

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BALIKÇI GEMİLERİ FORM PARAMETRELERİNİN ÖN  
DİZAYN AŞAMASINDA PRATİK STABİLİTE  
KRİTERLERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ**

79143

**Gemi İnş.Yük.Müh. Hüseyin YILMAZ**

**FBE Gemi İnşaatı Mühendisliği Anabilim Dalı Gemi İnşaatı Mühendisliği Programında  
Hazırlanan**

**DOKTORA TEZİ**

**Tez Savunma Tarihi : 15 Aralık 1998**  
**Tez Danışmanı : Prof. Dr. İ. Reşat ÖZKAN (İTÜ)**  
**Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Nihat TEKİN (YTÜ)**  
**: Doç. Dr. Demir SİNDEL (İTÜ)**

*[Handwritten signatures of Prof. Dr. İ. Reşat ÖZKAN, Prof. Dr. Nihat TEKİN, and Doç. Dr. Demir SİNDEL]*

**İSTANBUL, 1998**

79143

## İÇİNDEKİLER

|                                                                | Sayfa |
|----------------------------------------------------------------|-------|
| SİMGE LİSTESİ                                                  | iv    |
| KISALTMA LİSTESİ                                               | vii   |
| ŞEKİL LİSTESİ                                                  | viii  |
| TABLO LİSTESİ                                                  | x     |
| ÖNSÖZ                                                          | xi    |
| ÖZET                                                           | xii   |
| ABSTRACT                                                       | xiii  |
| 1. GİRİŞ                                                       | 1     |
| 1.1 Stabilite Kavramı                                          | 1     |
| 1.2 Çalışmanın Amacı                                           | 3     |
| 2. TARİHÇE ve YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR                              | 5     |
| 3. GEMİ YALPA HAREKETİ ve STABİLİTESİ                          | 15    |
| 3.1 Giriş                                                      | 15    |
| 3.2 Zorlanmış Yalpa Hareketinin Denklemi                       | 15    |
| 3.3 Zorlanmış Yalpa Hareketinin Stabilitesi - Pratik Stabilite | 18    |
| 3.3.1 Pratik stabilite bölgesi                                 | 21    |
| 3.3.2 Pratik stabilite bölgesinin oluşturulması                | 23    |
| 3.4 GM Kriteri                                                 | 26    |
| 3.5 $\Phi_m$ Kriteri                                           | 28    |
| 4. ÖNDİZAYN AŞAMASINDA STABİLİTE ANALİZİ                       | 30    |
| 4.1 Stabilite Çapraz Eğrilerinin Modellenmesi (KN- $\Phi$ )    | 32    |
| 4.2 KB ve BM Değerlerinin Modellenmesi                         | 34    |
| 4.3 Ağırlık Merkezinin Yaklaşık Olarak Modellenmesi            | 36    |
| 4.4 Stabilite Kriterlerinin Uygulanması                        | 39    |
| 4.4.1 Kütle ve eksu kütlesi atalet momentinin hesabı           | 39    |
| 4.4.2 Doğrultma momentinin hesabı                              | 40    |
| 4.4.3 Maksimum dalga momentinin hesabı                         | 42    |
| 4.4.4 Rüzgar sağanağı momentinin hesabı                        | 42    |
| 4.4.5 Sönüm momentinin hesabı                                  | 42    |
| 4.4.6 Sönüm momenti ile zorlamaların kesişmesi                 | 43    |
| 4.4.7 Doğrultma momenti ile zorlamaların kesişmesi             | 44    |
| 4.4.8 Pratik stabilite bölgesinin noktalarının bulunması       | 44    |

|                                                                             | Sayfa |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------|
| 4.4.9 $GM_r$ kriterinin uygulanması                                         | 47    |
| 4.4.10 $\Phi_{m_r}$ kriterinin uygulanması                                  | 47    |
| 5. UYGULAMA                                                                 | 48    |
| 6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER                                                     | 78    |
| KAYNAKLAR                                                                   | 81    |
| EKLER                                                                       | 87    |
| Ek 1 Uygulamada Kullanılan Balıkçı Gemilerinin Ofset Yarı Genişlikleri      | 87    |
| Ek 2 Balıkçı Gemileri İçin Pratik Stabilite Kriterlerini Uygulama Tabloları | 102   |
| ÖZGEÇMİŞ                                                                    | 106   |



## SİMGE LİSTESİ

|                   |                                                                        |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------|
| $A$               | Rüzgara açık gemi yanal projeksiyon alanı                              |
| $A_1$             | Zorlamaların maksimum pozitif değeri                                   |
| $A_{30}$          | GZ eğrisi altında kalan alan ( $\Phi=0$ ile $\Phi=\Phi_{30}$ arasında) |
| $A_{40}$          | GZ eğrisi altında kalan alan ( $\Phi=0$ ile $\Phi=\Phi_{40}$ arasında) |
| $A_{\Phi_m}$      | GZ eğrisi altında kalan alan ( $\Phi=0$ ile $\Phi=\Phi_m$ arasında)    |
| $A_{\Phi_v}$      | GZ eğrisi altında kalan alan ( $\Phi=0$ ile $\Phi=\Phi_v$ arasında)    |
| $a_i$             | KN değerini hesaplamada kullanılan regresyon katsayıları               |
| $a'_1, a'_2$      | Doğrultma momenti eğrisi ile zorlamaların ( $A_1$ ) kesişim noktaları  |
| $a(\bar{r})$      | Negatif olmayan sürekli artan bir fonksiyon                            |
| $B$               | Gemi kalıp genişliği                                                   |
| $B_{ij}$          | Sönüm momenti fonksiyonu katsayıları                                   |
| $BG$              | Geminin hacim ve ağırlık merkezleri arasındaki düşey mesafe            |
| $BM$              | Metasantr yarıçapı                                                     |
| $b'_1$            | Sönüm momenti fonksiyonu ile zorlamaların kesişim noktası              |
| $b_{ij}$          | $a_i$ katsayılarını hesaplamada kullanılan regresyon katsayıları       |
| $b(\bar{r})$      | Pozitif sürekli artan bir fonksiyon                                    |
| $C_B$             | Blok katsayısı                                                         |
| $C_P$             | Prizmatik katsayı                                                      |
| $C_{WL}$          | Su hattı alan katsayısı                                                |
| $C_{ij}$          | Doğrultucu moment fonksiyonu katsayıları                               |
| $c$               | (I+J) ile boyutsuzlaştırılmış lineer sönüm katsayısı                   |
| $c_i$             | Dokuzuncu derece doğrultucu moment kolu fonksiyonunun katsayıları      |
| $c_{ijk}$         | $b_{ij}$ katsayılarını hesaplamak için bulunan regresyon katsayıları   |
| $D$               | Gemi derinliği                                                         |
| $E$               | Maksimum dalga zorlamasının pozitif (I+J) 'ye bölünmüş değeri          |
| $E_1$             | Dalga zorlamasının mutlak değeri                                       |
| $E_\alpha^n$      | $n$ boyutlu Euclid uzayı                                               |
| $e(t)$            | (I+J) 'ye bölünmüş zamana bağlı dalga yatırma momenti                  |
| $e_1(t)$          | Zamana bağlı dalga yatırma momenti                                     |
| $F$               | Genel olarak dış zorlama kuvvetleri                                    |
| $f(\dot{\Phi})$   | (I+J) 'ye bölünmüş lineer olmayan sönüm momenti fonksiyonu             |
| $f_1(\dot{\Phi})$ | Lineer olmayan sönüm momenti fonksiyonu                                |
| $G$               | Gemi ağırlık merkezinin yeri                                           |
| $G(\Phi)$         | Doğrultma momentinin yaptığı iş (potansiyel enerji)                    |
| $GM$              | Başlangıç metasantr yüksekliği                                         |
| $GZ$              | Doğrultucu moment kolu                                                 |
| $GZ_{max}$        | Doğrultucu moment kolunun maksimum değeri                              |
| $g$               | Yerçekimi ivmesi                                                       |
| $g(\Phi)$         | (I+J) 'ye bölünmüş doğrultma momenti fonksiyonu                        |

|                          |                                                                      |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| $g_1 (\Phi)$             | Doğrultma momenti fonksiyonu                                         |
| $H_w$                    | Dalga yüksekliği                                                     |
| $H_{1/3}$                | Karakteristik dalga yüksekliği                                       |
| $h$                      | Rüzgar moment kolu                                                   |
| $h_1 h_2$                | Suya giren-çıkan siğillerin hacim merkezleri arasındaki yatay mesafe |
| $I$                      | Gemi kütle atalet momenti                                            |
| $I_x$                    | Su hattı enine atalet momenti                                        |
| $J$                      | Eksu kütle atalet momenti                                            |
| $KB$                     | Sephiye merkezinin düşey yeri                                        |
| $KG$                     | Ağırlık merkezinin omurgadan düşey mesafesi                          |
| $K_i$                    | KB yi hesaplamak için kullanılan regresyon katsayıları               |
| $KM$                     | Metasantr noktasının omurgadan yüksekliği                            |
| $KN$                     | Omurgadaki doğrultucu moment kolu                                    |
| $k$                      | Viskoz sönüm katsayısını hesaplamada kullanılan katsayı              |
| $L$                      | Geminin kaimeler arası boyu                                          |
| $M$                      | Genelleştirilmiş kütle atalet momenti                                |
| $M_a$                    | Kütle atalet momentleri                                              |
| $M_s$                    | Sönüm kuvvetlerinin momentleri                                       |
| $M_d$                    | Yay veya gemiyi doğrultmak için meydana gelen kuvvetlerin momentleri |
| $M_w$                    | Zamana bağlı dış kuvvetlerin momentleri                              |
| $P$                      | Rüzgar basıncı                                                       |
| $P_i$                    | Pratik stabilite bölgesini oluşturan eğrilerin uç noktaları          |
| $T$                      | Geminin dizayn draftı                                                |
| $T_c$                    | Geminin yükleme durumundaki su çekimi                                |
| $T'$                     | Çeyrek yalpa periyodu                                                |
| $T_\Phi$                 | Yalpa periyodu                                                       |
| $T_w$                    | Ortalama dalga periyodu                                              |
| $t_0$                    | Başlangıç zamanı                                                     |
| $t$                      | Zaman boyutu                                                         |
| $V$                      | Lyapunov fonksiyonu                                                  |
| $\dot{V}(\vec{\Phi}, t)$ | Lyapunov fonksiyonunun konuma ve zamana bağlı türevi                 |
| $V_i$                    | Pratik stabilite bölgesini oluşturan eğri parçaları                  |
| $W$                      | Gemi ağırlığı                                                        |
| $WM$                     | $(I+J)$ 'ye bölünmüş rüzgar momenti                                  |
| $WM_1$                   | Rüzgar momenti                                                       |
| $X_i$                    | Regresyon formülünde kullanılan gemi dizayn parametreleri            |
| $Z_1$                    | Boyutlu dış zorlama momentleri                                       |
| $\alpha$                 | Sıfırdan büyük herhangi bir sayı                                     |
| $\beta$                  | Başlangıç zamanından bağımsız pozitif bir sayı                       |
| $\bar{\gamma}$           | Genel olarak ivme alanı                                              |
| $\Delta$                 | Gemi deplasmanı                                                      |

|                 |                                                                                |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| $\Delta^*$      | n+1 boyutlu Euclid uzayı                                                       |
| $\delta$        | Gemi yüksekliğinin - yükleme durumundaki su çekimine oranı (D/T <sub>c</sub> ) |
| $\lambda$       | Dalga boyu                                                                     |
| $\sigma$        | Dinamik sistemin maruz kalabileceği zorlamaların toplamı                       |
| $\nabla$        | Deplasman hacmi                                                                |
| $I$             | Zaman aralığı                                                                  |
| $\Phi$          | Yalpa açısı                                                                    |
| $\Phi_F$        | Geminin açık mahallerine su girme açısı                                        |
| $\vec{\Phi}$    | n boyutlu durum vektörü                                                        |
| $\vec{\Phi}(0)$ | Dinamik bir sistemde hareketin başlangıç konumu                                |
| $\vec{\Phi}(t)$ | Dinamik bir sistemde hareketin zamana bağlı konumu                             |
| $\dot{\Phi}$    | Yalpa açısal hızı                                                              |
| $\ddot{\Phi}$   | Yalpa ivmesi                                                                   |
| $\Phi_m$        | Maksimum GZ değerine tekabül eden açı değeri                                   |
| $\Phi_v$        | Stabilitenin kaybolduğu açı                                                    |
| $\Omega^*$      | Dinamik bir sistemin hareketinin emniyetli olduğu bölge                        |
| $\Omega_0^*$    | Dinamik bir sistemde hareketin başlangıç bölgesi                               |
| $\omega$        | Dalga karşılaşma frekansı                                                      |
| $\forall$       | Her ..... için                                                                 |
| $( )$           | Zamana göre türev                                                              |

Not: Tüm değerler SI birimlerindedir. Sembollerde ITTC 1990 konferansında önerilen standartlar referans alınmıştır.

## **KISALTMA LİSTESİ**

|              |                                                              |
|--------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>BN</b>    | <b>Beaufort Number</b>                                       |
| <b>BSRA</b>  | <b>The British Ship Research Association</b>                 |
| <b>DOUST</b> | <b>Doust Optimized Trawler Forms</b>                         |
| <b>IMCO</b>  | <b>Inter-Governmental Maritime Consultative Organisation</b> |
| <b>IMO</b>   | <b>International Maritime Organisation</b>                   |
| <b>İTÜ</b>   | <b>İstanbul Teknik Üniversitesi</b>                          |
| <b>SOLAS</b> | <b>Safety of Life at Sea</b>                                 |
| <b>UBC</b>   | <b>University of British Columbia</b>                        |



## ŞEKİL LİSTESİ

|            |                                                                                     | Sayfa |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 1.1  | Sakin suda dengede olan bir gemiye etkiyen kuvvetler                                | 2     |
| Şekil 1.2  | Sakin suda $\Phi$ açısı kadar yalpa yapan gemiye etkiyen kuvvetler                  | 2     |
| Şekil 1.3  | Doğrultma moment kolu eğrisi ( $GZ-\Phi$ )                                          | 2     |
| Şekil 2.1  | Meyilli bir geminin geometrik özellikleri                                           | 8     |
| Şekil 2.2  | Rahola istatistik stabilite kriteri                                                 | 8     |
| Şekil 3.1  | Yalpa hareketi için pratik stabilitenin fiziksel ve topolojik gösterilimi           | 19    |
| Şekil 3.2  | Pratik stabilite bölgesi                                                            | 23    |
| Şekil 3.3  | Sönüm momenti ile zorlama momentinin kesişimi                                       | 24    |
| Şekil 3.4  | Doğrultma momenti ile zorlama momentinin kesişimi                                   | 25    |
| Şekil 4.1  | Meyilli bir geminin geometrik özellikleri                                           | 30    |
| Şekil 4.2  | Öndizayn aşamasında stabilite analizini gösteren akış şeması                        | 31    |
| Şekil 4.3  | Gerçek ve regresyon formülü ile bulunan KG değerlerinin karşılaştırılması           | 36    |
| Şekil 4.4  | Statik stabilite eğrisi                                                             | 40    |
| Şekil 4.5  | Sönüm momenti ve zorlamalar                                                         | 43    |
| Şekil 4.6  | Doğrultma moment kolu ve zorlamalar                                                 | 44    |
| Şekil 4.7  | Pratik stabilite bölgesinin çizilmesi                                               | 45    |
| Şekil 5.1a | Uygulamada kullanılan balıkçı gemilerinin KN- $\Phi$ değerlerinin karşılaştırılması | 53    |
| Şekil 5.1b | Uygulamada kullanılan balıkçı gemilerinin KN- $\Phi$ değerlerinin karşılaştırılması | 54    |
| Şekil 5.1c | Uygulamada kullanılan balıkçı gemilerinin KN- $\Phi$ değerlerinin karşılaştırılması | 55    |
| Şekil 5.1d | Uygulamada kullanılan balıkçı gemilerinin KN- $\Phi$ değerlerinin karşılaştırılması | 56    |
| Şekil 5.1e | Uygulamada kullanılan balıkçı gemilerinin KN- $\Phi$ değerlerinin karşılaştırılması | 57    |
| Şekil 5.2  | Uygulamada kullanılan gemilerin KM değerlerinin karşılaştırılması                   | 58    |
| Şekil 5.3  | $L/\nabla^{1/3}$ oranının KM üzerine etkisi                                         | 59    |
| Şekil 5.4  | B/T oranının KM üzerine etkisi                                                      | 59    |
| Şekil 5.5  | $C_B$ nin KM üzerine etkisi                                                         | 60    |
| Şekil 5.6  | $L/\nabla^{1/3}$ oranının KG üzerine etkisi                                         | 60    |
| Şekil 5.7  | B/T oranının KG üzerine etkisi                                                      | 61    |
| Şekil 5.8  | $C_B$ 'nin KG üzerine etkisi                                                        | 61    |
| Şekil 5.9  | $L/\nabla^{1/3}$ oranının GM üzerine etkisi                                         | 62    |
| Şekil 5.10 | B/T oranının GM üzerine etkisi                                                      | 62    |
| Şekil 5.11 | $C_B$ 'nin GM üzerine etkisi                                                        | 63    |
| Şekil 5.12 | $L/\nabla^{1/3}$ oranının $\Phi_m$ kriteri üzerine etkisi                           | 66    |
| Şekil 5.13 | $L/\nabla^{1/3}$ oranının $\Phi_m$ kriteri üzerine etkisi, BN = 4 - 8 arasında      | 66    |

