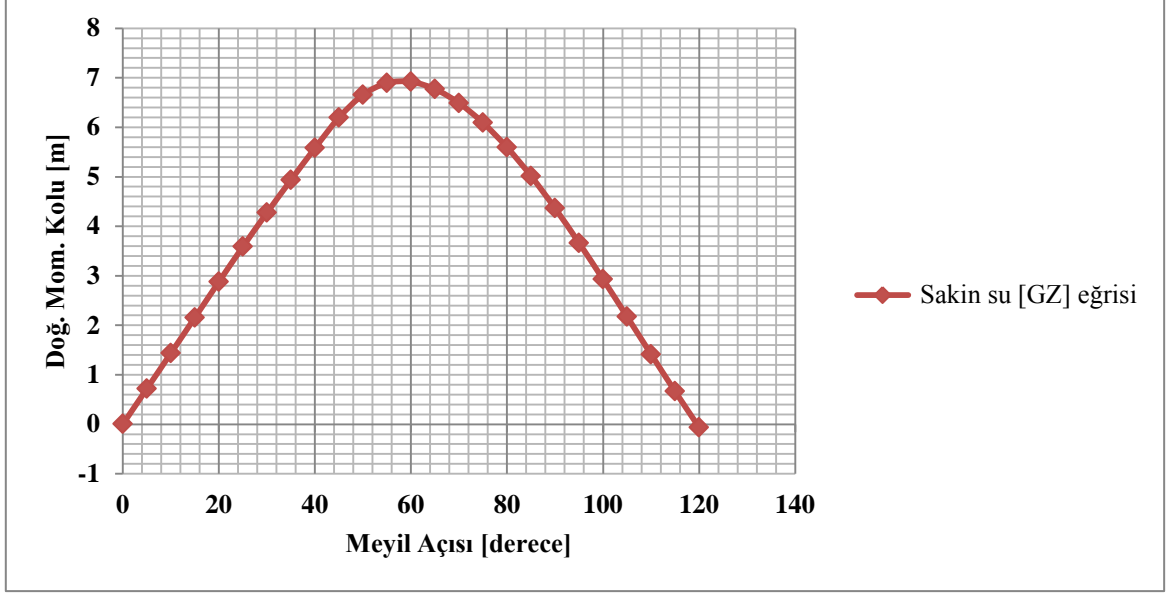
$$[GZ]= k-[KG] \sin(\theta) \quad (1.6)$$

Burada k mesafesi çapraz stabilite değeri olarak adlandırılır. Bu değer gemi endazesine göre bulunan hidrostatik hesaplamaların bir sonucudur. Bu hesaplamalar günümüzde bilgisayarlarda yapılmaktadır. Literatürde $[KG]\sin(\theta)$ terimi ağırlık stabilitesi kolu olarak tanımlanırken l_k terimi ise, form stabilitesi kolu olarak ifade edilmektedir[24].

Burada şunu belirtmek gerekir; l_k tercihen omurganın en alt noktası veya omurganın en alt noktasının orta kesite iz düşümü olan K noktasından ölçülür. Netice olarak l_k her zaman pozitifdir.

1.2.2. Statik Stabilite

Sabit Δ ve $[KG]$ değerleri için hesaplanan doğrultucu moment kolunun, $[GZ]$, meyil açısının (θ) fonksiyonu olarak çizimine statik stabilite eğrisi denir. Bu eğri, verilen bir yükleme durumunda geminin stabilitesini değerlendirmek için kullanılır. Stabiliteyi tam olarak değerlendirebilmek için doğrultucu kollar ile stabilite açısından tehlikeli olan çeşitli yatırıcı kolların karşılaştırılması gerekir. Bu çalışmada kullanılan ve ileride de detaylıca bahsedilecek olan referans geminin “Durum 1” yükleme koşulundaki sakin su statik sabilite eğrisi örnek olarak aşağıdaki Şekil 1.3. de gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Örnek sakin su GZ eğrisi

Maksimum [GZ] değeri ve bu değer in gerçekleştiği yerdeki meyil açısı önemlidir. Diğer önemli bir nokta [GZ] eğrisinin sıfır olduğu noktadır. Buna karşılık gelen (θ) değerine ise stabilitenin kaybolduğu açı ya da devrilme açısı denir.

Grafik bu gemi için devrilme açısının yaklaşık 120 derece ve maksimum doğrultucu kolun da 58.2 derece de oluştuğunu göstermektedir.

Ayrıca Türk loydunun da intact stabilite kuraları adında özetle kuralları aşağıdaki gibidir.

Yük ve Yolcu Gemileri İçin Stabilite Kriteri:

** $\theta=30^\circ$ 'ye kadar doğrultucu moment kolu eğrisi altında kalan alan değeri 0,055 m•radyan'dan az, $\theta=40^\circ$ veya su alma açısına kadar hangisi daha küçükse, doğrultucu moment kolu eğrisi altında kalan alan değeri 0,09 m•radyan'dan az olmamalıdır. $\theta=30^\circ$ 'den $\theta=40^\circ$ veya su alma açısına kadar, hangisi daha küçükse, doğrultucu moment kolu eğrisi altında kalan alan değeri 0,03 m•radyan'dan az olmamalıdır.

** Doğrultucu moment kolu değeri, $\theta=30^\circ$ veya daha büyük bir açıda minimum 0,2 m olmalıdır.

** Maksimum doğrultucu moment kolu değeri, $\theta=25^\circ$ 'den az tercihen $\theta=30^\circ$ den daha büyük bir açıda olmalıdır.

** Başlangıç metasantr yüksekliği 0,15 m.'den az olmamalıdır.

** Yolcu gemilerinde ilave olarak yolcuların bir tarafta toplanmalarından dolayı oluşacak meyil açısı $\theta=10^\circ$ 'yi geçmemelidir.

Yolcuların bir tarafta toplanmalarında, oluşacak yatırıcı momentin hesabı aşağıdaki kabullere göre yapılacaktır:

a) Yolcuların her birinin ağırlığı 75 kg alınabilir ancak bu değer 60 kg.'dan daha az alınmaz. Bu değere ek olarak yolcuların bagajlarında yetkili idarenin öngördüğü oranda eklenir.

b) Yolcuların ağırlık merkezleri aşağıda ifade edildiği gibi kabul edilmelidir:

Ayaktaki yolcular için buldukları güverteden itibaren 1m. yükseklikte alınmalıdır. Gerekmesi durumunda yolcuların buldukları güvertenin sehim ve şiyer değerleri de dikkate alınabilir. Oturan yolcular için oturdukları yerden itibaren 0,3 m yükseklikte alınmalıdır.

** Yolcu gemilerinde ilave olarak geminin dönmesinden dolayı oluşacak meyil açısı $\phi=10^\circ$ 'yi geçmemelidir. Dönme esnasında oluşan yatırıcı moment aşağıdaki formülden hesaplanır:

$$M_R = 0,02 \cdot W \cdot \left(KG - \frac{T}{2} \right) \cdot \frac{V_0^2}{L} \quad (1.7)$$

Su alma açısı: tekne, üst yapı veya güverte evleri üzerinde su geçmez şekilde kapatılamayan açıklıkların su içine girmeye başladıkları açıdır.

Müteakip su dolmalarına yol açmayan küçük açıklıklar, bu kriter kapsamında açık olarak düşünülmebilir.

Burada;

M_R = Yatırııcı moment (m-t)

W = Geminin ağırlığı (t)

KG = Geminin ağırlık merkezinin kaideden uzaklığı (m)

T = Geminin ortalama draft değeri (m)

V_0 = Servis hızı (m/s) dir.

Yapılmış olan çalışmada, bahsedilen bu genel stabilite kurallarından daha çok parametrik yalpa hareketinin neden olduğu stabilite sorunları incelenip üzerine çalışma yapılmıştır.

1.2.3. Parametrik Yalpa Hareketi – Parametrik Rezonans

Dalgalar arasındaki bir geminin stabilitesine ilişkin çalışmalar yaklaşık yarım asır öncesine dayanmaktadır. 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 (1.8) de gösterildiği gibi modellemiştir[1].

$$I\phi'' + \Delta(GM + \Delta GM \cos(\omega_w t))\phi = 0 \quad (1.8)$$

Denklemden;

I : Yalpa atalet momenti

Δ : Deplasman

GM : Enine metasantr yüksekliği

δGM : Enine metasantr yüksekliği değişimi

ω_w : Dalga frekansı

ϕ : Yalpa açısıdır.

Wendel de doğrultma momentini, dalga özellikleri, gemi geometrisi ve dalga tepesinin gemi boyunca konumuna bağlı olduğunu ifade etmiş ve gemi boyuyla dalga boyunun eşit olması durumunun, stabilite açısından en tehlikeli durum olduğunu, gemi kazalarının istatistiksel analizine dayandırarak göstermiştir[2].Grim, 1954 yılında (1.8) denklemini daha genel halde denklem (1.9) da gösterildiği gibi yeniden düzenlenmiştir[3].Sıradaki denklemde [GZ] doğrultma moment kolu değişim, “M” zorlama terimidir.

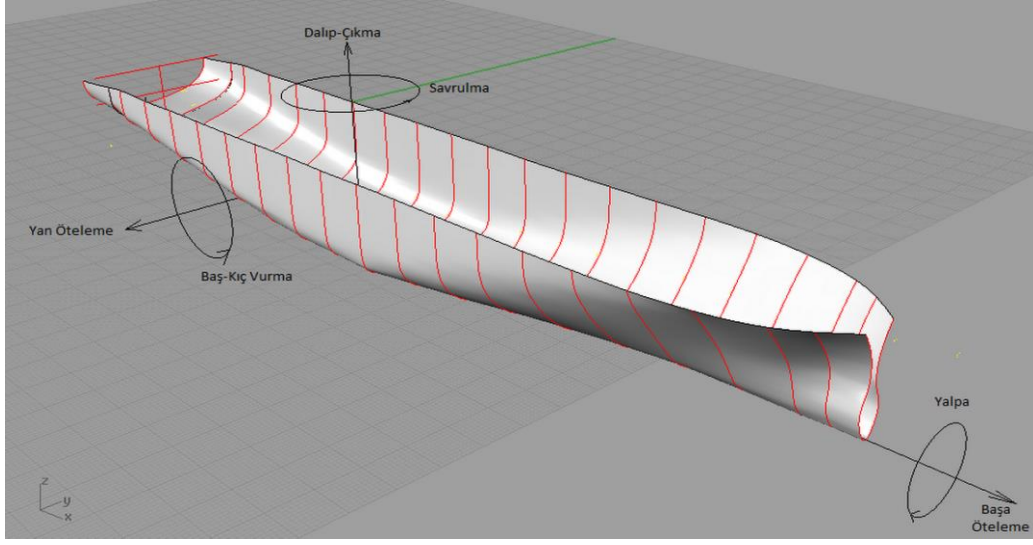
$$I\phi'' + \Delta(GZ(\phi,t)) = M \quad (1.9)$$

Grim'in çalışması, stabilitenin gemilerin dalgalar arasındaki hareketine bağlı olduğunu göstermesi açısından günümüzde yapılan çalışmaların çoğunun temelini oluşturmaktadır. Grim ve Wendel'in çalışmalarından sonra Paulling ve Rosenberg dalgalar arasındaki bir geminin hareketlerini üç serbestlik derecesinde teorik ve deneysel olarak inceleyip, stabilite kayıplarını doğal frekansın zorlama frekansına oranını yaklaşık olarak yarısı civarında olduğu noktada gerçekleştiğini göstermişlerdir[4].

Dalgalar arasında ilerleyen bir geminin hareketi, bilindiği gibi 6 serbestlik dereceli bir harekettir. Dolayısıyla, gerçekçi bir matematiksel model için bu 6 farklı hareketin yanında bunların birbirini nasıl etkiledikleri de araştırılıp hesaplarda göz önünde tutulmalıdır. Bununla birlikte 6 serbestlik derecesine bağlı bir denklemi özlemek de kolay değildir. zm basite indirgemenin yolu denklem parametrelerini ya lineer kullanmak ya da lineer olmayan parametreleri olabildiğince lineerleştirmekten geçer. Fakat bu modifikasyon, prosesin sonunda ulaştığımız değerin doğru sonuca ne kadar yakın olduğunu tartışma konusu yapmaktadır[23].

1.3. Boyuna Düzenli Dalgalarda Yalpa Hareketi

Denizde görevini icra eden bir geminin hareketi, şekilde de görüleceği üzere; dalıp çıkma, baş kık vurma, yalpa, savrulma, yan öteleme, boyuna öteleme bileşenlerinden oluşan 6 serbestlik dereceli bir harektir[23]. Aşağıda Şekil 1.4. de görsel olarak oluşturulan modelde x-y-z doğrultularında ki gemi hareketleri gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Gemi hareketleri modeli

Gemi hareketlerinin gerçekçi analizinin yapılabilmesi için, hareketin 6 farklı bileşeninin birbiri üzerinde meydana getirdiği etki de hesaba katılmalıdır. Her ne kadar çözüm yaparken bütün bu serbestlik derecelerinin ve bunların birbirleri arasındaki etkileşimlerinin de hesaba katılarak yapılması istense de, matematiksel anlamda bu o kadar da kolay değildir. Zamana bağlı anlık hareketler ve anlık hareketlerdeki doğrultma, sönüm, zorlama kuvvet veya momentlerinin 6 farklı hareket için de belirlenmesi gerekmektedir. Prosesteki matematiksel zorluk nedeniyle hareket denklemlerinin daha önce de bahsedildiği gibi lineer olması veya çok küçük mertebelerdeki lineer olmayan denklemler olması tercih edilir[23]. Buna karşın lineer olmayan terimlerin mertebesinin küçük olması, stabilite sınırının aşıldığı genliklerin doğruluğunu özellikle yalpa hareketi için olumsuz etkiler. Gemilerin gerçekte her hareketi aynı genlikte yapmadığı düşünüldüğünde, amaca

yönelik olarak etkisi nispeten az olan hareketlerin ihmal edilmesi, bir başka deyişle serbestlik derecesinin düşürülmesi çözüm kolaylığı sağlamak ve stabilite sınırının aşıldığı genliklerin daha doğru tahmin edilebilmesi için genellikle başvurulan bir yoldur. Fakat örneğin denklemin serbestlik derecesini üçe indirdiğimizi varsaydıgımızda, çözümün zamana bağlı sayısal bir yöntemle yapılmasını zorunlu kıldığı gibi lineer olmayan terimlerin mertebesinin yeterince büyük seçilmesine imkan vermemektedir. Diğer yandan, boyuna dalgalar arasında yalpa hareketini inceleyebilmek için zamanla ve anlık yalpa açısı ile değişen doğrultma momenti terimi bir serbestlik dereceli yalpa hareketi denkleminin bünyesine katılabilir. Tek serbestlik dereceli modeller, sayısal çözümün yanı sıra frekansa bağlı olarak yaklaşık analitik çözüme de uygun olduğu için lineer olmayan etkilerin araştırılmasında büyük avantajlar sağlamaktadır[23].

1.3.1. Matematiksel Model

Bu çalışma kapsamında matematiksel model tek serbestlik dereceli bir matematiksel modelle ifade edilmiştir.

Bir serbestlik dereceli model basitçe aşağıdaki gibidir[3].

$$(I_{xx}+A_{xx})\phi'' + S(\phi, \phi') + Md(\phi, t) = E(t) \quad (1.10)$$

ϕ : Yalpa açısı

$(I_{xx}+A_{xx})$: Geminin harekete karşı reaksiyonundan doğan yalpa atalet momentiiyle, deniz suyunun gemi hareketine karşı reaksiyonundan doğan ek kütle atalet momentinin toplamını göstermektedir ve görüldüğü gibi hareketin ivmesine bağlıdır.

$S(\phi, \phi')$: Sönüm momentini göstermektedir. Yalpa açısı ve yalpa hızına bağlı olarak değişir.

$Md(\phi, t)$: Doğrultma momentini ifade etmektedir. Yalpa açısına ve zamana göre değişmektedir.

$E(t)$: Dalga zorlama momentini göstermektedir.

Böylelikle matematiksel modelin temelinde, oluşan yalpa atalet momentinden, ek kütle atalet momentinden, sönüm, doğrultma ve zorlama momentlerinden oluştuğu görülmektedir.

1.3.1.1. Yalpa Atalet Momenti

Gemi gövdesi ve etrafındaki su kütlelerinin yalpa hareketine karşı gösterdiği reaksiyon yalpa atalet momentini olarak adlandırılır. Yalpa atalet momentini denklemin (1.10) dan da görüldüğü gibi hareketin ivmesiyle çarpım durumundadır.

1.3.1.2. Sönüm Momenti

Boyuna dalgalar arasındaki bir geminin hareketlerinin karakteristiğinin belirlenmesinde önemli bir faktördür. Model, yüksek mertebeden lineer olmayan terimler içerdiği için yalpa sönüm momentlerinin veya katsayılarının tahmini oldukça güçleşmektedir. Bu konuda teorik ve deneysel çalışmalar bulunmasına rağmen, yalpa sönüm momentlerinin gerçeğe yakın bir şekilde tahmin edilebilmesi oldukça güçtür.

Sönüm momentini; suyun viskozitesine, gemi geometrisine, anlık yalpa açısına, gemi hızına ve hareketin frekansına bağlıdır. Bunun yanında sakin suda yapılmış olan yalpa sönüm deneyleri, küçük genliklerdeki sönüm momentinin yalpa açısı hızına lineer olarak bağlı olduğunu göstermektedir.

$$B_{44}(\phi') = B_L \phi' \quad (1.11)$$

Yalpa genliklerinin artmasıyla, yalpa açısal hızına olan lineer bağımlılık, daha yüksek mertebeden lineer olmayan bir fonksiyona dönüşmektedir.

$$B_{44}(\phi')=B_N (\phi')^2 \quad (1.12)$$

Küçük ve büyük yalpa genliklerindeki sönümü daha gerçekçi tanımlamak amacıyla, yalpa sönüm momenti genellikle aşağıdaki gibi lineer ve lineer olmayan terimlerden oluşan bir fonksiyon ile tanımlanmaktadır[7,8].

$$B_{44}(\phi')=B_L \phi'+B_N \phi'|\phi'| \quad (1.13)$$

Fakat literatürde sönüm momenti aşağıdaki gibi farklı formlarda da kullanılmaktadır.

$$B_{D1}(\phi')=B_L \phi'+B_N \phi'|\phi'| \quad (1.14)$$

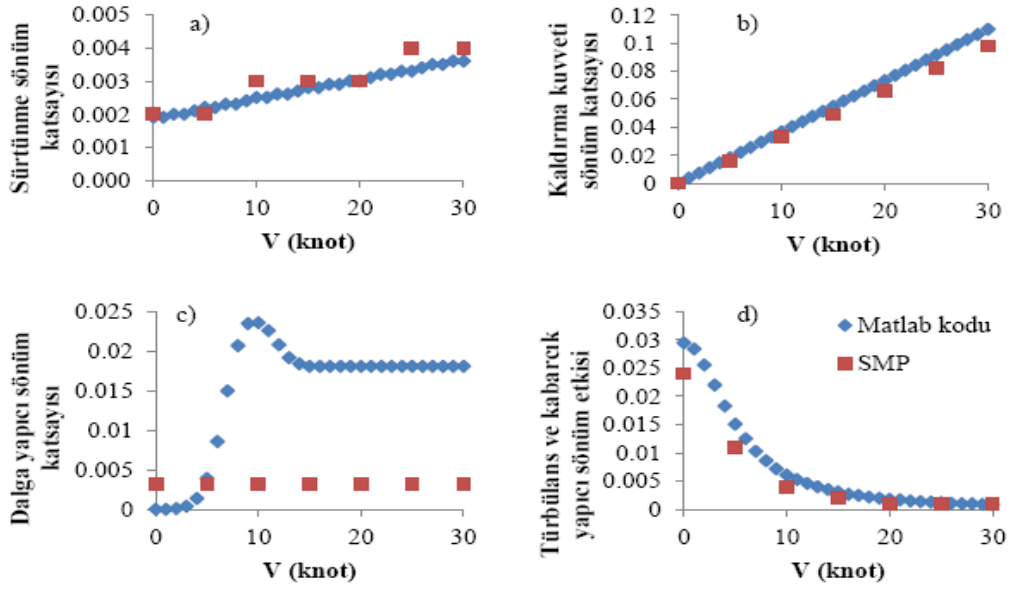
$$B_{D2}(\phi, \phi')=B_L \phi'+B_N \phi^2 \phi' \quad (1.15)$$

$$B_{D3}(\phi')=B_L \phi'+B_N (\phi')^3 \quad (1.16)$$

$$B_{D4}(\phi, \phi')=B_L \phi'+B_N \phi'|\phi| \quad (1.17)$$

$$B_{D5}(\phi')=B_L \phi'+B_{N1} \phi'|\phi'|+B_{N2}(\phi')^3 \quad (1.18)$$

Aşağıda Şekil 1.5. de sönüm katsayısı bileşenlerinin yalpa açısının sabit bir değerinde gemi hızına göre değişim eğrileri verilmiştir.



Şekil 1.5. İki farklı programla elde edilmiş olan sönüm katsayısı bileşenlerinin yalpa açısının 40 derece olduğu durumda gemi hızına göre değişimi [23].

Yalpa genliklerinin gerçekçi olarak belirlenmesi, büyük ölçüde sönüm katsayılarının tahminine bağlıdır. Sönümün akışkan viskozitesine bağlı olması bu tahmini zorlaştırmıştır.

Genel olarak yalpa sönüm katsayıları aşağıdaki denklemden de görülebileceği gibi geminin anlık yalpa genliğine, gemi hızına ve hareketin frekansına bağlıdır.

$$B_{44} = B_{44}(V, \omega, \phi) \quad (1.19)$$

Sönüm momenti, gemi gövdesi ve takıntılarının oluşturdukları çeşitli hidrodinamik etkiler nedeniyle oluşmaktadır. Şöyle sıralayabiliriz;

** Dalga sönümü, $B_W(V, \omega)$

** Yüzey sürtünme sönümü, $B_F(V, \phi)$

** Türbülans ve kabarcık sönümü (tekne ve takıntılar), $B_E(V, \phi)$

** Kaldırma kuvveti sönümü, $B_1(V)$

1.3.1.3. Doğrultma Momenti

“Smith etkisi” olarak adlandırılan hidrostatik olmayan basınç kuvvetleri, dalga boyunun yarısından büyük olduğu durumlarda çoğu zaman ihmal edilebilir düzeyde olmaktadır. Bu nedenle, hidrostatik olmayan basınç kuvvetleri ihmal edilerek gemi hareketinin sönüm zorlama ve hidrostatik kuvvetler nedeniyle oluştuğu kabul edilmiştir. Zamana bağlı dalga profili ile değişen gemi geometrisine bağlı hidrostatik kuvvetler doğrultma momentini oluşturmaktadır. Doğrultma momenti, geminin o anki yalpa açısına ve dalga tepesinin gemi boyunca konumuna yani zamana bağlı olarak değişen bir yüzey olarak tanımlanabilmektedir.

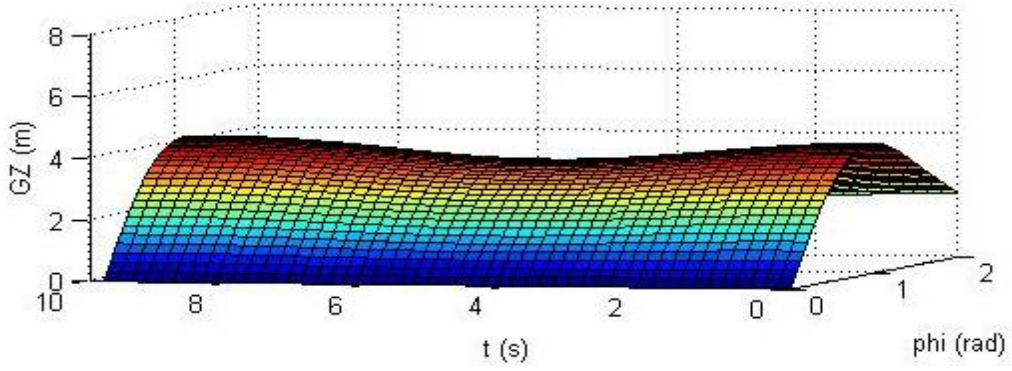
$$M_d(\phi, t) = \Delta [GZ](\phi, x_c) \quad (1.20)$$

Burada; $[GZ]$: Doğrultucu moment kolu.

x_c : Dalga tepesinin gemi boyunca konumu,

Δ : Geminin deplasmanıdır.

Bu çalışmada örnek olarak kullanılan ilerde de detayları anlatılacak olan geminin doğrultma moment kolunun zamanla ve faz açısıyla değişim yüzeyine örnek aşağıdaki şekildeki gibidir.



Şekil 1.6. Doğrultucu moment kolu yüzeyi[25].

Genel olarak doğrultma moment kolu değişimi denklem (1.21) de gösterildiği gibidir.

$$Md(\phi,t)= \Delta[GM](\phi,x_c) \quad (1.21)$$

[GM] metasantr değişimini göstermektedir. Hesaplamalar için kullanan örnek geminin metasantr yüksekliği değişimi Şekil (1.6) da gösterilmiştir. Metasantr yüksekliği değişimi, modelin pratik olarak kullanılabilmesi için genellikle sinüzoidal olarak ifade edilmektedir. Böylece Mathieu denkleminin özelliklerinden yararlanılarak riskli gemi hızları tahmin edilebilmektedir[23].

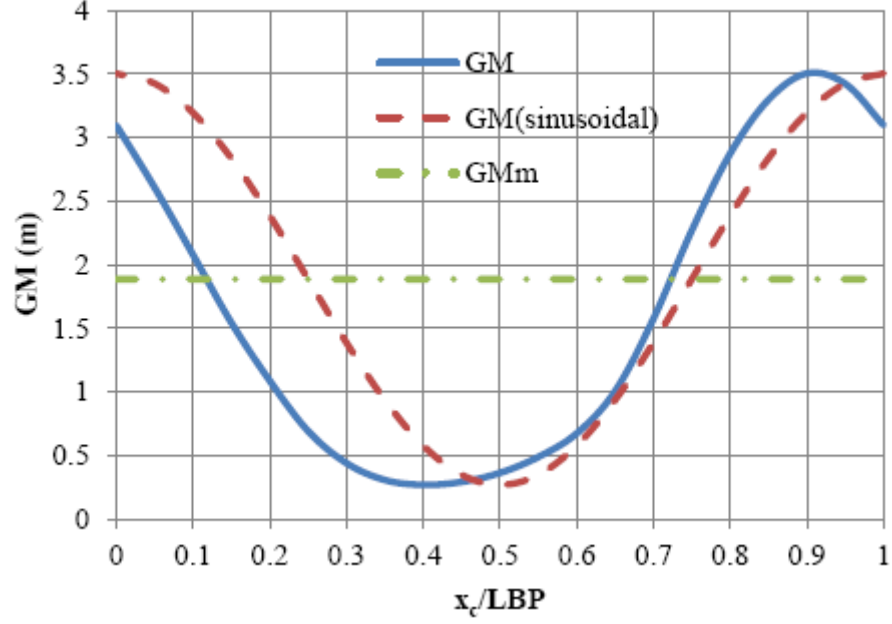
$$GM(t)= GM_m+GM_a\cos(\omega t) \quad (1.22)$$

$$GM_a=0.5(GM_{\max}-GM_{\min}) : \text{Metasantr yüksekliği değişiminin genliği} \quad (1.23)$$

$$GM_m=0.5(GM_{\max}+GM_{\min}) : \text{Ortalama metasantr yüksekliği} \quad (1.24)$$

GM_{\max} : En büyük metasantr yüksekliği.

GM_{\min} : En küçük metasantr yüksekliği.



Şekil 1.7. Dalga tepesinin geminin boyuna konumuna göre metasantr yüksekliği değişimi[23].

1.3.1.4. Dalga Zorlama Momenti

Süregelen çalışmalarla dalga zorlama momenti aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

$$E(t) = \left(\pi \frac{H}{\lambda} \Delta GM \sin(\gamma) \right) \cos(\omega_e t) \quad (1.25)$$

Burada, H: Dalga yüksekliği

λ : Dalga boyu

χ : Dalga geliş açısıdır.

Formülden de anlaşılacağı gibi dalgaların baştan gelmesi durumunda dalga zorlama momenti sıfır olmaktadır.

1.3.2. Yalpa Hareketinin Matematiksel Modeli ve Çözümü

Parametrik yalpa hareketi probleminin pratik ve gerçeğe yakın çözümü için dalga tepesi ve dalga çukuru doğrultma moment kolu eğrilerine bağlı matematiksel bir model oluşturulmuştur. Böylelikle hesaplanması nispeten daha kolay olan iki koşul için hidrostatik hesap yapısı yeterli olacaktır. Ayrıca maksimum ve minimum moment kolu değerleri ile stabilitenin kaybolduğu açılar, diğer modellere göre daha doğru temsil edilebilmektedir.

Oluşturulan matematiksel model en genel formda aşağıda denklem (1.26) da gösterildiği gibidir. Denklemden $f(\chi, \lambda, L_S)$ ifadesi, dalga geliş açısına göre değişim fonksiyonudur.

$$\begin{aligned} & (I_{xx} + A_{xx}) \phi'' + 2B_L \phi' + B_{N1} \phi' |\phi'| + B_{N2} (\phi')^3 + \Delta \sum_{n=1}^N (m_{2n-1} + f(\chi, \lambda, L) k_{2n-1} \cos(\omega_e t)) \phi^{2n-1} \\ & = \left(\pi \frac{H}{\lambda} \Delta G M_0 \sin(\chi) \right) \cos(\omega_e t) \end{aligned} \quad (1.26)$$

Denklem (1.26) ile gösterilen ve yüksek mertebeden lineer olmayan terimler içeren modelin matematiksel çözümü, modelin pratik olarak kullanılabilmesi amacıyla yaklaşık analitik çözüm yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16].