|            |                                                                          |     |
|------------|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 5.14 | B/T oranının $\Phi_m$ kriteri üzerine etkisi                             | 67  |
| Şekil 5.15 | B/T oranının $\Phi_m$ kriteri üzerine etkisi, BN = 4 - 8 arasında        | 67  |
| Şekil 5.16 | $C_B$ 'nin $\Phi_m$ kriteri üzerine etkisi                               | 68  |
| Şekil 5.17 | $C_B$ 'nin $\Phi_m$ kriteri üzerine etkisi, BN = 4 - 8 arasında          | 68  |
| Şekil 5.18 | $L/\nabla^{1/3}$ oranının GM kriteri üzerine etkisi                      | 69  |
| Şekil 5.19 | $L/\nabla^{1/3}$ oranının GM kriteri üzerine etkisi, BN = 4 - 8 arasında | 69  |
| Şekil 5.20 | B/T oranının GM kriteri üzerine etkisi                                   | 70  |
| Şekil 5.21 | B/T oranının GM kriteri üzerine etkisi, BN = 4 - 8 arasında              | 70  |
| Şekil 5.22 | $C_B$ 'nin GM kriteri üzerine etkisi                                     | 71  |
| Şekil 5.23 | $C_B$ 'nin GM kriteri üzerine etkisi, BN = 4 - 8 arasında                | 71  |
| Şekil 5.24 | BN = 4 deniz durumunda 1 nolu gemi için pratik stabilite bölgesi         | 73  |
| Şekil 5.25 | BN = 5 deniz durumunda 1 nolu gemi için pratik stabilite bölgesi         | 73  |
| Şekil 5.26 | BN = 6 deniz durumunda 1 nolu gemi için pratik stabilite bölgesi         | 74  |
| Şekil 5.27 | BN = 7 deniz durumunda 1 nolu gemi için pratik stabilite bölgesi         | 74  |
| Şekil 5.28 | BN = 8 deniz durumunda 1 nolu gemi için pratik stabilite bölgesi         | 75  |
| Şekil 5.29 | Bütün deniz durumlarında 1 nolu gemi için pratik stabilite bölgesi       | 75  |
| Şekil 5.30 | $L/\nabla^{1/3}$ oranının pratik stabilite bölgesi üzerine etkisi        | 76  |
| Şekil 5.31 | B/T oranının pratik stabilite bölgesi üzerine etkisi                     | 76  |
| Şekil 5.32 | $C_B$ 'nin pratik stabilite bölgesi üzerine etkisi                       | 77  |
| Şekil E2.1 | Meyilli bir geminin geometrik özellikleri                                | 105 |
| Şekil E2.2 | GZ- $\Phi$ eğrisi                                                        | 105 |
| Şekil E2.3 | Doğrultma momenti ve zorlamalar                                          | 105 |
| Şekil E2.4 | Sönüm momenti ve zorlamalar                                              | 105 |
| Şekil E2.5 | Pratik stabilite bölgesi                                                 | 105 |

## TABLO LİSTESİ

|            | Sayfa                                                             |    |
|------------|-------------------------------------------------------------------|----|
| Tablo 4.1  | KN- $\Phi$ değerlerinin hesabı için bulunan regresyon katsayıları | 35 |
| Tablo 4.2a | KG'nin modellenmesinde kullanılan balıkçı gemileri                | 37 |
| Tablo 4.2b | KG'nin modellenmesinde kullanılan balıkçı gemileri                | 38 |
| Tablo 5.1  | Örnek gemilerin ana boyutları                                     | 49 |
| Tablo 5.2  | Kaide hattındaki doğrultucu moment kolu değerleri (KN- $\Phi$ )   | 50 |
| Tablo 5.3  | Doğrultucu moment kolu değerleri (GZ- $\Phi$ )                    | 51 |
| Tablo 5.4  | Statik stabilite karakteristikleri                                | 52 |
| Tablo 5.5  | Rüzgar ve deniz durumu tablosu                                    | 65 |



## ÖNSÖZ

Gemilerin denizdeki güvenliğini sağlama amacına yönelik olan ve yüksek lisans çalışmalarımın devamı niteliğini taşıyan bu çalışmada, her türlü bilgi ve tecrübelerinden istifade ettiğim başta değerli hocam Sayın Prof. Dr. İ. Reşat ÖZKAN 'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca fikir ve önerileriyle katkılarından dolayı Prof. Dr. A.Yücel ODABAŞI, Prof. Dr. Abdi KÜKNER ve Doç. Dr. Ahmet Dursun ALKAN'a, özverili yardımları ile her zaman benden maddi ve manevi desteğini esirgemeyen Doç. Dr. Mesut GÜNER ve Yük. Müh. Tamer YILMAZ'a , bilgisayar programları desteğiyle çalışmamda büyük kolaylık sağlayan Y. Müh. Yaşar GÜL'e, bilgisayar desteği ve bürokratik engellerin aşılmasında her türlü kolaylığı gösteren başta YTÜ Gemi İnşaatı Mühendisliği Bölümü Başkanı Prof. Dr. Nihat TEKİN ile yardımcısı Prof. Dr. Bahri ŞAHİN ve bölümümüzün tüm öğretim elemanlarına ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Ayrıca, çalışmam süresince gösterdikleri anlayıştan dolayı ve her türlü maddi ve manevi desteğiyle daima yanımda olan sevgili eşim Müslime ve biricik oğlum F. Emre'ye sonsuz teşekkür ederim.

## ÖZET

Devrilme olayı ve stabilite problemi, küçük gemiler için çok önemlidir. Bunlar içinde en fazla devrilme olaylarına özellikle balıkçı gemilerinde rastlanmaktadır. Bu nedenle devrilme olayı ve stabilite problemini gemi ön dizayn aşamasında incelemek, gemilerin ileride maruz kalabileceği tehlikeli durumlara karşı güvenliğini artırmak açısından gereklidir. Bununla birlikte, stabilite analizinde kullanılan kriterlerin de güvenilir olması istenmektedir. Bundan dolayı bu çalışmada, dalga ve rüzgar gibi zorlayıcı etkiler altındaki bir geminin lineer olmayan yalpa hareketinin analizine dayanarak Özkan tarafından geliştirilen Pratik Stabilite Kriterleri kullanılmıştır. Kriterlerin elde edilmesinde pratik stabilite ve üniform sınırlılık tanımlarından yararlanılmıştır.

Bu çalışmada bu kriterlerin düzenlenerek balıkçı gemilerinin ön dizaynında uygulanabilir hale getirilmesi amaçlanmıştır. Aynı zamanda gemi form parametrelerinin stabilite açısından analizi yapılmıştır. Bu çerçevede balıkçı gemilerinin ön dizayn aşamasında başlangıç ve statik stabilite hesaplarının form parametrelerine bağlı olarak yapılabilmesi için istatistiksel metodlarla yaklaşık ifadeler elde edilmiştir. Bu ifadeler kullanılarak elde edilen sonuçların ön dizayn aşamasında yeterli yaklaşımı sağladığı yapılan uygulamalarla gösterilmiştir. Boy-deplasman oranı, genişlik-draft oranı ve blok katsayısının stabilite kriterleri üzerine etkisi incelenmiştir. Özellikle sabit deplasmanda, genişlik-draft oranı artışının başlangıç stabilitesini olumlu fakat büyük açılardaki stabiliteyi olumsuz etkilediği yapılan uygulamalarla gösterilmiştir. Diğer yandan, yalpa hareketinin faz düzleminde gösterilmesini sağlayan pratik stabilite bölgesi ile, geminin çalışacağı deniz durumuna göre devrilme açısının tespit edilebileceği gösterilmiştir.

**Anahtar kelimeler :** balıkçı gemisi, başlangıç stabilitesi, ön dizayn, pratik stabilite kriterleri, statik stabilite, yalpa hareketi

## ABSTRACT

Capsizing phenomena and stability are very important problem for the small ships. Especially, in fishing vessels, these cases come across. Hence, investigation of the capsizing phenomena and stability problem during the preliminary design of the ship is very significant and necessary in order to increase safety of ship against the dangerous conditions that ship may encounter. Moreover, it is worth emphasizing that the criteria used in the stability analysis should be reliable for real application. Therefore, Practical Stability Criteria based on analysis of nonlinear roll motion, which is taken into account of wave and wind forces effects, developed by Özkan, is used in this study. In developing this criteria, practical stability and uniform boundedness definitions have been used.

In this study, it is aimed that this criteria is modified to be applicable for preliminary design of fishing vessels. At the same time, form parameters of vessels have been analyzed from the point of view of stability. Within this context, approximate formulations are obtained by statistical methods in order to calculate initial and statical stability of fishing vessels in related to form parameters in preliminary design stage. It is shown that the results obtained by application of these formulations are in good agreement with real values. Effects of length-displacement ratio, beam-draft ratio, and block coefficient on stability criteria have been investigated. Particularly, it is demonstrated that increasing of the beam-draft ratio with constant displacement has a positive effect on initial stability, but it has negative effect at large angles stability. On the other hand, for a given sea state, it is demonstrated to estimate the capsizing angle by using the practical stability domain which provides the illustration of roll motion in phase plane.

**Keywords :** fishing vessel, initial stability, practical stability criteria, preliminary design, rolling motion, statical stability

## 1. GİRİŞ

### 1.1. Stabilité Kavramı

Stabilite kavramı, özellikle kontrol sistemleri ve diğér dinamik sistemlerin dizaynı için çok önemli bir anlam ifade etmektedir. Mühendislik sistemlerinde stabilite terimi, sistemin orijinal durumundan sapması sonucu oluşan hatanın belirli bir bölge içinde kalması veya sıfıra yani denge konumuna dönmesi olarak tanımlanır.

Bütün mühendislik dallarında kullanılan stabilite, gemi mühendisliğinde de önemli yer tutmaktadır. Gemi stabilitesi kavramı içinde, geminin enine, boyuna ve yönsel stabilitesi düşünülür. Bunlardan en önemlisi, devrilme olayı ile yakından ilgili olan ve bu çalışmada dikkate alınan, gemilerin enine stabilitesidir. Herhangi bir iç veya dış etki sonucu yalpa yapan bir geminin bu etkinin ortadan kalkmasıyla eski konumuna dönmesi veya dönmemesi geminin enine stabilitesi kavramı içerisinde düşünülür.

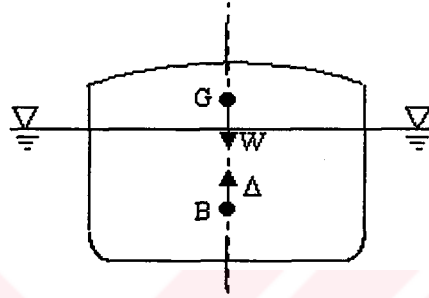
Günümüzde kullanılmakta olan stabilite kriterleri geminin daha çok statik ve geometrik özelliklerine dayanmaktadır ve bunların çıkartılmasında istatistiksel bilgilerden yararlanılmıştır. Bu kriterler; gemiyi iki zıt bileşke kuvvetin etkisi altında su yüzeyinde yüzmekte olan rijit bir cisim olarak kabul etmektedir. Gemiye etki eden kuvvetler, gemi ağırlık merkezinden etki ettiği kabul edilen geminin ağırlığı  $W$  ile, su altında kalan kısmının hacim merkezinden etki eden  $\Delta$ , suyun kaldırma kuvvetidir (Şekil 1.1). Gemi herhangi bir sebeple  $\Phi$  açısı kadar yalpa yaptığıında gemiyi doğrultmak için meydana gelen moment aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Şekil 1.2).

$$W = \Delta \quad (1.1)$$

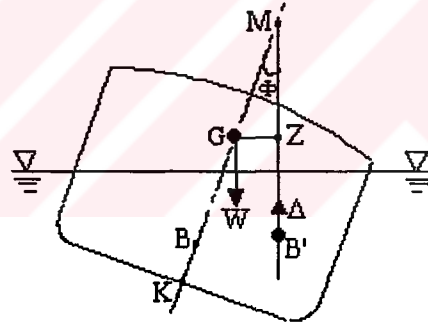
$$M_d = \Delta \times GZ \quad (1.2)$$

(1.2) denklemindeki  $GZ$  değeri  $\Phi$  meyil açısındaki doğrultucu moment kolu olarak isimlendirilir ve stabilite değerlendirme ölçüsü olarak kullanılmaktadır (Şekil 1.3).

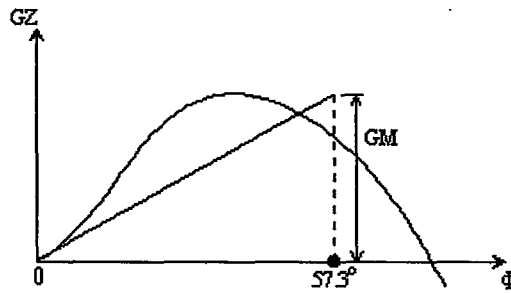
Balıkçı gemileri için halen uygulanmakta olan stabilite kriterlerini iki ana gruba ayırmak mümkündür. İlk grup Rahola (1939) temelli kriterlerdir, International Maritime Organization, Karar A.168 dir (IMO,1993). Bu kriterlerde stabilite ölçüsü olarak kullanılan doğrultucu moment kolu eğrisi altındaki alan; geminin tipine, büyüklüğüne ve çalıştığı deniz şartlarına bakılmaksızın aynı olmaktadır. Diğer yandan bu kriterlerin elde edilmesinde yararlanılan gemi sayısının az olması, gemi tiplerinin, yükleme ve deniz şartlarının gemilerin devrilme anında farklılığı bu kriterlerin gerçekçiliğini ve genellenmesini engelleyen hususlardır.



Şekil 1.1 Sakin suda dengede olan bir gemiye etkiyen kuvvetler



Şekil 1.2 Sakin suda  $\Phi$  açısı kadar yalpa yapan gemiye etkiyen kuvvetler



Şekil 1.3 Doğrultma moment kolu eğrisi ( $GZ-\Phi$ )

İkinci grup stabilite kriterleri ise, deterministik stabilite kriterleri olarak bilinmekte ve gemiye belirli çevre şartlarında etkiyen dış kuvvetleri göz önüne almaktadır. Bu gruba giren, Sarchin ve Goldberg'in (1962) önerdikleri kriter, bir kısım düzeltmelerle 1985 de IMO Hava Kriteri olarak, Karar A14/562 (IMO, 1993), yürürlüğe girmiştir. Bu iki grup kriterde de sakin deniz şartları göz önüne alınmıştır. Bu tez çalışmasında önerilen kriterlerin temeli bu iki grup kriterden tamamen farklı olup ve gemi yalpa hareketi ile ortamın etkilerini göz önüne alan bir hareket denklemini nitelik açısından inceleyen bir stabilite analizine dayanmaktadır (Özkan, 1981).

## 1.2. Çalışmanın Amacı

Stabilite özellikle küçük gemiler için önemli bir sorun olup bunlar içinde de en fazla devrilme olaylarına balıkçı gemilerinde rastlanmaktadır. Halen mevcut (IMO) stabilite kriterlerini sağlamasına rağmen birçok balıkçı gemisi devrilmektedir. Bu da mevcut stabilite kriterlerinin yetersizliğini veya eksikliğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada mevcut stabilite kriterlerine temel oluşturan statik denge prensibinin tam tersine, yalpa hareketi yapan bir geminin dinamik bir sistem olarak incelenmesi prensibi esas alınmıştır. Böylece sönüm, zorlama ve atalet terimlerinin de yer aldığı bir hareket denkleminin stabilite analizine dayanan ve ilk defa Özkan tarafından gündeme getirilen pratik (toplam) stabilite ile üniform sınırlılık kavramları çalışmanın temelini oluşturmuştur.

Bu çalışmanın amaçlarından biri, bu kavramların incelenmesi sonucu Özkan tarafından geliştirilen stabilite kriterlerinin balıkçı gemilerinin ön dizaynında uygulanabilir hale getirilmesidir. Diğer ise, geliştirilen bu kriterler yardımıyla, stabilite açısından gemi dizayn parametrelerinin analiz edilmesidir.

Bu çerçevede, çalışmada önerilen stabilite kriterlerinin uygulanmasında karşılaşılabilecek zorlukları aşmak için sistematik bir hesaplama yöntemi geliştirilmiş ve gemi ön dizayn aşamasında, uygulanabilmesi için gerekli yardımcı çalışmalar yapılmıştır. Bunların başında statik stabilite ( $GZ-\Phi$ ) ve başlangıç stabilitesinin (GM) hesabı gelmektedir. Bilindiği gibi gemi ön dizayn aşamasında geminin sadece ana boyutları ve dizayn parametreleri bilinmektedir. Bundan dolayı bilinen bu parametreler yardımıyla yaklaşık stabilite hesabı

yapılması gerekmektedir. Statik stabilite ve başlangıç stabilitesinin hesaplarının yapılabilmesi için stabilite çapraz değerleri ( $KN-\Phi$ ) ile gemi ağırlık merkezinin düşey yerinin (KG) bilinmesi gerekir. Bu nedenle, öncelikle gemi dizayn parametrelerine bağlı olarak stabilite çapraz değerleri için regresyon analizi yardımıyla yaklaşık ifadeler elde edilmiştir. Hacim merkezinin düşey yeri, KB, ile enine metasantr yarıçapı, BM, için de benzer şekilde ifadeler çıkartılmıştır. Bu ifadeler sadece gemi formuna bağlı olduğundan balıkçı gemileri için bilinen serilerden yararlanılmış ve gerekli sayıda gemi formu üretilerek modelleme yapılmıştır.

Gemi ağırlık merkezinin düşey yeri olan KG ise gemi formu ile gemilerdeki ağırlık gruplarının dağılımına bağlıdır. Bundan dolayı KG için 80 adet, ağırlık merkezleri ve diğer ana boyutları bilinen gerçek balıkçı gemisi verilerinden yararlanarak benzer şekilde gemi ön dizayn parametrelerine bağlı olarak yaklaşık bir ifade elde edilmiştir.

Elde edilen bu yaklaşık ifadelerle ön dizayn aşamasında statik stabilite ve başlangıç stabilitesinin hesabını yapmak mümkündür. Böylece stabilite kriterlerinin ön dizayn aşamasında uygulanması ve buna bağlı olarak stabilite açısından uygun gemi dizayn parametrelerinin belirlenmesi mümkün olmaktadır.

Çalışmanın uygulama bölümünde ise deplasmanı sabit gemi form parametreleri sistematik olarak değiştirilen DOUST, BSRA, İTÜ ve UBC balıkçı serilerinden yararlanarak 30 adet gemi formu oluşturulmuştur. Önerilen stabilite kriterlerinin bu gemilere uygulaması yapılmış ve gemi form parametrelerinin bu kriterler üzerine etkisi incelenmiştir. Böylece hem önerilen "Pratik Stabilite Kriterleri" test edilmiş hem de stabilite açısından gemi form parametrelerinin analizi yapılmıştır.

## 2. TARİHÇE ve YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Gemi stabilite teorisi ve kriterlerinin gelişimi üzerine yapılan çalışmalar yüz yıllar öncesine dayanmakta ve günümüzde de devam etmektedir. Bu çalışmalar, genel olarak üç gruba ayrılırlar.

- i) Sakin suda gemi stabilitesi üzerine yapılan çalışmalar.
- ii) Gemi hareketlerinin ve özellikle büyük genlikli yalpa salınımlarının stabilitesi üzerine yapılan çalışmalar.
- iii) Stabilite kriterleri oluşturulması ile ilgili çalışmalar.

Birinci grup çalışmalar geminin geometrisi ve ağırlık dağılımının belirlenmesi ile yapılan stabilite analizidir. Sakin suda bir gemi ağırlık ve sephiye kuvvetlerinin eşit olması ile dengededir. Çok eskiye dayanmakta olan bu şekildeki stabilite kavramı anlayışında stabilite ölçüsü doğrulma moment kolu (GZ) ile belirlenir.

Stabilite üzerine ilk çalışmalar, Aristotle ve Archimedes' e kadar uzanmaktadır. Bouguer'in (1746) ilk defa metasantr yarıçapını, geminin su hattı atalet momentinin deplasman hacmine bölümü olarak tanımlamasıyla ( $BM=I/V$ ), geminin stabilite ölçüsü olan GM metasantr yüksekliği,

$$GM = KB + BM - KG \quad (2.1)$$

olarak ifade edilmiştir. Burada KB ve KG, sırasıyla, geminin hacim ve ağırlık merkezlerinin kaide hattından yükseklikleridir. Buna göre  $\Phi$  açısı kadar meyil eden bir geminin, ağırlık ve sephiye kuvvetleri arasındaki uzaklık, doğrultucu moment kolu,

$$GZ = GM \sin\Phi \quad (2.2)$$

yaklaşımı ile hesap edilerek bulunur. Bu yaklaşım, Atwood (1796) tarafından verilen ve statik stabilite hesap yöntemlerinin esasını oluşturan doğrultucu moment kolunun,

$$GZ = \frac{v \cdot h_1 h_2}{\nabla} - BG \sin \Phi \quad (2.3)$$

şeklinde ifade edilmesine kadar kullanılmıştır (Şekil 2.1). Burada,  $v$  suya giren-çıkan sıyıl hacmini,  $h_1 h_2$  siğillerin hacim merkezlerini birleştiren doğruyu ve  $BG$  geminin hacim ve ağırlık merkezleri arasındaki düşey mesafeyi göstermektedir.

Moseley (1850) gemi stabilitesinin yalpa hareketi ile ilişkili olduğunu öne sürerek dinamik stabilite fikrini ortaya atmıştır. Moseley'e göre geminin meyil yaptığı açıya kadar doğrultucu moment kolu eğrisi altında kalan alan, aynı açıya kadar zorlayıcı moment eğrisi altında kalan alandan büyük ise gemi dengededir.

Scribanti (1904) duvar bordalı gemilerin  $GZ$  değerlerinin hesabı için aşağıdaki ifadeyi elde etmiştir.

$$GZ = \left( GM + \frac{BM}{2} \tan^2 \Phi \right) \sin \Phi \quad (2.4)$$

Prohaska (1947) "artık stabilite" kavramı üzerine çalışmış ve verdiği diyagramlar yardımı ile  $GZ$  değerlerinin kolaylıkla hesaplanması sağlanmıştır.

İkinci grup çalışmalar gemi yalpa hareketlerinin stabilitesini göz önüne almaksızın sadece hareketin belirlenmesi ile ilgilidir.

Froude (1861), sönüm etkilerini ihmal ederek, enine düzgün dalgalarda yalpa hareketinin ifadesini çıkarmıştır. Gemi genişliği ve draftının dalga boyuna göre küçük ve gemi konumunun dalga formu ile değişmediğini kabul etmiştir.

Krylov (1896, 1898), Froude-Krylov hipotezi olarak bilinen, gemi salınım ve yalpa teorileri ifadelerini vermiştir.

Denis ve Pierson (1953) stabilite çalışmalarında ilk defa probabilistik bir yaklaşım izleyerek gemilerin rasgele veya karışık deniz haliyle karşılaştıkları gerçeğinden hareketle gemi hareketlerini incelemişlerdir. Bu yöndeki çalışmalara De Jong (1973) ve Haddara (1971-1976) tarafından devam edilmiştir.

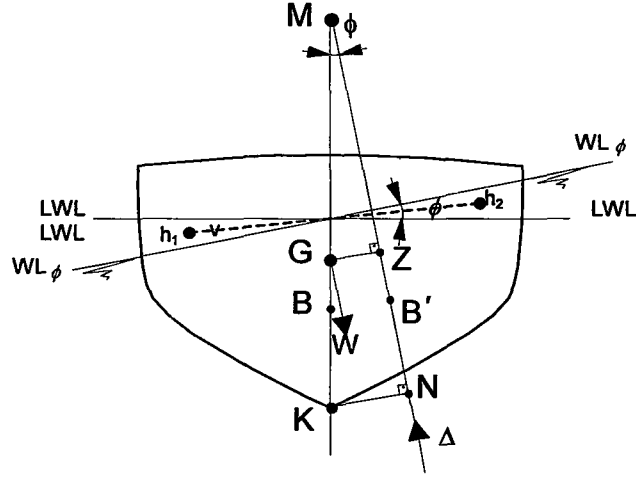
Voznessensky ve Firsoff (1957) gemi yalpa hareketi verilerini kullanarak istatistiksel analiz yapmış ve Grim (1961) lineer olmayan yalpa hareketinin analizinde bu çalışmayı kullanmıştır.

Üçüncü grup çalışmalar ise, stabilite kriterleri için minimum stabilite şartlarını belirlemeye yönelik çalışmalardır.

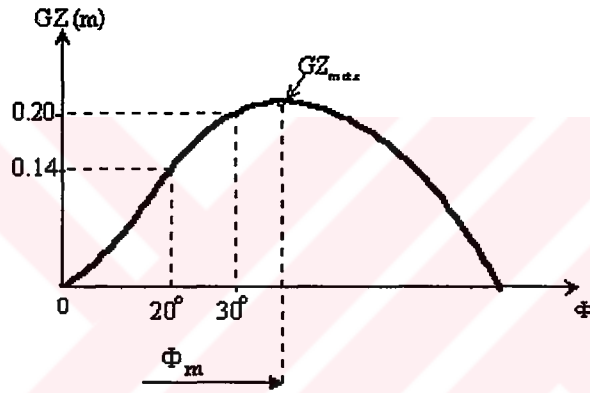
Stabilite karakteristiği olarak halen kullanılan doğrultucu moment eğrisi ilk olarak Reed (1868) tarafından teklif edilmiş ancak, uygulaması Denny (1887) tarafından yapılmıştır. Bu eğri ile başlangıç metasantr yüksekliğinin en az 0.244 m. olması bir kriter olarak önerilmiştir.

Moseley'in fikrini Pierrottet (1935) daha geliştirerek gemiyi devirmeye zorlayan kuvveti gerçekçi olarak dikkate almayı düşünmüş ve doğrultucu momentin zorlayıcı momente eşit yada daha büyük olması anındaki açığa bir sınır önermiştir. Fakat bu yaklaşım dizayn yönünden oldukça kısıtlayıcı olduğundan pek kabul edilmemiştir.

Rahola (1939) yaptığı doktora tezinde, stabilite konusunda o yıllara kadar olan kaynakları geniş bir şekilde inceleyerek 1870 ve 1938 yılları arasında devrilmiş 34 adet gemiye bilgileri analiz etmiştir. Bu gemilerin stabilite durumlarını yeterli, kritik ve yetersiz olmak üzere üç kategoriye ayırmıştır. Rahola'nın amacı, boyları 30 ile 76 metre arasında olan bu gemilerin devrilmeye karşı koyma kapasiteleriyle birlikte işletimde olan mevcut gemilerin doğrultucu momentlerine ait verileri analiz ederek, devrilmeye karşı emniyeti sağlayacak minimum doğrultucu momentleri bulmaktır. Şekil 2.2 de gösterilen ve istatistiksel bir yöntemle dayalı bu yaklaşım sonucunda önerilen statik ve dinamik stabiliteyle ilgili kriterler aşağıda özetlenmiştir.



Şekil 2.1 Meyilli bir geminin geometrik özellikleri



Şekil 2.2 Rahola istatistik stabilite kriteri

- $GZ_{20^\circ} \geq 0.14$   
 $GZ_{30^\circ} \geq 0.20$   
 $GZ_{40^\circ} \geq 0.20$
- En büyük GZ değeri  $\Phi_m \geq 35^\circ$  ve
- Stabilitenin bozulduğu açı  $\Phi_v \geq 60^\circ$
- $\Phi_F$  meyil açısına kadar GZ- $\Phi$  eğrisi altında kalan alan  $\geq 0.08$  [metre x radyan]  
 $\Phi_F$  için aşağıdaki değerlerin hangisi küçük ise o alınacaktır:  
 $\Phi_F \leq 40^\circ$   
 $\Phi_F \leq \Phi_m$   
 $\Phi_F \leq$  geminin su geçiren bölümlerinin suya girdiği açı olmalıdır.

Bugün kullanılmakta olan IMO (International Maritime Organisation) kriterleri, Rahola'nın doktora tezinin sonuçlarına dayanmaktadır. Rahola'nın tezi konuya büyük katkı yapmakla birlikte, buna dayanarak geliştirilmiş olan IMO kurallarını fazlasıyla sağlayan birçok geminin devrildiği de bir gerçektir. Bunun nedenlerinden birisi, kuralların gerçek bir stabilite analizinden yola çıkılarak elde edilmemiş olmasıdır. Diğerisi ise gemi ve içinde bulunduğu gerçek deniz ortamının özelliklerinin göz önünde bulundurulmaması olarak düşünülebilir. Rahola'nın çalışması 1968'de IMCO kriterleri olarak yayınlanmıştır.

Grim (1952/53) ve Wendel (1954) gemilerin stabilitesi üzerine değişik yöndeki çalışmalara öncülük etmişlerdir. Wendel boyları 30-60 m. arasında olan bir kısım geminin devrilme olayını baştan ve baş omuzluktan gelen dalgalarda 5-7 Beaufort rüzgar kuvveti altında istatistiki olarak analiz etmiştir. Wendel (1960) daha sonra hidrostatik tarzda doğrultucu ve zorlayıcı momentleri dengelenmesi gerektiğini öne sürdüğü çalışmasında belirli meyil açılarında, rüzgar, serbest su yüzeyi, dönme, güverte ıslanması, buzlanma, dalga durumu ve işletme şartlarından doğan zorlayıcı momentleri karşılayan doğrultucu momentleri içeren bir stabilite tablosu düzenlemiştir. Doğrultucu momentin zorlayıcı momentten büyük olduğu bir değeri emniyet payı olarak isimlendirmiştir.

Grim (1952) Wendel'den farklı olarak dalgalardaki doğrultma momentinin değişimini incelemiş ve yalpa hareketi denklemini aşağıdaki gibi düşünmüştür.

$$I \ddot{\Phi} + \Delta(GM + \delta GM \cdot \cos(\omega t)) \Phi = 0 \quad (2.5)$$

Mathieu denkleminin stabilitesi üzerine bilinen sonuçları kullanılarak hareketin instabilite bölgesini belirlemiştir. Grim daha sonra (1954) yalpa hareket denklemini aşağıdaki gibi vermiştir.

$$I \ddot{\Phi} + \Delta \cdot GZ \cdot (\Phi) = M_w \quad (2.6)$$

Burada,  $I$  kütle atalet momentleri,  $M_w$  dış zorlama kuvvetlerinin momentleridir.

Haddara (1971) Hill denkleminin sonuçlarını kullanarak stabilitenin olmadığı bölgeleri bulmuştur. Probabilistik yaklaşımlarda karşılaşılan zorlukları Kastner (1975) incelemiş ve büyük genlikli yalpa hareketleri için yapılacak probabilistik tahminin gemilerin devrilmeye karşı emniyeti için en iyi yol olduğunu savunmuştur.

Tsuchiya (1975) statik stabilite eğrisinin geometrisinin incelenmesini yetersiz bulmuş ve kendisinin önemli gördüğü birçok stabilite faktörünü dikkate alarak balıkçı gemilerinin stabilitesini incelemiştir. Çalışmasında kritik hava koşulları, balık tutma işlemindeki maksimum meyil açısı, stabilitenin kaybolduğu açı, güverte ıslanması ve karışık deniz halinde küpeştenin suya değme anına kadar yapılan tehlikeli yalpa hareketini ilgili faktörler olarak dikkate almıştır.

Balıkçı gemilerinin hidrodinamik dizayn problemlerinin incelendiği bir çalışmada (Kafalı, 1980) boyları 20 - 28 metre aralığında değişen küçük balıkçı gemileri stabilite, direnç ve denizcilik yönünden incelenmiştir. Bu araştırma sonucunda, Kafalı tarafından Türkiye sularına uygun olarak dizayn edilmiş küçük balıkçı gemilerinin pratikteki dizayn problemleri için oldukça faydalı diyagram ve ampirik ifadeler geliştirilmiştir. Ön dizaynda yeterli statik stabiliteyi belirleyebilecek diyagram ve ampirik formüller verilmiştir.

Cox (1977) IMCO stabilite kriterlerinin benzeri olan, İngiltere'deki balıkçı gemileri için stabilite kuralları hazırlamıştır. Bordadan avlanan balıkçı gemilerinin avlanma tipleri göz önüne alınarak dinamik stabilitelerinin artırılması önerilmiş ve doğrultucu moment kolu ve metasantr yüksekliği %20 oranında artırılmıştır.