Yaklaşık analitik çözüm için dalgaların baştan veya kıçtan gelmesi, yani zorlama momentinin sıfır olması durumu göz önüne alınmıştır. Fakat Krylov-Bogolyubov yöntemi dışındaki yöntemler ile geçerli sonuca ulaşamamıştır.

1.3.2.1. Krylov - Bogolyubov Yöntemi ve Çözümü

Bu yöntem ile baştan gelen dalgalar için matematiksel model aşağıda gösterildiği gibi oluşturulmuştur[10,15].

$$(I_{XX}+A_{XX}) \phi''+2B_L \phi'+B_{N1} \phi'|\phi'|+ B_{N2} \phi'+ \Delta \sum_{n=1}^N (m_{2n-1}+ k_{2n-1} \cos(\omega_e t)) \phi^{2n-1}=0 \quad (1.27)$$

$$\mu = \frac{B_L}{I_{XX}+A_{XX}} \quad (1.28)$$

$$\beta = \frac{B_{N1}}{I_{XX}+A_{XX}} \quad (1.29)$$

$$\delta = \frac{B_{N2}}{I_{XX}+A_{XX}} \quad (1.30)$$

$\frac{\Delta}{I_{XX}+A_{XX}} = \frac{\omega_0^2}{GM_0}$ olmak üzere Denklem (1.27) da gösterilen bağıntı, atalet momenti ve ek su atalet momentinin toplamına bölünerek aşağıdaki denklem elde edilmiştir.

$$\phi''+2\mu \phi'+\beta \phi'|\phi'|+\delta(\phi')^3+\frac{\omega_0^2}{GM_0} \sum_{n=1}^N (m_{2n-1}+ k_{2n-1} \cos(\omega_e t)) \phi^{2n-1}=0 \quad (1.31)$$

$\tau = \omega_0 t$, $\gamma_{2n-1} = \frac{m_{2n-1}}{GM_0}$, $\xi_{2n-1} = \frac{k_{2n-1}}{GM_0}$, $\Lambda = \frac{\omega_e}{\omega_0}$, $\nu = \frac{\mu}{\omega_0}$, $d = \delta \omega_0$ bu denklemler ile gösterilen dönüşümlerin yapılması ile denklem (1.31) den aşağıdaki form elde edilmiştir.

$$\phi''+2\nu \phi'+\beta \phi'|\phi'|+d(\phi')^3+\sum_{n=1}^N (\gamma_{2n-1} + \xi_{2n-1} \cos(\Lambda \tau)) \phi^{2n-1}=0 \quad (1.32)$$

Denklem (1.36) yeniden düzenlenerek, yalpa açısının, yalpa açısal hızının ve yalpa açısının zamana bağlı formlarına ayrılmıştır. Bu bağıntılar aşağıda gösterilmiştir.

$$\phi'' + 2\nu \phi' + \beta \phi' |\phi'| + d(\phi')^3 + \sum_{n=1}^N \gamma_{2n-1} \phi^{2n-1} + \sum_{n=1}^N \xi_{2n-1} \cos(\Lambda \tau) \phi^{2n-1} = 0 \quad (1.33)$$

$$b(\phi') = 2\nu \phi' + \beta \phi' |\phi'| + d(\phi')^3 \quad (1.34)$$

$$r(\phi) = \sum_{n=1}^N \gamma_{2n-1} \phi^{2n-1} \quad (1.35)$$

$$\delta r(\phi, \tau) = \sum_{n=1}^N \xi_{2n-1} \cos(\Lambda \tau) \phi^{2n-1} \quad (1.36)$$

$\cos(\Lambda \tau)$ teriminin $\cos(Q)$ cinsinden yazarsak;

$$\cos(\Lambda \tau) = \cos^2\left(\frac{\Lambda \tau}{2}\right) - \sin^2\left(\frac{\Lambda \tau}{2}\right) \quad (1.37)$$

$$\cos(Q) = \cos\left(\frac{\Lambda \tau}{2} + \frac{\Psi}{2}\right) = \cos\left(\frac{\Lambda \tau}{2}\right)\cos\left(\frac{\Psi}{2}\right) - \sin\left(\frac{\Lambda \tau}{2}\right)\sin\left(\frac{\Psi}{2}\right) \quad (1.38)$$

Buradan $\cos\left(\frac{\Lambda \tau}{2}\right)$ ve $\sin\left(\frac{\Lambda \tau}{2}\right)$ terimleri çekilirse;

$$\cos\left(\frac{\Lambda \tau}{2}\right) = \frac{\cos(Q) + \sin\left(\frac{\Lambda \tau}{2}\right)\sin\left(\frac{\Psi}{2}\right)}{\cos\left(\frac{\Psi}{2}\right)} \quad (1.39)$$

$$\sin\left(\frac{\Lambda\tau}{2}\right) = \frac{-\cos(Q) + \cos\left(\frac{\Lambda\tau}{2}\right)\cos\left(\frac{\Psi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\Psi}{2}\right)} \quad (1.40)$$

Bulunan (1.39) ve (1.40) denklemlerinin (1.37) denkleminde yerine koyulmasıyla denklem (1.41) elde edilmiştir.

$$\cos(\Lambda \tau) = \left(\frac{\cos(Q) + \sin\left(\frac{\Lambda\tau}{2}\right)\sin\left(\frac{\Psi}{2}\right)}{\cos\left(\frac{\Psi}{2}\right)} \right)^2 - \left(\frac{-\cos(Q) + \cos\left(\frac{\Lambda\tau}{2}\right)\cos\left(\frac{\Psi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\Psi}{2}\right)} \right)^2 \quad (1.41)$$

$$\cos(\Lambda \tau) = \cos^2(Q)\cos(\Psi) - \cos(\Psi)\sin^2(Q) + 2\cos(Q)\sin(Q)\sin(\Psi) \quad (1.42)$$

Böylelikle, denklem(1.42) $\cos(Q)$ ögesine bağlı olarak ifade edilmiştir. Denklem (1.36) da yapılan kısaltmalarla aşağıdaki denklem yazılabilmektedir.

$$\phi'' + b(\phi') + r(\phi) + \delta r(\phi, \tau) = 0 \quad (1.43)$$

Krylov-Bogolyubov yöntemine göre problem çözümünün aşağıda denklem (1.46) de gösterildiği gibi olduğu kabul edilmiştir[10,15].

$$\phi(\tau) = A\cos(Q), \quad A = A(\tau), \quad Q = \frac{\Lambda}{2}\tau + \frac{\Psi(\tau)}{2} \quad (1.44)$$

$$\phi'(\tau) = -A\frac{\Lambda}{2}\sin(Q) + A'\cos(Q) - A\frac{\Psi'}{2}\sin(Q) \quad (1.45)$$

$$A' \cos(Q) - A \frac{\Psi'}{2} \sin(Q) = 0 \quad (1.46)$$

Yukarıda Denklem(1.44) ün türevleri alınmıştır ve denklem (1.45) de denklem (1.46) ile gösterilen ifadenin Krylov- Bogolyubov yöntemine göre sıfıra eşit olduğu kabul edilmiş, böylelikle çözüm ve türevleri aşağıda (1.47) denklemlerinde gösterildiği gibi elde edilmiştir.

$$\begin{aligned} \phi(\tau) = A \cos(Q), A = A(\tau), \phi'(\tau) = -A \frac{\Lambda}{2} \sin(Q), Q = \frac{\Lambda}{2} \tau + \frac{\Psi(\tau)}{2}, \phi''(\tau) = -A' \frac{\Lambda}{2} \sin(Q) - \\ A \frac{\Lambda^2}{4} \cos(Q) - A \frac{\Lambda}{2} \frac{\Psi'}{2} \cos(Q) \end{aligned} \quad (1.47)$$

(1.47) denklemlerinin denklem (1.33) de yerine koyulmasıyla denklem (1.48) elde edilmiştir.

$$A' \frac{\Lambda}{2} \sin(Q) + A \frac{\Lambda^2}{4} \cos(Q) = -A \frac{\Lambda^2}{4} \cos(Q) + b(\phi') + r(\phi) + \delta r(\phi, \tau) \quad (1.48)$$

Buradan (1.46) ile (1.48) denklem takımları çözülerek $A(\tau)$ ve $\Psi(\tau)$ ifadelerinin türevleri aşağıda denklem (1.50) ve (1.51) deki gibi bulunmuştur.

$$A' \cos(Q) - A \frac{\Psi'}{2} \sin(Q) = 0, A' \frac{\Lambda}{2} \sin(Q) + A \frac{\Psi'}{2} \frac{\Lambda}{2} \cos(Q) = -A \frac{\Lambda^2}{4} \cos(Q) + b(\phi') + r(\phi) + \delta r(\phi, \tau) \quad (1.49)$$

$$A' \frac{\Lambda}{2} = \left[-A \frac{\Lambda^2}{4} \cos(Q) + b(\phi') + r(\phi) + \delta r(\phi, \tau) \right] \sin(Q) \quad (1.50)$$

$$A' \frac{\Lambda \Psi'}{2} = \left[-A \frac{\Lambda^2}{4} \cos(Q) + b(\phi') + r(\phi) + \delta r(\phi, \tau) \right] \cos(Q) \quad (1.51)$$

Son bulunan iki denklemden görüldüğü gibi $\left[-A \frac{\Lambda^2}{4} \cos(Q) + b(\phi') + r(\phi) \delta r(\phi, \tau) \right]$ terimi, Q 'nun 2π periyoduyla periyodik bir fonksiyondur. A ve Ψ 'nin yavaş değişmesinden faydalanarak (1.50) ve (1.51) denklemlerinde değişken olan sağ taraf yerine bir periyot içindeki ortalamaları koyulabilir ve böylece Krylov- Bogolyubov yönteminin birinci yaklaşım çözümünü veren (1.52) ve (1.53) denklemleri elde edilir.

$$A' \frac{\Lambda}{2} = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \left[-A \frac{\Lambda^2}{4} \cos(Q) + b(\phi') + r(\phi) + \delta r(\phi, \tau) \right] \sin(Q) dQ \quad (1.52)$$

$$A' \frac{\Lambda \Psi'}{2} = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \left[-A \frac{\Lambda^2}{4} \cos(Q) + b(\phi') + r(\phi) + \delta r(\phi, \tau) \right] \cos(Q) dQ \quad (1.53)$$

$\tau^* \approx \frac{\tau}{\Lambda}$ dönüşümünün yapılmasıyla ve $\frac{1}{2}$ terimlerinin sadeleştirilmesiyle bulunan bu son iki denklem (1.52) ve (1.53) den aşağıdaki iki denklem türetilmiştir.

$$\frac{dA}{d\tau^*} = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \left[-A \frac{\Lambda^2}{4} \cos(Q) + b(\phi') + r(\phi) + \delta r(\phi, \tau) \right] \sin(Q) dQ \quad (1.54)$$

$$\frac{d\Psi'}{d\tau^*} = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \left[-A \frac{\Lambda^2}{4} \cos(Q) + b(\phi') + r(\phi) + \delta r(\phi, \tau) \right] \cos(Q) dQ \quad (1.55)$$

Böylelikle işlemlere devam edilerek, denklem (1.34), (1.35), (1.36) ve (1.42) nin, bulunan (1.54) ve (1.55) denklemlerinde yerine koyulup integrallerin çözülmesiyle aşağıdaki (1.56) ve (1.57) denklemleri elde edilmiştir.

$$\frac{dA}{dt^*} = A \left[-v\Lambda - \frac{2}{3\pi}\beta\Lambda^2 A - \frac{3}{32}d\Lambda^3 A^2 + \sin(\Psi) \left(\frac{1}{2}\xi_1 + \frac{1}{4}\xi_3 A^2 + \frac{5}{32}\xi_5 A^4 + \frac{7}{64}\xi_7 A^6 \right) \right] \quad (1.56)$$

$$\frac{d\Psi}{dt^*} = 2 \left[-\frac{\Lambda^2}{4} + \gamma_1 + \frac{3}{4}\gamma_3 A^2 + \frac{5}{8}\gamma_5 A^4 + \frac{35}{64}\gamma_7 A^6 + \cos(\Psi) \left(\frac{1}{2}\xi_1 + \frac{1}{2}\xi_3 A^2 + \frac{15}{32}\xi_5 A^4 + \frac{7}{16}\xi_7 A^6 \right) \right] \quad (1.57)$$

Frekansa bağılı çözüm aşağıdaki gibi gösterilmiştir. Bu bağıntılar zamandan bağımsızdır.

$$B_{21} = v\Lambda - \frac{2}{3\pi}\beta\Lambda^2 A - \frac{3}{32}d\Lambda^3 A^2 \quad (1.58)$$

$$B_{11} = -\frac{\Lambda^2}{4} + \gamma_1 + \frac{3}{4}\gamma_3 A^2 + \frac{5}{8}\gamma_5 A^4 + \frac{35}{64}\gamma_7 A^6 \quad (1.59)$$

$$M_{11} = \frac{1}{2}\xi_1 + \frac{1}{2}\xi_3 A^2 + \frac{15}{32}\xi_5 A^4 + \frac{7}{16}\xi_7 A^6 \quad (1.60)$$

$$M_{22} = \frac{1}{2}\xi_1 + \frac{1}{4}\xi_3 A^2 + \frac{5}{32}\xi_5 A^4 + \frac{7}{64}\xi_7 A^6 \quad (1.61)$$

Denklemleri denkleştirdiğimizde;

$$\frac{d\Psi}{dt^*} = 2(M_{11} \cos(\Psi) - B_{11}) = F_1(\Psi, A, \Lambda) \quad (1.62)$$

$$\frac{dA}{dt^*} = A(M_{22} \sin(\Psi) - B_{21}) = F_2(\Psi, A, \Lambda) \quad (1.63)$$

Zamandan bağımsız çözüm elde etmek için, A ve Ψ ifadeleri sabit alınarak aşağıda gösterilen denklem sistemleri elde edilmiştir.

$$\begin{cases} [M_{11} \cos(\Psi) - B_{11}] = 0 \\ [M_{22} \sin(\Psi) - B_{21}] = 0 \end{cases} \quad (1.64)$$

Denklem sisteminin çözümü ile denklem (1.65) elde edilmiştir.

$$B_{11}^2 M_{22}^2 + B_{21}^2 M_{11}^2 - M_{11}^2 M_{22}^2 = 0 \quad (1.65)$$

$$a_{25} A^{24} + a_{24} A^{23} + \dots + a_2 A + a_1 = 0 \quad (1.66)$$

$$\left(\begin{array}{l} a_1 = \frac{-345744 \zeta_7^4 \pi^2 + 540225 \zeta_7^2 \gamma_7^2 \pi^2}{150994994 \pi^2} \\ a_2 = 0 \\ a_3 = \frac{-1728720 \zeta_5 \zeta_7^3 \pi^2 + 1234800 \zeta_7^2 \gamma_5 \gamma_7 \pi^2 + 1543500 \zeta_5 \zeta_7 \gamma_7^2 \pi^2}{150994994 \pi^2} \\ \quad \downarrow \\ \quad \downarrow \\ \quad \downarrow \\ a_{24} = \frac{50331648 \zeta_1^2 v \beta \Lambda^4 \pi}{150994994 \pi^2} \\ a_{25} = \frac{-9437184 \zeta_1^4 \pi^2 + 37748736 \zeta_1^2 \gamma_1^2 \pi^2 - 18874368 \zeta_1^2 \gamma_1 \Lambda^2 \pi^2}{150994994 \pi^2} \\ \quad + \frac{37748736 \zeta_1^2 v^2 \Lambda^2 \pi^2 + 2359296 \zeta_1^2 \Lambda^4 \pi^2}{150994994 \pi^2} \end{array} \right) \quad (1.67)$$

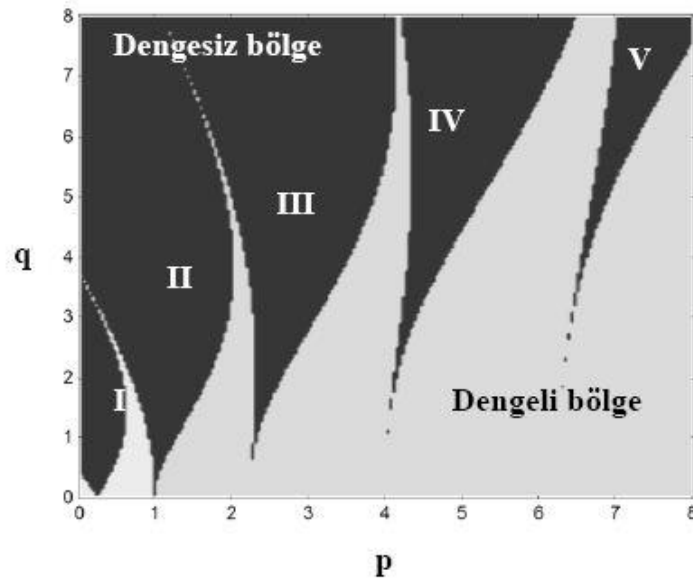
Kalıp olarak verilen bu denklemin(1.67) polinom katsayıları Ek-A[23] da verilmiştir. Her bir frekans değeri için 24 tane kök bulunmaktadır ve çözüm bu köklerden kompleks olan kökler atılarak frekansa bağlı yani gemi hızına bağlı olarak elde edilmiştir.

1.3.2.2. Yaklaşık Analitik Çözümün Stabilitesi

Yaklaşık analitik çözümde Mathieu yöntemi genel kabul görmüş bir teoridir. Bu yöntemin(denklem) sınırlı ve sınırsız olmak üzere iki çözümü vardır. Sınırlı çözüm “dengeli”, sınırsız çözüm “dengesiz” çözüm olarak da bilinmektedir. Dengeli ve dengesiz çözümler aşağıdaki şekil (1.9)’da ki gibi gösterilmiştir. Bu grafik gösterimi Ince-Strutt diyagramı olarak bilinmektedir ve şekil (1.9)’da gösterilen Ince-Strutt diyagramı Floquet yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur[9].

Diyagramda; dengesiz çözüm sonuçları Romen rakamlarıyla belirtilmiştir. Grafikte ilk dengesiz çözüm bölgesi p eksen ile 0.25 değerinde kesişmektedir.

Burası karşılaşma frekansının doğal yalpa frekansının iki katı olduğu yerdir ve bu bölge ana rezonans bölgesidir ve aynı zamanda çözüm aranan bölgedir.



Şekil 1.8. Ince – Strutt diyagramı[23].

Hayashi, ana rezonans bölgesinin sınırları için aşağıdaki bağıntıları önermektedir[61].

$$p_{b1} = \frac{1}{4} - \frac{q}{2} - \frac{q^2}{8} + \frac{q^3}{32} - \frac{1}{3} \frac{q^4}{128} + \dots \quad (1.68)$$

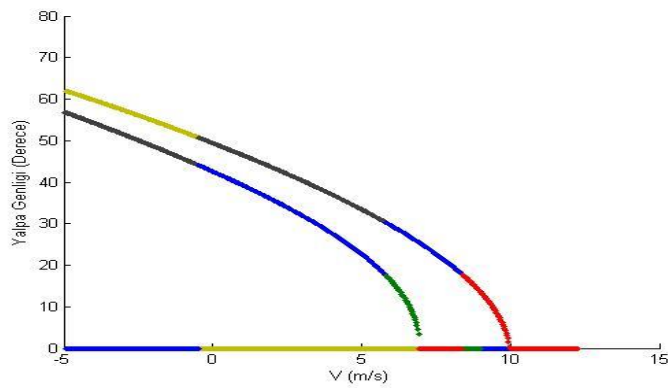
$$p_{b2} = \frac{1}{4} + \frac{q}{2} - \frac{q^2}{8} - \frac{q^3}{32} - \frac{1}{3} \frac{q^4}{128} + \dots \quad (1.69)$$

Yani genliklerin sıfıra eşit olduğu bölgenin dengesi için aşağıda verilmiş olan koşulu sağlanması gerekmektedir.

$\phi = 0$ ise dengeli demektir.

$$\frac{1}{4} - \frac{q}{2} - \frac{q^2}{8} + \frac{q^3}{32} - \frac{1}{3} \frac{q^4}{128} > p > \frac{1}{4} + \frac{q}{2} - \frac{q^2}{8} - \frac{q^3}{32} - \frac{1}{3} \frac{q^4}{128} \quad (1.70)$$

Aşağıda Şekil 1.9. da gemi hızına bağlı yalpa genlikleri ve faz açıları gösterilmiştir. Grafik referans alınan örnek gemiye aittir. Mavi ile gösterilen kısımlar dengeli, kırmızı ile gösterilen kısımlar Mathieu yöntemi ve denklemine göre dengesiz çözümü simgelemektedir.



Şekil 1.9. Referans gemi için hız-yalpa genliği grafiği örneği[25].

1.4. Konteyner Tanımı ve Gemi Üzerindeki Yerleşimi

Tekrar kullanılabilir, atılmaz, çelik sacdan yapılmış, su geçirmez, en az bir kapısı olan, deniz ve kara taşımacılığında mevcut donanım ile yüklenip boşaltılan taşıma aracına konteyner denir[URL-3,2014]. Gemi ambarı veya özel bölmelerde dökme olarak yük taşınması yerine konteyner (container) adı verilen çelik sac kutular içinde istiflenmesi yolu ile yapılmaktadır. Konteyner ölçüleri standart feet olarak 20x8x8 veya 40x8x8 olup, 2 menteşeli kapıları vardır. Yapımlarında çelik, alüminyum ve karışımları kullanılır. Tabanları dayanıklı deniz kontrplağı gibi malzemelerden yapılmıştır. Bunların dayanma ve güç özellikleri “ISO” ve “Klas” kurumlarının çıkardığı özelliklere uygun olmalıdır. Genel olarak 20 ft’ lik konteynerin boş ağırlığı 2-2.5 ton ve içlerine 17.5 – 18.5 ton civarında olup en fazla ağırlığı 22 tondur. 40 ft’ lik olanların boş ağırlıkları 3.5 – 4 ton ve yüklenebilen yük ağırlığı da 26 – 27 ton olup en fazla ağırlığı 30 – 31 tondur. Özel olarak yapılmış 20 ft’ lik konteynerlerin çelik veya sıvı tank tipi olanların ağırlığı 27 tona kadar olabilmektedir[URL-3,2014]. Bir konteyner gemisinin kapasitesi kaç tane 20 ft’ lik konteyner taşımaya bağlıdır. Örneğin “860 TEU’s” bir gemi 860 adet 20 ft’ lik konteyner taşıyabilir.

Konteynerler ambar ve güvertede “bay” denilen düzenlerde istif edilirler, bay teknenin boyuna olarak yükleme dilimlerine verilen isimdir. Baştan kıç tarafa doğru numaralandırılır. Ambar yüzeyinden başlayarak yukarıya doğru giden ve güvertede süren dikine istifi gösteren bölüme “tier” denir. Tekneye kuşbakışı yukarıdan baktığımızda merkezden iskele ve sancağa doğru konteyner istif sırasını gösteren sayılara ise “row” denir[URL-3,2014]. Aşağıda Şekil 1.10 da row-bay-tier terimleri şekil olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.10. Konteyner gemisinde row-bay-tier terimlerinin gösterimi[URL-4,2014].

Konteyner gemilerinde bir konteynerin konumu ve istif pozisyonunu üç rakam grubu gösterir. Örneğin bir konteyner 12 05 34 kod numarasına sahipse burada, 12 bay numarasını, 05 row numarasını, 34 ise tier numarasını göstermektedir. Konteynerlerde bazı özel kısaltmalar vardır;

MT: Boş konteyner demektir.

DRY (Yüklü) : Başka bir özelliği olmayan, yüklü düz konteyner demektir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Giriş

Bu çalışmada konteyner gemilerinin stabilitesi incelenmiştir. Daha detaylı olarak da parametrik rezonans durumunda, baştan ve baş omuzluktan gelen dalgalarda geminin davranışları belirlenmeye çalışılmıştır.

Hesaplar için hali hazırda denizlerde çalışmakta olan “APL CHINA” isimli konteyner gemisinin formu ve ana ölçüleri referans alınmıştır. Geminin ana ölçüleri aşağıda verilmiştir.

Gemi Dikeyler Arası Boyu (LBP)	: 262 m
Gemi Genişliği (B)	: 40 m
Dizayn Draftı	: 12 m
Max. Draft	: 14 m
Gemi Derinliği (D)	: 24. 30 m
Servis Hızı	: 24.50 knots

1998 yılının Ocak ayında gemi pasifik okyanusunda parametrik rezonansa yakalanmıştır. Fırtınada yaklaşık 400 konteyner denize düşmüş ve yaklaşık 1000 kadar konteyner ağır hasar almıştır. Yetkililerin açıkladıkları rakamlara göre şirket yüzlerce milyon Amerikan doları zarara uğramıştır.

Amerika klas kuruluşu (ABS-American Bureau of Shipping) bu kazanın sonucunda “Guide for the Assessment of Parametric Roll Resonance in the Design of Container”[21] adında bir bildiri yayınlamıştır.

Bildiride söz konusu geminin gövde formu paylaşılmıştır. Yapmış olduğumuz bu çalışmada geminin modeli oluşturulurken, bildiride paylaşılan bu endaze formu

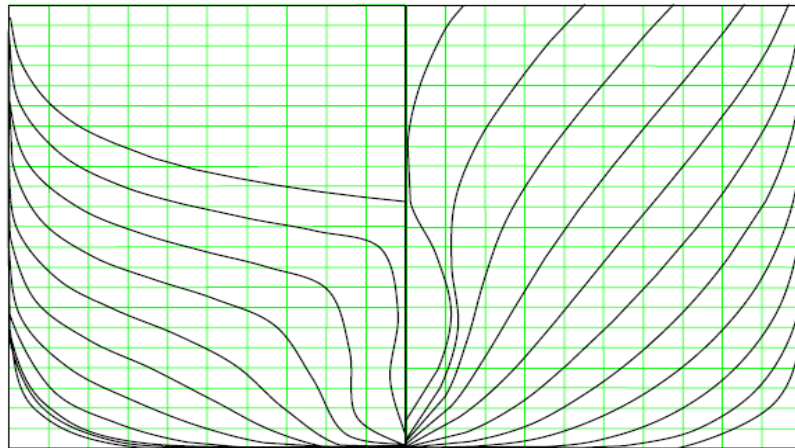
kullanılmıştır. Gerçekleşen kazaya ait bir fotoğraf aşağıda Şekil 2.1. de görülmektedir. Bir kısım konteynerler denize düşmüş bir kısmı da ağır hasar almıştır.



Şekil 2.1. Geminin fırtınadan sonra limanda bağlı hali

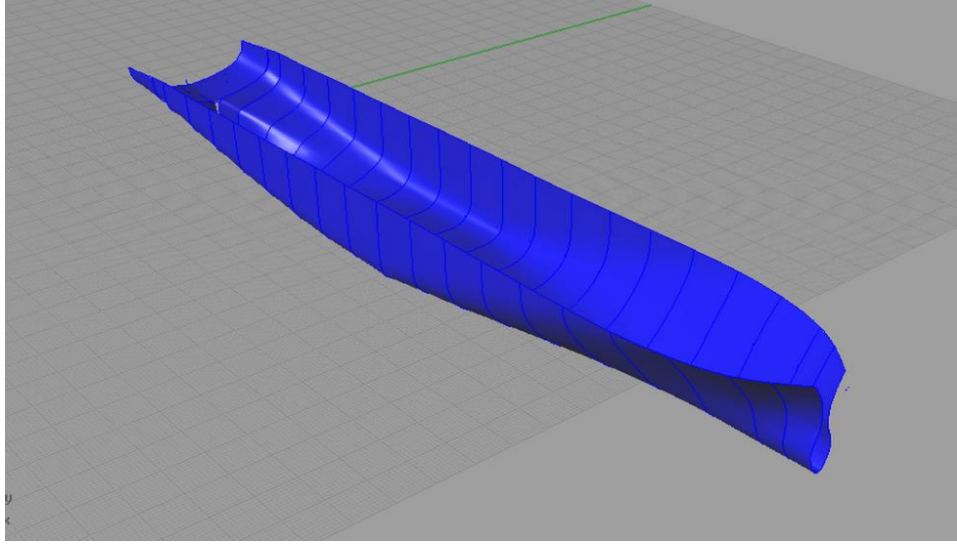
2.2. Geminin Modellenmesi

Referans geminin form eğrileri ABS'in kural bildirisinden alınarak Rhinoceros[URL-1, 2014] programı ile hesaplarda kullanılacak olan geminin modeli oluşturulmuştur. Form eğrileri aşağıda Şekil 2.2. de verilmiştir.



Şekil 2.2. Referans geminin endaze formu[21].

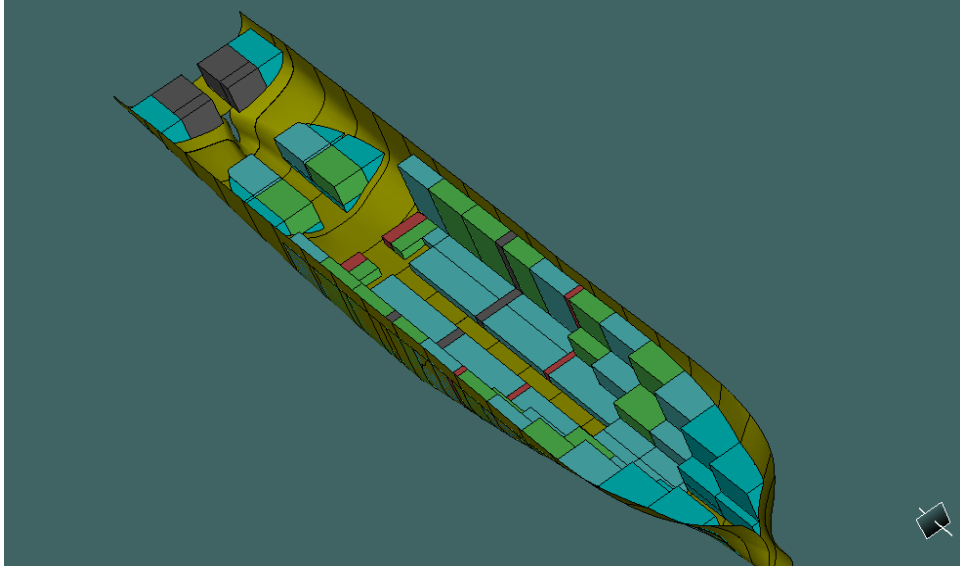
Paylaşılan endaze formu Rhinoceros[URL-1, 2014]programı kullanılarak oluşturulan üç boyutlu model aşağıda Şekil 2.3. de görülmektedir.



Şekil 2.3. Geminin hesaplarda kullanılmak üzere oluşturulan modeli[URL-1, 2014].

2.3. Tankların Modellenmesi

Oluşturulan geminin tankları Hydromax[URL-2,2014] programı kullanılarak modellenmiş ve yüklemeleri yapılmıştır. Tank sınırları ve lokasyonları Şekil 2.4'de gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Geminin üç boyutlu tank yerleşimi

Burada;

Baş ve kıçta görülen çiyan renkli tanklar boş tankı, mavi renkli tanklar balast(deniz suyu) suyunu, yeşil renkli tanklar dizel ve ağır yakıtı, kırmızı renkliler içme suyu tankını, koyu gri olanlar ise depo tanklarını simgelemektedir. Tankların ön sınırları, arka sınırları, iskele ve sancak sınırları, üst ve alt sınırları koordinatları aşağıda Tablo C.1 de verilmiştir. Koordinatlar girilirken dümen rotunun yani kıç dikmenin temel hat ile kesiştiği nokta geminin sıfır noktası olarak kabul edilmiştir. İskele-sancak sınırlarda negatif işaret iskele tarafı pozitif işaret sancak tarafı göstermektedir. Tanklara yükleme yapılırken bazı yükleme koşullarında balast tankları yarım doldurulmuştur. Gerçekte balast tankları yarım dolu olarak seyir yapılmaz zira bilindiği gibi yarım dolu tanklar serbest yüzey etkisine sebep olmaktadır. Tam dolu veya tam boş olmayan bu balast tanklarında var olan serbest yüzey tarafından oluşan meyil arttırıcı kuvvetin stabilite üzerindeki olumsuz etkisinin niceliği araştırılmıştır. Pratikte karşımıza çıkmasa da, bazı yükleme koşullarında balast tankları bu nedenle yarım doldurulmuştur. Ayrıca gemide tank yerleşimlerinde de görülebileceği gibi tünel omurga bulunmaktadır. Tank açıklamaları ve sınır ölçüleri EK-C de verilmiştir.

2.4. Ambarların Modellenmesi

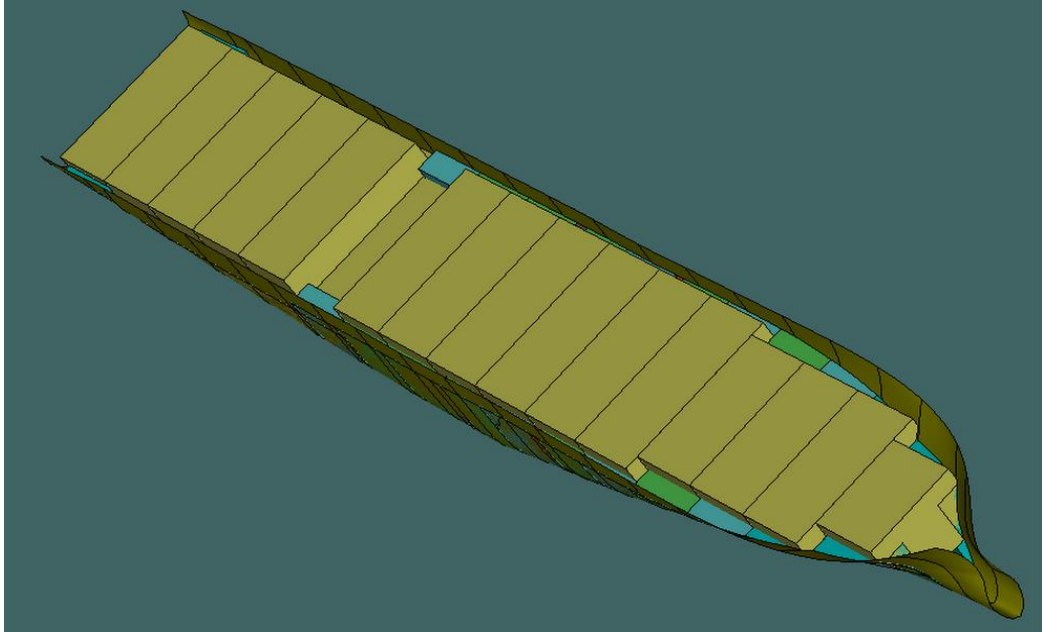
Kargo ambarları, tanklarda olduğu gibi geminin genel yerleştirme planından alınan ölçülere göre oluşturulmuştur. Ambarlara yerleştirilen konteynerlerin 40 inçlik kuru tip, soğutma ünitesiz konteynerler olduğu kabul edilmiştir. 40 inçlik kuru tip konteyner standart ana ölçüleri;

Boy : 12,035 m. ,

Genişlik : 2,350 m. ,

Derinlik : 2.393 m. şeklindedir.

Geminin üç boyutlu ambar görünümü aşağıda Şekil 2.5. de gösterilmiştir. Şekilde kompartmanlar ile tanklar da görülebilir.



Şekil 2.5. Gemide ambar ve tankların yerleşimi

Aşağıdaki Tablo 2.1. de ambarların alt, üst, baş, kıç, iskele ve sancak sınırları verilmiştir.

Tablo 2.1. Geminin ambar sınırları

Ambar Adı	Arka Sınır	Ön Sınır	İsk. Sınır	San. Sınır	Üst Sınır	Alt Sınır
Ambar 1	235	250	-10	10	24	15
Ambar 2	220	235	-10	10	24	10
Ambar 3	205	220	-15	15	24	3
Ambar 4	190	205	-15	15	24	3
Ambar 5	175	190	-15	15	24	3
Ambar 6	160	175	-18	18	24	3
Ambar 7	145	160	-18	18	24	3
Ambar 8	130	145	-18	18	24	3
Ambar 9	115	130	-18	18	24	3
Ambar 10	100	115	-18	18	24	3
Ambar 11	86	100	-18	18	24	3
Ambar 12	55	70	-18	18	24	17
Ambar 13	40	55	-18	18	24	17
Ambar 14	25	40	-18	18	24	17
Ambar 15	10	25	-18	18	24	17
Ambar 16	-5	10	-18	18	24	22

Tablo (2.1)' deki değerler metre cinsindedir ve yine geminin sıfır noktası dümen rotunun (kıç dikme) temel hat ile kesişme noktası olarak kabul edilmiştir. Ambarlar Şekil 2.5. de görüldüğü gibi olsa da hesaplarda hassasiyet açısından her bir ambar iki bay'a bölünmüştür. Tablodan da görüldüğü gibi gemi de 16 ambar yani 32 bay bulunmaktadır. Örnek bir bay deki konteyner dizilimi aşağıda tablodaki görüldüğü gibi Office – Excel programı kullanılarak modellenmiştir. Program her bir ambarın istenilen yükleme durumuna göre ağırlığını ve ağırlık merkezlerini hesaplayabilmektedir.

Tablo 2.2. Kesit olarak geminin konteyner dizilimi modellenmesi

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
				1	1	1	1	1	1	1	1	1				
				1	1	1	1	1	1	1	1					
						1	1	1	1							
						1	1	1	1							

Burada sarı renkle gösterilen kısım güverte üstünü simgelemektedir. Üzerlerinde yazılı olan rakam konteyner ağırlığını göstermektedir. Belirlenen bay toplam ağırlıkları ve ağırlık merkezleri geminin belirlenen çeşitli durumlarda stabilite karakterini, doğrultma moment kolu değişimini, GM, KG, KM, deplasman, LCB, LCG gibi genel hidrostatik değerleri hesaplamada kullanılmıştır.

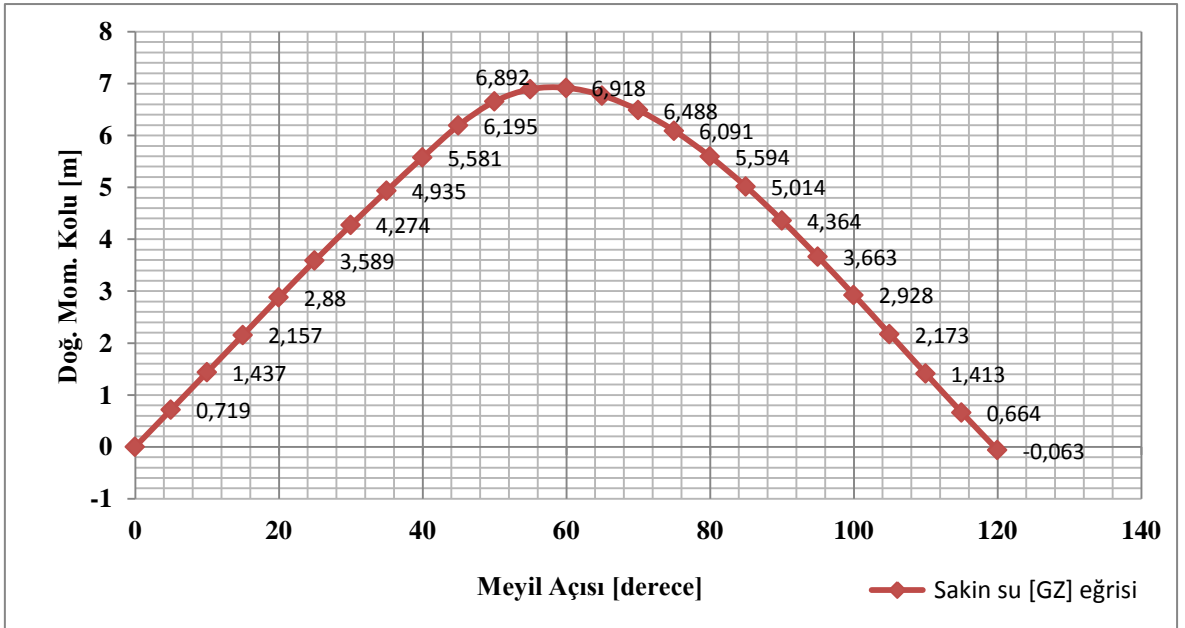
Gemide yükleme koşulları oluşturulurken gerçek yükleme koşulları göz önüne alınmıştır. Balast tanklarının, yakıt tanklarının, yağ tanklarının ve temiz su tankının doluluk durumları da göz önüne alınmıştır. Zira dengesiz yükleme durumları bu şekilde giderilmiştir.

3. BULGULAR

Yapılan çalışmalar sonucu elde edilen sonuçlar farklı yükleme koşullarına bağlı olarak farklı başlıklar altında aşağıda gösterilmiştir. Yükleme koşulları yukarda açıklandığı gibi konteyner yüklemesinin yanında balast tankları ile yakıt ve yağ tanklarının farklı seviyeleri de dikkate alınarak oluşturulmuştur. Stabilitate sonuçları sakin su, dalga çukuru ve dalga tepesi için her durumda hesaplanmıştır. Stabilitate verilerine bağlı olarak boyuna dalgalarda yalpa hareketi genlikleri gemi hızına bağlı olarak çizilmiştir.

3.1. “Durum 1” İncelemesi

Bu durumda genel olarak tüm koneynerlerin gemide olduğu ve hepsinin boş olduğu düşünülmüştür. Gemideki tüm balast tanklarının yarısı doludur. Tankların ve baylerin, ağırlık merkezleri ve yükleme durumları ekte Tablo D.1 de görüldüğü gibidir. “Durum 1” tanklar ve ambarlar yük dağılımı EK-D de verilmiştir.

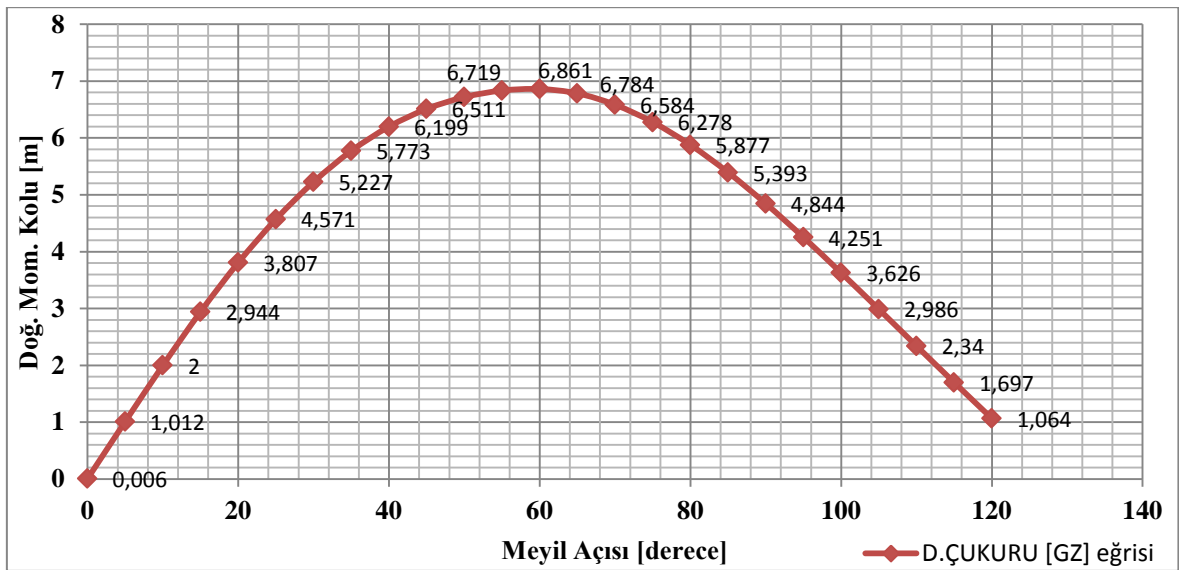


Şekil 3. 6. “Durum 1” sakin su GZ grafiği

Bu yükleme durumu ile geminin sakin su koşulundaki doğrultma moment kolu eğrisi Şekil 3.6’ da gösterildiği gibi oluşmaktadır. Grafikten de görüldüğü gibi maksimum doğrultma kolu değeri 58.2 derecede 6.931 metredir.

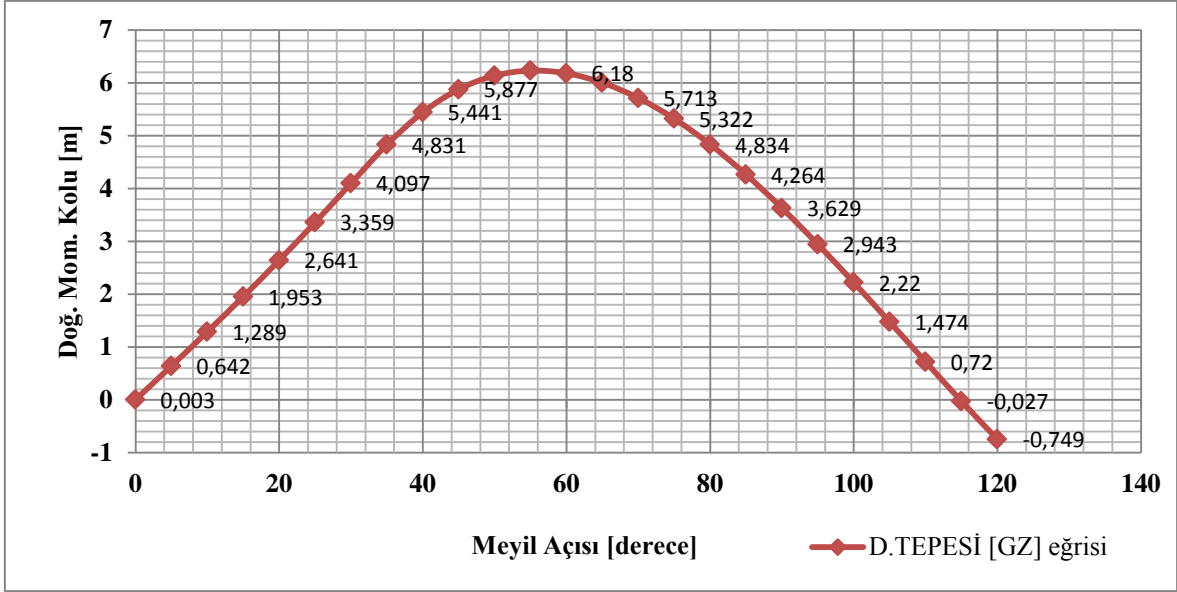
Burada, 58,2 dereceden sonra da geminin doğrultma momentinin yine da var olduğu görülebilmektedir. Fakat azalma eğilimine girmiştir. En sonunda 120 derecede tüm moment kaybolmuştur ve artık gemi kendini doğrultamaz durumdadır.

Sakin su için yapılan bu hesap; 0 dalga fazında yani dalga çukuru için yapıldığında geminin GZ eğrisi Şekil 3.7. deki gibi olur, 0.5 dalga fazında yani dalga tepesi için yapıldığında ise doğrultma moment kolu eğrisi Şekil 3.8. deki gibi elde edilir. Parametrik rezonans, dalga tepesi GZ eğrisi ile dalga çukuru GZ eğrisi arasındaki farka bağlı olarak oluşmaktadır.



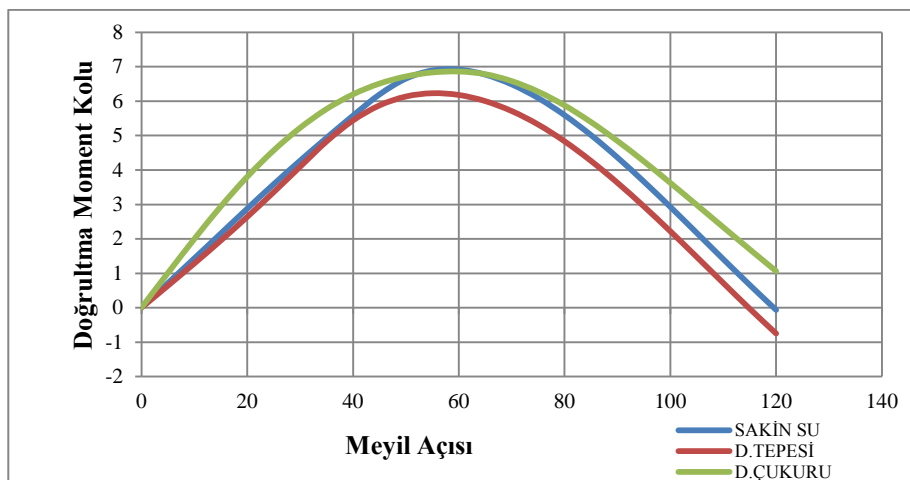
Şekil 3.7. “ Durum 1” dalga çukuru GZ eğrisi

Grafikten, geminin dalga çukuru eğrisinin karakteristiğinin daha iyi elde edildiği görülmektedir. 59,1 derece de 6.863 metre ile maksimum doğrultma momenti oluşmuştur. Aynı yükleme durumunun dalga tepesi statik stabilite eğrisi Şekil 3.8. de verilmiştir.



Şekil 3.8. “ Durum 1” dalga tepesi GZ eğrisi

Dalga tepesinde, doğrulma moment kolunun oluştuğu maksimum açı değeri 55,5 dereceye düşmüştür. Moment kolu ise 6.232 metreye düşmüştür. Stabilitenin kaybolduğu açı ise 117 derecedir. Aşağıdaki Şekil 3.9. da ise doğrultucu moment kolları (GZ) üç durum(dalga tepesi, dalga çukuru, sakin su) için verilmiştir.



Şekil 3.9. “Durum 1” üç durum GZ eğrileri

Bu yükleme durumunun yalpa genliği-hız grafiği Matlab[25] programında yazılan kod ile oluşturulmuştur. Grafik incelendiğinde yalpa genliği kontrol edilen hız aralığında herhangi bir sıçrama yapmamıştır böylelikle bu hız aralığında parametrik rezonans açısından bir tehlike yoktur denilebilmektedir. Bunun nedeni dalga tepesi ve dalga çukuru moment kolu eğrileri arasında kalan bölgenin büyük olmamasıdır.

3.2. “Durum 2” İncelemesi

“Durum 2” yüklemesi özetle; geminin tüm konteynerleri tam olarak doludur, balast tankları boştur, yakıt tankları ve tatlı su tankları tam doludur. Bu kondisyonun yükleme koşulu detayları EK-E de verilmiştir.

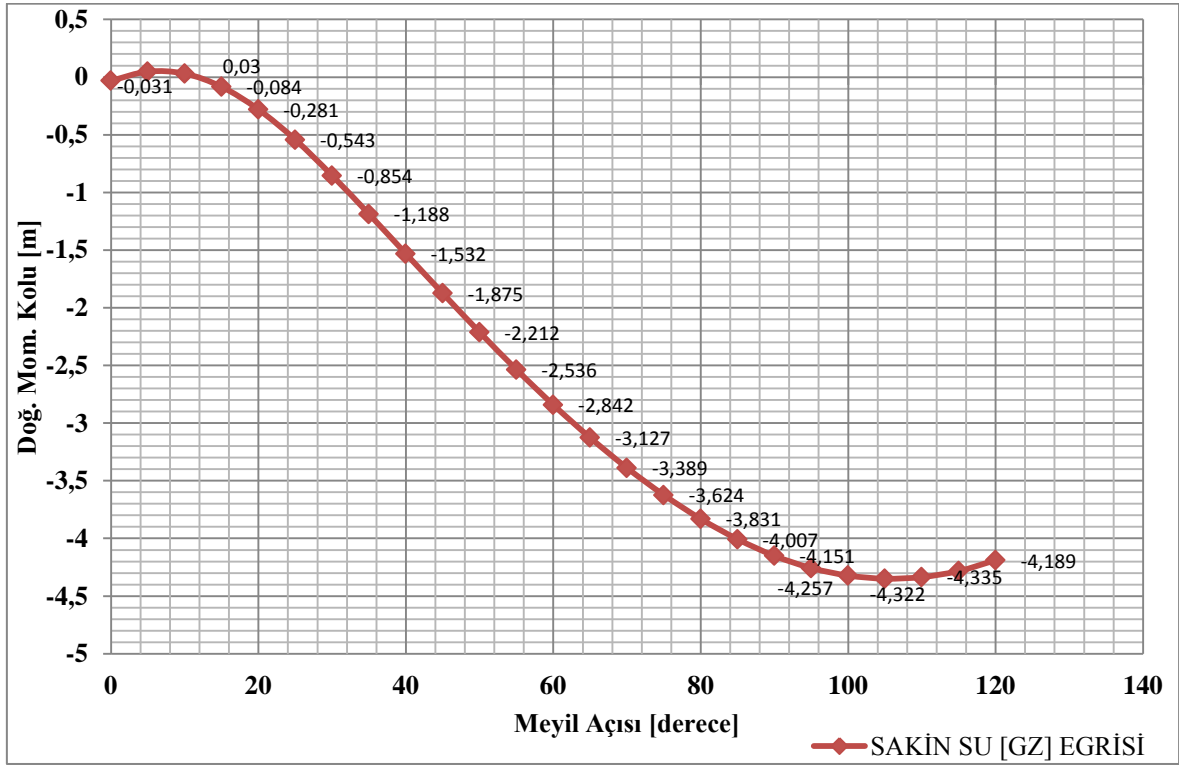
Gemiye 12m sabit draftta ve trimsiz durumda Ek- E deki gibi yükleme yapıldığında sakin su hidrostatik değerleri Tablo 3.3. deki gibi olmaktadır.

Tablo 3.3. “Durum 2” sakin su hidrostatik değerleri

Draft Vasat m	12
Deplasman ton	70930
Sancak meyil açısı	0
Baş draft m	12
Kıç draft m	12
LCF draftı m	12
Kıç trim	0
Su hattı uzunluğu m	246.94
Su hattı genişliği m	40.187
Islak alan m ²	10866.3
Su hattı alanım ²	7708.27
Prizmatik Katsayı	0.613
Blok Katsayı	0.579
Orta kesit alan Katsayı	0.946
Su hattı alanı Katsayı	0.777
LCB sıfır nk. dan (baş +)	117.937
LCF sıfır nk. dan (baş +)	115.155
KB m	6.826

Bu yükleme koşulu konteyner gemileri için pratikte karşımıza çok çıkmaz. Zira gemide aşırı bir yükleme hakimdir. Hem taşınan yükün güvenliği açısından hem de güvenli bir seyir açısından istenmeyen, tehlikeli bir durumdur. Bahsedilen tehlike bu tez çalışmasında grafiklere dayandırılarak belirtilmiş ve bu tip bir yüklemenin referans alınan gemi için oluşturulmaması gerektiği teorik olarak gösterilmiştir.

Geminin Tablo E.1. deki yükleme durumunda ki stabilitesi incelendiğinde, sakin su doğrultma moment kolu eğrisi Şekil 3.10. da ki gibi bulunmaktadır.

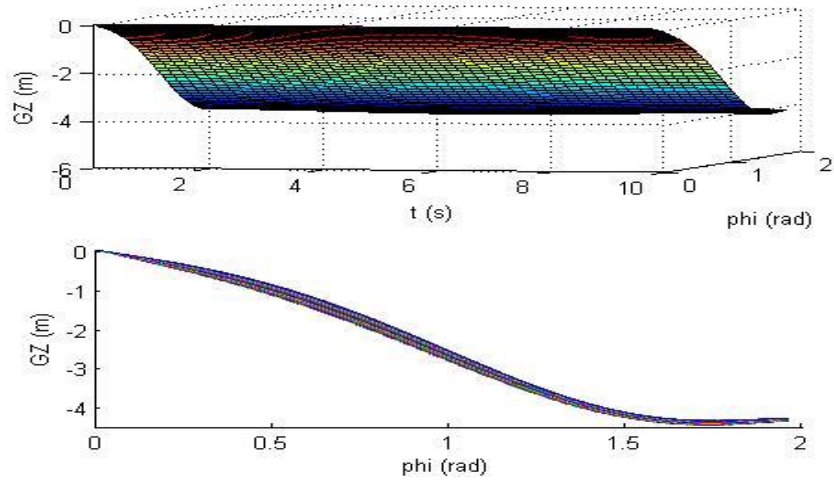


Şekil 3.10. “ Durum 2” sakin su doğrultma moment kolu eğrisi

Grafikten görüldüğü gibi maksimum GZ, doğrultma moment kolu 7 derecede ve 0,057 metrede oluşmaktadır. Sakin suda 0,057 GZ değeri maksimum değer için aşırı derecede küçüktür ve oldukça tehlikelidir. Zira gemi olduğu yerde veya daha yükleme yapılırken bile bu sonuca göre devrilebilir.

Geminin bu yükleme koşulunda dalga tepesi ve dalga çukuru durumlarında yalpa genlikleri incelendiğinde herhangi bir olumsuzlukla karşılaşılmamıştır. Fakat yalpa genliği eğrisinde ani bir atlama olmaması veya aykırı bir durum oluşmaması yüklemenin dalga tepesi ve dalga çukuru durumları için güvenli olduğu anlamına gelmemektedir. Bulunan sonuçlar, geminin parametrik zorlama ile devrilmeyeceği fakat küçük bir dış kuvvetle; rüzgar karşılaşma açısının 20 dereceyi aşması gibi, devrilebileceğini göstermektedir.

Şekil 3.11.de, GZ eğri alanının alt sınırı dalga tepesini, üst sınırı ise dalga çukurunu göstermektedir.



Şekil 3.11. “Durum 2” dalga tepesi- dalga çukuru GZ eğrisi

3.3. “Durum 3” İncelemesi

Bu yükleme koşulunu; güverte üstü konteynerler var fakat boş, güverte altı konteynerler tam dolu, balast tankları yarım dolu, yakıt ve temiz su tankları tam dolu olarak özetleyebiliriz. Aşağıda Şekil 3.12. de sıradan bir ambarın konteyner dağılımı görülmektedir.