Morrall (1975,1979,1980) bir balıkçı gemisinin bordadan alınan dalgalarda devrilme deneylerini yapmıştır. Bu çalışmada amaç, stabiliteye etki eden ve hava kriterlerinin dikkate aldığı faktörlerin deneysel olarak incelenmesidir.

Bazı deneysel çalışmalarda stabilitenin neden olduğu deniz kazaları incelenmiştir. Dahle ve Kjaerland (1979) bir araştırma gemisinin kırılan borda dalgalarıyla devrilme olayını deney setinde incelemişlerdir.

Helas (1982) çeşitli tipte gemilerin başlangıç ve kıçtan gelen dalgalarındaki stabilitesini incelemiş ve başlangıç stabilitesi yeterli olduğu halde dalgalı haldeki stabilitelerinin hava kriterine göre yetersiz olduğunu göstermiştir. Çalışmalarda ihmal edilen doğrultucu momentin zamana ve lineer olmayan yalpa hareketine bağlı olarak değişimi Welaya (1981) tarafından hesaplanabilmektedir.

Kuo vd. (1986) yaptıkları araştırmada, IMO'nun önerdiği Hava Kriteri ve Moseley'in dinamik stabilite teorisini daha rasyonel hale getirmişlerdir. Strathclyde Metodu olarak bilinen bu araştırmada, büyük genlikli yalpa hareketleri ve devrilme hakkındaki mevcut bilgilerin toplanarak gelecekte geliştirilecek stabilite kriterlerine temel hazırlamak amaçlanmıştır. Strathclyde Metodu'nun karakteristik özelliği stabilite eğrisinin zamana ve yalpa açısına bağlı olarak hesaplanmasıdır. Bu yaklaşımda yalpa hareketi yapan geminin doğrultucu momenti, bordadan etkiyen rüzgara, kıçtan veya omuzluktan alınan dalgalara, sönüm ve yükleme şartlarına bağlı olarak modellenmiştir.

Yalpa sönümü ile ilgili ilk ciddi çalışmalar Dalzell (1978) tarafından yapılmış ve alternatif sönüm modelleri ortaya koyulmuştur. Mathisen (1984) zorlanmış yalpa hareketi için sayısal yaklaşımlarla kuadratik sönüm modeli geliştirmiş ve bu modelin kübik sönüm modeline göre daha avantajlı olduğunu göstermiştir. Robert vd. (1985a, 1985b) yalpa sönümünün lineer olmayan özelliğinin yalpa hareketine etkisini *Sulisker* adlı balıkçı koruma teknesinin model deneylerinde incelemiş ve kuadratik sönüm modelinin en iyi yaklaşımla sonuç verdiğini göstermiştir. Spouge (1990) aynı teknenin sakin sudaki diğer deneylerinde tekne formu, tekne takıntıları, başlangıç stabilitesi ve yalpa frekansının yalpa sönümüne etkisini incelemiştir. Özellikle balıkçı gemileri için sönüm momenti modelleri üzerine deneysel ve sayısal çalışmalara Haddara vd. (1984,1990,1994) ile Bass vd. (1988) devam etmiş sadece hıza bağlı kuadratik sönüm modelinin en iyi sonucu verdiğini göstermişlerdir.

Stabilite konusunda standartlar oluşturmak amacıyla uluslararası ilk çalışmalar, 1948 ve 1960 yıllarında Denizde Can Emniyeti (Safety of Life at Sea - SOLAS) olarak adlandırılan konferanslardaki görüş birliği ile başlatılmıştır. Bu iki konferansta alınan kararları kabul eden ülkeler, kendi stabilite kurallarını da bu kararlara göre yeniden gözden geçirmişlerdir.

SOLAS uluslararası birliği 1974 yılında üçüncü defa toplanmıştır. Bu üç konferans sonucunda herhangi bir stabilite kriteri önerisi yapılmamış, fakat gemi operatörlerine meyil deneyi sonuçlarını içeren bilgiler verilmesini ve çeşitli işletim koşullarında bu bilgileri dikkate alarak stabilitenin korunmasını sağlamaları konusunda yol gösterici çalışmalar yapılmıştır. 1960 yılındaki SOLAS konferansı uluslararası stabilite kurallarının geliştirilmesinde ilk önemli adım olmuştur. Bu konferansta IMCO tarafından yolcu, yük ve balıkçı gemilerinin stabilitesi üzerine çalışmalarda bulunulması kararı alınmıştır. IMCO Birleşmiş Milletlere bağlı, denizcilik konusunda uzmanlık hizmetleri vermek üzere 64 Birleşmiş Milletler üyesi devletin katılımıyla kurulmuş bir organizasyondur.

IMCO 1964 yılında stabilite çalışmalarına başlamış ve ilk aşamada birkaç yıl boyunca devrilmiş ve işletimde olan gemilere ait stabilite verilerini toplayarak bunlar üzerinde istatistiksel bir analize başlamıştır. Ayrıca değişik ülkelerde uygulanan stabilite kuralları da analize dahil edilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda 1968 yılında IMCO Rahola'nın önerdiği kriter setinin aynısı olan istatistiksel temelli bir kriter seti benimsemiştir. Bu arada bilinen moment veya enerji dengesi temeline dayanan yaklaşımlar da incelemeye alınmıştır. 1975 yılında organizasyon bu yolda karara varmış ve bordadan alınan rüzgar ve basit dalgalı ortamda moment dengesini inceleyen bir hava kriterini ara çözüm olarak önermiştir (Thomson ve Tope, 1970).

Miller ve araştırma grubu (1975) tarafından IMCO kriterlerinin bir incelemesi yapılarak kriterlerin güvensiz, özellikle küçük boyutlu, boyları 24 metre civarında ve yüksüz haldeki gemiler için yetersiz olduğu bildirilmiştir.

Balıkçı gemilerinin stabilite ve güvenliği Organizasyon tarafından 1975 yılından itibaren incelemeye alınarak 1977 yılında Torremolinos'da yapılan 'Balıkçı Gemilerinin Güvenliği' konferansında başlangıç metasantr yüksekliğinin 0.35 metreden büyük olması şartıyla "IMO İstatistiksel Kriteri" kabul edilmiştir. 1993 yılında Torremolinos'da tekrar yapılan 'Balıkçı Gemilerinin Güvenliği' konferansında ise "IMO Hava Kriteri" benimsenmiştir.

1980 yılında IMCO'nun adı değiştirilerek IMO (International Maritime Organization - Uluslararası Denizcilik Organizasyonu) olmuştur.

IMO tarafından 1983 yılına kadar süren çalışmalarda dalga ve rüzgar gibi fiziksel çevre şartlarının dikkate alındığı bir stabilite kriteri üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Düzgün dalgalar ve rüzgarın bordadan kombine etkisinde zorlayıcı ve doğrultucu moment dengesini inceleyen "IMO Hava Kriteri" geliştirilmiştir. Bu kriterin uygulamalarında bir çok ülkede başarı sağlanmışsa da teorik modellemesi gerçek olayları tam yansıtamamaktadır.

IMO kriterleri halen birçok ülke tarafından ulusal stabilite kriterleri olarak kullanılmaktadır. Kuruluşa üye ülkelerin, özellikle dış sularda çalışacak gemilerin tasarımını IMO'nun belirttiği kurallar çerçevesinde yapmaları gerekmektedir.

Newton, Euler ve Laplace stabilite analizlerinde hareket denklemlerinin çözümlerinden yararlanmışlardır. Lagrange ise denklemlerin çözümünü yapmaktansa denklemi nitelik yönünden incelemiş ve konservatif bir sistemde sabit toplam enerji için potansiyel enerjinin maksimum civarında sistemin dengesiz, minimum civarında ise dengeli olduğunu göstermiştir. Poincare, Lagrange'ın enerji yöntemini geliştirmiş sistemin hareketini faz düzleminde incelemiştir.

Stabilite üzerine bugüne kadar yapılan çalışmaların en önemlilerinden birisi Lyapunov'un (1949) doktora tezidir. Lyapunov stabilite problemini  $n$ . dereceden sistemler için genelleştirmiş ve iki ayrı yöntem önermiştir. Birinci yöntem denklem çözümlerinden yararlanır. "Lyapunov Direkt Yöntemi" olarak bilinen ikinci yöntem ise sistemi tanımlayan denklem ve denklem sistemlerinin nitelik yönünden incelenmesini içerir. Yani Lagrange gibi sistemin toplam enerjisi prensibinden yararlanarak stabilite, asimptotik stabilite ve stabilitesizlik için üç genel teorem vermiştir. 1929 yılında Malkin Lyapunov'un ikinci yöntemini lineer ve lineer olmayan sistemler için genelleştirmiştir.

Lineer olmayan hareket denklemlerinin lineer yaklaşımlarla çözülmesi sonuçların güvenilirliğini azaltır. Gemi yalpa hareketi denkleminin stabilite analizinde bu zorluğu aşmak için ilk defa Odabaşı (1973) Lyapunov direkt yöntemini kullanarak gemilerin stabilite analizini yapmıştır. Daha sonra tekrar nihai stabilitenin genel tanımı ve stabilite belirleme yöntemleri Odabaşı (1976, 1982) ve Kuo vd. (1975) tarafından verilmiştir.

Bunu izleyen yıllarda Özkan (1977-1990) da aynı konu üzerinde çalışmış ve Lasalle ve Lefschetz'in (1961) pratik (toplam) stabilite kavramı ile Yoshizawa'nın (1958) üniform sınırlılık kavramlarını ilk defa gemi yalpa hareketine uygulamıştır. Lineer olmayan zorlanmış gemi yalpa hareketi için Lyapunov fonksiyonu elde etmiş ve faz düzleminden yararlanmıştır. Sonuçta başlangıç stabilitesi, maksimum doğrultucu momentin olduğu açı değeri ve hareketin faz düzleminde gösterilerek devrilme olayının başlangıç yeri için kriterler önermiştir. Daha sonra Calderia (1986) aynı konu üzerinde çalışmalara devam etmiştir.

Dinamik bir sistemin direk çözümü yerine lineer olmayan hareketinin kalitatif analizine dayanan geometrik yöntemlerin gemi hareketlerinde kullanımı son yıllarda yaygınlaşmıştır. Cardo vd. (1982) düzgün enine gelen dalgalarındaki lineer olmayan yalpa hareketi denklemini pertürbasyon yöntemi ile yaklaşık olarak çözmüş ve bulunan sonuçların sayısal simülasyon ile uyum içinde olduğunu göstermiştir. Nayfeh vd'nin (1989,1990,1995) pertürbasyon metotlarını kullanarak yaptıkları çalışmalar, Thompson vd'nin (1990, 1997) Melnikov analizi ile geçişken bölgeler üzerine yaptıkları çalışmalar bunların başında gelmektedir. Falzarano vd. (1990) Poincare haritalarını kullanarak lineer olmayan gemi yalpa hareketinin başlangıç zamanından bağımsız olması gerektiğini göstermiş olup bu sonuç, daha önce Özkan tarafından gerçekleştirilen stabilite araştırmalarına uygunluk göstermesi bakımından önemlidir. Falzarano, özellikle, balıkçı gemilerinin yalpa hareketinde, güverte ıslanmasının doğrultma momentini azalttığını, yalpa omurgasının ise sönüm momentini artırdığını göstermiştir. Falzarano vd. (1995) diğer çalışmasında ise yine Poincare haritaları tekniği ile kritik dalga genliği ve frekansını incelemiş ve lineer olmayan gemi yalpa hareketi için model deneylerinin ışığı altında kritik gemi devrilme olayının sayısal simülasyonunu yaparak stabilite kriterleri geliştirmiştir. Ayrıca yalpa hareketinde sönüm ve doğrultma momentinin etkisini göstermiştir.

Yukarıda incelenen stabilite çalışmaları dikkate alınarak, bu çalışmada lineer olmayan zorlanmış yalpa hareketinin stabilite analizine dayanarak Özkan (1981) tarafından geliştirilen stabilite kriterleri esas alınmıştır. Bu kriterlerin balıkçı gemilerinin ön dizayn aşamasında uygulanabilmesine yönelik çalışmalar yapılmış ve stabilite açısından gemi dizaynı için parametre analizi yapılmıştır.

### 3. GEMİ YALPA HAREKETİ ve STABİLİTESİ

#### 3.1 Giriş

Bu bölümde, bir geminin lineer olmayan zorlanmış yalpa hareketi göz önüne alınacak ve pratik (toplam) stabilite analizi yapılarak üniform sınırlılık şartının uygulanması sonucunda bulunan stabilite kriterleri verilecektir.

Dinamik bir sistemin serbest veya zorlanmış olması, denge kavramı ile çok yakından ilgilidir. Serbest bir sistemde başlangıç statik denge konumu ve bu konumdan ayrıldıktan bir süre sonra tekrar bu konuma dönüş mümkün iken, zorlanmış bir sistem için böyle bir durum söz konusu değildir. Bir başka deyişle, serbest bir sistemde araştırılması gereken, sistemin başlangıç konumuna dönüp dönmemesi iken, zorlanmış bir sistemde ise sistemin hareketinin her zaman sonlu bir bölgede kalması ve bu bölgenin de pratik açıdan yeterli güvenliğe sahip olmasıdır.

Lineer olmayan sistemler için stabilite yerel bir kavramdır. Bu nedenle elde edilen kriterler belli bir bölge için geçerli olacaktır ve bu bölgeyi belirleyen de sistemin lineer olmama özelliğidir. Lineerleştirme yoluyla yapılan incelemelerde, aşıkarak, çeşitli durumlarda denklemin sayısal çözümünden elde edilen kriterlerin bir bölge içinde tanımlanma imkanları kaybolmuştur. Bu durumda geminin yalpa hareketinin stabilitesini incelemek için denklemi sonsuz sayıda çözmek gerekli olacaktır ki bu tercih ne pratik açıdan mümkün ne de dizayn açısından tatmin edicidir. Görüldüğü gibi lineer olmayan sistemlerde önemli olan sistemi modelleyen denklemin lineer olmayan karakteristiğini koruyarak stabilitesini sağlayan koşulları bulmaktır. Gerek serbest ve gerek zorlanmış yalpa hareketinin büyük açılardaki stabilitesinin incelenmesinde, denklemin lineerliği bozan özelliklerinin korunması, çözümlerin güvenilirliği açısından gereklidir.

#### 3.2 Zorlanmış Yalpa Hareketinin Denklemi

Dış etkiler altında ve başlangıçta bir statik denge konumunda olan bir geminin lineer olmayan zorlanmış yalpa hareketini düşünelim. Bu hareket denklemi Newton'un ikinci yasasından yararlanarak aşağıdaki gibi kolaylıkla çıkartılabilir.

$$M\vec{\gamma} = \vec{F} \quad (3.1)$$

burada  $M\vec{\gamma}$  atalet kuvvetlerini,  $\vec{F}$  dış kuvvetleri,  $M$  genelleştirilmiş kütle atalet momentini,  $\vec{\gamma}$  ise ivme alanını göstermektedir. (3.1) denklemini moment terimleri cinsinden aşağıdaki şekilde ikinci derece diferansiyel denkleme dönüştürülerek tekrar yazılabilir :

$$M_a \frac{d^2\Phi}{dt^2} + M_s \left( \frac{d\Phi}{dt} \right) + M_d(\Phi) = M_w(t) \quad (3.2)$$

burada,

- $M_a$  : Kütle atalet momentleri
- $M_s$  : Sönüm kuvvetlerinin momentleri
- $M_d$  : Yay kuvvetlerinin momentleri
- $M_w$  : Zamana bağlı dış kuvvetlerin momentleri

Moment terimleri cinsinden ifade edilen (3.2) denklemini, lineer olmayan yalpa hareketi için aşağıdaki gibi yazabiliriz.

$$(I + J)\ddot{\Phi} + f_1(\dot{\Phi}) + g_1(\Phi) = e_1(t) + WM_1 \quad (3.3)$$

burada  $(I+J)>0$  dır. (3.3) denkleminin her iki tarafı  $(I + J)$  ye bölünerek

$$\ddot{\Phi} + f(\dot{\Phi}) + g(\Phi) = e(t) + WM \quad (3.4)$$

elde edilir. Burada  $I$  kütle atalet moment,  $J$  ek su kütle atalet moment,  $\Phi, \dot{\Phi}, \ddot{\Phi}$  ise sırasıyla yalpa açısı, açısal hızı ve açısal ivmesidir.