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			1	1	1	1	1	1	1	1			
			1	1	1	1	1	1	1	1			
				1	1	1	1	1	1				
				1	1	1	1	1	1				
						1	1						
						1	1						

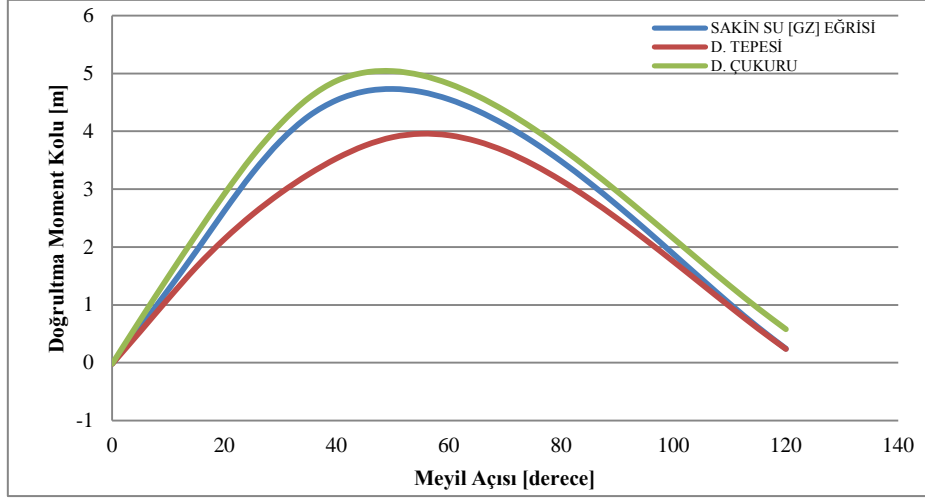
Şekil 3.12. “Durum 3” kesit yükleme skalası

Burada, sarı renk güverte üstünü simgelemektedir. Kesit, Bay 2 ve Bay2a nın, yani ikinci ambarın kesitidir. Konteyner gemilerinde her ambar iki bay den oluşur. Bay lerde konteyner pabuçları bulunur, konteynerler bu pabuçlara oturur.

Tablo 3.4. “Durum 3” sakin su hidrostatik değerleri

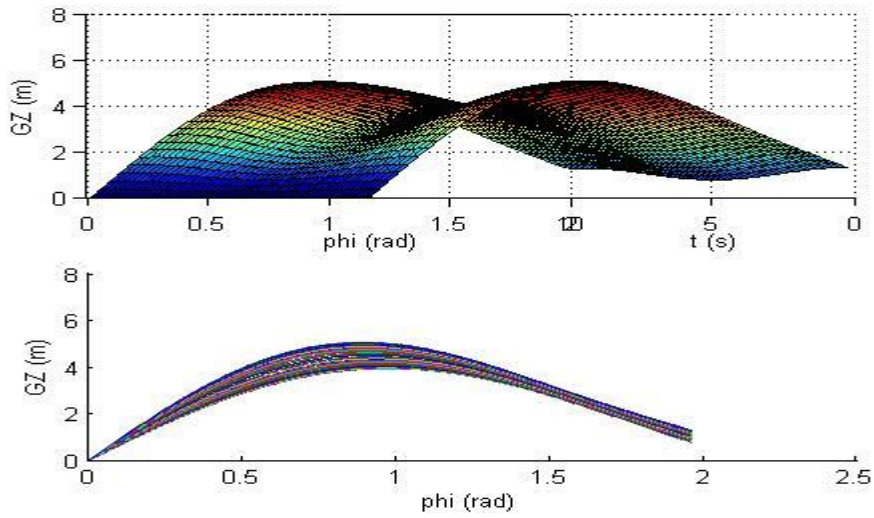
Draft Vasat m	12
Deplasman ton	70930
Sancak meyil açısı	0
Baş draft m	12
Kıç draft m	12
LCF draftı m	12
Kıça trim	0
Su hattı uzunluğu m	246.94
Su hattı genişliği m	40.187
Islak alan m ²	10866.31
Su hattı alanım ²	7708.267
Prizmatik Katsayı	0.613
Blok Katsayı	0.579
Orta kesit alan Katsayı	0.946
Su hattı alanı Katsayı	0.777
LCB sıfır nk. dan (baş +)	117.937
LCF sıfır nk. dan (baş +)	115.155
KB m	6.826

“Durum 3” yükleme tablosu EK-F dedir. Tablo F.1. deki yükleme detaylarına göre gemiye yükleme yapıldığında sakin su hidrostatik değerleri aşağıdaki gibi bulunmaktadır.



Şekil 3.13. “Durum 3” dalga tepesi-dalga çukuru- sakin su GZ eğrileri

Geminin aynı yükleme koşullarında dalga tepesi, dalga çukuru durumlarında doğrultma moment kolu eğrileri aşağıdaki gibi olmaktadır.



Şekil 3.14. “Durum 3” dalga tepesi, dalga çukuru GZ eğrileri

Grafikte; GZ eğri demetinin altındaki eğri dalga tepesinin, üstündeki eğri dalga çukurunun doğrultma moment kolunu göstermektedir. Ayrıca belirlenen hız aralığında yalpa genliği incelendiğinde büyük açılarda yalpa hareketine rastlanmamıştır. Yalpa sönüm kuvveti baskın çıkmıştır.

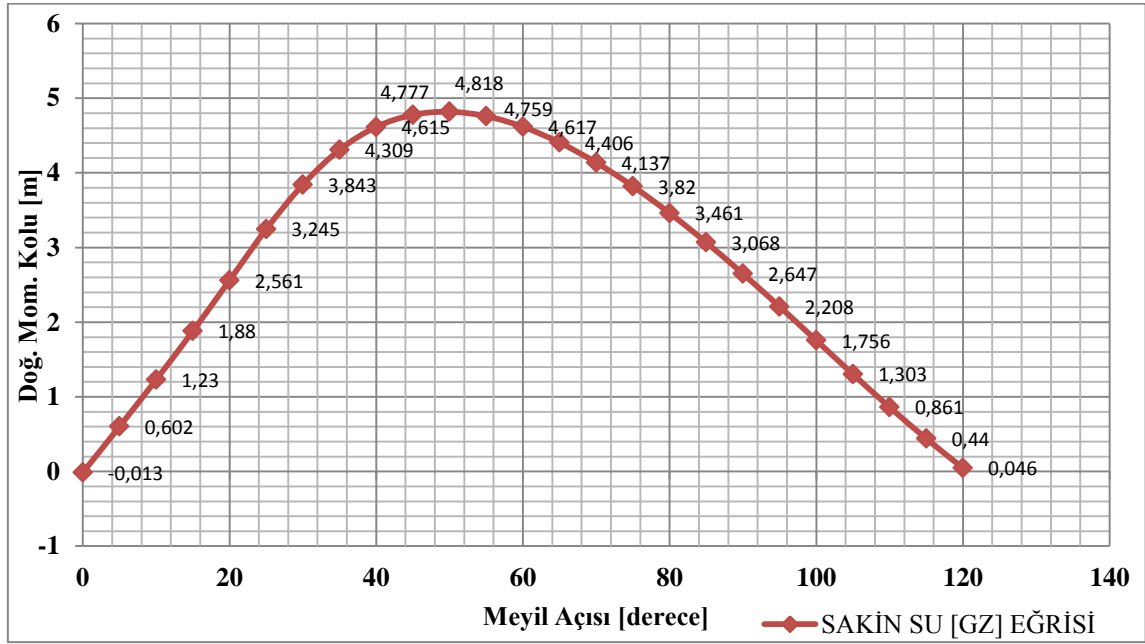
3.4. “Durum 4” İncelemesi

“Durum 4” yüklemesi genel olarak şöyle özetlenebilir. Konteynerler ambarlara bir dolu bir boş olarak dizilmiştir. Geminin ilk üç ambarı da buna dahildir ve ilk ambar dolu olarak başlanmıştır. Konteynerlerin boş olduğu ambara balast alınmıştır. Yakıt tankları ve temiz su tankları tam doludur. Yüklemenin detayları EK-G de verilmiştir.

Tablo 3.5. “Durum 4” sakin su hidrostatik değerleri

Draft vasat (m)	12
Deplasman ton	70930
Yalpa (Sancak tarafa)	0
Baş dikme draftı m	12
Kıç dikme draftı m	12
LCF draftı m	12
Trim (+ dikey kıça) m	0
Su hattı boyu m	246.94
Su hattı genişliği m	40.187
Islak Alan m ²	10866.313
Islak su hattı alanı m ²	7708.267
Prizmatik katsayı	0.613
Blok katsayısı	0.579
Ortakesit alan katsayısı	0.946
Su hattı alan katsayısı	0.777
LCB (sıfır noktasından) m	117.937
LCF (sıfır noktasından) m	115.155
KB m	6.826
KG m	0
BMt m	12.139
BML m	395.144

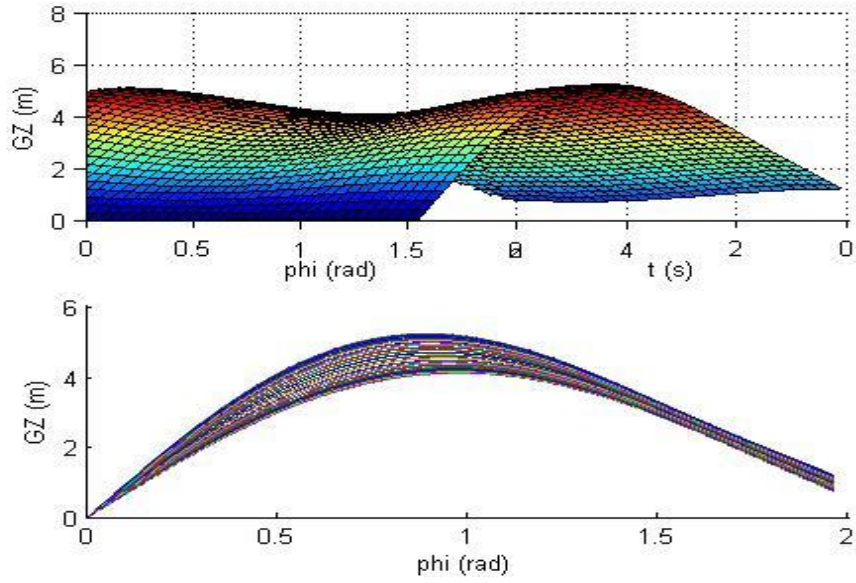
Bu yükleme koşulundaki referans geminin sakin su hidrostatik değerleri Tablo 3.5 de ki gibidir. Gemi, yükleme detayı tablosundaki gibi yüklendiğine sakin su GZ, doğrultma moment kolu değişimi aşağıdaki gibi elde edilmiştir. Yükleme koşulundaki toplam yük gemi lightship ağırlığıyla birlikte 111940,6 ton dur. Bu yük gemiye, boyuna 123,267 metreden ve dikine 11.869 metreden etkimektedir. Serbest yüzey etkisi(momenti) ise 29535,766 ton.m olarak bulunmuştur. Serbest yüzey etkisinin oluşmasının nedeni balast, yakıt, hidrolik, temiz su gibi sıvı tanklarının tam dolu olmamasıdır. Geminin yalpası sırasında bu tanklardaki sıvının iskele-sancak gel-git leri yalpanın daha tehlikeli bir hal almasına neden olur. Bu sebeple stabilite açısından serbest yüzey etkisi istenmeyen bir durumdur.



Şekil 3.15.“ Durum 4” sakin su GZ eğrisi

En büyük doğrultma momentini, 49,5 derecede, 4,819 metrede oluşmuştur. Gemi, 120 derece civarında doğrultma momentini tamamen kaybetmektedir.

Dalga tepesi ve dalga çukuru durumları için GZ, doğrultma moment kolu karakteristikleri incelendiğinde aşağıdaki şekil 3.16. deki eğriler elde edilmiştir.



Şekil 3.16. “ Durum 4” dalga çukuru, dalga tepesi GZ eğrileri

3.5. “Durum 5” İncelemesi

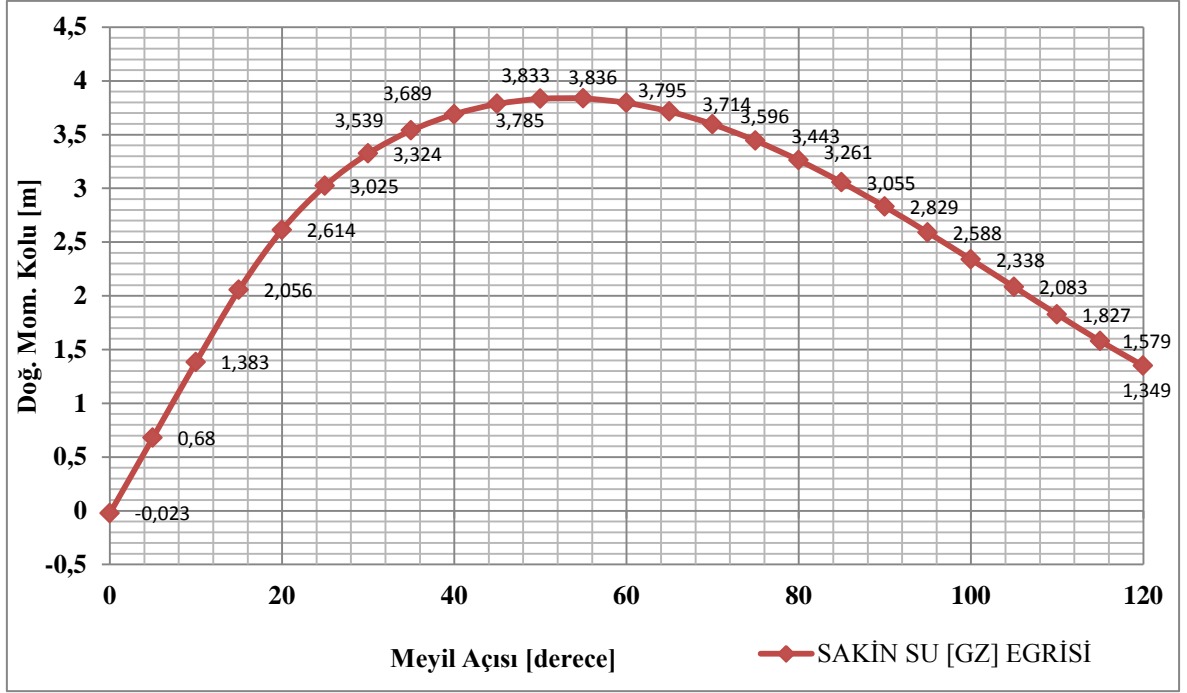
Geminin baş tarafındaki beş ambarda konteynerler vardır fakat boştur, diğer ambarlardaki konteynerler tam doludur. Geminin balast tanklarının tümü yarım dolu, yakıt ve temiz su tankları tam doludur. Çelik tekne ağırlığıyla beraber toplam yük 145821,4 tondur. Yükleme boyuna merkezi 107,788 metre ve dikine merkezi 11,698 metredir. “Durum 5” detaylı yükleme tablosu EK-H da verilmiştir.

Gemi, Tablo H.1. e göre yükleme yapıldığında sakin su için aşağıda verilen Şekil 3.17. de ki GZ eğrisi elde edilmektedir. Burada doğrultma moment kolunun en yüksek açısı 52,7 derecede elde edilmiştir. Doğrultma moment kolunun en yüksek değeri ise 3,840 metre olmaktadır. Geminin sakin su GZ grafiği bu yükleme koşulu için gayet iyi bulunmuştur. Ayrıca pratikte de bu yükleme, gerçek yüklemeye çok yakındır. Bu yüzden bulunan sonuçlar pratikte de geminin davranışları hakkında gerçeğe çok yakın tahminde bulunmamızı sağlar. Referans geminin sakin su hidrostatik değerleri Tablo 3.6. daki gibidir.

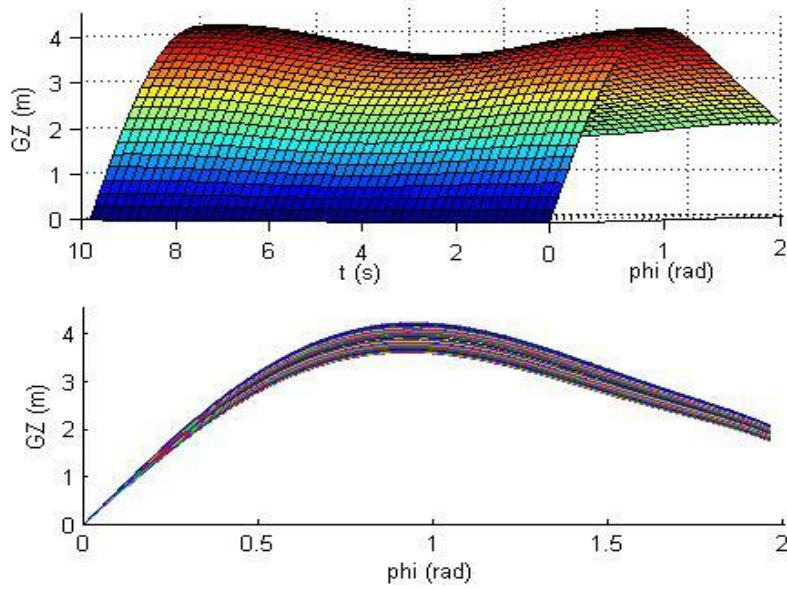
Tablo 3.6. “Durum 5” sakin su hidrostatik değerleri

Draft Vasat m	12
Deplasman ton	70930
Sancak meyil açısı	0
Baş draft m	12
Kıç draft m	12
LCF draftı m	12
Kıça trim	0
Su hattı uzunluğu m	246.94
Su hattı genişliği m	40.187
Islak alan m ²	10866.31
Su hattı alanım ²	7708.267
Prizmatik Katsayı	0.613
Blok Katsayı	0.579
Orta kesit alan Katsayı	0.946
Su hattı alanı Katsayı	0.777
LCB sıfır nk. dan (baş +)	117.937
LCF sıfır nk. dan (baş +)	115.155
KB m	6.826
KG m	0
BMt m	12.139
BML m	395.144
GMt m	18.964
GML m	401.97
KMt m	18.964
KML m	401.97
Batma (TPc) ton/cm	79.025
MTc ton.m	1088.228
Doç.Mom. 1 der.=GM.dep.sin(1)ton.m	23475.93
Maks. güverte meyil açısı	0
Trim açısı (baş +)	0

Yüklemenin yalpa genliği- hız grafiği incelendiğinde de belirlenen hız aralığında herhangi bir terslikle karşılaşılmamıştır. Çünkü bu hız aralığında yalpa genliği eğrisinde sıçrama yoktur. Bu durum daha önceden de bahsedildiği gibi seyir esnasında incelenen hız aralığında parametrik rezonansa yakalanma tehlikesinin olmadığını göstermektedir.



Şekil 3.17. “Durum 5” sakin su GZ grafiği

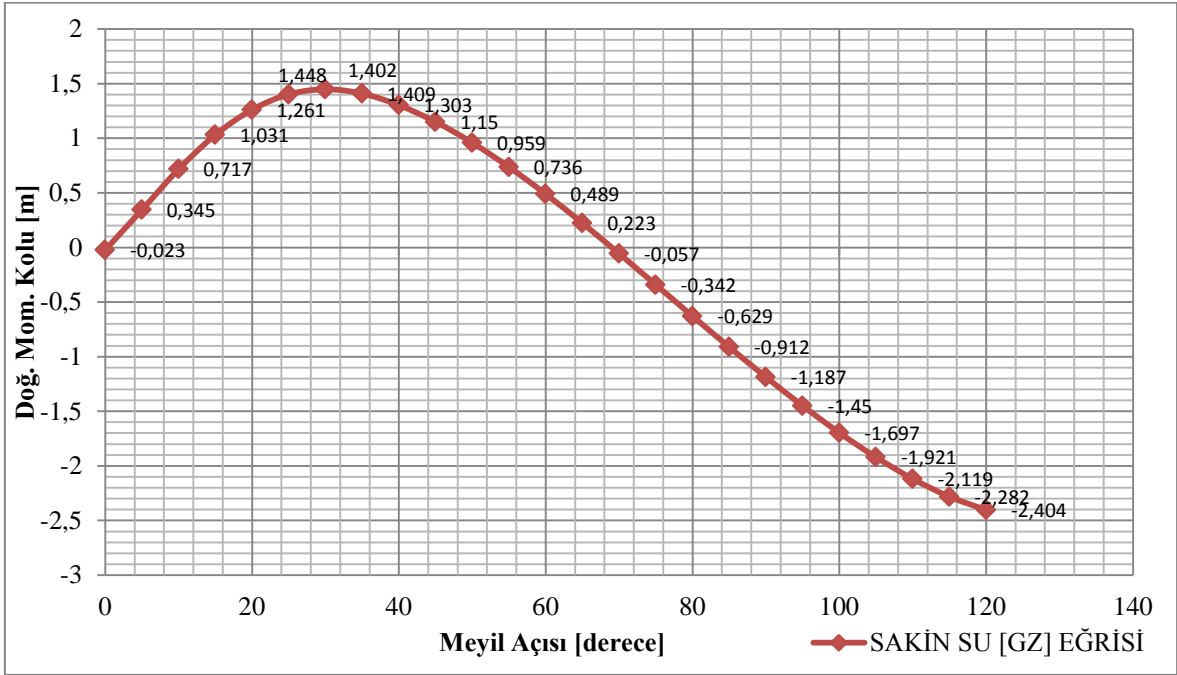


Şekil 3.18. “Durum 5” dalga tepesi ve dalga çukuru GZ grafikleri

Grafikte görülen GZ eğri demetinin en altındaki eğri dalga tepesi moment kolunun, en üstündeki dalga çukuru moment kolunun eğrisidir.

3.6. “Durum 6” İncelemesi

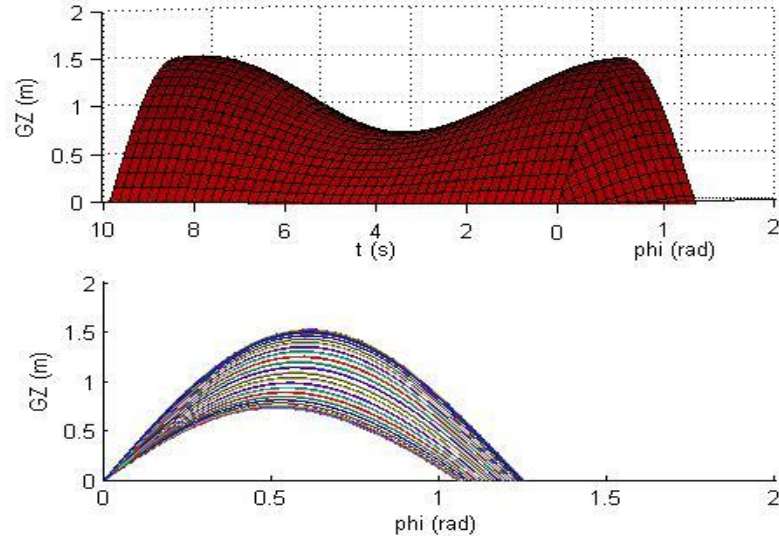
“Durum 6” yüklemesi kısaca, güverte altı tüm konteynerler dolu, güverte üstünde sadece iki sıra konteyner dolu, daha üstte kalanlar var ve boştur. Balast tankları yarım dolu, temiz su tankı ve yakıt tankı tam doludur. Yükleme toplam ağırlığı çelik tekne ağırlığıyla birlikte 140166,2 ton, etkidiği boyuna merkez 125,887 metre, dikine merkez ise 15,730 metredir. “ Durum 6” yükleme detayları EK-I da verilmiştir.



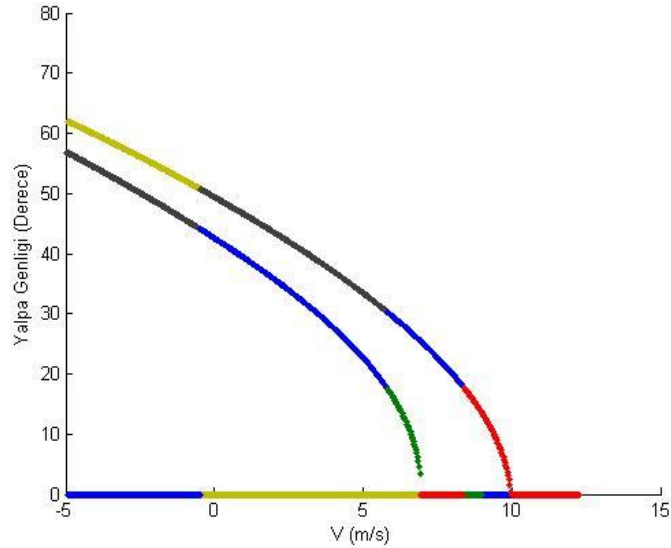
Şekil 3.19. “ Durum 6” sakın su GZ eğrisi

Geminin bu yükleme durumunda iken sakın su GZ eğrisi Şekil 3.19 da gösterilmiştir. Grafikte görüleceği gibi maksimum moment kolu 30 derecede oluşan 1,448 metredir. Bu moment kolu gerçekte seyir ve yükleme için çok emniyetli bir değer değildir. Çünkü grafik geminin 30 dereceden sonra GZ eğrisinin azalma başlamasıyla 70 derece civarında tüm doğrultma momentini kaybettiğini söylemektedir. 70 derece, ağır deniz koşulları için tehlike oluşturacaktır ve belki de geminin büyük açılı yalpa hareketleri sonucunda alabora olmasına sebebiyet verecektir. Ayrıca bu moment kolu grafiği sakın su için elde edilmiştir, dalga tepesinde iyice azalıp GZ, 0,71 metreye kadar düşebilmektedir. Bu GZ değeri 29,5 derecede elde edilmiştir ve stabilitenin tamamen kaybolduğu açı ise 60 derecedir. Bu analizler sonunda yüklemenin gemi için tehlikeli durumlar oluşturacağı ortadadır.

Geminin, Tablo I.1. de ki yükleme durumunda iken dalga tepesi ve dalga çukuru GZ grafikleri aşağıda Şekil 3.20 deki gibi elde edilmiştir. Yalpa genliği kontrol grafiği de yine aşağıda Şekil 3.21. de verilmiştir.



Şekil 3.20. “Durum 6” dalga tepesi ve dalga çukuru grafikleri



Şekil 3.21. “Durum 6” yalpa genliği – hız değişimi

Grafikten geminin aynı yükleme koşullarında, 10 m/s hıza kadar geminin parametrik rezonansa yakalanma riski büyüktür. Yaklaşık 7 m/s hızdan sonra yalpa genliğinde çok

hızlı bir artış ile yalpa açısı yaklaşık otuz dereceye kadar çıkabilmektedir. 10 m/s den daha küçük gemi hızlarında hızın düşmesiyle yalpa genliğinde artış görülmektedir. Geminin parametrik rezonanstan kurtulması için hızını 10 m/s den aşağı düşürmemelidir. Bu aralıkta yalpa genliği mürettebat ve taşınan yük açısından çok tehlikeli bir hal almaktadır. 2009 yılının Kasım ayında Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung Şirketi yaptığı incelemeyle parametrik rezonansa yakalanan ve APL CHINA ile eş gemi olan “ CHICAGO EXPRESS” adlı konteyner gemisinin yaşam mahallindeki panellerinde mürettebat kaynaklı hasarları Şekil 3.22 ve Şekil 3.23 deki fotoğraflarla belgelemektedir[22].



Şekil 3.22. Dolaplardaki mürettebat kaynaklı hasar[22]

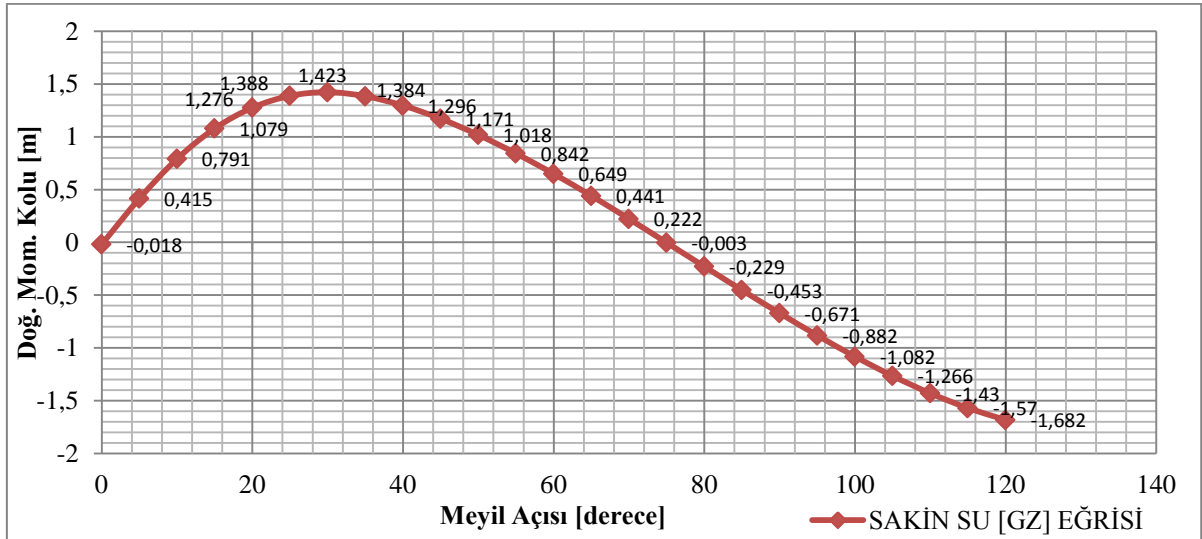


Şekil 3.23. Yaşam mahalli panellerindeki hasar[22]

3.7. “Durum 7” İncelemesi

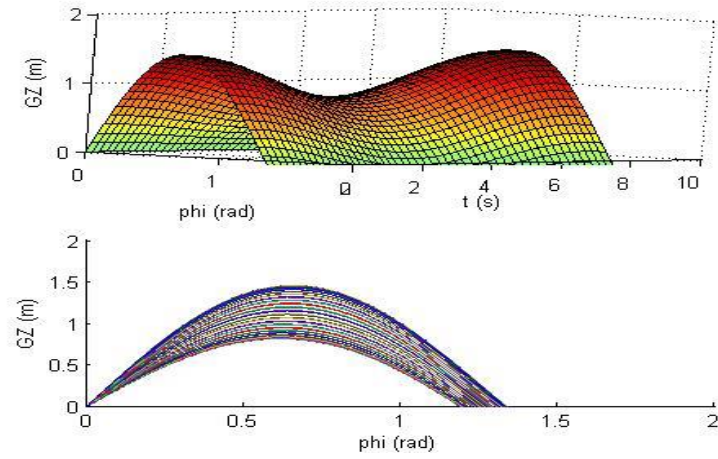
Burada bir önceki yükleme durumunu balast tanklarını kullanarak iyileştirme yoluna gidilmiştir. Gerekli tanklara ek balast alınmıştır. Yakıt ve tatlı su tankları tam dolu olarak kalmıştır. Ayrıca bu yöntemle serbest yüzey etkisi de azaltılmıştır zira yarısı dolu tanklar tamamlanmıştır. “ Durum 7” yükleme verileri EK-J de verilmiştir.