$f_1(\dot{\Phi})$  : Sönüm momenti

$$f_1(\dot{\Phi}) = B_{11}\dot{\Phi} + B_{22}\dot{\Phi}|\dot{\Phi}| \quad B_{11}, B_{22} > 0$$

$g_1(\Phi)$  : Doğrultma momenti

$$g_1(\Phi) = C_{11}\Phi - C_{22}\Phi^3 \quad C_{11}, C_{22} > 0$$

$e_1(t)$  : Zamana bağlı dalga yatırma momenti

$WM_1$  : Rüzgar sağanağı momenti

Bu ifadelerin  $(I + J)$  'ye bölünmüş halleri aşağıdaki gibidir.

$$f(\dot{\Phi}) = B_{10}\dot{\Phi} + B_{20}\dot{\Phi}|\dot{\Phi}| \quad (3.5)$$

$$g(\Phi) = C_{10}\Phi - C_{20}\Phi^3 \quad (3.6)$$

$$e(t) = \frac{e_1(t)}{(I + J)} \quad (3.7)$$

$$WM = \frac{WM_1}{(I + J)} \quad (3.8)$$

$B_{10}$  : Lineer (dalga) sönüm katsayısı

$B_{20}$  : Lineer olmayan (viskoz) sönüm katsayısı

$C_{10}, C_{20}$  : Doğrultma momenti katsayıları

$\dot{\Phi} = \Phi_1$  değişken dönüşümü yapılarak (3.4) denklemi aşağıdaki gibi birinci mertebeden diferansiyel denkleme (faz denklemine) dönüştürülür. Böylece

$$\begin{aligned} \dot{\Phi} &= \Phi_1 \\ \dot{\Phi}_1 &= -g(\Phi) - f(\dot{\Phi}) + e(t) + WM \end{aligned} \quad (3.9)$$

elde edilir.

### 3.3 Zorlanmış Yalpa Hareketinin Stabilitesi - Pratik Stabilite

Zorlamaların etkilerindeki dinamik sistemler için çeşitli stabilite ve sınırlılık tanımları verilmiştir. Burada Lasalle ve Lefschetz (1961) tarafından "*Pratik (toplam) stabilite başlangıç şartları kümesi ve zorlamalara göre çözümlerin üniform sınırlılığıdır*" şeklinde verilen "Pratik Stabilite ve Üniform Sınırlılık" kavramları çalışmanın esasını teşkil etmektedir. Başka bir ifadeyle pratik stabilite, gemi yalpa hareketi için aşağıdaki üç ayrı maddenin birlikte incelenmesi ve gerçekleşmesi şeklinde tarif edilebilir (Şekil 3.1).

a) Sistemin içinde bulunacağı ortamdan ve çalışma şartlarından dolayı beklenebilecek veya müsaade edilebilir zorlamaların büyüklüğü ne olmalıdır,  $\sigma$  sayısı,

b) Sistemin başlangıç konumu ne kadar iyi bir şekilde kontrol edilebilir? Başlangıç yalpa açısı ve hızı,  $(\Omega_0^*)$

c) Sistemin güvenli ve pratik açıdan kabul edilebilecek davranışı ne olmalıdır?  $(\Omega^*)$

#### Üniform Sınırlılık:

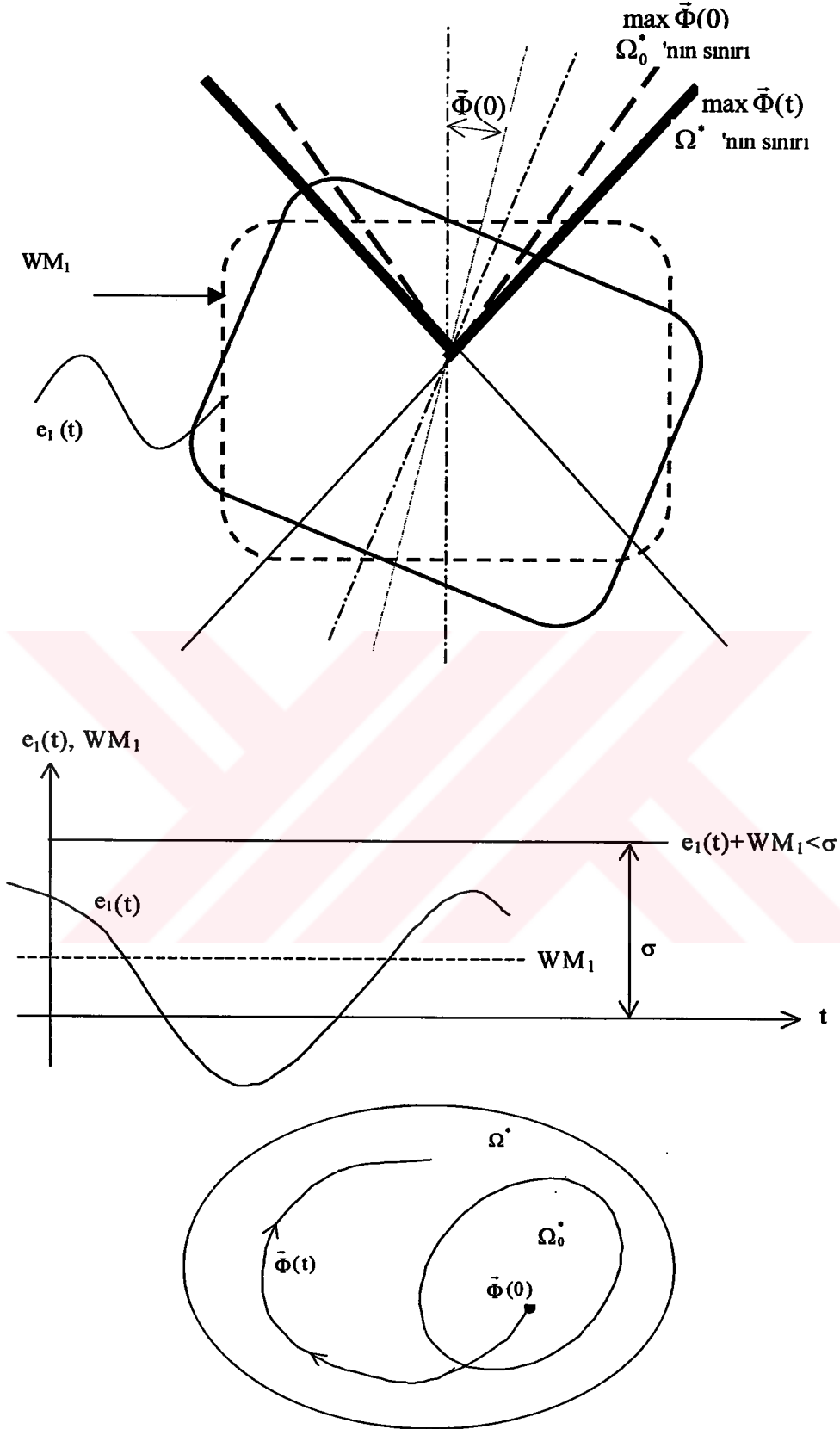
**Tanım:** Her  $\alpha > 0$  için  $t_0$  'dan bağımsız bir  $\beta$  pozitif sayısı varsa, öyle ki  $t > t_0$  için

$$\|\Phi_0\| < \alpha, \quad \|\tilde{\Phi}(t; \Phi, t_0)\| < \beta \quad \text{ise} \quad (3.10)$$

$\tilde{\Phi} = \tilde{\Phi}(t; \Phi_0, t_0)$  çözümleri "üniform sınırlıdır" denir.

$$\|\tilde{\Phi}\| = \left( \sum_{i=1}^n (\Phi_i^2) \right)^{1/2} \quad (3.11)$$

$\tilde{\Phi}$  : n-boyutlu bir Euclid uzayında tanımlı bir konum vektörü



Şekil 3.1 Yalpa hareketi için pratik stabilitenin fiziksel ve topolojik gösterilimi (Özkan,1981)

**Teorem:** Eğer  $\Delta^* = E_\alpha^n \times I$  içinde tanımlanmış zamana bağlı bir  $V(\Phi, t)$  pozitif Lyapunov fonksiyonu varsa, burada,

$$I = \{t \mid t \in [t_0, +\infty)\}$$

$$E_\alpha^n = \{\Phi \mid \|\Phi\| > \alpha\}$$

$E_\alpha^n$  : n boyutlu Euclid uzayı

öyle ki

$$a(\|\bar{\Phi}\|) \leq V(t, \bar{\Phi}) \leq b(\|\bar{\Phi}\|) \quad (3.12)$$

burada  $a(\bar{r})$  negatif olmayan sürekli artan bir fonksiyon

$$\lim_{\bar{r} \rightarrow \infty} a(\bar{r}) \rightarrow \infty \text{ ve}$$

$b(\bar{r})$  pozitif sürekli artan bir fonksiyondur.

b)  $\Delta^*$  içinde  $\dot{V}(\bar{\Phi}, t) \leq 0$  ise  $\dot{\Phi} = f(\Phi, t)$  denkleminin çözümleri üniform olarak sınırlıdır.

Bu teoreme ait geniş bilgi Yoshizawa (1958)'de bulunabilir ve kullanımı ile ilgili çeşitli uygulamalara ise (Özkan, 1977, 1981) de yer verilmiştir.

Zorlanmış yalpa hareketinde gemiye sürekli olarak etki eden dalga ve rüzgar zorlamaları mevcuttur. Öte yandan, dalga zorlamasının zamana bağlı olan karakteri hareket denklemini otonom olmayan bir sistemin denklemini haline getirmekte, bu ise, teoride ilave zorluklar çıkarmaktadır.

Bu çalışmada,

$$V(t, \Phi, \dot{\Phi}) = \frac{1}{2} \dot{\Phi}^2 + \int g(\Phi) d\Phi - \int_0^t e(t) dt - W M \Phi \quad (3.13)$$

tipinde bir Lyapunov fonksiyonundan yararlanılmış olup, dış zorlamaların mutlak yakınsak olduğu kabul edilmiştir. Yani,

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \int_0^t |e(t)| dt < \infty \quad (3.14)$$

Üniform sınırlılık teoreminin ispatında teoremin gerektirdiği  $\Delta^*$  'ın varlığı gösterilmiş olup aşağıdaki şartlar ortaya çıkartılmıştır (Özkan, 1981).

$$G(\Phi) > WM \cdot \Phi + \int_0^t |e(t)| dt \quad (3.15)$$

$$G(\Phi) = \int_0^\Phi g(\Phi) d\Phi \quad (3.16)$$

(3.15) ve (3.16) denklemleri  $\forall \Phi \neq 0$ ,  $\dot{\Phi} = 0$  ve  $G(\Phi) > 0$  şartları için geçerlidir.

(3.15) denklemi fiziksel olarak, bir  $\Phi$  açısına kadar yapılan ve açısal hızın sıfıra ulaştığı bir noktada yalpa hareketi boyunca kazanılmış olan potansiyel enerjinin, dış kuvvetler tarafından gemiye uygulanan zorlama enerjisinden daha büyük olması gerektiğini göstermektedir.

### 3.3.1 Pratik stabilite bölgesi

Öncelikle, problemin tanım aralığı içinde hareketin üniform sınırlılığını belirlemek gerekir. Sınırlılık bölgesini çeviren eğriler enerji tipi eğriler olarak düşünülmüş ve bunların başlangıç zamanından bağımsız olmaları öngörülmüştür. Çözümlerin üniform sınırlılığı tayin edilmedikçe pratik stabilite bölgesinin oluşturulmasının hiçbir anlamı yoktur. Pratik stabilite bölgesi hareketin faz düzleminde gösterilmesidir. Pratik stabilite bölgesini (Şekil 3.2) oluşturan ve her biri enerji tipi fonksiyon olan eğriler aşağıdaki gibi verilmiştir (Özkan, 1981, 1990).

$$I : \quad \frac{1}{2} \dot{\Phi}^2 + \left| \int_0^{\Phi} g(\Phi) d\Phi \right| + A_1 \Phi = V_1 = \text{Sabit} \quad (3.17)$$

$$II : \quad \frac{1}{2} \dot{\Phi}^2 + \left| \int_0^{\Phi} g(\Phi) d\Phi \right| - A_1 \Phi = V_2 = \text{Sabit} \quad (3.18)$$

$$III : \quad \frac{1}{2} \dot{\Phi}^2 + \left| \int_0^{\Phi} g(\Phi) d\Phi \right| = V_3 = \text{Sabit} \quad (3.19)$$

Burada,

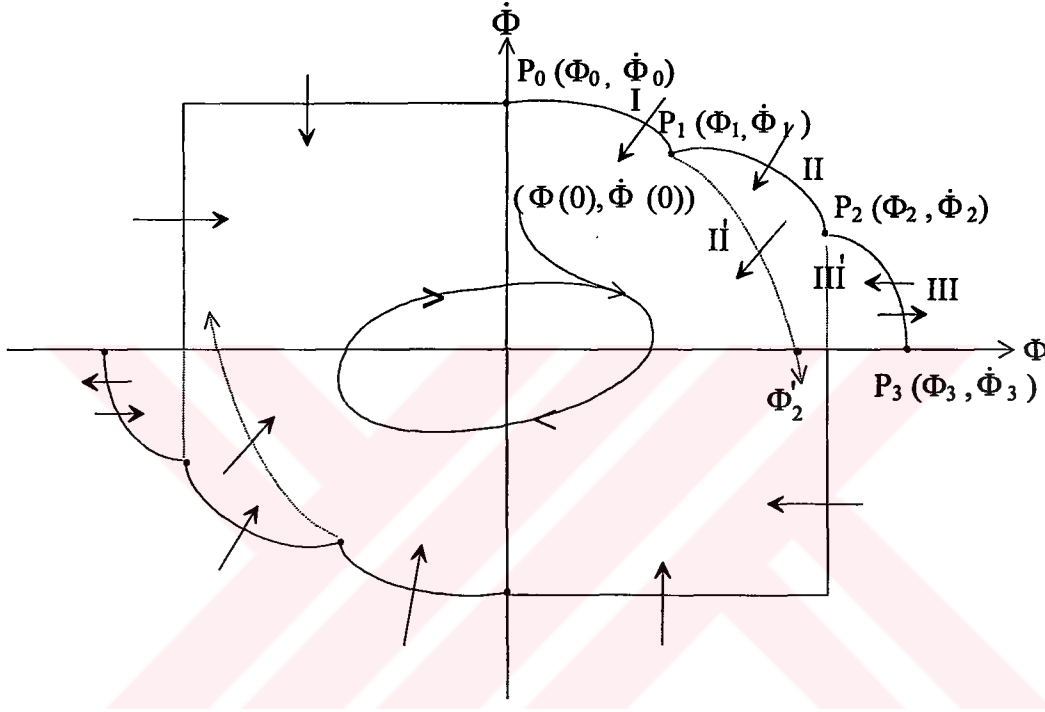
$$E = \max |e(t)| \quad (3.20)$$

$$A_1 = E + WM \quad (3.21)$$

olarak hesaplanır. Bu eğriler, doğrultma momenti fonksiyonu  $g(\Phi)$  'in önce artan, sonra da azalan bir karaktere sahip olması ve değerlerinin maksimum mutlak zorlama değeri,  $A_1$  ile karşılaştırılması göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur. Aynı zamanda sönüm momenti fonksiyonu değerleri ile  $A_1$  'in değerleri arasındaki ilişki de göz önüne alınmıştır.

I ve II eğrilerinin, zaman ilerledikçe küçük değerlere yöneldiği gözlenmiştir. Bunun anlamı, hareketin yörüngesinin bu eğrileri içeriden dışarıya doğru kesemeyeceğidir, yani, bölgenin içinde başlayan hiçbir hareket I ve II eğrileri boyunca bölgeyi terk edemez. III eğrisi boyunca durum farklıdır ve yalpa açısı bu konumlara ulaştığında hareketin yörüngesi ilerleyen zamanla birlikte büyük değerlere yönelir ve hareket bu eğri üzerinden uzaklaşarak bölgeyi terk eder. Böyle bir durumda III eğrisi yerine III' eğrisi düşünülür ve bunun  $\Phi$  eksenini ile kesişmesi olan  $\Phi_2$  açısı, müsaade edilebilir maksimum yalpa açısı olarak alınarak yalpa açısal hızının bu açıdan önce sıfır olması sağlanmalıdır. Bazı durumlarda, II' eğrisi I eğrisinden sonra bütün bölgeyi sınırlayabilir. Bu halde III eğrisinin varlığı düşünülemez ve hareket yörüngesinin bölgeyi terk etmesi gibi bir tehlike de söz konusu değildir.