Bu yükleme şartında geminin sakin su doğrultma moment kolu, GZ, grafiği aşağıdaki gibi olmaktadır.



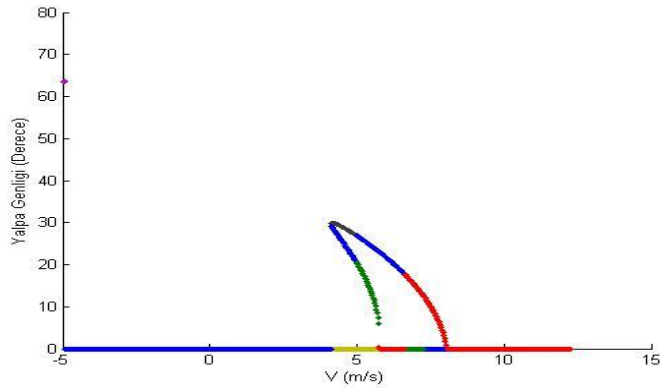
Şekil 3.24. “ Durum 7” sakin su GZ eğrisi

Grafikten okunabileceği gibi, maksimum doğrultma moment kolu 29,5 derecede oluşmuş ve 1,423 metredir. 75 derece civarında ise gemi tüm doğrultucu momentini kaybetmektedir. Gerçekte yaklaşık bir buçuk metre geminin güvenli seyri için yeterlidir diyemeyiz. Çünkü 29,5 dereceden büyük her yalpa açısında gemi doğrultucu momentini biraz daha kaybetmektedir. Ağır deniz koşullarda büyük yalpa açılarında tehlikeli durum arz edebilmektedir. Geminin dalga tepesi ve dalga çukuru GZ eğrileri ise aşağıda Şekil 3.25. deki gibi olmaktadır.



Şekil 3.25. “Durum 7” dalga tepesi ve dalga çukuru grafikleri

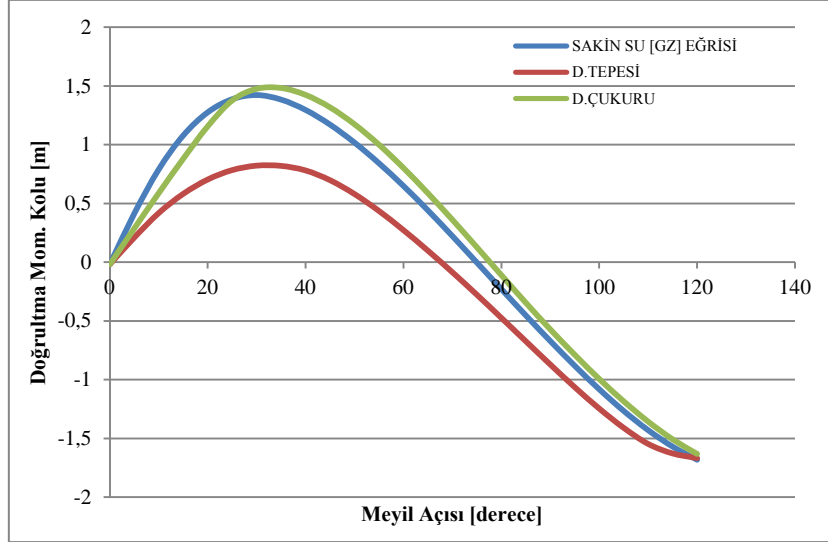
Eğriden de görüleceği gibi balast almanın stabiliteye katkısı olmuştur, parametrik rezonansın görüldüğü gemi hız aralığı azalmıştır. Önceki durumda geminin parametrik rezonanstan kurtulması için 10 m/s den büyük hızlara çıkması gerekirken bu durum için en az 7 m/s yeterli olmaktadır. Geminin belirli hız aralığında yalpa genliği incelemesi aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.26. “Durum 7” yalpa genliği hız grafiği

Diğer yandan, yalpa genliği eğrisinin iyileşmesini tamamlanan balastlarla birlikte serbest yüzey etkisinin azalmış olmasına da bağlayabiliriz. Zira daha önce de bahsedildiği gibi geminin dalga kuvvetiyle yaptığı yalpaya ek olarak tanklardaki sıvı yalpa artırıcı

momente neden olmaktadır. “Durum 7” de bu etki giderilmiştir. Karşılaştırma için her üç durumda da doğrultma moment kolu grafikleri aşağıda verilmiştir.



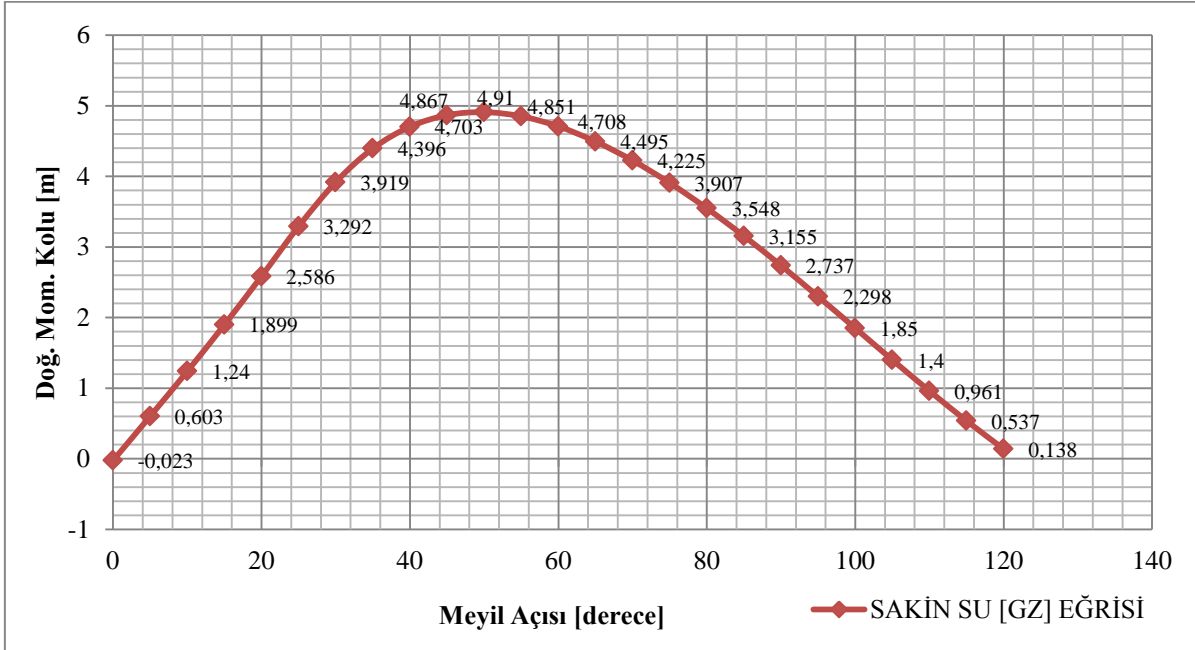
Şekil 3.27. “Durum 7” üç durum için GZ eğrileri

Çalışmada kullanılan örnek gemide yalpa omurga gibi sönüm artırıcı tedbirler alınmamıştır. Örneğin yalpa omurga kullanılarak yalpa genliklerinin kabul edilebilir seviyelere indirilmesi de mümkündür.

3.8.“Durum 8” İncelemesi

Güverte üzeri tüm konteynerler boş, güverte altı konteynerler doludur. Geminin başından itibaren ilk altı ambar balast tankları boştur. Diğer balast tankların ise yarısı doludur. Yakıt ve temiz su tanklarının tamamı doludur. Böylece çelik tekne ağırlığıyla birlikte gemideki toplam ağırlık 109636,1 ton olmaktadır. Bu yükün boyuna merkezi 122,591 metre, dikine merkezi ise 11,910 metredir. Tüm yükleme koşullarını gemide iskele-sancak yönünde simetrik olduğu için enine yük merkezi geminin merkez hattından geçmektedir. Diğer yandan bu yükleme “Durum 3” ün iyileştirme yapılmış halidir. Genel olarak geminin başını sudan biraz daha çıkarmak hedeflenmiştir. Amaç gerçek yükleme

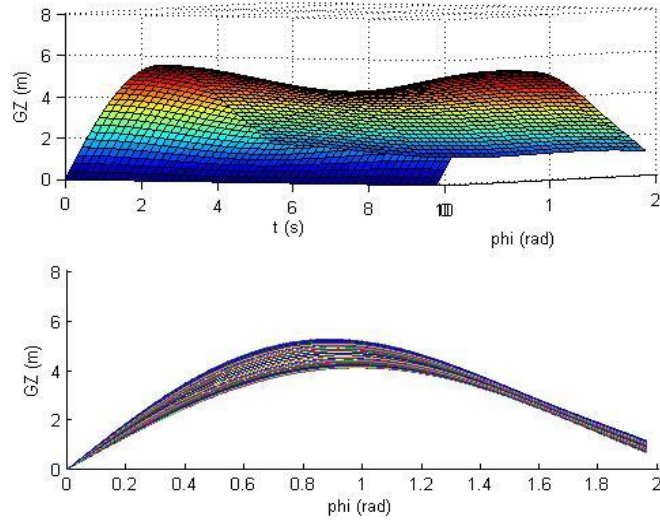
durumlarında inceleme yapabilmektir. Böylelikte daha güzel bir GZ eğrisi elde edilmiştir ayrıca yalpa genliğinde de anormal bir durum ortaya çıkmamıştır. “Durum 8” yükleme detayları EK-K da verilmiştir.



Şekil 3.28. “Durum 8” sakin su GZ eğrisi

Geminin sakin su GZ eğrisi Şekil 3.28. da ki gibi olmaktadır. En büyük doğrultma moment kolu yaklaşık beş metredir. Bu değer 49,5 derecede oluşmuştur.

Yalpa genliği-hız grafiğine bakıldığında incelenen hız aralığında herhangi bir aksi durum gözlenmemiştir bununla birlikte geminin dalga tepesi ve dalga çukuru deniz durumları için GZ eğrileri aşağıdaki Şekil 3.29. daki gibidir.



Şekil 3.29. “Durum 8” dalga tepesi, dalga çukuru GZ eğrileri

“Durum 8” için yükleme skalası Şekil 3.30. deki gibidir. 15 numaralı ambarın yükleme kesitidir. Burada mavi renkte olmaya kısımlar güverte üzerini temsil etmektedir.

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
			1	1	1	1	1	1	1	1	1				

Şekil 3.30. “Durum 8” yükleme skalası.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ağır deniz koşullarında bordadan alınan şiddetli dalgalar geminin alabora olmasına neden olabilmektedir. Bunun yanında gemiler en riskli durum olarak bilinen ve stabilite hesaplarına temel teşkil eden borda dalgaları dışında boyuna dalgalarda yani baştan veya kıçtan gelen dalgalarda da stabilitelerini kaybedebilmektedirler. Özellikler son zamanlarda boyuna dalgalarda görülen stabilite kaynaklı kazalar dikkat çekmektedir. Bu tez çalışmasında, referans alınan örnek bir geminin farklı yükleme koşulları altındaki parametrik yalpa hareketi incelenmiştir. Yükleme koşulları, konteyner yerleşimine ek olarak balast, yakıt, hidrolik gibi tanklardaki yük miktarlarının değişimlerini de hesaba katarak oluşturulmuş ve hatta stabilitedeki serbest yüzey etkisinin sonuçlara etkisi de incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

“Durum 1” yüklemesi, tüm konteynerlerin boş olması halidir, bir konteyner gemisinde çok rastlanmayan bir durumdur çünkü yükü boşalttığı limanda en azından bir sonraki limana bırakmak üzere bir yük olması olasılığı yüksektir. Fakat yinede hesaplarda bu durum göz önüne alınmıştır çünkü nadir de rastlansa bu durumun da incelenmesi gereklidir. Beklenildiği gibi iyi bir sonuç elde edilmiştir. Maksimum doğrultma moment kolu değeri 7 metreye yakın bulunmuştur.

“Durum 8” yükleme koşulu “Durum 3” yükleme koşulunun balast tankları ile yeniden düzenlenmiş halidir. Gemideki aşırı başa trim, balast tankları kullanılarak giderilmiştir. Böylelikle hem gemi istenilen pozisyona getirilmiştir, hem tamamlanan balast tanklarıyla serbest yüzey etkisinin de sonuçları nasıl değiştirdiği gözlemlenmiştir. Fakat yalpa genliklerini küçültülmesi açısından önemli bir etkisi olmamıştır.

“Durum 7” de ise büyük genlikli parametrik yalpa hareketi görülen çıkan “Durum 6” yükleme koşulu yine balast tankları yardımıyla iyileştirilmiştir. Yalpa genliği maksimum değeri kırk dereceye kadar indirilebilmiştir, yani genliğin şiddet üzerinde önemli bir fayda sağlanamamıştır. Sonuç olarak belirli kritik hız aralığında yalpa genliğinin sıçramasına engel olunamamıştır.

Kaptanın, ağır deniz koşullarında baş veya baş omuzluktan gelen dalgaların istenmeyen sonuçlar doğurmaması için uygun manevraları belirlenmiş bu hız aralığından kaçınarak yapması gerektiği ortaya çıkmıştır. Parametrik rezonans bünyesel olarak gemide, yükte, yolcularda veya mürettebatta kalıcı hasarlara yol açabilir. Çünkü aniden büyük açılara sıçrayan yalpa genliği yükte kütleli ataletten doğan ivmeler oluşturmaktadır. Özellikle konteyner gemilerinde taşınan yükün denize düşmesi, kaybedilmesi gibi maddi değeri yüksek zararlar meydana gelebilmektedir.

“Durum 6” ve “Durum 7” incelemelerinde dengesiz çatal bifürkasyonlarının oluştuğu bu nedenle yalpa genliklerinde ani sıçramalarla karşılaşmıştır. Yalpa genliği-hız grafikleri rezonanstan kurtulmak için yol gösterici olmuştur. Referans geminin ağır deniz koşullarında yakalandığı büyük genlikli yalpa hareketleri sonucunda aldığı hasarı gösteren fotoğraflar Bölüm 3.6 da paylaşılmıştır. Genel olarak bir geminin stabilitesi yalpa genliğiyle beraber dalga şiddeti, sönüm katsayısı (bilindiği gibi yalpa omurgası sönüm katsayısını arttırmaktadır), doğrultma momenti, dalga zorlama momenti gibi değişkenlere de bağlıdır. Doğrultma momentinin etkisi üzerinde bu çalışmada özellikle durulmuştur. Çünkü bir yüklemenin gerçekleşebilmesi için ilk olarak kontrol edilecek parametrelerin başında yükleme öncesi ve sonrası gravite merkezi ve metasentr noktası bulunmaktadır. Eğer bir gemide yükleme sonrası yeterli doğrultma moment kolu oluşmamışsa şiddetli dalgalarla daha karşılaşmadan küçük dalga genliklerinde bile kolaylıkla alabora olup veya iskele-sancak bir tarafa yatıp öylece kalabilir. Ayrıca yeterli moment kolu olduğu halde elde edilen sonuçlar, dalga çukuru ile dalga tepesi moment kolu değerleri arasındaki farkın büyüklüğüne göre parametrik yalpa hareketinin şiddetinin arttığını göstermiştir.

Özetle, bir konteyner gemisinin stabilite karakterini yükleme koşulunun yanı sıra çalışmanın birinci bölümünde ayrıntılı olarak verilmiş olan matematiksel modellerle belirlenen sönüm katsayısı, yalpa atalet momenti, doğrultma moment kolu, statik stabilite gibi değişkenler ve geminin o yükleme durumundaki hidrostatik değerleri belirler. Bu çalışmada incelenen her bir durum için bu parametreler hesaplanıp yalpa genliği-hız grafikleri elde edilmiştir böylelikle ağır deniz koşullarında yük, yolcu ve mürettebat güvenliği için dikkate alınması gereken sonuçlar ortaya çıkmıştır. Balast tanklarının doğru bir şekilde kullanılmasıyla rezonansın şiddeti üzerinde küçükte olsa olumlu bir etki sağlanabileceği, özellikle rezonansın beklendiği hız aralığının küçültülmesinin veya daha düşük hızlara kaydırılmasının mümkün olduğu gösterilmiştir. Yapılan çalışmada sekiz ayrı

yükleme koşulu oluşturulmuş ve her durum için hidrostatik veriler, doğrultma moment kolu, yalpa genliği-hız grafikleri elde edilmiştir. Çalışma kapsamında ki yükleme koşulları artırılarak yükleme koşullarının stabilite üzerindeki etkisi daha detaylı incelenebilir. Bunun yanında aktif veya pasif yalpa sönümleyici donanımlar ve yüklemenin etkisi birlikte incelenebilir. İleriki çalışmalarda, deniz şiddeti ve yükleme durumları, elde edilebilecek kar ile olması muhtemel kaza nedeniyle oluşabilecek maddi kayıplar göz önünde bulundurularak incelenebilir.

5. KAYNAKLAR

1. Grim, O., Rollschwingungen, Stabilitat und Slicherheitin Seegang, Schifftechnik, 1952.
2. Wendel, K., Stabilitatseinbupen im Seegang und Durch Koksdeckslast, Hansa, 1954.
3. Grim, O., Zur Stabilitat der Periodisch Erzwangenen Rollschwingungen eines Schiffes, Ingenuer Archive, 1954.
4. Paulling, J.R. and Rosenberg, R.M., On unstable ship motions resulting from nonlinear coupling, *Journal of Ship Research*, Volume 3, 36–46, 1959.
5. Lin, W.M. and Salvesen, N., Nine Years of Progress with LAMP The Large Amplitude Motion Program, SAIC Report No: 97/1079, 1998.
6. DeKat, J. O. and Paulling, J. R., The Simulation of Ship Motions and Capsizing in Severe Seas, *Transactions*, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, vol. 97, 1989.
7. 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.
8. 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.
9. Nayfeh, A.H. ve Mook, D.T., *Nonlinear Oscillations*, John Wiley & Sons, Inc., 1979.
10. Nayfeh, A.H., *Problems in Perturbation*, John Wiley & Sons, Inc., 1985.
11. Bogoliubov, N.N. ve Mitropolsky, Y.A., *Asymtotic Methods in the Theory of Non-Linear Oscillations*, Hindustan Publishing Corp., Delhi, 1961.
12. Nayfeh, A.H. ve Balachadran, B., *Applied Nonlinear Dynamics Analytical, Computational and Experimental Methods*, John Wiley & Sons, Inc.,1995.
13. Stoker, J.J., *Nonlinear Vibrations in Mechanical and Electrical Systems*, Interscience Publishers, Inc., 1950.
14. Wiggins, S., *Introduction to Applied Nonlinear Dynamical Systems and Chaos*, Springer-Verlag,1980.
15. Rand, R.H., *Lecture Notes on Nonlinear Vibrations*, Department of Theoretical and Applied Mechanics, Cornell University,2003.

16. Turhan, Ö., Lineer Olmayan Titreşimler Ders Notları, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2006.
17. Hayashi, Ch. Forced oscillations in nonlinear systems, Nippon Printing and Publishing Company, Osaka, 1953.
18. 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. A, 332, pp. 149-167.
19. Grim, O., Beitrag zu dem Problem der Sicherheit des Schiffes im Seegang, Schiff und Hafen, 490-497, 1961.
20. Bullian, G., Development of Analytical Nonlinear Models for Parametric Roll and Hydrostatic Restoring Variations in Regular and Irregular Waves, Università Degli Studi Di Trieste (Doktora Tezi), 2006.
21. American Bureau of Shipping., Guide For the Assessment of Parametric Roll Resonance In the Design of Container Carriers, Houston, 2004.
22. Federal Bureau für Seeunfalluntersuchung., Fatal accident on board CMV CHICAGO EXPRESS during Typhoon "HAGUPIT" on 24 September 2008 off the coast of Hong Kong. 2009.
23. Peşman, E., Boyuna Dalgalarda Gemilerin Yalpa Hareketi Analizi, Doktora Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2011.
24. Biran A., Ship hydrostatic and stability, Hüseyin Yılmaz, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2006.
25. Peşman E., Yalpa Genliği- Faz Açısı- Zaman Grafiği Oluşturabilen MATLAB Program Kodu, 2011.

URL 1. [http://www.rhino3d.com/Rhinoceros 5/](http://www.rhino3d.com/Rhinoceros%205/) 18.06.2014.

URL 2. [http://www.bentley.com/tr-TR/Products/ Maxsurf/](http://www.bentley.com/tr-TR/Products/Maxsurf/) 18.06.2014.

URL 3. <http://www.slideshare.net/asbasak/kaptann-klavuzu#/>18.06.2014.

URL 4. <http://www.denizciyiz.com/forums/topic/25214-goss-seyir/>18.06.2014.

6. EKLER

6.1. EK – A

Frekansa Bağlı Çözüm İle Elde Edilen 24. Derece Denklemin Katsayıları,

$$P = 150994994\pi^2$$

$$\omega = \frac{\omega_e}{\omega_m}$$

$$a_1 = \frac{-345744\xi_7^4\pi^2 + 540225\xi_7^2\gamma_7^2\pi^2}{P}$$

$$a_2 = 0$$

$$a_3 = \frac{-1728720\xi_5\xi_7^3\pi^2 + 1234800\xi_7^2\gamma_5\gamma_7\pi^2 + 1543500\xi_5\xi_7\gamma_7^2\pi^2}{P}$$

$$a_4 = 0$$

$$a_5 = \frac{(-3219300\xi_5^2\xi_7^2\pi^2 - 2370816\xi_3\xi_7^3\pi^2 + 705600\xi_7^2\gamma_5^2\pi^2 + 1481760\xi_7^2\gamma_3\gamma_7\pi^2 + 3528000\xi_5\xi_7\gamma_5\gamma_7\pi^2 + 1102500\xi_5^2\xi_7^2\pi^2 + 2469600\xi_3\xi_7\gamma_7^2\pi^2) / P}$$

$$a_6 = 0$$

$$a_7 = \frac{(-2646000\xi_5^3\xi_7\pi^2 - 8749440\xi_3\xi_5\xi_7^2\pi^2 - 3951360\xi_1\xi_7^3\pi^2 + 1693440\xi_7^2\gamma_3\gamma_5\pi^2 + 2016000\xi_5\xi_7\gamma_5^2\pi^2 + 1975680\xi_7^2\gamma_1\gamma_7\pi^2 + 4233600\xi_5\xi_7\gamma_3\gamma_7\pi^2 + 2520000\xi_5^2\gamma_5\gamma_7\pi^2 + 5644800\xi_3\xi_7\gamma_5\gamma_7\pi^2 + 3528000\xi_3\xi_7\gamma_7^2\pi^2 + 4939200\xi_1\xi_7\gamma_7^2\pi^2 - 493920\xi_7^2\gamma_7\pi^2\omega^2) / P}$$

$$a_8 = 0$$

EK –A nin devamı,

$$\begin{aligned}
 a_9 = & (-810000\xi_5^2\pi^2 - 10684800\xi_1^2\xi_5^2\xi_7^2\pi^2 + 70592\xi_3^2\xi_7^2\pi^2 \\
 & + 14394240\xi_1\xi_5\xi_7^2\pi^2 + 1016064\xi_7^2\gamma_3^2\pi^2 + 2257920\xi_7^2\gamma_1\gamma_5\pi^2 \\
 & + 4838400\xi_5\xi_7\gamma_3\gamma_5\pi^2 + 1440000\xi_5^2\gamma_5^2\pi^2 + 3225600\xi_3\xi_7\gamma_5^2\pi^2 \\
 & + 5644800\xi_5\xi_7\gamma_1\gamma_7\pi^2 + 3024000\xi_5^2\gamma_3\gamma_7\pi^2 + 6773760\xi_3\xi_7\gamma_3\gamma_7\pi^2 \\
 & + 8064000\xi_3\xi_5\gamma_5\gamma_7\pi^2 + 11289600\xi_1\xi_7\gamma_5\gamma_7\pi^2 + 2822400\xi_3^2\gamma_7^2\pi^2 \\
 & + 7056000\xi_1\xi_5\gamma_7^2\pi^2 - 564480\xi_7^2\gamma_5\pi^2\omega^2 - 1411200\xi_5\xi_7\gamma_7\pi^2\omega^2 \\
 & + 254016d^2\gamma_7^2\pi^2\omega^6) / P
 \end{aligned}$$

$$a_{10} = \frac{3612672d\xi_7^2\pi^2\omega^5\beta}{P}$$

$$\begin{aligned}
 a_{11} = & (-4320000\xi_3\xi_5^3\pi^2 - 14192640\xi_3^2\xi_5\xi_7\pi^2 - 17337600\xi_1\xi_5^2\xi_7\pi^2 \\
 & - 18966528\xi_1\xi_3\xi_7^2\pi^2 + 2709504\xi_7^2\gamma_1\gamma_3\pi^2 + 2903040\xi_5\xi_7\gamma_3\pi^2 \\
 & + 6451200\xi_5\xi_7\gamma_1\gamma_5\pi^2 + 3456000\xi_5^2\gamma_3\gamma_5\pi^2 + 7741440\xi_3\xi_7\gamma_3\gamma_5\pi^2 \\
 & + 4608000\xi_3\xi_5\gamma_5^2\pi^2 + 6451200\xi_1\xi_7\gamma_5^2\pi^2 + 4032000\xi_5^2\gamma_1\gamma_7\pi^2 \\
 & + 9031680\xi_3\xi_7\gamma_1\gamma_7\pi^2 + 9676800\xi_3\xi_5\gamma_3\gamma_7\pi^2 + 13547520\xi_1\xi_7\gamma_3\gamma_7\pi^2 \\
 & + 6451200\xi_3^2\gamma_5\gamma_7\pi^2 + 16128000\xi_1\xi_5\gamma_5\gamma_7\pi^2 + 11289600\xi_1\xi_3\gamma_7^2\pi^2 \\
 & - 677376\xi_7^2\gamma_3\pi^2\omega^2 - 1612800\xi_5\xi_7\gamma_5\pi^2\omega^2 - 1008000\xi_5^2\gamma_7\pi^2\omega^2 \\
 & - 2257920\xi_3\xi_7\gamma_7\pi^2\omega^2 + 5419008d\nu\xi_7^2\pi^2\omega^4 + 544320d^2\xi_5\xi_7\pi^2\omega^6 \\
 & + 12845056\xi_7^2\beta^2\omega^4) / P
 \end{aligned}$$

$$a_{12} = \frac{38535168\xi_7^2\pi\nu\beta\omega^3 + 7741440\xi_5\xi_7\pi d\beta\omega^5}{P}$$

$$\begin{aligned}
 a_{13} = & (-8524800\xi_3^2\xi_5^2\pi^2 - 6912000\xi_1^2\xi_5^3\pi^2 - 6193152\xi_3^3\xi_7\pi^2 \\
 & - 45158400\xi_1\xi_3\xi_5\xi_7\pi^2 - 14902272\xi_1^2\xi_7^2\pi^2 + 1806336\xi_7^2\gamma_1^2\pi^2 \\
 & + 7741440\xi_5\xi_7\gamma_1\gamma_3\pi^2 + 2073600\xi_5^2\gamma_3^2\pi^2 + 4644864\xi_3\xi_7\gamma_3^2\pi^2 \\
 & + 4608000\xi_5^2\gamma_1\gamma_5\pi^2 + 10321920\xi_3\xi_7\gamma_1\gamma_5\pi^2 + 11059200\xi_3\xi_5\gamma_3\gamma_5\pi^2 \\
 & + 15482880\xi_1\xi_7\gamma_3\gamma_5\pi^2 + 3686400\xi_3^2\gamma_5^2\pi^2 + 9216000\xi_1\xi_5\gamma_5^2\pi^2 \\
 & + 12902400\xi_3\xi_5\gamma_1\gamma_7\pi^2 + 18063360\xi_1\xi_7\gamma_1\gamma_7\pi^2 + 7741440\xi_3^2\gamma_3\gamma_7\pi^2 \\
 & + 19353600\xi_1\xi_5\gamma_3\gamma_7\pi^2 + 25804800\xi_1\xi_3\gamma_5\gamma_7\pi^2 + 11289600\xi_1^2\gamma_7^2\pi^2 \\
 & - 903168\xi_7^2\gamma_1\pi^2\omega^2 - 1935360\xi_5\xi_7\gamma_3\pi^2\omega^2 - 1152000\xi_5^2\gamma_5\pi^2\omega^2 \\
 & - 2580480\xi_3\xi_7\gamma_5\pi^2\omega^2 - 3225600\xi_3\xi_5\gamma_7\pi^2\omega^2 - 4515840\xi_1\xi_7\gamma_7\pi^2\omega^2 \\
 & + 28901376\xi_7^2\pi^2\nu^2\omega^2 + 112896\xi_7^2\pi^2\omega^4 + 11612160\xi_5\xi_7d\pi^2\nu\omega^4 \\
 & + 291600\xi_5^2d^2\pi^2\omega^6 + 580608\xi_3\xi_7d^2\pi^2\omega^6 + 27525120\xi_5\xi_7\beta^2\omega^4) / P
 \end{aligned}$$