Yukarıda pratik stabilite bölgesinin birinci kuadrantı için anlatılanlar üçüncü kuadrant için de geçerlidir. İkinci ve dördüncü kuadrantlar ise yakınsak bölgelerdir dolayısıyla buralarda devrilme tehlikesi yoktur. Burada, eğri parçaları başlangıç zamanı ve hareketin başlangıç konumundan bağımsız elde edilmiştir. Eğer böyle olmasaydı, mümkün olan her başlangıç zamanı ve durumu için bölgeyi sınırlayan farklı eğriler bulunması gerekecek ve incelemenin genelliği bozulmuş olacaktı.



Şekil 3.2 Pratik stabilite bölgesi

### 3.3.2 Pratik stabilite bölgesinin oluşturulması

Yatay eksen yalpa açısı ( $\Phi$ ), dikey eksen yalpa açısal hızı ( $\dot{\Phi}$ ) alınmak üzere, bölgeyi oluşturan  $P_0$ ,  $P_1$ ,  $P_2$  ve  $P_3$  noktalarının bulunuşu aşağıdaki şekilde verilmiştir (Özkan, 1981, 1985).

$P_0(\Phi_0, \dot{\Phi}_0)$  Noktası :

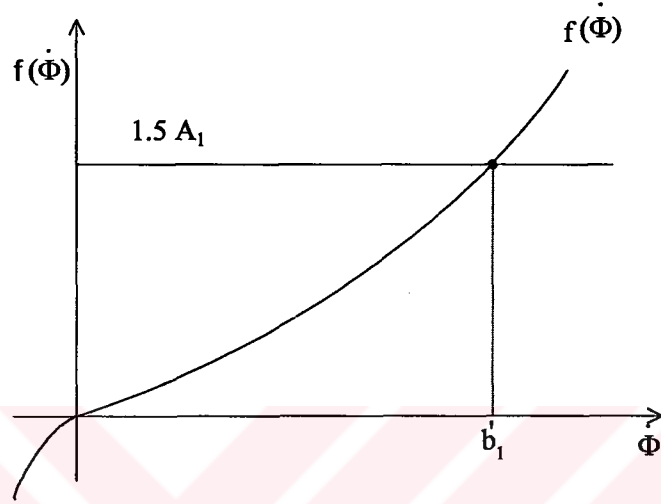
$$\Phi_0 = 0$$

(3.22)

$$\dot{\Phi}_0 = \sqrt{(b'_1)^2 + 3A_1 a'_1} \quad (3.23)$$

$b'_1$  : Sönüm momenti fonksiyonu ile  $1.5 A_1$  doğrusunun kesiştiği nokta (Şekil 3.3).

$a'_1$  : Doğrultma momenti eğrisi ile  $A_1$  doğrusunun ilk kesiştiği nokta (Şekil 3.4)



Şekil 3.3 Sönüm momenti ile zorlama momentinin kesişimi

$P_1 (\Phi_1, \dot{\Phi}_1)$  Noktası :

$$\int_0^{\Phi_1} g(\Phi) d\Phi + \frac{1}{2} A_1 \Phi_1 - \frac{3}{2} A_1 - a'_1 \quad (3.24)$$

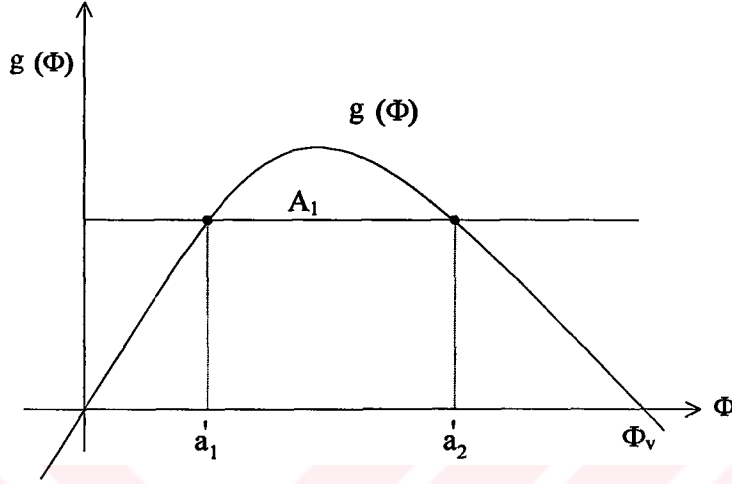
(3.24) denkleminin en küçük pozitif kökü olan  $\Phi_1$ , olarak alınır.

Sönüm momenti ile zorlamaların kesişmesinden  $\dot{\Phi}_1$  bulunur (Şekil 3.3).

$$\dot{\Phi}_1 = b'_1 \quad (3.25)$$

$P_2 (\Phi_2, \dot{\Phi}_2)$  Noktası :

$$\Phi_2 = \Phi_1 + \frac{\int_{\Phi_1}^{\Phi_v} g(\Phi) d\Phi}{A_1} - \frac{(b'_1)^2}{2A_1} \quad (3.26)$$



Şekil 3.4 Doğrultma momenti ile zorlama momentinin kesişimi

$$\Phi_3 = \Phi_v \quad (3.27)$$

$\Phi_v$  = Stabilitenin kaybolduğu açı

$\Phi_2$  bulunmasında aşağıdaki durumlar ortaya çıkabilir:

- a)  $\Phi_2 < \Phi_1$  ise "Pratik stabilite bölgesi oluşmaz ve bu durumda sönüm yetersizdir "
- b)  $\Phi_2 > \Phi_3$  ise " $(\overline{P_1 P_2})$  eğrisi üçüncü bölgeyi de kapsar ve III. bölge oluşmaz". Bu durumda II. bölgenin sınırını bulmak gerekir yani  $\dot{\Phi}_2 = 0$  olarak  $\Phi'_2$  bulunur.

c)  $\Phi_1 < \Phi_2 < \Phi_3$  ise

$$\dot{\Phi}_2 = \sqrt{2 \int_{\Phi_2}^{\Phi_v} g(\Phi) d\Phi} \quad (3.28)$$

$P_3 (\Phi_3, \dot{\Phi}_3)$  Noktası :

$$\Phi_3 = \Phi_V \quad (3.29)$$

$$\dot{\Phi}_3 = 0 \quad (3.30)$$

Noktalar bulunduktan sonra bölge çizilir ve III. bölgenin oluşma durumuna göre geminin emniyetli bölgede kalıp kalmadığına karar verilir.

### 3.4 GM Kriteri

Bu bölümde, Özkan (1982b) tarafından geliştirilen ve çevre etkilerini de içine alan yeni bir GM kriteri açıklanacaktır. Zorlanmış yalpa hareketi için yazılan denklem tekrar göz önüne alındığında

$$\ddot{\Phi} = -f(\dot{\Phi}) - g(\Phi) + e(t) + WM \quad (3.31)$$

Bu hareketi ilk denge konumundan başlayarak incelemek gerekir. Yalpa hareketi sırasında, bir yöndeki hareket (örneğin sancağa doğru) tehlikeli yalpa açısına gelmeden yön değiştirmelidir. Yani yalpa hızı, yalpa ivmesinin ters işaret ve maksimum büyüklükte olduğu noktada sıfır olmalı ve böylece yalpa hareketini aksi yöne (iskele) yöneltmelidir. Yalpa ivmesi başlangıçta pozitif olarak düşünülürse,

$$\ddot{\Phi} > 0 \quad (3.32)$$

daha sonra da

$$\dot{\Phi} = 0, \quad \ddot{\Phi} < 0 \quad (3.33)$$

olması gerekir. (3.31) denklemi

$$\ddot{\Phi} \leq -f(\dot{\Phi}) - g(\Phi) + A_1 \quad (3.34)$$

ile de gösterilebilir.  $\ddot{\Phi} = 0$  için (3.34) denkleminde

$$\ddot{\Phi} \leq -g(\Phi) + A_1 \quad (3.35)$$

bulunur. Negatif ivme şartından

$$g(\Phi) > A_1 > 0 \quad (3.36)$$

elde edilir.

Yalpa hızı,  $g(\Phi)$  'nin maksimum değerine karşılık gelen yalpa açısı için sıfır olduğu Beukelman ve Versluis (1971) tarafından deneysel olarak gösterilmiştir. Dolayısıyla (3.6) denkleminin birinci türevinden yararlanarak, maksimum GZ değerine karşılık gelen açı,

$$\Phi_m = \sqrt{\frac{C_{10}}{3C_{20}}} \quad (3.37)$$

olarak bulunur. Bu değer (3.36) eşitsizliğinde yerine koyulursa,

$$C_{10} > 3 \left( A_1^2 \cdot \frac{C_{20}}{4} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (3.38)$$

elde edilir. Burada  $C_{10}$ ,  $\Phi = 0$  da  $g(\Phi)$  eğrisinin eğimidir ve

$$\left. \frac{dg(\Phi)}{d\Phi} \right|_{\Phi=0} = C_{10} - 3C_{20}\Phi^2 \Big|_{\Phi=0} = C_{10} \quad (3.39)$$

olarak hesaplanır.

$$C_{10} = \frac{C_{11}}{I+J} = \frac{\Delta \cdot GM}{I+J}, C_{20} = \frac{C_{22}}{I+J} \text{ ve } A_1 = \frac{E_1 + WM_1}{I+J} \quad (3.40)$$

değerleri (3.38) denkleminde yerine konursa, yeni GM kriteri olarak,

$$GM \geq \frac{1.89}{\Delta} \left[ (E_1 + WM_1)^2 C_{22} \right]^{1/3} \quad (3.41)$$

bulunur.

Buraya kadar Özkan tarafından geliştirilen yalpa hareketinin sınırını belirleyen pratik stabilite bölgesi ile GM kriteri verilmiştir. Doğrultucu moment kolunun maksimum ( $GZ_{\max}$ ) değerine karşılık gelen açı ( $\Phi_m$ ) gemilerin devrilme olayını en çok etkileyen stabilite parametresi olarak bilinmektedir. Çünkü devrilme olayının çoğunlukla  $\Phi_m$  açısını hemen geçtikten sonra meydana geldiği deneysel olarak gösterilmiştir (Beukelman ve Versluis, 1971). Bundan dolayı  $\Phi_m$  için üniform sınırlılık şartından yararlanarak gemi ve ortam ilişkisini göz önüne alan kriter yeniden çıkartılmıştır.

### 3.5 $\Phi_m$ Kriteri

Üniform sınırlılık ve pratik stabilite koşulu açısal hızın sıfır ve açısal yer değiştirmenin sıfırdan farklı olduğu durumlar için elde edilmişlerdir (Özkan, 1982a). Şöyle ki,  $\dot{\Phi} = 0$ ,  $\forall \Phi \neq 0$  ve  $G(\Phi) > 0$  olmak şartıyla

$$G(\Phi) > WM \cdot \Phi + E \cdot T' \quad (3.42)$$

$$\int_0^{\Phi_m} (C_{10}\Phi - C_{20}\Phi^3) d\Phi > WM \cdot \Phi_m + E \cdot T' \quad (3.43)$$

ve (3.37) denkleminde göre  $\Phi_m = \pm \sqrt{\frac{C_{10}}{3C_{20}}}$  olduğundan,

$\Phi_m$  noktasında hareketin ters yönde tekrar başlayabilmesi için açısal ivmenin, o andaki yalpa hareketinin yönüne göre ters işaret alması gerekir. Sonuç olarak, doğrultma momentini maksimum yapan yalpa açısının minimum değeri için hareket denkleminin katsayıları kullanılmış ve  $\Phi_m$  ifadesi, (3.43) denkleminden yararlanarak aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$\Phi_m \geq \frac{WM_1 + \sqrt{WM_1^2 + \frac{5}{3} \cdot \Delta \cdot GM(E_1 T')}}{\frac{5}{6} \cdot \Delta \cdot GM}, \quad \Phi_m \geq 0 \quad (3.44)$$

$$\Phi_m < \frac{-WM_1 - \sqrt{WM_1^2 + \frac{5}{3} \cdot \Delta \cdot GM(E_1 T')}}{\frac{5}{6} \cdot \Delta \cdot GM}, \quad \Phi_m < 0 \quad (3.45)$$

Burada ;

$\Delta$  : deplasman

$WM_1$  = Rüzgar sağanağı momenti

$E_1 = \max|e_1(t)|$

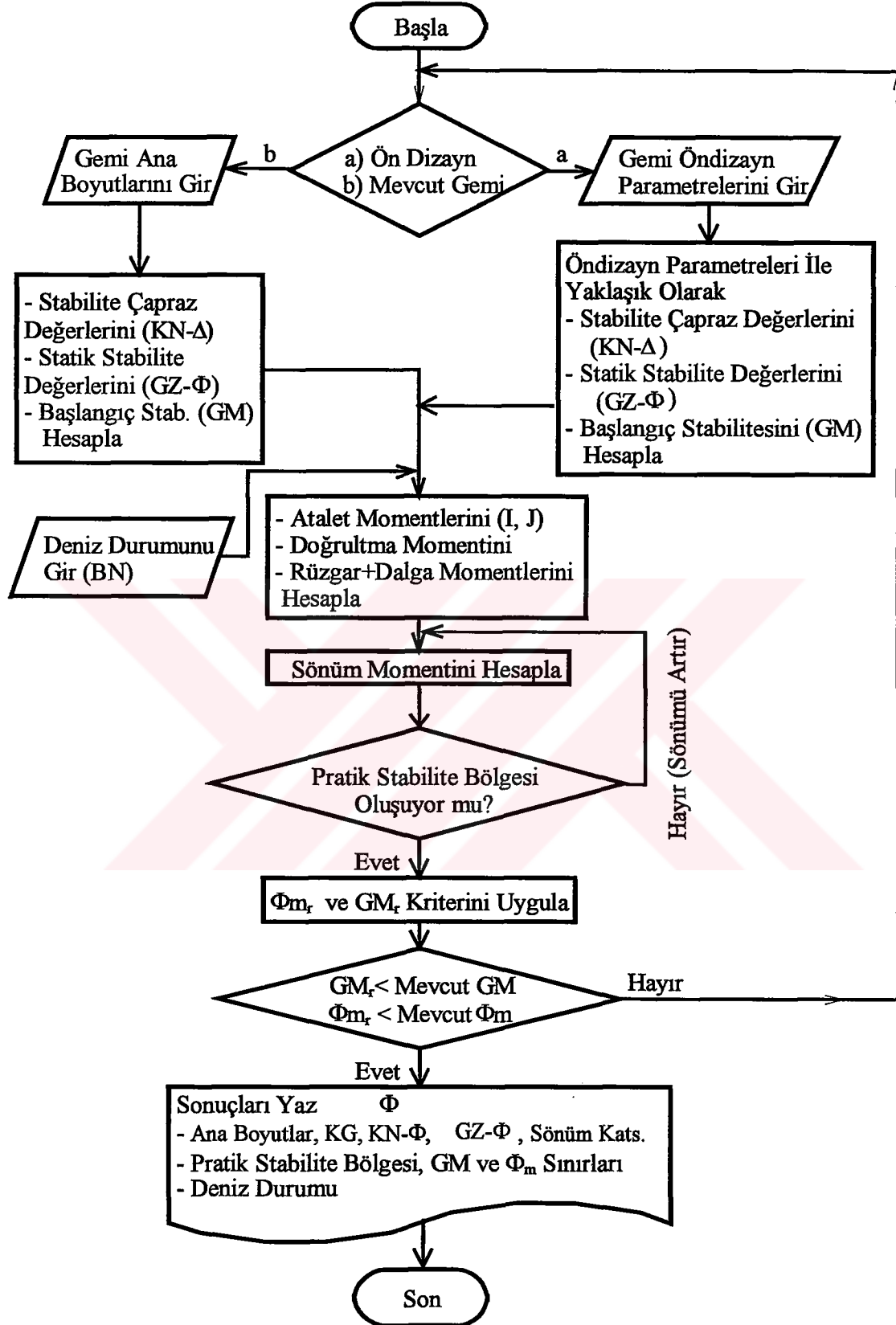
$T'$  = Çeyrek yalpa periyodu ( $T_\Phi / 4$ )

$GM$  = Başlangıç metasantr yüksekliğini göstermektedir.

Bu ifade kullanılarak elde edilen  $\Phi_m$  değerleri karakter olarak bugünkü IMO kriteri ile verilenlerle tam bir uyum içindedir. Ayrıca bu kriter, geminin ve çevre şartlarının özelliklerini dikkate almasından dolayı IMO kriterine göre çok daha gerçekçidir.

Bu bölümde, verilen pratik stabilite bölgesi,  $\Phi_m$  kriteri ve GM kriteri genel olarak "*Pratik Stabilite Kriterleri*" olarak adlandırılacaktır.