EK –A nin devamı,

$$a_{14} = \frac{82575360\xi_5\xi_7\pi\nu\beta\omega^3 + 4147200\xi_5^2\pi d\beta\omega^5 + 8257536\xi_3\xi_7\pi d\beta\omega^5}{P}$$

$$\begin{aligned} a_{15} = & (-7372800\xi_3^2\xi_5^2\pi^2 - 26726400\xi_1\xi_3\xi_5^2\pi^2 - 28901376\xi_1\xi_3^2\xi_7\pi^2 \\ & - 34836480\xi_1^2\xi_5\xi_7\pi^2 + 5160960\xi_5\xi_7\gamma_1^2\pi^2 + 5529600\xi_5^2\gamma_1\gamma_3\pi^2 \\ & + 12386304\xi_3\xi_7\gamma_1\gamma_3\pi^2 + 6635520\xi_3\xi_5\gamma_3^2\pi^2 + 9289728\xi_1\xi_7\gamma_3^2\pi^2 \\ & + 14745600\xi_3\xi_5\gamma_1\gamma_5\pi^2 + 20643840\xi_1\xi_7\gamma_1\gamma_5\pi^2 + 8847360\xi_3^2\gamma_3\gamma_5\pi^2 \\ & + 22118400\xi_1\xi_5\gamma_3\gamma_5\pi^2 + 14745600\xi_1\xi_3\gamma_5^2\pi^2 + 10321920\xi_3^2\gamma_1\gamma_7\pi^2 \\ & + 25804800\xi_1\xi_5\gamma_1\gamma_7\pi^2 + 30965760\xi_1\xi_3\gamma_3\gamma_7\pi^2 + 25804800\xi_1^2\gamma_5\gamma_7\pi^2 \\ & - 2580480\xi_5\xi_7\gamma_1\omega^2\pi^2 - 1382400\xi_5^2\gamma_3\omega^2\pi^2 - 3096576\xi_3\xi_7\gamma_3\omega^2\pi^2 \\ & - 3686400\xi_3\xi_5\gamma_5\pi^2\omega^2 - 5160960\xi_1\xi_7\gamma_5\pi^2\omega^2 - 2580480\xi_3^2\gamma_7\pi^2\omega^2 \\ & - 6451200\xi_1\xi_5\gamma_7\pi^2\omega^2 + 61931520\xi_5\xi_7\nu^2\pi^2\omega^2 + 322560\xi_5\xi_7\pi^2\omega^4 \\ & + 6220800\xi_5^2\pi^2 d\nu\omega^4 + 12386304\xi_3\xi_7\pi^2 d\nu\omega^4 + 622080\xi_3\xi_5 d^2\pi^2\omega^6 \\ & + 580608\xi_1\xi_7 d^2\pi^2\omega^6 + 14745600\xi_5^2\beta^2\omega^4 + 29360128\xi_3\xi_7\beta^2\omega^4) / P \end{aligned}$$

$$a_{16} = (44236800\xi_5^2\pi\nu\beta\omega^3 + 88080384\xi_3\xi_7\pi\nu\beta\omega^3 + 8847360\xi_3\xi_5\pi d\beta\omega^5 + 8257536\xi_1\xi_7\pi d\beta\omega^5) / P$$

$$\begin{aligned} a_{17} = & (-2359296\xi_3^4\pi^2 - 3391480\xi_1\xi_3^2\xi_5^2\pi^2 - 20275200\xi_1^2\xi_5^2\pi^2 \\ & - 43352064\xi_3\xi_7\xi_1^2\pi^2 + 3686400\xi_5^2\gamma_1^2\pi^2 + 82575336\xi_3\xi_7\gamma_1^2\pi^2 \\ & + 17694720\xi_3\xi_5\gamma_1\gamma_3\pi^2 + 24772608\xi_1\xi_7\gamma_1\gamma_3\pi^2 + 5308416\xi_3^2\gamma_3^2\pi^2 \\ & + 13271040\xi_1\xi_5\gamma_3^2\pi^2 + 11796480\xi_3^2\gamma_1\gamma_5\pi^2 + 29491200\xi_1\xi_5\gamma_1\gamma_5\pi^2 \\ & + 35389440\xi_1\xi_3\gamma_3\gamma_5\pi^2 + 14745600\xi_1^5\gamma_5^2\pi^2 + 41287680\xi_1\xi_3\gamma_1\gamma_7\pi^2 \\ & + 30965760\xi_1^2\gamma_3\gamma_7\pi^2 - 1843200\xi_5^2\gamma_1\omega^2\pi^2 - 4128768\xi_3\gamma_1\xi_7\omega^2\pi^2 \\ & - 4423680\xi_5\xi_3\gamma_3\omega^2\pi^2 - 6193152\xi_1\xi_7\gamma_3\omega^2\pi^2 - 2949120\xi_3^2\gamma_5\omega^2\pi^2 \\ & - 7372800\xi_1\xi_5\gamma_5\pi^2\omega^2 - 10321920\xi_1\xi_3\gamma_7\pi^2\omega^2 + 33177600\xi_5^2\nu^2\pi^2\omega^2 \\ & + 66060288\xi_3\xi_7\nu^2\pi^2\omega^2 + 230400\xi_5^2\pi^2\omega^4 + 516096\xi_3\xi_7\pi^2\omega^4 \\ & + 13271040\xi_3\xi_5\pi^2 d\nu\omega^4 + 12386304\xi_1\xi_7\pi^2 d\nu\omega^4 + 331776\xi_3^2 d^2\pi^2\omega^6 \\ & + 622080\xi_1\xi_5 d^2\pi^2\omega^6 + 31457280\xi_3\xi_5\beta^2\omega^4 + 29360128\xi_1\xi_7\beta^2\omega^4) / P \end{aligned}$$

$$a_{18} = (94371840\xi_3\xi_5\pi\nu\beta\omega^3 + 88080384\xi_1\xi_7\pi\nu\beta\omega^3 + 8847360\xi_1\xi_5\pi d\beta\omega^5 + 4718592\xi_3^2\pi d\beta\omega^5) / P$$

EK –A nin devamı,

$$\begin{aligned}
a_{19} = & (-14155776\xi_3^3\xi_1^2\pi^2 - 50135040\xi_5\xi_3\xi_1^2\pi^2 - 20643840\xi_1^2\xi_5\xi_7\pi^2 \\
& + 11796480\xi_3\xi_7\gamma_1^2\pi^2 + 16515072\xi_1\xi_7\gamma_1^2\pi^2 + 14155776\xi_3^2\gamma_3\gamma_1\pi^2 \\
& + 35389440\xi_1\xi_5\gamma_1\gamma_3\pi^2 + 21233664\xi_3\xi_1\gamma_3^2\pi^2 + 47185920\xi_1\xi_3\gamma_1\gamma_5\pi^2 \\
& + 35389440\xi_1^2\gamma_3\gamma_5\pi^2 + 41287680\xi_1^2\gamma_1\gamma_7\pi^2 - 5898240\xi_3\xi_5\gamma_1\omega^2\pi^2 \\
& - 8257536\xi_1\xi_7\gamma_1\omega^2\pi^2 - 3538944\xi_3^2\gamma_3\omega^2\pi^2 - 8847360\xi_1\xi_5\gamma_3\omega^2\pi^2 \\
& - 11796480\xi_1\xi_3\gamma_5\omega^2\pi^2 - 10321920\xi_1^2\gamma_7\omega^2\pi^2 + 70778880\xi_5\xi_3\nu^2\pi^2\omega^2 \\
& + 66060288\xi_1\xi_7\nu^2\omega^2\pi^2 + 737280\xi_3\xi_5\omega^4\pi^2 + 1032192\xi_1\xi_7\omega^4\pi^2 \\
& + 7077888\xi_3^2\pi^2 d\nu\omega^4 + 13271040\xi_1\xi_5\pi^2 d\nu\omega^4 + 663552\xi_3\xi_1 d^2\pi^2\omega^6 \\
& + 16777216\xi_3^2\beta^2\omega^4 + 31457280\xi_1\xi_5\beta^2\omega^4) / P
\end{aligned}$$

$$a_{20} = \frac{94371840\xi_5\xi_1\pi\nu\beta\omega^3 + 50331648\xi_3^2\pi d\beta\omega^3 + 9437184\xi_3\xi_1\pi d\beta\omega^5}{P}$$

$$\begin{aligned}
a_{21} = & (-30670848\xi_3^2\xi_1^3\pi^2 - 23592960\xi_1^3\xi_5\pi^2 + 9437184\xi_3^2\gamma_1^2\pi^2 \\
& + 23592960\xi_1\xi_5\gamma_1^2\pi^2 + 56623104\xi_1\xi_3\gamma_1\gamma_3\pi^2 + 21233664\xi_1^2\gamma_3^2\pi^2 \\
& + 47185920\xi_1^2\gamma_1\gamma_5\pi^2 - 4718592\xi_3^2\gamma_1\omega^2\pi^2 - 11796480\xi_1\xi_5\gamma_1\omega^2\pi^2 \\
& - 14155776\xi_1\xi_3\gamma_3\omega^2\pi^2 - 11796480\xi_1^2\gamma_5\omega^2\pi^2 + 37748736\xi_3^2\nu^2\omega^2\pi^2 \\
& + 70778880\xi_1\xi_5\nu^2\omega^2\pi^2 + 589824\xi_3^2\omega^4\pi^2 + 1474560\xi_1\xi_5\omega^4\pi^2 \\
& + 14155776d\nu\xi_1\xi_3\pi^2\omega^4 + 331776d^2\xi_1^2\pi^2\omega^6 + 33554432\xi_1\xi_3\beta^2\omega^4) / P
\end{aligned}$$

$$a_{22} = \frac{100663296\xi_1\xi_3\pi\nu\beta\omega^3 + 4718592\xi_5^2\pi d\beta\omega^5}{P}$$

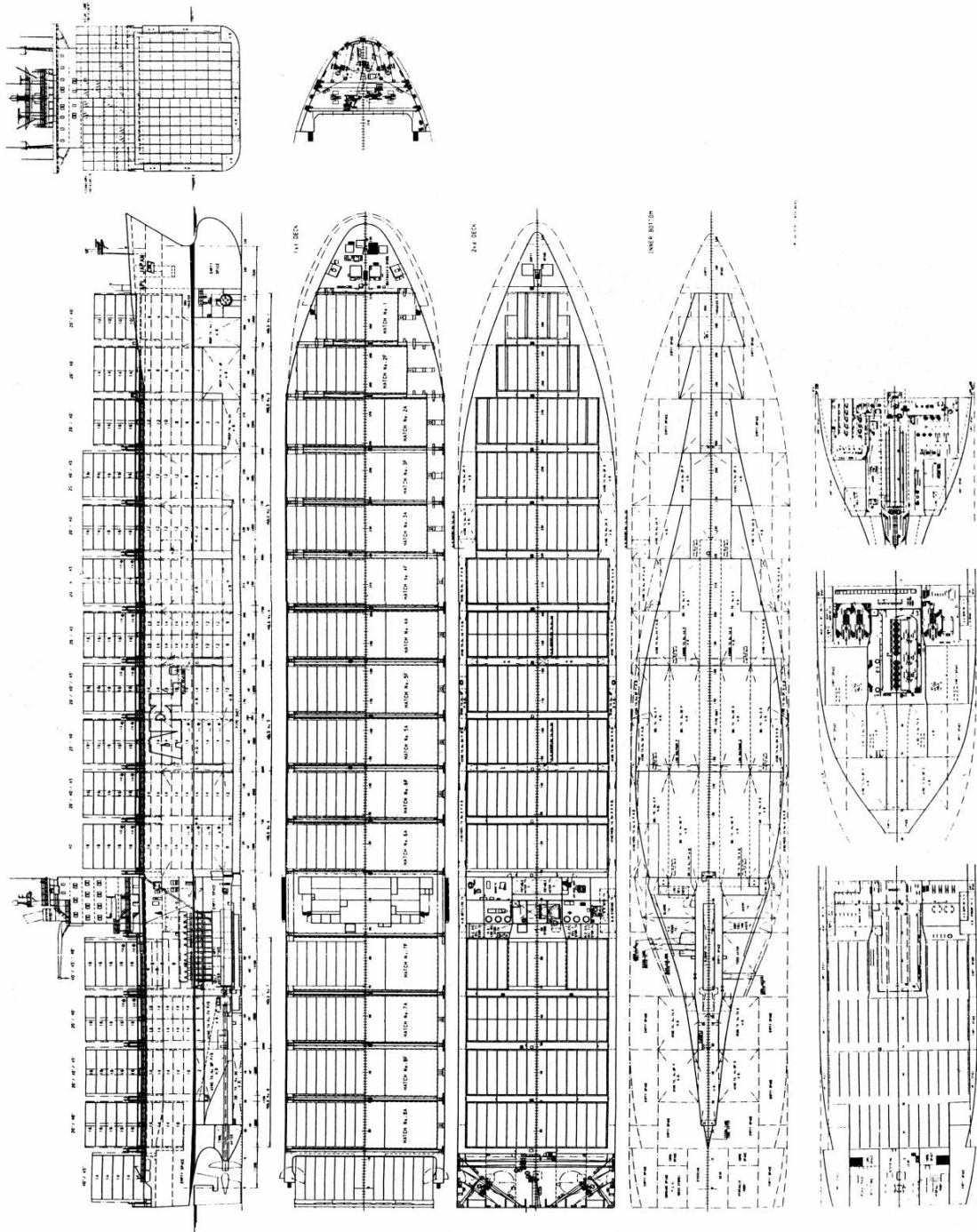
$$\begin{aligned}
a_{23} = & (-28311552\xi_3\xi_1^3\pi^2 + 37748736\xi_1\xi_3\gamma_1^2\pi^2 + 56623104\xi_1^2\gamma_1\gamma_3\pi^2 \\
& - 18874368\xi_1\xi_3\gamma_1\omega^2\pi^2 - 14155776\xi_1^2\gamma_3\omega^2\pi^2 + 75497472\xi_1\xi_3\nu^2\omega^2\pi^2 \\
& + 2359296\xi_1\xi_3\omega^4\pi^2 + 7077888d\xi_1^2\pi^2\nu\omega^4 + 16777216\xi_1^2\beta^2\omega^4) / P
\end{aligned}$$

$$a_{24} = \frac{50331648\xi_1^2\pi\nu\beta\omega^3}{P}$$

$$\begin{aligned}
a_{25} = & (-9437184\xi_1^4\pi^2 + 37748736\xi_1^2\gamma_1^2\pi^2 - 18874368\xi_1^2\gamma_1\omega^2\pi^2 \\
& + 37748736\xi_1^2\nu^2\omega^2\pi^2 + 2359296\xi_1^2\omega^4\pi^2) / P
\end{aligned}$$

EK - B

APL CHINA - JAPAN Genel Yerleşirme Planı:



EK – C

Ek Tablo C.1. Tank açıklamalar ve sınır ölçüleri

Tank İsmi	Ön Sınır	Arka Sınır	İskele Sınır	Sancak Sınır	Üst Sınır	Alt Sınır
Borda tank BAŞ 2s	220	235	4.5	20	20	10
Borda tank BAŞ 2p	220	235	-20	-4.5	20	10
Borda tank BAŞ 2s alt	220	235	2.5	10	10	0
Borda tank BAŞ 2p alt	220	235	-10	-2.5	10	0
Borda tank BAŞ 3 s	205	220	7	20	20	10
Borda tank BAŞ 3s alt	205	220	2.5	10	10	4.5
Borda tank BAŞ 3 p	205	220	-20	-7	20	10
Borda tank BAŞ 3p alt	205	220	-10	-2.5	10	4.5
Borda tank no 1p. üst	190	205	-20	-10	20	10
Borda tank no 1p. alt	190	205	-15	-5	10	0
Borda tank no 1s. üst	190	205	10	20	20	10
Borda tank no 1s. alt	190	205	5	15	10	0
Borda tank no 2p.F.O.	175	190	-20	-13	20	10
Borda tank no 2p. F.O. alt	175	190	5	20	10	4.5
Borda tank no 2s.F.O.	175	190	13	20	20	10
Borda tank no 2s. F.O. alt	175	190	-20	-5	10	4.5
Borda tank no 3p.	160	175	-20	-15	20	10
Borda tank no 3p. alt	160	175	-20	-9	10	3
Borda tank no 3s.	160	175	15	20	20	10
Borda tank no 3s. alt	160	175	9	20	10	3
Borda tank no 4p.F.O.	147	160	-20	-15	20	10
Borda tank no 4p. F.O. alt	147	160	11	20	10	3
Borda tank no 4s. F.O. alt	147	160	-20	-11	10	3
Borda tank no 5s	71	85	15	20	20	3
Borda tank no 5p	71	85	-20	-15	20	3
D.b. Tank no 1p d.b.	147	175	-20	-2.5	3	0
D.b. Tank no 2 p.d.b.	175	190	-15	0	4.5	0
D.b. Tank no 2 s.d.b.	175	190	0	15	4.5	0
D.b. Tank no 1s d.b.	147	175	2.5	20	3	0
D.b. Tank no 0s d.b.	190	205	-5	0	4.5	0
D.b. Tank no 0p d.b.	190	205	0	5	4.5	0

EK – C nin devamı,

Tank İsmi	Ön Sınır	Arka Sınır	İskele Sınır	Sancak Sınır	Üst Sınır	Alt Sınır
D.b. Tank BAŞ 4 d.b. S	205	220	2.5	10	4.5	0
D.b. Tank BAŞ 4 d.b. P	205	220	-10	-2.5	4.5	0
Merkez tank no 1p.d.b.	145	147	15	20	20	3
Merkez tank s.d.b.	145	147	2.5	20	3	0
Merkez tank p.d.b.	145	147	-20	-2.5	3	0
D.b. Tank no 2 s d.b.	118	145	10	20	3	0
D.b. Tank no 2 s.C.d.b.	118	145	2.5	10	3	0
D.b. Tank no 2 p d.b.	118	145	-20	-10	3	0
D.b. Tank no 2 p.C.d.b.	118	145	-10	-2.5	3	0
Borda tank no 5p	130	145	-20	-15	20	3
Borda tank no 5s	130	145	15	20	20	3
Borda tank no 6p.F.O.	118	130	-20	-15	20	3
Borda tank no 6s.F.O.	118	130	15	20	20	3
Yağlama yağı tank. Merk. P	115	118	-20	-15	20	3
Yağlama yağı tank p.d.b.	115	118	-20	-2.5	3	0
Yağlama yağı tank s.d.b.	115	118	2.5	20	3	0
Yağlama yağı.tank. Merk.S	115	118	15	20	20	3
D.b. Tank no 3 s.d.b.	85	115	10	20	3	0
D.b. Tank. No 3 s. C. D.b.	85	115	2.5	10	3	0
D.b. Tank no 3 p.d.b.	85	115	-20	-10	3	0
D.b. Tank. No 3 p. C. D.b.	85	115	-10	-2.5	3	0
D.b. tank MAKİNA DAİRESİ s	24	53	3.5	10	3	0
D.b. tank MAKİNA DAİRESİ p	24	53	-10	-3.5	3	0
Borda tank no 7 p	85	100	-20	-15	20	3
Borda tank no 7 p yakıt	100	115	-20	-15	20	3
Borda tank no 7 s yakıt	100	115	15	20	20	3
Borda tank no 7 s	85	100	15	20	20	3
Taşıntı tank s	75	80	3.5	15	3	0
Borda tank no 9 p	24	38	-12	-3.5	10	3
Kinistin San.	80	85	10	20	3	0
Kinistin iskele	80	85	-20	-10	3	0
Soğutma tank iskele	71	75	-17	-3.5	3	0
Sihhi topl. ve atık tank s	71	75	3.5	17	3	0
Borda tank no 8 s.F.O.	39	53	3.5	12	10	3
Borda tank no 8s KANAT	39	53	12	20	10	3
Borda tank no 8 p.F.O.	39	53	-12	-3.5	10	3
Borda tank no 8 p KANAT	39	53	-20	-12	10	3
Borda tank no 9 s	24	38	3.5	12	10	3

EK – C nin devamı,

Tank İsmi	Ön Sınır	Arka Sınır	İskele Sınır	Sancak Sınır	Üst Sınır	Alt Sınır
Borda tank no 9s KANAT	24	38	12	20	10	3
Borda tank no 9p KANAT	24	38	-20	-12	10	3
Kargo alanı	6	10	2.5	12	21	12
Kargo alanı	6	10	-12	-2.5	21	12
Hidrolik tank	-5	6	2.5	12	21	12
Depo	-5	6	-12	-2.5	21	12
Borda tank no 10 p	-5	10	-20	-12	21	5
Borda tank no 10 s	-5	10	12	20	21	5

EK - D

Ek Tablo D.1. “Durum 1” tanklar ve ambarlar yük dağılımı

TANK – BAY İSMİ	YÜK DURUMU	TOPLAM AĞIRLIK	LCG	TCG	VCG
Borda tank BAŞ 2s.	0%	0	226.401	6.974	16.241
Borda tank BAŞ 2p.	0%	0	226.44	-6.984	16.227
Borda tank BAŞ 2s.alt	0%	0	226.472	3.691	7.401
Borda tank BAŞ 2p. alt	0%	0	226.547	-3.702	7.377
Borda tank BAŞ 3 s.	0%	0	211.585	9.981	16.145
Borda tank BAŞ 3s. alt	0%	0	211.752	4.861	7.63
Borda tank BAŞ 3 p.	0%	0	211.571	-10.005	16.135
Borda tank BAŞ 3p. alt	0%	0	211.733	-4.885	7.626
Borda tank no 1p. üst	50%	400.269	196.583	-12.325	13.784
Borda tank no 1p. alt	50%	213.518	196.354	-6.767	5.787
Borda tank no 1s. üst	50%	393.638	196.566	12.292	13.809
Borda tank no 1s. alt	50%	208.613	196.334	6.744	5.827
Borda tank no 2p.F.O.	100%	658.615	181.941	-15.577	15.855
Borda tank no 2p. F.O. alt	100%	583.262	181.978	8.933	7.55
Borda tank no 2s.F.O.	100%	646.48	181.929	15.539	15.871
Borda tank no 2s. F.O. alt	100%	589.899	181.984	-8.974	7.546
Borda tank no 3p.	50%	318.781	166.994	-16.901	13.088
Borda tank no 3p. alt	50%	313.377	166.68	-11.615	5.528
Borda tank no 3s.	50%	312.275	166.982	16.861	13.102
Borda tank no 3s. alt	50%	308.838	166.666	11.581	5.541
Borda tank no 4p.F.O.	100%	576.409	153.448	-17.356	15.147
Borda tank no 4p. F.O. alt	100%	522.149	153.18	14.219	6.95
Borda tank no 4s.F.O.	100%	566.064	153.447	17.314	15.15
Borda tank no 4s. F.O. alt	100%	529.388	153.184	-14.259	6.944
Borda tank no 5s	50%	544.592	78.231	17.172	8.316
Borda tank no 5p	50%	551.211	78.223	-17.205	8.271
D.b. Tank no 1p d.b.	50%	295.868	158.507	-5.997	1.156
D.b. Tank no 2 p.d.b.	50%	225.889	181.943	-3.107	1.787
D.b. Tank no 2 s.d.b.	50%	223.274	181.933	3.073	1.791
D.b. Tank no 1s d.b.	50%	292.519	158.483	5.964	1.159
D.b. Tank no 0s d.b.	50%	131.154	196.955	-1.941	1.789
Merkez tank no 1p.d.b.	100%	134.73	145.997	17.132	12.65

EK – D nin devamı,

TANK – BAY İSMİ	YÜK DURUMU	TOPLAM AĞIRLIK	LCG	TCG	VCG
D.b. Tank BAŞ 4 d.b. S	0%	0	211.133	3.439	3.546
D.b. Tank BAŞ 4 d.b. P	0%	0	211.078	-3.46	3.532
Merkez tank no 1s.d.b.	100%	137.596	145.997	-17.171	12.626
Merkez tank s.d.b.	100%	59.677	145.994	7.862	1.717
Merkez tank p.d.b.	100%	60.168	145.994	-7.901	1.716
D.b. Tank no 2 s d.b.	50%	219.359	129.133	12.714	1.164
D.b. Tank no 2 s.C.d.b.	50%	303.532	131.256	6.19	0.805
D.b. Tank no 2 p d.b.	50%	222.661	129.164	-12.747	1.16
D.b. Tank no 2 p.C.d.b.	50%	303.647	131.26	-6.191	0.805
Borda tank no 5p	50%	570.795	137.185	-17.097	8.111
Borda tank no 5s	50%	559.776	137.179	17.057	8.128
Borda tank no 6p.F.O.	100%	935.16	123.962	-17.436	11.692
Borda tank no 6s.F.O.	100%	925.24	123.944	17.412	11.711
Yağlama yağı tank. Merk.	50%	114.788	116.501	-17.406	7.48
Yağlama yağı tank p.d.b.	50%	58.241	116.504	-9.093	0.908
Yağlama yağı tank s.d.b.	50%	57.895	116.504	9.053	0.909
Yağlama yağı.tank. Merk.	50%	114.206	116.501	17.384	7.522
D.b. Tank no 3 s.d.b.	50%	260.22	101.392	12.808	1.197
D.b. Tank. No 3 s. C. D.b.	50%	334.229	100.197	6.174	0.825
D.b. Tank no 3 p.d.b.	50%	263.876	101.376	-12.843	1.192
D.b. Tank. No 3 p. C. D.b.	50%	334.46	100.193	-6.175	0.824
D.b. tank MAKİNA DAİRESİ s	0%	0	44.674	4.871	2.097
D.b. tank MAKİNA DAİRESİ P	0%	0	44.507	-4.893	2.088
Borda tank no 7 p	100%	1152.125	92.543	-17.414	11.817
Borda tank no 7 p yakıt	100%	1172.49	107.51	-17.444	11.696
Borda tank no 7 s yakıt	100%	1165.91	107.513	17.432	11.728
Borda tank no 7 s	100%	1142.199	92.543	17.396	11.847
Taşıntı tank s	100%	121.083	77.553	8.321	1.784
Taşıntı tank p	100%	121.991	77.552	-8.345	1.78
Kinistin San.	0%	0	82.6	12.605	2.005
Kinistin iskele	0%	0	82.599	-12.639	1.999
Soğutma tank iskele	100%	91.159	73.043	-7.915	1.833
Sihhi topl. ve atık tank s	50%	45.09	73.054	7.022	1.193
Borda tank no 8 s.F.O.	100%	681.58	46.284	7.358	6.852
Borda tank no 8s KANAT	0%	0	47.27	14.275	8.515
Borda tank no 8 p.F.O.	100%	684.966	46.277	-7.368	6.841
Borda tank no 8 p KANAT	0%	0	47.258	-14.305	8.502
Borda tank no 9 s	50%	217.052	32.515	5.552	6.084
Kargo alanı	50%	140.889	8.05	-6.824	14.899
Borda tank no 9 p	50%	220.651	32.477	-5.566	6.047

EK – D nin devamı,

TANK – BAY İSMİ	YÜK DURUMU	TOPLAM AĞIRLIK	LCG	TCG	VCG
Borda tank no 9p KANAT	0%	0	34.789	-13.282	9.377
Kargo alanı	50%	140.846	8.049	6.82	14.9
Hidrolik tank	50%	366.379	0.678	6.812	15.229
Depo	50%	366.442	0.672	-6.822	15.23
Bay 1	1	118.8	245.779	0	28.583
Bay 1a	1	118.8	239.642	0	28.583
Bay 2	1	224.4	231.212	0	28.16
Bay 2a	1	224.4	225	0	28.16
Bay 3	1	268.4	216.57	0	24.523
Bay 3a	1	268.4	210.39	0	24.523
Bay 4	1	334.4	201.663	0	24.723
Bay 4a	1	334.4	195.618	0	24.723
Bay 5	1	369.6	187.102	0	21.628
Bay 5a	1	369.9	180.935	0	21.628
Bay 6	1	418	171.468	0	20.431
Bay 6a	1	418	165.17	0	20.431
Bay 7	1	431.2	157.26	0	20.051
Bay 7a	1	431.2	150.972	0	20.051
Bay 8	1	448.8	142.338	0	19.463
Bay 8a	1	448.8	136.051	0	19.463
Bay 9	1	448.8	127.402	0	19.463
Bay 9a	1	448.8	121.325	0	19.463
Bay 10	1	448.8	112.917	0	19.461
Bay 10a	1	448.8	106.584	0	19.461
Bay 11	1	448.8	101.228	0	19.93
Bay 11a	1	448.8	94.906	0	19.929
Bay 12	1	246.4	65.46	0	24.85
Bay 12a	1	246.4	59.321	0	24.85
Bay 13	1	343.2	50.223	0	21.917
Bay 13a	1	343.2	44.056	0	21.917
Bay 14	1	325.6	35.468	0	22.497
Bay 14a	1	325.6	28.94	0	22.497
Bay 15	1	290.4	20.832	0	12.602
Bay 15a	1	290.4	14.605	0	12.602
Bay 16	1	154	5.987	0	30.862
Bay 16a	1	154	-0.087	0	30.862
Borda tank no 10 p	0%	0	2.759	-15.031	18.429
Borda tank no 10 s	0%	0	2.774	15.015	18.437

EK -E

Ek Tablo E.1. “Durum 2” yükleme koşulları

TANK İSMİ- BAY İSMİ	YÜK DURUMU	LCG	TCG	VCG	S.Y.E. ton.m
Borda tank BAŞ 2s	0%	226.401	6.974	16.241	-
Borda tank BAŞ 2p	0%	226.44	-6.984	16.227	-
D.b. Tank BAŞ 4 d.b. P	0%	211.078	-3.46	3.532	-
Borda tank BAŞ 2p alt	0%	226.547	-3.702	7.377	-
Borda tank BAŞ 3 s	0%	211.585	9.981	16.145	-
Borda tank BAŞ 3s alt	0%	211.752	4.861	7.63	-
Borda tank BAŞ 3 p	0%	211.571	-10.005	16.135	-
Borda tank BAŞ 3p alt	0%	211.733	-4.885	7.626	-
Borda tank no 1p. üst	0%	196.836	-13.003	16.036	-
Borda tank no 1p. alt	0%	196.614	-7.394	7.333	-
Borda tank no 1s. üst	0%	196.826	12.967	16.054	-
Borda tank no 1s. alt	0%	196.599	7.364	7.359	-
Borda tank no 2p.F.O.	100%	181.941	-15.577	15.855	-
Borda tank no 2p. F.O. alt	100%	181.978	8.933	7.55	-
Borda tank no 2s.F.O.	100%	181.929	15.539	15.871	-
Borda tank no 2s. F.O. alt	100%	181.984	-8.974	7.546	-
Borda tank no 3p.	0%	167.196	-17.149	15.478	-
Borda tank no 3p. alt	0%	166.885	-12.257	7.127	-
Borda tank no 3s.	0%	167.19	17.108	15.488	-
Borda tank no 3s. alt	0%	166.876	12.22	7.136	-
Borda tank no 4p.F.O.	100%	153.448	-17.356	15.147	-
Borda tank no 4p. F.O. alt	100%	153.18	14.219	6.95	-
Borda tank no 4s.F.O.	100%	153.447	17.314	15.15	-
Borda tank no 4s. F.O. alt	100%	153.184	-14.259	6.944	-
Borda tank no 5s	0%	78.126	17.33	12.253	-
Borda tank no 5p	0%	78.112	-17.352	12.215	-
D.b. Tank no 1p d.b.	0%	158.979	-6.647	1.807	-
D.b. Tank no 0p d.b.	0%	197.208	2.21	2.735	-
D.b. Tank no 2 p.d.b.	0%	182.019	-3.834	2.75	-
D.b. Tank no 2 s.d.b.	0%	182.013	3.797	2.754	-
D.b. Tank no 1s d.b.	0%	158.96	6.611	1.81	-
D.b. Tank no 0s d.b.	0%	197.222	-2.218	2.718	-

EK – E nin devamı,

TANK İSMİ- BAY İSMİ	YÜK DURUMU	LCG	TCG	VCG	S.Y.E. ton.m
D.b. Tank BAŞ 4 d.b. S	0%	211.133	3.439	3.546	-
Merkez tank no 1s.d.b.	100%	145.997	-17.171	12.626	-
Merkez tank no 1p.d.b.	100%	145.997	17.132	12.65	-
Merkez tank s.d.b.	100%	145.994	7.862	1.717	-
Merkez tank i.d.b.	100%	145.994	-7.901	1.716	-
D.b. Tank no 2 s d.b.	0%	129.693	13.183	1.81	-
Borda tank no 9s KANAT	0%	34.827	13.257	9.386	-
D.b. Tank no 2 p d.b.	0%	129.715	-13.219	1.807	-
D.b. Tank no 2 p.C.d.b.	0%	131.38	-6.221	1.537	-
Borda tank no 5p	0%	137.327	-17.247	12.123	-
Borda tank no 5s	0%	137.323	17.206	12.135	-
Borda tank no 6p.F.O.	100%	123.962	-17.436	11.692	-
Borda tank no 6s.F.O.	100%	123.944	17.412	11.711	-
Yağlama yağı tank. Merk.	50%	116.501	-17.406	7.48	28.75
Yağlama yağı tank p.d.b.	50%	116.504	-9.093	0.908	980.383
Yağlama yağı tank s.d.b.	50%	116.504	9.053	0.909	965.037
Yağlama yağı.tank. Merk.	50%	116.501	17.384	7.522	28.75
D.b. Tank no 3 s.d.b.	0%	100.95	13.337	1.831	-
D.b. Tank. No 3 s. C. D.b.	0%	100.098	6.212	1.55	-
D.b. Tank no 3 p.d.b.	0%	100.939	-13.375	1.827	-
D.b. Tank. No 3 p. C. D.b.	0%	100.096	-6.212	1.549	-
D.b. tank MAKİNA DAİRESİ s	0%	44.674	4.871	2.097	-
D.b. tank MAKİNA DAİRESİ P	0%	44.507	-4.893	2.088	-
Borda tank no 7 p	100%	92.543	-17.414	11.817	-
Borda tank no 7 p yakıt	100%	107.51	-17.444	11.696	-
Borda tank no 7 s yakıt	100%	107.513	17.432	11.728	-
Borda tank no 7 s	100%	92.543	17.396	11.847	-
Taşıntı tank s	100%	77.553	8.321	1.784	-
Taşıntı tank p	100%	77.552	-8.345	1.78	-
Kinistin San.	0%	82.6	12.605	2.005	-
Kinistin iskele	0%	82.599	-12.639	1.999	-
Soğutma tank iskele	100%	73.043	-7.915	1.833	-
Sihhi topl. ve atık tank s	50%	73.054	7.022	1.193	-
Borda tank no 9 s	50%	32.515	5.552	6.084	707.724
Borda tank no 8 s.F.O.	100%	46.284	7.358	6.852	-
Borda tank no 8s KANAT	0%	47.27	14.275	8.515	-
Borda tank no 8 p.F.O.	100%	46.277	-7.368	6.841	-
Borda tank no 8 p KANAT	0%	47.258	-14.305	8.502	-

EK – E nin devamı,

TANK İSMİ- BAY İSMİ	YÜK DURUMU	LCG	TCG	VCG	S.Y.E. ton.m
Borda tank no 9 p	50%	32.477	-5.566	6.047	710.507
Borda tank no 9p KANAT	0%	34.789	-13.282	9.377	-
Kargo alanı	50%	8.049	6.82	14.9	262.928
Kargo alanı	50%	8.05	-6.824	14.899	262.928
Hidrolik tank	50%	0.678	6.812	15.229	723.053
Bay 1	1	245.779	0	28.583	-
Bay 1a	1	239.642	0	28.583	-
Bay 2	1	231.212	0	28.16	-
Bay 2a	1	225	0	28.16	-
Bay 3	1	216.57	0	24.523	-
Bay 3a	1	210.39	0	24.523	-
Bay 4	1	201.663	0	24.723	-
Bay 4a	1	195.618	0	24.723	-
Bay 5	1	187.102	0	21.628	-
Bay 5a	1	180.935	0	21.628	-
Bay 6	1	171.468	0	20.431	-
Bay 6a	1	165.17	0	20.431	-
Bay 7	1	157.26	0	20.051	-
Bay 7a	1	150.972	0	20.051	-
Bay 8	1	142.338	0	19.463	-
Bay 8a	1	136.051	0	19.463	-
Bay 9	1	127.402	0	19.463	-
Bay 9a	1	121.325	0	19.463	-
Bay 10	1	112.917	0	19.461	-
Bay 10a	1	106.584	0	19.461	-
Bay 11	1	101.228	0	19.93	-
Bay 11a	1	94.906	0	19.929	-
Bay 12	1	65.46	0	24.85	-
Bay 12a	1	59.321	0	24.85	-
Bay 13	1	50.223	0	21.917	-
Bay 13a	1	44.056	0	21.917	-
Bay 14	1	35.468	0	22.497	-
Bay 14a	1	28.94	0	22.497	-
Bay 15	1	20.832	0	12.602	-
Bay 15a	1	14.605	0	12.602	-
Bay 16	1	5.987	0	30.862	-
Bay 16a	1	-0.087	0	30.862	-
Borda tank no 10 p	0%	2.759	-15.031	18.429	-
Borda tank no 10 s	0%	2.774	15.015	18.437	-

EK - F

Ek Tablo F.1. “Durum 3” yükleme tablosu

TANK İSMİ- BAY İSMİ	YÜK DURUMU	LCG	TCG	VCG	S.Y.E. ton.m
Borda tank BAŞ 2s	0%	226.401	6.974	16.241	-
Borda tank BAŞ 2p	0%	226.44	-6.984	16.227	-
Borda tank BAŞ 2s alt	0%	226.472	3.691	7.401	-
Borda tank BAŞ 2p alt	0%	226.547	-3.702	7.377	-
Borda tank BAŞ 3 s	0%	211.585	9.981	16.145	-
Borda tank BAŞ 3s alt	0%	211.752	4.861	7.63	-
Borda tank BAŞ 3 p	0%	211.571	-10.005	16.135	-
Borda tank BAŞ 3p alt	0%	211.733	-4.885	7.626	-
Borda tank no 1p. üst	50%	196.583	-12.325	13.784	-
Borda tank no 1p. alt	50%	196.354	-6.767	5.787	721.97
Borda tank no 1s. üst	50%	196.566	12.292	13.809	428.356
Borda tank no 1s. alt	50%	196.334	6.744	5.827	699.878
Borda tank no 2p.F.O.	100%	181.941	-15.577	15.855	413.165
Borda tank no 2p. F.O. alt	100%	181.978	8.933	7.55	-
Merkez tank no 1p.d.b.	100%	145.997	17.132	12.65	-
Borda tank no 2s. F.O. alt	100%	181.984	-8.974	7.546	-
Borda tank no 3p.	50%	166.994	-16.901	13.088	-
Borda tank no 3p. alt	50%	166.68	-11.615	5.528	155.525
Borda tank no 3s.	50%	166.982	16.861	13.102	804.128
Borda tank no 3s. alt	50%	166.666	11.581	5.541	147.708
Borda tank no 4p.F.O.	100%	153.448	-17.356	15.147	780.89
Borda tank no 4p. F.O. alt	100%	153.18	14.219	6.95	-
Borda tank no 4s.F.O.	100%	153.447	17.314	15.15	-
Borda tank no 4s. F.O. alt	100%	153.184	-14.259	6.944	-
Borda tank no 5s	50%	78.231	17.172	8.316	-
Borda tank no 5p	50%	78.223	-17.205	8.271	148.251
D.b. Tank no 1p d.b.	50%	158.507	-5.997	1.156	149.508
D.b. Tank no 2 p.d.b.	50%	181.943	-3.107	1.787	2826.276
D.b. Tank no 2 s.d.b.	50%	181.933	3.073	1.791	1295.776
D.b. Tank no 1s d.b.	50%	158.483	5.964	1.159	1263.903
D.b. Tank no 0s d.b.	50%	196.955	-1.941	1.789	2762.861
D.b. Tank no 0p d.b.	50%	196.931	1.926	1.813	160.187

EK – F nin devamı,

TANK İSMİ- BAY İSMİ	YÜK DURUMU	LCG	TCG	VCG	S.Y.E. ton.m
D.b. Tank BAŞ 4 d.b. S	0%	211.133	3.439	3.546	160.187
D.b. Tank BAŞ 4 d.b. P	0%	211.078	-3.46	3.532	-
Merkez tank no 1s.d.b.	100%	145.997	-17.171	12.626	-
Merkez tank s.d.b.	100%	145.994	7.862	1.717	-
Merkez tank i.d.b.	100%	145.994	-7.901	1.716	-
D.b. Tank no 2 s d.b.	50%	129.133	12.714	1.164	-
D.b. Tank no 2 s.C.d.b.	50%	131.256	6.19	0.805	1111.326
D.b. Tank no 2 p d.b.	50%	129.164	-12.747	1.16	973.139
D.b. Tank no 2 p.C.d.b.	50%	131.26	-6.191	0.805	1146.203
Borda tank no 5p	50%	137.185	-17.097	8.111	973.139
Borda tank no 5s	50%	137.179	17.057	8.128	142.571
Borda tank no 6p.F.O.	100%	123.962	-17.436	11.692	135.212
Borda tank no 6s.F.O.	100%	123.944	17.412	11.711	-
Yağlama yağı tank. Merk.	50%	116.501	-17.406	7.48	-
Yağlama yağı tank p.d.b.	50%	116.504	-9.093	0.908	28.75
Yağlama yağı tank s.d.b.	50%	116.504	9.053	0.909	980.383
Yağlama yağı.tank. Merk.	50%	116.501	17.384	7.522	965.037
D.b. Tank no 3 s.d.b.	50%	101.392	12.808	1.197	28.75
D.b. Tank. No 3 s. C. D.b.	50%	100.197	6.174	0.825	1419.601
D.b. Tank no 3 p.d.b.	50%	101.376	-12.843	1.192	1081.266
Borda tank no 9p KANAT	0%	34.789	-13.282	9.377	710.507
D.b. tank MAKİNA DAİRESİ s	0%	44.674	4.871	2.097	1081.266
D.b. tank MAKİNA DAİRESİ P	0%	44.507	-4.893	2.088	-
Borda tank no 7 p	100%	92.543	-17.414	11.817	-
Borda tank no 7 p yakıt	100%	107.51	-17.444	11.696	-
Borda tank no 7 s yakıt	100%	107.513	17.432	11.728	-
Borda tank no 7 s	100%	92.543	17.396	11.847	-
Taşıntı tank s	100%	77.553	8.321	1.784	-
Taşıntı tank p	100%	77.552	-8.345	1.78	-
Kinistin San.	0%	82.6	12.605	2.005	-
Kinistin iskele	0%	82.599	-12.639	1.999	-
Soğutma tank iskele	100%	73.043	-7.915	1.833	-
Sıhhi topl. ve atık tankı	50%	73.054	7.022	1.193	-
Borda tank no 8 s.F.O.	100%	46.284	7.358	6.852	500.214
Borda tank no 8s KANAT	0%	47.27	14.275	8.515	-
Borda tank no 8 p.F.O.	100%	46.277	-7.368	6.841	-
Borda tank no 8 p KANAT	0%	47.258	-14.305	8.502	-
Borda tank no 9 s	50%	32.515	5.552	6.084	-

EK – F nin devamı,

TANK İSMİ- BAY İSMİ	YÜK DURUMU	LCG	TCG	VCG	S.Y.E. ton.m
Borda tank no 9s KANAT	0%	34.827	13.257	9.386	707.724
Borda tank no 9 p	50%	32.477	-5.566	6.047	-
Kargo alanı	50%	8.049	6.82	14.9	-
Kargo alanı	50%	8.05	-6.824	14.899	262.928
Hidrolik tank	50%	0.678	6.812	15.229	262.928
Depo	50%	0.672	-6.822	15.23	723.053
Bay 1	1	245.779	0	20.913	723.053
Bay 1a	1	239.642	0	20.913	-
Bay 2	1	231.212	0	18.567	-
Bay 2a	1	225	0	18.567	-
Bay 3	1	216.57	0	16.988	-
Bay 3a	1	210.39	0	16.988	-
Bay 4	1	201.663	0	16.031	-
Bay 4a	1	195.618	0	16.031	-
Bay 5	1	187.102	0	14.437	-
Bay 5a	1	180.935	0	14.437	-
Bay 6	1	171.468	0	13.807	-
Bay 6a	1	165.17	0	13.807	-
Bay 7	1	157.26	0	13.509	-
Bay 7a	1	150.972	0	13.509	-
Bay 8a	1	136.051	0	12.967	-
Bay 9	1	127.402	0	12.962	-
Bay 9a	1	121.325	0	12.962	-
Bay 10	1	112.917	0	12.962	-
Bay 10a	1	106.584	0	12.962	-
Bay 11	1	101.228	0	13.415	-
Bay 11a	1	94.906	0	13.415	-
Bay 12	1	65.46	0	17.168	-
Bay 12a	1	59.321	0	17.168	-
Bay 13	1	50.223	0	15.596	-
Bay 13a	1	44.056	0	15.596	-
Bay 14	1	35.468	0	16.114	-
Bay 14a	1	28.94	0	16.114	-
Bay 15	1	20.832	0	6.251	-
Bay 15a	1	14.605	0	6.251	-
Bay 16	1	5.987	0	0	-
Bay 16a	1	-0.087	0	0	-
Borda tank no 10 p	0%	2.759	-15.031	18.429	-
Borda tank no 10 s	0%	2.774	15.015	18.437	-

EK - G

Ek Tablo G.1. “ Durum 4” yükleme detayları

Tank İsmi - Bay İsmi	Yük Durumu	LCG	TCG	VCG	S.Y.E. ton.m
Borda tank BAŞ 2s	0%	120	0	7	-
Borda tank BAŞ 2p	0%	226.401	6.974	16.241	-
Borda tank BAŞ 2s alt	0%	226.44	-6.984	16.227	-
Borda tank BAŞ 2p alt	0%	226.472	3.691	7.401	-
Borda tank BAŞ 3 s	0%	226.547	-3.702	7.377	-
Borda tank BAŞ 3s alt	0%	211.585	9.981	16.145	-
Borda tank BAŞ 3 p	0%	211.752	4.861	7.63	-
Borda tank BAŞ 3p alt	0%	211.571	-10.005	16.135	-
Borda tank no 1p. üst	50%	211.733	-4.885	7.626	721.97
Borda tank no 1p. alt	50%	196.583	-12.325	13.784	428.356
Borda tank no 1s. üst	50%	196.354	-6.767	5.787	699.878
Borda tank no 1s. alt	50%	196.566	12.292	13.809	413.165
Borda tank no 2p.F.O.	100%	196.334	6.744	5.827	-
Borda tank no 2p. F.O. alt	100%	181.941	-15.577	15.855	-
Borda tank no 2s.F.O.	100%	181.978	8.933	7.55	-
Borda tank no 2s. F.O. alt	100%	181.929	15.539	15.871	-
Borda tank no 3p.	50%	181.984	-8.974	7.546	155.525
Borda tank no 3p. alt	50%	166.994	-16.901	13.088	804.128
Borda tank no 3s.	50%	166.68	-11.615	5.528	147.708
Borda tank no 3s. alt	50%	166.982	16.861	13.102	780.89
Borda tank no 4p.F.O.	100%	166.666	11.581	5.541	-
Borda tank no 4p. F.O. alt	100%	153.448	-17.356	15.147	-
Borda tank no 4s.F.O.	100%	153.18	14.219	6.95	-
Borda tank no 4s. F.O. alt	100%	153.447	17.314	15.15	-
Borda tank no 5s	50%	153.184	-14.259	6.944	148.251
Borda tank no 5p	50%	78.231	17.172	8.316	149.508
D.b. Tank no 1p d.b.	50%	78.223	-17.205	8.271	2826.276
D.b. Tank no 2 p.d.b.	50%	158.507	-5.997	1.156	1295.776
D.b. Tank no 2 s.d.b.	50%	181.943	-3.107	1.787	1263.903
D.b. Tank no 1s d.b.	50%	181.933	3.073	1.791	2762.861
Merkez tank no 1p.d.b.	100%	145.997	-17.171	12.626	-
D.b. Tank no 0p d.b.	50%	196.955	-1.941	1.789	160.187
D.b. Tank BAŞ 4 d.b. S	0%	196.931	1.926	1.813	-

EK – G nin devamı,

Tank İsmi - Bay İsmi	Yük Durumu	LCG	TCG	VCG	S.Y.E. ton.m
D.b. Tank BAŞ 4 d.b. P	0%	211.133	3.439	3.546	-
Merkez tank no 1s.d.b.	100%	211.078	-3.46	3.532	-
Merkez tank s.d.b.	100%	145.997	17.132	12.65	-
Merkez tank i.d.b.	100%	145.994	7.862	1.717	-
D.b. Tank no 2 s d.b.	50%	145.994	-7.901	1.716	1111.326
D.b. Tank no 2 s.C.d.b.	50%	129.133	12.714	1.164	973.139
D.b. Tank no 2 p d.b.	50%	131.256	6.19	0.805	1146.203
D.b. Tank no 2 p.C.d.b.	50%	129.164	-12.747	1.16	973.139
Borda tank no 5p	50%	131.26	-6.191	0.805	142.571
Borda tank no 5s	50%	137.185	-17.097	8.111	135.212
Borda tank no 6p.F.O.	100%	137.179	17.057	8.128	-
Borda tank no 6s.F.O.	100%	123.962	-17.436	11.692	-
Yağlama yağı tank. Merk.	50%	123.944	17.412	11.711	28.75
Yağlama yağı tank p.d.b.	50%	116.501	-17.406	7.48	980.383
Yağlama yağı tank s.d.b.	50%	116.504	-9.093	0.908	965.037
Yağlama yağı tank. Merk.	50%	116.504	9.053	0.909	28.75
D.b. Tank no 3 s.d.b.	50%	116.501	17.384	7.522	1419.601
D.b. Tank. No 3 s. C. D.b.	50%	101.392	12.808	1.197	1081.266
D.b. Tank no 3 p.d.b.	50%	100.197	6.174	0.825	1463.346
D.b. Tank. No 3 p. C. D.b.	50%	101.376	-12.843	1.192	1081.266
D.b. tank MAKİNA DAİRESİ s	0%	100.193	-6.175	0.824	-
D.b. tank MAKİNA DAİRESİ P	0%	44.674	4.871	2.097	-
Borda tank no 7 p	100%	44.507	-4.893	2.088	-
Borda tank no 7 p yakıt	100%	92.543	-17.414	11.817	-
Borda tank no 7 s yakıt	100%	107.51	-17.444	11.696	-
Borda tank no 7 s	100%	107.513	17.432	11.728	-
Taşıntı tank s	50%	92.543	17.396	11.847	598.401
Taşıntı tank p	50%	77.582	7.536	1.131	598.401
Kinistin San.	0%	77.581	-7.569	1.126	-
Kinistin iskele	0%	82.6	12.605	2.005	-
Soğutma tank iskele	100%	82.599	-12.639	1.999	-
Sıhhi topl. ve atık tank s	50%	73.043	-7.915	1.833	500.214
Borda tank no 8 s.F.O.	100%	73.054	7.022	1.193	-
Borda tank no 8s KANAT	0%	46.284	7.358	6.852	-
Borda tank no 8 p.F.O.	100%	47.27	14.275	8.515	-
Borda tank no 8 p KANAT	0%	46.277	-7.368	6.841	-
Borda tank no 9 s	50%	47.258	-14.305	8.502	707.724
Depo	50%	0.678	6.812	15.229	723.053
Borda tank no 9 p	50%	34.827	13.257	9.386	710.507
Borda tank no 9p KANAT	0%	32.477	-5.566	6.047	0

EK – G nin devamı,

Tank İsmi - Bay İsmi	Yük Durumu	LCG	TCG	VCG	S.Y.E. ton.m
Kargo alanı	50%	34.789	-13.282	9.377	262.928
Kargo alanı	50%	8.049	6.82	14.9	262.928
Hidrolik tank	50%	8.05	-6.824	14.899	723.053
Bay 1	1	0.672	-6.822	15.23	-
Bay 1a	1	245.779	0	20.913	-
Bay 2	1	239.642	0	20.913	-
Bay 2a	1	231.212	0	18.567	-
Bay 3	1	225	0	18.567	-
Bay 3a	1	216.57	0	16.988	-
Bay 4	1	210.39	0	16.988	-
Bay 4a	1	201.663	0	16.031	-
Bay 5	1	195.618	0	16.031	-
Bay 5a	1	187.102	0	14.437	-
Bay 6	1	180.935	0	14.437	-
Bay 6a	1	171.468	0	13.807	-
Bay 7	1	165.17	0	13.807	-
Bay 7a	1	157.26	0	13.509	-
Bay 8	1	150.972	0	13.509	-
Bay 8a	1	142.338	0	12.967	-
Bay 9	1	136.051	0	12.967	-
Bay 9a	1	127.402	0	12.962	-
Bay 10	1	121.325	0	12.962	-
Bay 10a	1	112.917	0	12.962	-
Bay 11	1	106.584	0	12.962	-
Bay 11a	1	101.228	0	13.415	-
Bay 12	1	94.906	0	13.415	-
Bay 12a	1	65.46	0	17.168	-
Bay 13	1	59.321	0	17.168	-
Bay 13a	1	50.223	0	15.596	-
Bay 14	1	44.056	0	15.596	-
Bay 14a	1	35.468	0	16.114	-
Bay 15	1	28.94	0	16.114	-
Bay 15a	1	20.832	0	6.251	-
Bay 16	1	14.605	0	6.251	-
Bay 16a	1	5.987	0	0	-
Borda tank no 10 p	0%	-0.087	0	0	-
Borda tank no 10 s	0%	2.759	-15.031	18.429	-

EK - H

Ek Tablo H.1. : “Durum 5” detaylı yükleme tablosu

Tank Adı - Bay Adı	Yük Durumu	LCG	TCG	VCG	S.Y.E. ton.m
Borda tank BAŞ 2s	0%	120	0	7	-
Borda tank BAŞ 2p	0%	226.401	6.974	16.241	-
Borda tank BAŞ 2s alt	0%	226.44	-6.984	16.227	-
Borda tank BAŞ 2p alt	0%	226.472	3.691	7.401	-
Borda tank BAŞ 3 s	0%	226.547	-3.702	7.377	-
Borda tank BAŞ 3s alt	0%	211.585	9.981	16.145	-
Borda tank BAŞ 3 p	0%	211.752	4.861	7.63	-
Borda tank BAŞ 3p alt	0%	211.571	-10.005	16.135	-
Borda tank no 1p. üst	50%	211.733	-4.885	7.626	721.97
Borda tank no 1p. alt	50%	196.583	-12.325	13.784	428.356
Borda tank no 1s. üst	50%	196.354	-6.767	5.787	699.878
Borda tank no 1s. alt	50%	196.566	12.292	13.809	413.165
Borda tank no 2p.F.O.	100%	196.334	6.744	5.827	-
Borda tank no 2p. F.O. alt	100%	181.941	-15.577	15.855	-
Borda tank no 2s.F.O.	100%	181.978	8.933	7.55	-
Borda tank no 2s. F.O. alt	100%	181.929	15.539	15.871	-
Borda tank no 3p.	50%	181.984	-8.974	7.546	155.525
Borda tank no 3p. alt	50%	166.994	-16.901	13.088	804.128
Borda tank no 3s.	50%	166.68	-11.615	5.528	147.708
Borda tank no 3s. alt	50%	166.982	16.861	13.102	780.89
Borda tank no 4p.F.O.	100%	166.666	11.581	5.541	-
Borda tank no 4p. F.O. alt	100%	153.448	-17.356	15.147	-
Borda tank no 4s.F.O.	100%	153.18	14.219	6.95	-
Borda tank no 4s. F.O. alt	100%	153.447	17.314	15.15	-
Borda tank no 5s	50%	153.184	-14.259	6.944	148.251
Borda tank no 5p	50%	78.231	17.172	8.316	149.508
D.b. Tank no 1p d.b.	50%	78.223	-17.205	8.271	2826.276
D.b. Tank no 2 p.d.b.	50%	158.507	-5.997	1.156	1295.776
Merkez tank no 1p.d.b.	100%	145.997	-17.171	12.626	-
D.b. Tank no 1s d.b.	50%	181.933	3.073	1.791	2762.861
D.b. Tank no 0s d.b.	50%	158.483	5.964	1.159	160.187
D.b. Tank no 0p d.b.	50%	196.955	-1.941	1.789	160.187
D.b. Tank BAŞ 4 d.b. S	0%	196.931	1.926	1.813	-
D.b. Tank BAŞ 4 d.b. P	0%	211.133	3.439	3.546	-
Merkez tank no 1s.d.b.	100%	211.078	-3.46	3.532	-