Şekil 4.2 Ön dizayn aşamasında stabilite analizini gösteren akış şeması

#### 4.1 Stabilité Çapraz Eğrilerinin Modellenmesi (KN-Φ)

Ön dizayn aşamasında gemi stabilitesi hakkında fikir sahibi olabilmek oldukça zordur. Çünkü bir geminin başlangıç stabilitesinin, gemi formu ve ağırlık merkezinin belli olmadan bulunması söz konusu değildir. Bu amaçla burada, bir geminin ön dizayn aşamasında, stabilite çapraz eğrileri (KN-Φ) ile sephiye merkezinin düşey yerinin (KB) ve enine metasantr yarıçapının (BM) regresyon analizi yardımı ile yaklaşık olarak modellenmesine çalışılacaktır.

Burada balıkçı gemileri için geliştirilen Doust Optimum Trawler Serisi (Doust, 1963) esas alınmış ve serinin optimum dizayn aralığı aşağıda verilmiştir.

$$4.400 \leq L/B \leq 5.800$$

$$2.00 \leq B/T \leq 2.600$$

$$0.582 \leq C_p \leq 0.650$$

Ancak diğer balıkçı serilerinin de dizayn aralığı göz önünde bulundurulduğundan verilen aralık, aşağıdaki sınırlara genişletilmiştir.

$$3.00 \leq L/B \leq 6.00$$

$$2.00 \leq B/T \leq 3.00$$

$$0.582 \leq C_p \leq 0.650$$

$$1.250 \leq D/T_c \leq 3.50$$

Burada, D gemi yüksekliği ve  $T_c$  geminin yükleme durumundaki su çekimidir. Gemi boyunun enine stabiliteye etkisi ihmal edilecek derecede olduğundan boy sabit alınmış ( $L=25$  m.) ve dizayn diyagramları yardımıyla toplam 175 adet balıkçı gemisi üretilmiştir. Burada her  $L/B$ ,  $B/T$  ve  $C_p$  aralığının göz önünde bulundurulmasına dikkat edilmiştir. Şöyle ki,  $L = 25$  m. alınmak üzere,  $L/B$  değeri 0.5 aralıkla artırılmış, her bir  $L/B$  için  $B/T$  değeri 0.25, her  $B/T$  için  $C_p$  değeri 0.017 aralıklarla artırılarak toplam 175 adet gemi formu oluşturulmuştur. Bu seri için dizaynda kolaylık açısından  $C_p$  ile  $C_B$  arasında aşağıdaki bağıntı regresyon analizi yardımıyla bulunmuştur.

$$C_B = 1.40923 * C_P^{2.0107} \quad (4.3)$$

KN -  $\Phi$  değerlerini gemi dizayn parametreleri cinsinden modelleyecek olduğumuz için önce KN değerlerinin boyutsuzlaştırılması gerekiyor. Bu amaçla KN değerleri enine stabiliteyi en fazla etkileyen parametrelerden birisi olan gemi genişliği B ile bölünerek boyutsuz hale getirilmiştir. Önce KN- $\Phi$  eğrisi için beşinci derece eğri intibakı yapılmış en küçük kareler yöntemi ile  $a_i$  katsayıları bulunmuştur.

$$KN/B = \sum_{i=1}^5 a_i \Phi^i \quad (4.4)$$

burada,  $\Phi$  radyan olarak açı değeridir.

Her bir gemi için bu model kurularak  $a_i$  katsayıları bulunur. Böylece KN/B değerleri açıya bağlı olarak beşinci derece polinomla ifade edilmiş olur. İkinci adım olarak bulunan bu  $a_i$  katsayıları enine stabiliteyi etkileyen gemi dizayn parametrelerine bağlı olarak ifade edilmiştir. Bunun için çoklu lineer regresyon modeli olarak ,

$$a_i = \sum_{j=1}^5 \sum_{k=0}^5 b_{ij} X_j \quad (4.5)$$

ifadesinden yararlanılmıştır. Burada,

$$X_0 = 1$$

$$X_1 = B/T$$

$$X_2 = C_B$$

$$X_3 = (B/T)^2$$

$$X_4 = (C_B)^2$$

$$X_5 = (B/T) C_B$$

olarak tanımlanmıştır. Her yükleme durumu için bu modeller kurularak katsayıları hesaplanmıştır. Farklı su çekimlerinde sadece draftın değiştiği göz önüne alınmış, diğer parametrelerin dizayn aşamasında hesap edilebilmesi zor olduğundan sabit tutulması tercih edilmiştir. Dolayısıyla, farklı su çekimlerinde katsayıların farklılığı sadece fribord

değişikliğine yani yükseklik-su çekimi ( $D/T_c$ ) parametresine bağlı olarak ifade edilmiştir. Bunun için aşağıdaki regresyon modeli kullanılmıştır.

$$b_{ij} = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=0}^5 \sum_{k=1}^3 c_{ijk} \delta^k \quad (4.6)$$

burada  $\delta = D/T_c$  olarak tanımlanmıştır. Sonuçta bulunan regresyon katsayıları ( $c_{ijk}$ ) Tablo 4.1 de verilmiştir. Bu regresyon katsayıları ile önce  $b_{ij}$  katsayıları hesaplanacak, ardından bunlarla  $a_i$  katsayıları hesaplanıp KN/B değerleri elde edilecektir. İstenilen herhangi bir su çekimindeki KN değeri, sadece draftı ( $T_c$ ) değiştirmek suretiyle yaklaşık olarak hesaplanabilir.

#### 4.2 KB ve BM Değerlerinin Modellenmesi

Gemi hacim merkezinin düşey yeri KB ve enine metasantr yarıçapı BM tamamen gemi formuna bağlı büyüklüklerdir. Dolayısıyla KB ve BM bağlı olduğu form parametreleri yardımıyla yaklaşık olarak ifade edilebilir. Burada tekrar Doust serisi kullanılarak ve toplam 1080 adet gemi formu üretilerek KB ve BM değerlerinin modellenmesi regresyon analizi yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Gemi boyu L, 15 -70 metre aralığında değiştirilmiş olup ve her L/B, B/T ve  $C_p$  aralığının göz önünde bulundurulmasına dikkat edilmiştir. Şöyle ki, her L için L/B değeri 0.5 aralıklı artırılmış, her bir L/B için B/T değeri 0.25, her B/T için  $C_p$  değeri 0.034 aralıklarla artırılarak toplam 1080 adet gemi formu oluşturulmuştur. Elde edilen bu gemi formlarının hidrostatik değerleri bilgisayar programı yardımıyla yapılarak gerçek KB ve BM büyüklükleri hesaplanmıştır. Bilinen KB ve BM değerleri gemi ön dizayn parametrelerine bağlı olarak aşağıdaki gibi regresyon analizi yardımıyla modellenmiştir.

$$KB/T = 0.585578 (C_{WL}/C_B)^{0.01725} \quad (4.7)$$

$$BM = I_x/\nabla$$

$$C_{WL} = 0.967059 C_B^{0.52085} \quad (4.8)$$

$$I_x = 0.075645 L B^3 C_{WL}^{1.41753} \quad (4.9)$$

burada,  $I_x$  enine atalet momenti,  $\nabla$  deplasman hacmi,  $C_{WL}$  ise su hattı alan katsayısıdır.

Tablo 4.1 KN- $\Phi$  değerlerinin hesabı için bulunan regresyon katsayıları

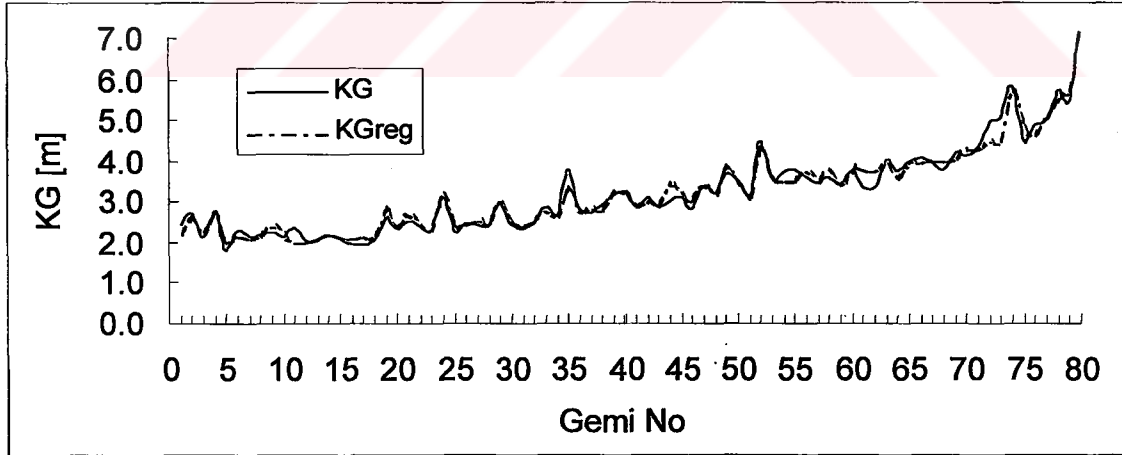
|                                                                                                                        |                 |                  |                 |                   |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|-------------------|------------|
| $\overline{KN} = (a_1 \cdot \phi + a_2 \cdot \phi^2 + a_3 \cdot \phi^3 + a_4 \cdot \phi^4 + a_5 \cdot \phi^5) \cdot B$ |                 |                  |                 |                   |            |
| $a_i = b_{i0} X_0 + b_{i1} X_1 + b_{i2} X_2 + b_{i3} X_3 + b_{i4} X_4 + b_{i5} X_5$ , (i = 1,2,...,5)                  |                 |                  |                 |                   |            |
| $b_{ij} = c_{ij,0} + c_{ij,1} \delta + c_{ij,2} \delta^2 + c_{ij,3} \delta^3$ , (i = 1,2,...,5 ; j = 0,1,2,...,5)      |                 |                  |                 |                   |            |
| PARAMETRELER                                                                                                           |                 | $\delta = D/T_c$ | $X_2 = C_B$     | $X_4 = (C_B)^2$   |            |
| $X_0 = 1$                                                                                                              |                 | $X_1 = B/T$      | $X_3 = (B/T)^2$ | $X_5 = (B/T) C_B$ |            |
| Katsayılar                                                                                                             |                 | $c_{ij0}$        | $c_{ij1}$       | $c_{ij2}$         | $c_{ij3}$  |
| a <sub>1</sub>                                                                                                         | b <sub>10</sub> | 14.5172501       | -17.8008728     | 7.5667949         | -1.042955  |
|                                                                                                                        | b <sub>11</sub> | -1.73563         | 1.569453        | -0.520218         | 0.074500   |
|                                                                                                                        | b <sub>12</sub> | -46.418400       | 62.176200       | -27.246900        | 3.726970   |
|                                                                                                                        | b <sub>13</sub> | 0.102047         | 0.022313        | -0.043447         | 0.006282   |
|                                                                                                                        | b <sub>14</sub> | 35.525400        | -46.477500      | 20.174900         | -2.730700  |
|                                                                                                                        | b <sub>15</sub> | 3.617750         | -5.287920       | 2.390860          | -0.333715  |
| a <sub>2</sub>                                                                                                         | b <sub>20</sub> | -80.681100       | 112.747000      | -48.624100        | 6.650510   |
|                                                                                                                        | b <sub>21</sub> | 7.159040         | -5.667280       | 0.867526          | -0.051304  |
|                                                                                                                        | b <sub>22</sub> | 301.112000       | -439.710000     | 195.612000        | -26.839500 |
|                                                                                                                        | b <sub>23</sub> | -1.385360        | 1.293880        | -0.361266         | 0.044145   |
|                                                                                                                        | b <sub>24</sub> | -248.521000      | 365.492000      | -164.531000       | 22.787500  |
|                                                                                                                        | b <sub>25</sub> | -14.138700       | 18.909700       | -7.217780         | 0.868490   |
| a <sub>3</sub>                                                                                                         | b <sub>30</sub> | 148.346000       | -210.134000     | 89.834600         | -12.188900 |
|                                                                                                                        | b <sub>31</sub> | -16.090200       | 11.840300       | -0.448405         | -0.212438  |
|                                                                                                                        | b <sub>32</sub> | -551.771000      | 832.367000      | -375.990000       | 51.963000  |
|                                                                                                                        | b <sub>33</sub> | 5.060520         | -5.894390       | 2.092560          | -0.267934  |
|                                                                                                                        | b <sub>34</sub> | 481.359000       | -739.207000     | 342.379000        | -48.236000 |
|                                                                                                                        | b <sub>35</sub> | 10.684300        | -9.906370       | 0.407090          | 0.350228   |
| a <sub>4</sub>                                                                                                         | b <sub>40</sub> | -104.237000      | 148.216000      | -62.673800        | 8.458320   |
|                                                                                                                        | b <sub>41</sub> | 13.600700        | -9.787280       | -0.241007         | 0.316934   |
|                                                                                                                        | b <sub>42</sub> | 386.031000       | -596.394000     | 273.355000        | -38.092600 |
|                                                                                                                        | b <sub>43</sub> | -5.484350        | 6.846290        | -2.582940         | 0.336006   |
|                                                                                                                        | b <sub>44</sub> | -358.771000      | 567.088000      | -268.722000       | 38.392500  |
|                                                                                                                        | b <sub>45</sub> | 4.111210         | -11.656300      | 9.137600          | -1.654000  |
| a <sub>5</sub>                                                                                                         | b <sub>50</sub> | 24.839700        | -35.422000      | 14.820200         | -1.993980  |
|                                                                                                                        | b <sub>51</sub> | -3.832210        | 2.738250        | 0.162629          | -0.110723  |
|                                                                                                                        | b <sub>52</sub> | -92.240700       | 145.691000      | -67.730000        | 9.522420   |
|                                                                                                                        | b <sub>53</sub> | 1.835370         | -2.376030       | 0.926898          | -0.121925  |
|                                                                                                                        | b <sub>54</sub> | 92.087800        | -148.945000     | 71.903200         | -10.395500 |
|                                                                                                                        | b <sub>55</sub> | -4.080020        | 7.727790        | -4.663540         | 0.764305   |

#### 4.3 Ağırlık Merkezinin Yaklaşık Olarak Modellenmesi

Gemi ağırlık merkezinin düşey yeri olan KG 'nin hesabı gerçek olarak ancak meyil deneyi ile belirlenir. KG, gemi formu ile doğrudan ilgili olmayıp, özellikle gemi üzerindeki ağırlık gruplarının dağılımı bu büyüklüğü etkileyen en önemli faktörlerdir. Ağırlık merkezinin büyüklüğü için aşağıdaki ampirik bağıntı ise, belirli sayıdaki ağırlık merkezleri bilinen balıkçı gemilerinin çoklu lineer regresyon analizi yardımı ile gemi dizayn parametrelerine bağlı olarak bulunmuştur. Analizde Tablo 4.2a ve Tablo 4.2b de verilen toplam 80 adet gerçek balıkçı gemisi verileri kullanılmıştır (Traung, 1967,1968,1969 ve Takagi, 1979).

$$KG_{reg} = - 0.00642 \times L + 0.2669 \times B + 0.3509 \times D + 0.272 \times L/V^{1/3} - 0.45126 \times C_B - 0.3337 \times L/(L \times B \times D)^{1/3} + 0.5411 \times B/D - 0.8347 \times D/T \quad (4.10)$$

İfadenin çıkarılışında korelasyon katsayısı 0.98 ve standart sapma 0.19 olarak hesaplanmıştır. Tablolarda verilen gerçek KG değerleri ile regresyon formülü ile bulunan  $KG_{reg}$  değerleri karşılaştırılmış olup en büyük mutlak hatanın %13 den az olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Gerçek ve regresyon formülü ile bulunan KG değerlerinin karşılaştırılması