EK – H nin devamı,

Tank Adı - Bay Adı	Yük Durumu	LCG	TCG	VCG	S.Y.E. ton.m
Merkez tank s.d.b.	100%	145.997	17.132	12.65	-
Merkez tank i.d.b.	100%	145.994	7.862	1.717	-
D.b. Tank no 2 s d.b.	50%	145.994	-7.901	1.716	1111.326
D.b. Tank no 2 s.C.d.b.	50%	129.133	12.714	1.164	973.139
D.b. Tank no 2 p d.b.	50%	131.256	6.19	0.805	1146.203
D.b. Tank no 2 p.C.d.b.	50%	129.164	-12.747	1.16	973.139
Borda tank no 5p	50%	131.26	-6.191	0.805	142.571
Borda tank no 5s	50%	137.185	-17.097	8.111	135.212
Borda tank no 6p.F.O.	100%	137.179	17.057	8.128	-
Borda tank no 6s.F.O.	100%	123.962	-17.436	11.692	-
Yağlama yağı tank. Merk. P	50%	123.944	17.412	11.711	28.75
Yağlama yağı tank p.d.b.	50%	116.501	-17.406	7.48	980.383
Yağlama yağı tank s.d.b.	50%	116.504	-9.093	0.908	965.037
Yağlama yağı.tank. Merk.S	50%	116.504	9.053	0.909	28.75
D.b. Tank no 3 s.d.b.	50%	116.501	17.384	7.522	1419.601
D.b. Tank. No 3 s. C. D.b.	50%	101.392	12.808	1.197	1081.266
D.b. Tank no 3 p.d.b.	50%	100.197	6.174	0.825	1463.346
D.b. Tank. No 3 p. C. D.b.	50%	101.376	-12.843	1.192	1081.266
D.b. tank MAKİNA DAİRESİ s	0%	100.193	-6.175	0.824	-
D.b. tank MAKİNA DAİRESİ P	0%	44.674	4.871	2.097	-
Borda tank no 7 p	100%	44.507	-4.893	2.088	-
Borda tank no 7 p yakıt	100%	92.543	-17.414	11.817	-
Borda tank no 7 s yakıt	100%	107.51	-17.444	11.696	-
Borda tank no 7 s	100%	107.513	17.432	11.728	-
Taşıntı tank s	50%	92.543	17.396	11.847	598.401
Taşıntı tank p	50%	77.582	7.536	1.131	598.401
Kinistin San.	0%	77.581	-7.569	1.126	-
Kinistin iskele	0%	82.6	12.605	2.005	-
Soğutma tank iskele	100%	82.599	-12.639	1.999	-
Sihhi topl. ve atık tank s	50%	73.043	-7.915	1.833	500.214
Borda tank no 8 s.F.O.	100%	73.054	7.022	1.193	-
Borda tank no 8s KANAT	0%	46.284	7.358	6.852	-
Borda tank no 8 p.F.O.	100%	47.27	14.275	8.515	-
Hidrolik tank	50%	8.05	-6.824	14.899	723.053
Borda tank no 9 s	50%	47.258	-14.305	8.502	707.724
Borda tank no 9s KANAT	0%	32.515	5.552	6.084	-
Borda tank no 9 p	50%	34.827	13.257	9.386	710.507
Borda tank no 9p KANAT	0%	32.477	-5.566	6.047	-
Kargo alanı	50%	34.789	-13.282	9.377	262.928

EK – H nin devamı,

Tank Adı - Bay Adı	Yük Durumu	LCG	TCG	VCG	S.Y.E. ton.m
Kargo alanı	50%	8.049	6.82	14.9	262.928
Depo	50%	0.678	6.812	15.229	723.053
Bay 1	1	0.672	-6.822	15.23	-
Bay 1a	1	245.779	0	20.913	-
Bay 2	1	239.642	0	20.913	-
Bay 2a	1	231.212	0	18.567	-
Bay 3	1	225	0	18.567	-
Bay 3a	1	216.57	0	16.988	-
Bay 4	1	210.39	0	16.988	-
Bay 4a	1	201.663	0	16.031	-
Bay 5	1	195.618	0	16.031	-
Bay 5a	1	187.102	0	14.437	-
Bay 6	1	180.935	0	14.437	-
Bay 6a	1	171.468	0	13.807	-
Bay 7	1	165.17	0	13.807	-
Bay 7a	1	157.26	0	13.509	-
Bay 8	1	150.972	0	13.509	-
Bay 8a	1	142.338	0	12.967	-
Bay 9	1	136.051	0	12.967	-
Bay 9a	1	127.402	0	12.962	-
Bay 10	1	121.325	0	12.962	-
Bay 10a	1	112.917	0	12.962	-
Bay 11	1	106.584	0	12.962	-
Bay 11a	1	101.228	0	13.415	-
Bay 12	1	94.906	0	13.415	-
Bay 12a	1	65.46	0	17.168	-
Bay 13	1	59.321	0	17.168	-
Bay 13a	1	50.223	0	15.596	-
Bay 14	1	44.056	0	15.596	-
Bay 14a	1	35.468	0	16.114	-
Bay 15	1	28.94	0	16.114	-
Bay 15a	1	20.832	0	6.251	-
Bay 16	1	14.605	0	6.251	-
Bay 16a	1	5.987	0	0	-
Borda tank no 10 p	0%	-0.087	0	0	-
Borda tank no 10 s	0%	2.759	-15.031	18.429	-

EK - I

Tablo I.1. : “ Durum 6” yükleme detayları

Tank İsmi - Bay İsmi	Yük Durumu	LCG	TCG	VCG	S.Y.E. ton.m
Borda tank BAŞ 2s	0%	226.401	6.974	16.241	-
Borda tank BAŞ 2p	0%	226.44	-6.984	16.227	-
Borda tank BAŞ 2s alt	0%	226.472	3.691	7.401	-
Borda tank BAŞ 2p alt	0%	226.547	-3.702	7.377	-
Borda tank BAŞ 3 s	0%	211.585	9.981	16.145	-
Borda tank BAŞ 3s alt	0%	211.752	4.861	7.63	-
Borda tank BAŞ 3 p	0%	211.571	-10.005	16.135	-
Borda tank BAŞ 3p alt	0%	211.733	-4.885	7.626	-
Borda tank no 1p. üst	50%	196.583	-12.325	13.784	721.97
Borda tank no 1p. alt	50%	196.354	-6.767	5.787	428.356
Borda tank no 1s. üst	50%	196.566	12.292	13.809	699.878
Borda tank no 1s. alt	50%	196.334	6.744	5.827	413.165
Borda tank no 2p.F.O.	100%	181.941	-15.577	15.855	-
Borda tank no 2p. F.O. alt	100%	181.978	8.933	7.55	-
Borda tank no 2s.F.O.	100%	181.929	15.539	15.871	-
Borda tank no 2s. F.O. alt	100%	181.984	-8.974	7.546	-
Borda tank no 3p.	50%	166.994	-16.901	13.088	155.525
Borda tank no 3p. alt	50%	166.68	-11.615	5.528	804.128
Borda tank no 3s.	50%	166.982	16.861	13.102	147.708
Borda tank no 3s. alt	50%	166.666	11.581	5.541	780.89
Borda tank no 4p.F.O.	100%	153.448	-17.356	15.147	-
Borda tank no 4p. F.O. alt	100%	153.18	14.219	6.95	-
Merkez tank no 1p.d.b.	100%	145.997	17.132	12.65	-
Borda tank no 4s.F.O.	100%	153.447	17.314	15.15	-
Borda tank no 4s. F.O. alt	100%	153.184	-14.259	6.944	-
Borda tank no 5s	50%	78.231	17.172	8.316	148.251
D.b. Tank no 1p d.b.	50%	158.507	-5.997	1.156	2826.276
D.b. Tank no 2 p.d.b.	50%	181.943	-3.107	1.787	1295.776
D.b. Tank no 2 s.d.b.	50%	181.933	3.073	1.791	1263.903
D.b. Tank no 1s d.b.	50%	158.483	5.964	1.159	2762.861
D.b. Tank no 0s d.b.	50%	196.955	-1.941	1.789	160.187
D.b. Tank no 0p d.b.	50%	196.931	1.926	1.813	160.187
D.b. Tank BAŞ 4 d.b. S	0%	211.133	3.439	3.546	-
D.b. Tank BAŞ 4 d.b. P	0%	211.078	-3.46	3.532	-
Merkez tank no 1s.d.b.	100%	145.997	-17.171	12.626	-

EK – I nin devamı,

Tank İsmi - Bay İsmi	Yük Durumu	LCG	TCG	VCG	S.Y.E. ton.m
Merkez tank s.d.b.	100%	145.994	7.862	1.717	-
Merkez tank i.d.b.	100%	145.994	-7.901	1.716	-
D.b. Tank no 2 s d.b.	50%	129.133	12.714	1.164	1111.326
D.b. Tank no 2 s.C.d.b.	50%	131.256	6.19	0.805	973.139
D.b. Tank no 2 p d.b.	50%	129.164	-12.747	1.16	1146.203
D.b. Tank no 2 p.C.d.b.	50%	131.26	-6.191	0.805	973.139
Borda tank no 5p	50%	137.185	-17.097	8.111	142.571
Borda tank no 5s	50%	137.179	17.057	8.128	135.212
Borda tank no 6p.F.O.	100%	123.962	-17.436	11.692	-
Borda tank no 6s.F.O.	100%	123.944	17.412	11.711	-
Yağlama yağı tank. Merk. P	50%	116.501	-17.406	7.48	28.75
Yağlama yağı tank p.d.b.	50%	116.504	-9.093	0.908	980.383
Yağlama yağı tank s.d.b.	50%	116.504	9.053	0.909	965.037
Yağlama yağı tank. Merk.S	50%	116.501	17.384	7.522	28.75
D.b. Tank no 3 s.d.b.	50%	101.392	12.808	1.197	1419.601
D.b. Tank. No 3 s. C. D.b.	50%	100.197	6.174	0.825	1081.266
D.b. Tank no 3 p.d.b.	50%	101.376	-12.843	1.192	1463.346
D.b. Tank. No 3 p. C. D.b.	50%	100.193	-6.175	0.824	1081.266
D.b. tank MAKİNA DAİRESİ s	0%	44.674	4.871	2.097	-
D.b. tank MAKİNA DAİRESİ P	0%	44.507	-4.893	2.088	-
Borda tank no 7 p	100%	92.543	-17.414	11.817	-
Borda tank no 7 p yakıt	100%	107.51	-17.444	11.696	-
Borda tank no 7 s yakıt	100%	107.513	17.432	11.728	-
Borda tank no 7 s	100%	92.543	17.396	11.847	-
Taşıntı tank s	50%	77.582	7.536	1.131	598.401
Taşıntı tank p	50%	77.581	-7.569	1.126	598.401
Kinistin San.	0%	82.6	12.605	2.005	-
Hidrolik tank	50%	0.678	6.812	15.229	723.053
Kargo alanı	50%	8.05	-6.824	14.899	262.928
Kinistin iskele	0%	82.599	-12.639	1.999	-
Soğutma tank iskele	100%	73.043	-7.915	1.833	-
Sıhhi topl. ve atık tank s	50%	73.054	7.022	1.193	500.214
Borda tank no 8s KANAT	0%	47.27	14.275	8.515	-
Borda tank no 8 p.F.O.	100%	46.277	-7.368	6.841	-
Borda tank no 8 p KANAT	0%	47.258	-14.305	8.502	-
Borda tank no 9 s	50%	32.515	5.552	6.084	707.724
Borda tank no 9s KANAT	0%	34.827	13.257	9.386	-
Borda tank no 9 p	50%	32.477	-5.566	6.047	710.507
Borda tank no 9p KANAT	0%	34.789	-13.282	9.377	-

EK – I nin devamı,

Tank İsmi - Bay İsmi	Yük Durumu	LCG	TCG	VCG	S.Y.E. ton.m
Kargo alanı	50%	8.049	6.82	14.9	262.928
Depo	1	245.779	0	25.966	-
Bay 1	1	239.642	0	25.966	-
Bay 1a	1	231.212	0	24.039	-
Bay 2	1	225	0	24.039	-
Bay 2a	1	216.57	0	21.597	-
Bay 3	1	210.39	0	21.597	-
Bay 3a	1	201.663	0	20.55	-
Bay 4	1	195.618	0	20.55	-
Bay 4a	1	187.102	0	17.963	-
Bay 5	1	180.935	0	17.963	-
Bay 5a	1	171.468	0	16.957	-
Bay 6	1	165.17	0	16.957	-
Bay 6a	1	157.26	0	16.604	-
Bay 7	1	150.972	0	16.604	-
Bay 7a	1	142.338	0	19.463	-
Bay 8	1	136.051	0	19.463	-
Bay 8a	1	127.402	0	19.463	-
Bay 9	1	121.325	0	19.463	-
Bay 9a	1	112.917	0	19.463	-
Bay 10	1	106.584	0	19.463	-
Bay 10a	1	101.228	0	19.463	-
Bay 11	1	94.906	0	19.463	-
Bay 11a	1	65.46	0	21.304	-
Bay 12	1	59.321	0	21.304	-
Bay 12a	1	50.223	0	18.61	-
Bay 13	1	44.056	0	18.61	-
Bay 13a	1	40.846	0	18.23	-
Bay 14	1	35.468	0	19.181	-
Bay 14a	1	28.94	0	19.181	-
Bay 15	1	20.832	0	9.33	-
Bay 16	1	5.987	0	27.928	-
Bay 16a	1	-0.087	0	27.928	-
Borda tank no 10 p	0%	2.759	-15.031	18.429	-
Borda tank no 10 s	0%	2.774	15.015	18.437	-

EK - J

Tablo J.1. “ Durum 7” yükleme verileri

Tank İsmi - Bay İsmi	Yük Durumu	LCG	TCG	VCG	S.Y.E. ton.m
Borda tank BAŞ 2s	0%	226.401	6.974	16.241	-
Borda tank BAŞ 2p	0%	226.44	-6.984	16.227	-
Borda tank BAŞ 2s alt	0%	226.472	3.691	7.401	-
Borda tank BAŞ 2p alt	0%	226.547	-3.702	7.377	-
Borda tank BAŞ 3 s	0%	211.585	9.981	16.145	-
Borda tank BAŞ 3s alt	0%	211.752	4.861	7.63	-
Borda tank BAŞ 3 p	0%	211.571	-10.005	16.135	-
Borda tank BAŞ 3p alt	0%	211.733	-4.885	7.626	-
Borda tank no 1p. üst	100%	196.836	-13.003	16.036	-
Borda tank no 1p. alt	100%	196.614	-7.394	7.333	-
Borda tank no 1s. üst	100%	196.826	12.967	16.054	-
Borda tank no 1s. alt	100%	196.599	7.364	7.359	-
Borda tank no 2p.F.O.	100%	181.941	-15.577	15.855	-
Borda tank no 2p. F.O. alt	100%	181.978	8.933	7.55	-
Borda tank no 2s.F.O.	100%	181.929	15.539	15.871	-
Borda tank no 2s. F.O. alt	100%	181.984	-8.974	7.546	-
Borda tank no 3p.	100%	167.196	-17.149	15.478	-
Borda tank no 3p. alt	100%	166.885	-12.257	7.127	-
Borda tank no 3s.	100%	167.19	17.108	15.488	-
Borda tank no 3s. alt	100%	166.876	12.22	7.136	-
Borda tank no 4p.F.O.	100%	153.448	-17.356	15.147	-
Borda tank no 4p. F.O. alt	100%	153.18	14.219	6.95	-
Borda tank no 4s.F.O.	100%	153.447	17.314	15.15	-
Borda tank no 4s. F.O. alt	100%	153.184	-14.259	6.944	-
Borda tank no 5s	100%	78.126	17.33	12.253	-
Borda tank no 5p	100%	78.112	-17.352	12.215	-
D.b. Tank no 1p d.b.	100%	158.979	-6.647	1.807	-
D.b. Tank no 2 p.d.b.	100%	182.019	-3.834	2.75	-
D.b. Tank no 2 s.d.b.	100%	182.013	3.797	2.754	-
D.b. Tank no 1s d.b.	100%	158.96	6.611	1.81	-
D.b. Tank BAŞ 4 d.b. P	0%	211.078	-3.46	3.532	-
D.b. Tank no 0p d.b.	100%	197.208	2.21	2.735	-
D.b. Tank BAŞ 4 d.b. S	0%	211.133	3.439	3.546	-

EK – J nin devamı,

Tank İsmi - Bay İsmi	Yük Durumu	LCG	TCG	VCG	S.Y.E. ton.m
Merkez tank no 1s.d.b.	100%	145.997	-17.171	12.626	-
Merkez tank no 1p.d.b.	100%	145.997	17.132	12.65	-
Merkez tank s.d.b.	100%	145.994	7.862	1.717	-
Merkez tank i.d.b.	100%	145.994	-7.901	1.716	-
D.b. Tank no 2 s d.b.	100%	129.693	13.183	1.81	-
D.b. Tank no 2 s.C.d.b.	100%	131.378	6.22	1.537	-
D.b. Tank no 2 p d.b.	100%	129.715	-13.219	1.807	-
D.b. Tank no 2 p.C.d.b.	100%	131.38	-6.221	1.537	-
Borda tank no 5p	100%	137.327	-17.247	12.123	-
Borda tank no 5s	100%	137.323	17.206	12.135	-
Borda tank no 6p.F.O.	100%	123.962	-17.436	11.692	-
Borda tank no 6s.F.O.	100%	123.944	17.412	11.711	-
Yağlama yağı tank. Merk. P	50%	116.501	-17.406	7.48	-
Yağlama yağı tank p.d.b.	50%	116.504	-9.093	0.908	28.75
Yağlama yağı tank s.d.b.	50%	116.504	9.053	0.909	980.383
Yağlama yağı.tank. Merk.S	50%	116.501	17.384	7.522	965.037
D.b. Tank no 3 s.d.b.	100%	100.95	13.337	1.831	28.75
D.b. Tank. No 3 s. C. D.b.	100%	100.098	6.212	1.55	-
D.b. Tank no 3 p.d.b.	100%	100.939	-13.375	1.827	-
D.b. Tank. No 3 p. C. D.b.	100%	100.096	-6.212	1.549	-
D.b. tank MAKİNA DAİRESİ s	0%	44.674	4.871	2.097	-
D.b. tank MAKİNA DAİRESİ P	0%	44.507	-4.893	2.088	-
Borda tank no 7 p	100%	92.543	-17.414	11.817	-
Borda tank no 7 p yakıt	100%	107.51	-17.444	11.696	-
Borda tank no 7 s yakıt	100%	107.513	17.432	11.728	-
Borda tank no 7 s	100%	92.543	17.396	11.847	-
Taşıntı tank s	50%	77.582	7.536	1.131	-
Taşıntı tank p	50%	77.581	-7.569	1.126	598.401
Kinistin San.	0%	82.6	12.605	2.005	598.401
Kinistin iskele	0%	82.599	-12.639	1.999	-
Soğutma tank iskele	100%	73.043	-7.915	1.833	-
Sihhi topl. ve atık tank s	50%	73.054	7.022	1.193	-
Borda tank no 8 s.F.O.	100%	46.284	7.358	6.852	500.214
Borda tank no 8s KANAT	0%	47.27	14.275	8.515	-
Borda tank no 8 p.F.O.	100%	46.277	-7.368	6.841	-
Borda tank no 8 p KANAT	0%	47.258	-14.305	8.502	-
Borda tank no 9 s	100%	32.054	6.452	7.56	-
Borda tank no 9p KANAT	0%	34.789	-13.282	9.377	-
Borda tank no 9 p	100%	32.029	-6.463	7.535	-

EK – J nin devamı,

Tank İsmi - Bay İsmi	Yük Durumu	LCG	TCG	VCG	S.Y.E. ton.m
Kargo alanı	50%	8.049	6.82	14.9	-
Kargo alanı	50%	8.05	-6.824	14.899	262.928
Hidrolik tank	50%	0.678	6.812	15.229	262.928
Depo	50%	0.672	-6.822	15.23	723.053
Bay 1	1	245.779	0	25.966	723.053
Bay 1a	1	239.642	0	25.966	-
Bay 2	1	231.212	0	24.039	-
Bay 2a	1	225	0	24.039	-
Bay 3	1	216.57	0	21.597	-
Bay 3a	1	210.39	0	21.597	-
Bay 4	1	201.663	0	20.55	-
Bay 4a	1	195.618	0	20.55	-
Bay 5	1	187.102	0	17.963	-
Bay 5a	1	180.935	0	17.963	-
Bay 6	1	171.468	0	16.957	-
Bay 6a	1	165.17	0	16.957	-
Bay 7	1	157.26	0	16.604	-
Bay 7a	1	150.972	0	16.604	-
Bay 8	1	142.338	0	19.463	-
Bay 8a	1	136.051	0	19.463	-
Bay 9	1	127.402	0	19.463	-
Bay 9a	1	121.325	0	19.463	-
Bay 10	1	112.917	0	19.463	-
Bay 10a	1	106.584	0	19.463	-
Bay 11	1	101.228	0	19.463	-
Bay 11a	1	94.906	0	19.463	-
Bay 12	1	65.46	0	21.304	-
Bay 12a	1	59.321	0	21.304	-
Bay 13	1	50.223	0	18.61	-
Bay 13a	1	44.056	0	18.61	-
Bay 14	1	35.468	0	19.181	-
Bay 14a	1	28.94	0	19.181	-
Bay 15	1	20.832	0	9.33	-
Bay 15a	1	14.605	0	9.33	-
Bay 16	1	5.987	0	27.928	-
Bay 16a	1	-0.087	0	27.928	-
Borda tank no 10 p	0%	2.759	-15.031	18.429	-
Borda tank no 10 s	0%	2.774	15.015	18.437	-

EK -K

Tablo K.1. “Durum 8” yükleme detayları

Tank İsmi - Bay İsmi	Yük Durumu	Toplam Ağırlık	LCG	TCG	VCG
Borda tank BAŞ 2s	0%	0	226.401	6.974	16.241
Borda tank BAŞ 2p	0%	0	226.44	-6.984	16.227
Borda tank BAŞ 2s alt	0%	0	226.472	3.691	7.401
Borda tank BAŞ 2p alt	0%	0	226.547	-3.702	7.377
Borda tank BAŞ 3 s	0%	0	211.585	9.981	16.145
Borda tank BAŞ 3s alt	0%	0	211.752	4.861	7.63
Borda tank BAŞ 3 p	0%	0	211.571	-10.005	16.135
Borda tank BAŞ 3p alt	0%	0	211.733	-4.885	7.626
Borda tank no 1p. üst	0%	0	196.836	-13.003	16.036
Borda tank no 1p. alt	0%	0	196.614	-7.394	7.333
Borda tank no 1s. üst	0%	0	196.826	12.967	16.054
Merkez tank no 1p.d.b.	100%	134.73	145.997	17.132	12.65
Borda tank no 2p.F.O.	0%	0	181.941	-15.577	15.855
Borda tank no 2p. F.O. alt	0%	0	181.978	8.933	7.55
Borda tank no 2s.F.O.	0%	0	181.929	15.539	15.871
Borda tank no 2s. F.O. alt	0%	0	181.984	-8.974	7.546
Borda tank no 3p.	0%	0	167.196	-17.149	15.478
Borda tank no 3p. Alt	0%	0	166.885	-12.257	7.127
Borda tank no 3s.	0%	0	167.19	17.108	15.488
Borda tank no 3s. alt	0%	0	166.876	12.22	7.136
Borda tank no 4p.F.O.	100%	576.409	153.448	-17.356	15.147
Borda tank no 4p. F.O. alt	100%	522.149	153.18	14.219	6.95
Borda tank no 4s.F.O.	100%	566.064	153.447	17.314	15.15
Borda tank no 4s. F.O. alt	100%	529.388	153.184	-14.259	6.944
Borda tank no 5s	50%	544.592	78.231	17.172	8.316
Borda tank no 5p	50%	551.211	78.223	-17.205	8.271
D.b. Tank no 1p d.b.	50%	295.868	158.507	-5.997	1.156
D.b. Tank no 2 p.d.b.	50%	225.889	181.943	-3.107	1.787
D.b. Tank no 2 s.d.b.	50%	223.274	181.933	3.073	1.791
D.b. Tank no 1s d.b.	50%	292.519	158.483	5.964	1.159
D.b. Tank no 0s d.b.	50%	131.154	196.955	-1.941	1.789
D.b. Tank no 0p d.b.	50%	129.568	196.931	1.926	1.813
D.b. Tank BAŞ 4 d.b. S	0%	0	211.133	3.439	3.546
D.b. Tank BAŞ 4 d.b. P	0%	0	211.078	-3.46	3.532
Merkez tank no 1s.d.b.	100%	137.596	145.997	-17.171	12.626

EK – K nın devamı,

Tank İsmi - Bay İsmi	Yük Durumu	Toplam Ağırlık	LCG	TCG	VCG
Merkez tank s.d.b.	100%	59.677	145.994	7.862	1.717
Merkez tank i.d.b.	100%	60.168	145.994	-7.901	1.716
D.b. Tank no 2 s d.b.	50%	219.359	129.133	12.714	1.164
D.b. Tank no 2 s.C.d.b.	50%	303.532	131.256	6.19	0.805
D.b. Tank no 2 p d.b.	50%	222.661	129.164	-12.747	1.16
D.b. Tank no 2 p.C.d.b.	50%	303.647	131.26	-6.191	0.805
Borda tank no 5p	50%	570.795	137.185	-17.097	8.111
Borda tank no 5s	50%	559.776	137.179	17.057	8.128
Borda tank no 6p.F.O.	100%	935.16	123.962	-17.436	11.692
Borda tank no 6s.F.O.	100%	925.24	123.944	17.412	11.711
Yağlama yağı tank. Merk. P	50%	114.788	116.501	-17.406	7.48
Yağlama yağı tank p.d.b.	50%	58.241	116.504	-9.093	0.908
Yağlama yağı tank s.d.b.	50%	57.895	116.504	9.053	0.909
Yağlama yağı.tank. Merk.S	50%	114.206	116.501	17.384	7.522
D.b. Tank no 3 s.d.b.	50%	260.22	101.392	12.808	1.197
D.b. Tank. No 3 s. C. D.b.	50%	334.229	100.197	6.174	0.825
Hidrolik tank	50%	366.379	0.678	6.812	15.229
D.b. Tank. No 3 p. C. D.b.	50%	334.46	100.193	-6.175	0.824
D.b. tank MAKİNA DAİRESİ s	0%	0	44.674	4.871	2.097
D.b. tank MAKİNA DAİRESİ P	0%	0	44.507	-4.893	2.088
Borda tank no 7 p	100%	1152.125	92.543	-17.414	11.817
Borda tank no 7 p yakıt	100%	1172.49	107.51	-17.444	11.696
Borda tank no 7 s yakıt	100%	1165.91	107.513	17.432	11.728
Borda tank no 7 s	100%	1142.199	92.543	17.396	11.847
Taşıntı tank s	100%	121.083	77.553	8.321	1.784
Taşıntı tank p	100%	121.991	77.552	-8.345	1.78
Kinistin San.	0%	0	82.6	12.605	2.005
Kinistin iskele	0%	0	82.599	-12.639	1.999
Soğutma tank iskele	100%	91.159	73.043	-7.915	1.833
Sihhi topl. ve atık tank s	50%	45.09	73.054	7.022	1.193
Borda tank no 8 s.F.O.	100%	681.58	46.284	7.358	6.852
Borda tank no 8s KANAT	0%	0	47.27	14.275	8.515
Borda tank no 8 p.F.O.	100%	684.966	46.277	-7.368	6.841
Borda tank no 8 p KANAT	0%	0	47.258	-14.305	8.502
Borda tank no 9 s	50%	217.052	32.515	5.552	6.084
Borda tank no 9s KANAT	0%	0	34.827	13.257	9.386
Borda tank no 9 p	50%	220.651	32.477	-5.566	6.047
Borda tank no 9p KANAT	0%	0	34.789	-13.282	9.377
Kargo alanı	50%	140.846	8.049	6.82	14.9

EK – K'nın devamı,

Tank İsmi - Bay İsmi	Yük Durumu	Toplam Ağırlık	LCG	TCG	VCG
Kargo alanı	50%	140.889	8.05	-6.824	14.899
Depo	50%	366.442	0.672	-6.822	15.23
Bay 1	1	378	245.779	0	20.913
Bay 1a	1	378	239.642	0	20.913
Bay 2	1	864	231.212	0	18.567
Bay 2a	1	864	225	0	18.567
Bay 3	1	1566	216.57	0	16.988
Bay 3a	1	1566	210.39	0	16.988
Bay 4	1	1944	201.663	0	16.031
Bay 4a	1	1944	195.618	0	16.031
Bay 5	1	2376	187.102	0	14.437
Bay 5a	1	2376	180.935	0	14.437
Bay 6	1	2970	171.468	0	13.807
Bay 6a	1	2970	165.17	0	13.807
Bay 7	1	3132	157.26	0	13.509
Bay 7a	1	3132	150.972	0	13.509
Bay 8	1	3348	142.338	0	12.967
Bay 9	1	3348	127.402	0	12.962
Bay 9a	1	3348	121.325	0	12.962
Bay 10	1	3348	112.917	0	12.962
Bay 10a	1	3348	106.584	0	12.962
Bay 11	1	5346	101.228	0	13.415
Bay 11a	1	5346	94.906	0	13.415
Bay 12	1	864	65.46	0	17.168
Bay 12a	1	864	59.321	0	17.168
Bay 13	1	2052	50.223	0	15.596
Bay 13a	1	2052	44.056	0	15.596
Bay 14	1	1836	35.468	0	16.114
Bay 14a	1	1836	28.94	0	16.114
Bay 15	1	1404	20.832	0	6.251
Bay 15a	1	1404	14.605	0	6.251
Bay 16	1	0	5.987	0	0
Bay 16a	1	0	-0.087	0	0
Borda tank no 10 p	0%	0	2.759	-15.031	18.429
Borda tank no 10 s	0%	0	2.774	15.015	18.437

ÖZGEÇMİŞ

1990 yılının Ağustos ayında Tokat'ın Turhal ilçesinde doğdu. İlk öğrenimini Turhal Cengiz Topel İlköğretim okulunda tamamladı. Orta öğrenimini 2004 yılında başladığı Tokat/Zile Anadolu Öğretmen lisesinde tamamladı. 2008 yılında yüksek öğrenimine Karadeniz Teknik Üniversitesi Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği bölümünde başladı. 2012 yılından itibaren aynı üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği anabilim dalında yüksek lisans eğitimine devam etmektedir. İyi derecede İngilizce ve giriş seviyesinde Almanca bilmektedir.