Tablo 4.2a KG'nin modellenmesinde kullanılan balıkçı gemileri

| G.No | Gemi Adı      | Ülke      | L     | B    | D    | T    | C <sub>B</sub> | Δ     | KG   |
|------|---------------|-----------|-------|------|------|------|----------------|-------|------|
| 1    | Sagitario     | Japonya   | 17.07 | 4.88 | 2.65 | 2.30 | 0.380          | 70.0  | 2.42 |
| 2    | Don Miguel    | Arjantin  | 24.12 | 6.06 | 3.50 | 3.00 | 0.470          | 192.0 | 2.70 |
| 3    | Kompira M 17  | Japonya   | 24.80 | 5.60 | 2.55 | 2.28 | 0.575          | 186.6 | 2.16 |
| 4    | Calamar       | Arjantin  | 24.80 | 6.65 | 3.50 | 2.64 | 0.530          | 188.8 | 2.77 |
| 5    | Taei M 13     | Japonya   | 24.97 | 5.10 | 2.50 | 2.24 | 0.580          | 169.6 | 1.80 |
| 6    | Choei M 15    | Japonya   | 25.41 | 5.40 | 2.60 | 2.16 | 0.537          | 163.1 | 2.30 |
| 7    | Fuku M 6      | Japonya   | 25.44 | 5.30 | 2.40 | 1.92 | 0.558          | 148.0 | 2.16 |
| 8    | Tsune M 15    | Japonya   | 25.71 | 5.40 | 2.45 | 2.09 | 0.572          | 170.0 | 2.21 |
| 9    | Okuni M 35    | Japonya   | 26.00 | 5.50 | 2.60 | 2.77 | 0.492          | 199.9 | 2.26 |
| 10   | Kyokko M 8    | Japonya   | 26.00 | 5.60 | 2.50 | 2.16 | 0.620          | 199.9 | 2.12 |
| 11   | Hatto M 25    | Japonya   | 26.00 | 5.60 | 2.50 | 1.82 | 0.676          | 183.5 | 2.36 |
| 12   | Ebisu M 22    | Japonya   | 26.29 | 5.00 | 2.60 | 2.36 | 0.551          | 175.4 | 2.02 |
| 13   | Akashi M 33   | Japonya   | 26.50 | 5.40 | 2.55 | 2.20 | 0.583          | 188.2 | 2.04 |
| 14   | Kinsei M 8    | Japonya   | 26.51 | 5.45 | 2.50 | 2.26 | 0.583          | 195.2 | 2.21 |
| 15   | Nichibei M 12 | Japonya   | 27.00 | 5.45 | 2.66 | 2.27 | 0.579          | 198.2 | 2.08 |
| 16   | Nichibei M 16 | Japonya   | 28.00 | 5.45 | 2.65 | 2.29 | 0.588          | 210.5 | 1.94 |
| 17   | Akashi M 177  | Japonya   | 28.00 | 5.45 | 2.65 | 2.32 | 0.587          | 212.9 | 1.93 |
| 18   | Aoba M        | Japonya   | 29.24 | 5.40 | 2.70 | 2.58 | 0.578          | 241.3 | 2.06 |
| 19   | Maya Maya     | Çin       | 29.35 | 7.10 | 3.20 | 2.57 | 0.573          | 291.1 | 2.61 |
| 20   | Nitto M 71    | Japonya   | 29.85 | 5.90 | 2.85 | 2.57 | 0.598          | 277.6 | 2.31 |
| 21   | Kag Na Li     | Taiwan    | 30.63 | 6.50 | 3.00 | 2.58 | 0.570          | 246.0 | 2.53 |
| 22   | Sankichi Maru | Japonya   | 30.65 | 6.10 | 2.50 | 2.27 | 0.680          | 260.0 | 2.36 |
| 23   | Kompir M 3    | Japonya   | 31.40 | 6.20 | 3.10 | 2.79 | 0.715          | 398.0 | 2.27 |
| 24   | Cezembre      | Fransa    | 32.40 | 7.30 | 3.90 | 3.15 | 0.420          | 271.0 | 3.13 |
| 25   | Katsuei M 5   | Japonya   | 32.98 | 6.20 | 3.15 | 2.86 | 0.688          | 412.5 | 2.26 |
| 26   | Azuma M 5     | Japonya   | 33.00 | 6.40 | 3.30 | 2.98 | 0.689          | 444.5 | 2.50 |
| 27   | Shoichi M 11  | Japonya   | 34.04 | 6.70 | 3.35 | 2.87 | 0.692          | 464.1 | 2.43 |
| 28   | Hiyoshi M     | Japonya   | 34.55 | 6.60 | 3.40 | 2.92 | 0.675          | 461.0 | 2.41 |
| 29   | Eolo          | Arjantin  | 35.17 | 7.35 | 4.00 | 3.40 | 0.520          | 428.0 | 2.98 |
| 30   | Wako M 2      | Japonya   | 35.34 | 6.70 | 3.40 | 2.93 | 0.672          | 478.0 | 2.42 |
| 31   | Kittikachorn  | Tayvan    | 35.70 | 5.90 | 2.65 | 2.23 | 0.540          | 242.0 | 2.34 |
| 32   | Kyowa M       | Japonya   | 37.18 | 6.70 | 3.40 | 2.84 | 0.650          | 471.0 | 2.50 |
| 33   | Kailin M      | Japonya   | 38.00 | 7.20 | 3.65 | 3.39 | 0.674          | 640.5 | 2.86 |
| 34   | Konpira M 11  | Japonya   | 38.50 | 7.00 | 3.50 | 3.12 | 0.696          | 600.0 | 2.68 |
| 35   | E.E Prince    | İngiltere | 39.62 | 8.23 | 4.34 | 3.40 | 0.580          | 561.0 | 3.79 |
| 36   | Koyo M 8      | Japonya   | 41.70 | 7.50 | 3.80 | 3.13 | 0.699          | 701.4 | 2.81 |
| 37   | Kawachi M     | Japonya   | 41.74 | 7.20 | 4.05 | 3.45 | 0.593          | 630.4 | 2.73 |
| 38   | Takatori M 11 | Japonya   | 42.81 | 7.50 | 3.80 | 3.06 | 0.676          | 680.7 | 2.92 |
| 39   | Hokko Maru    | Japonya   | 43.24 | 8.20 | 3.60 | 3.26 | 0.640          | 684.0 | 3.17 |
| 40   | Fukui Maru    | Japonya   | 43.70 | 8.10 | 3.89 | 3.65 | 0.680          | 748.0 | 3.25 |

Tablo 4.2b KG'nin modellenmesinde kullanılan balıkçı gemileri

| G.No | Gemi Adı         | Ülke    | L      | B     | D    | T    | C <sub>B</sub> | Δ      | KG   |
|------|------------------|---------|--------|-------|------|------|----------------|--------|------|
| 41   | Taiyo M 55       | Japonya | 44.00  | 7.40  | 4.10 | 3.31 | 0.592          | 654.2  | 2.89 |
| 42   | Kyoshin M. N 51  | Japonya | 44.13  | 7.80  | 4.10 | 3.34 | 0.650          | 690.0  | 3.13 |
| 43   | Yamashiro M      | Japonya | 44.80  | 7.30  | 4.20 | 3.57 | 0.597          | 714.8  | 2.85 |
| 44   | Dhanajarata      | Japonya | 46.45  | 8.70  | 4.20 | 2.90 | 0.520          | 594.4  | 3.01 |
| 45   | Taiyo M          | Japonya | 46.90  | 8.20  | 4.35 | 3.40 | 0.593          | 795.3  | 3.11 |
| 46   | Eitai M          | Japonya | 47.00  | 8.00  | 4.00 | 3.42 | 0.686          | 904.8  | 2.82 |
| 47   | New Gwen         | Fransa  | 47.43  | 8.30  | 4.70 | 3.76 | 0.520          | 715.0  | 3.42 |
| 48   | Suijin M 1       | Japonya | 48.00  | 8.40  | 4.25 | 3.45 | 0.667          | 951.0  | 3.23 |
| 49   | Prof,W Bernard   | ABD     | 49.35  | 9.33  | 5.00 | 3.60 | 0.480          | 706.0  | 3.68 |
| 50   | Konan M 8        | Japonya | 49.78  | 8.50  | 4.50 | 3.79 | 0.523          | 859.0  | 3.50 |
| 51   | Uji M            | Japonya | 50.90  | 8.20  | 4.50 | 3.77 | 0.653          | 1052.8 | 3.15 |
| 52   | Dregon II        | ABD     | 51.82  | 10.36 | 5.56 | 4.01 | 0.490          | 957.0  | 4.48 |
| 53   | Katsu M          | Japonya | 52.27  | 8.75  | 4.64 | 3.95 | 0.500          | 926.2  | 3.57 |
| 54   | Hoyo Maru        | Japonya | 53.20  | 9.30  | 4.67 | 3.71 | 0.660          | 1265.8 | 3.72 |
| 55   | Toyo Maru        | Japonya | 54.50  | 9.30  | 4.20 | 3.26 | 0.640          | 996.2  | 3.77 |
| 56   | Seki M 15        | Japonya | 54.69  | 9.18  | 4.90 | 4.11 | 0.504          | 1066.3 | 3.62 |
| 57   | Sumiyoshi M 28   | Japonya | 56.00  | 9.00  | 4.45 | 4.02 | 0.609          | 1263.7 | 3.45 |
| 58   | Taiyo M 37       | Japonya | 56.17  | 9.50  | 5.09 | 3.91 | 0.560          | 1198.1 | 3.58 |
| 59   | Kinryu M         | Japonya | 56.30  | 9.20  | 4.70 | 3.55 | 0.682          | 1286.1 | 3.44 |
| 60   | Seki M 17        | Japonya | 56.95  | 9.40  | 5.00 | 4.10 | 0.495          | 1113.8 | 3.78 |
| 61   | Fumi M 17        | Japonya | 57.04  | 9.40  | 4.99 | 3.64 | 0.464          | 927.8  | 3.37 |
| 62   | Ernest Holt      | England | 59.00  | 9.15  | 4.90 | 4.27 | 0.507          | 1132.0 | 3.34 |
| 63   | Kyo M 11         | Japonya | 59.15  | 9.50  | 5.08 | 4.35 | 0.498          | 1248.4 | 4.04 |
| 64   | GTO II           | İtalya  | 59.76  | 9.20  | 4.60 | 3.20 | 0.580          | 894.0  | 3.73 |
| 65   | Konan M 26       | Japonya | 59.85  | 9.70  | 5.08 | 4.40 | 0.510          | 1335.4 | 3.98 |
| 66   | Konan M 18       | Japonya | 59.85  | 9.70  | 5.10 | 4.59 | 0.515          | 1407.0 | 4.09 |
| 67   | Miednie          | Polonya | 61.37  | 9.80  | 5.20 | 4.33 | 0.520          | 1312.0 | 4.00 |
| 68   | Ikoma M          | Japonya | 64.46  | 10.50 | 5.30 | 3.64 | 0.598          | 1509.0 | 3.81 |
| 69   | Chitose M. N,18  | Japonya | 66.25  | 10.80 | 4.90 | 3.74 | 0.670          | 1701.0 | 4.25 |
| 70   | Oshoro Maru III  | Japonya | 66.70  | 11.00 | 5.40 | 4.04 | 0.600          | 1670.0 | 4.14 |
| 71   | Taiyo M 51       | Japonya | 69.00  | 11.40 | 5.70 | 3.64 | 0.612          | 1795.7 | 4.35 |
| 72   | Albakora         | Polonya | 69.23  | 11.00 | 5.25 | 4.95 | 0.500          | 1837.0 | 4.96 |
| 73   | Genepesca        | İtalya  | 73.44  | 11.00 | 5.45 | 4.64 | 0.460          | 1650.0 | 5.05 |
| 74   | Jean Charcot     | Fransa  | 74.50  | 14.10 | 7.45 | 4.61 | 0.470          | 2172.0 | 5.82 |
| 75   | Colonel Plewen   | Fransa  | 77.90  | 12.00 | 6.00 | 5.47 | 0.580          | 2658.0 | 4.49 |
| 76   | Akebono Maru     | Japonya | 79.39  | 12.00 | 5.70 | 5.03 | 0.630          | 2848.0 | 4.84 |
| 77   | Ryoyo Maru       | Japonya | 82.80  | 13.20 | 6.10 | 5.27 | 0.650          | 3554.0 | 5.03 |
| 78   | Foka             | Polonya | 87.25  | 14.14 | 7.10 | 5.36 | 0.560          | 3700.0 | 5.74 |
| 79   | Oshika Maru      | Japonya | 97.75  | 14.90 | 7.15 | 5.65 | 0.690          | 5183.0 | 5.43 |
| 80   | Natalia Kovshova | Rusya   | 128.80 | 19.00 | 9.00 | 6.92 | 0.600          | 9839.0 | 7.10 |

#### 4.4 Stabilite Kriterlerinin Uygulanması

Burada başlangıç ve statik stabilitesi bilinen bir gemiye bir önceki bölümde önerilen stabilite kriterlerinin uygulanması için gerekli hesaplama yöntemi verilecektir. Genel olarak lineer olmayan zorlanmış gemi yalpa hareket denklemini aşağıdaki gibi tekrar ifade edecek olursak;

$$(I + J)\ddot{\Phi} + f_1(\dot{\Phi}) + g_1(\Phi) = E_1 + WM_1$$

Denklemden verilen terimlerin hesaplanması ve kriterlerin uygulanması ile ilgili gerekli hesaplamalar aşağıda verilmiştir.

##### 4.4.1 Kütle ve eksu kütlesi atalet momentinin hesabı

Burada  $I$ , kütle atalet momenti Dwyer'in aşağıda verilen yaklaşık formülü ile hesaplanır.

$$I = \frac{K_1 \Delta}{g} \quad (4.11)$$

$$K_1 = \frac{(B^2 + 4 GF^2)}{12} \quad (4.12)$$

$$GF = KG - T \quad (4.13)$$

Eksu atalet momenti  $J$  ise, Özkan (1985) tarafından çıkarılan aşağıdaki yaklaşık ifade ile hesap edilebilir.

$$J = \frac{\Delta (K_2 B)^2}{g} \quad (4.14)$$

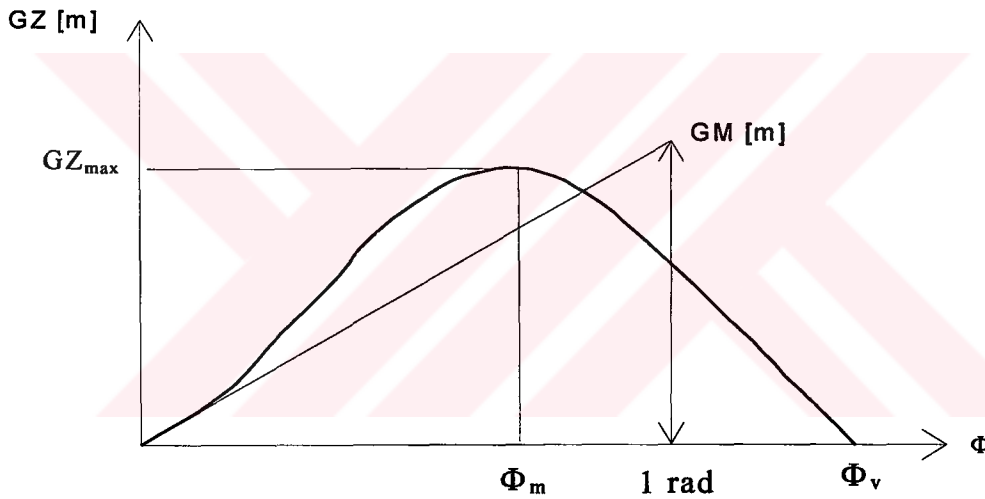
$$\begin{aligned} K_2 = & -1.020198 + 0.496011 (L/B) - 0.04287 (L/B)^2 + [5.296516 - 2.250937 (L/B) \\ & + 0.193563 (L/B)^2] (T/B) + [-7.500317 + 2.913968 (L/B) - 0.24222 (L/B)^2] (T/B)^2 \\ & + [3.164722 - 1.284722 (L/B) + 0.114778 (L/B)^2] C_B + [-12.739028 + 5.332778 (L/B) \\ & - 0.489306 (L/B)^2] (T/B) C_B + [17.630556 - 64.85556 (L/B) + 0.602778 (L/B)^2] (T/B)^2 C_B \\ & + [-1.991468 + 0.925 (L/B) - 0.085119 (L/B)^2] C_B^2 + [7.647817 - 3.630952 (L/B) \\ & + 0.348214 (L/B)^2] (T/B) C_B^2 + [-10.45635 + 4.52381 (L/B) - 0.416667 (L/B)^2] (T/B)^2 C_B^2 \end{aligned} \quad (4.15)$$

#### 4.4.2 Doğrultma momentinin hesabı

Doğrultma momenti, moment kolu GZ ile deplasmanın çarpımı ile bulunur. Moment kolu GZ mevcut ve formu bilinen bir gemi için hesaplanabilir. Fakat ön dizayn aşamasında bunun hesabı ancak yaklaşık ifadelerle mümkündür. GZ değerinin hesabı için stabilite çapraz değerlerinin (KN- $\Phi$ ) ve gemi ağırlık merkezinin (KG) bilinmesi gerekir.

$$GZ = KN - KG \sin(\Phi) \quad (4.16)$$

Bu amaçla öncelikle KN ve KG değerleri hesaplanarak doğrultucu moment kolu değerleri (GZ- $\Phi$ ), (4.16) denklemi yardımıyla bulunur.



Şekil 4.4 Statik stabilite eğrisi

Doğrultma moment kolu eğrisi  $GZ(\Phi)$  aşağıda verildiği gibi dokuzuncu mertebeden tek dereceli polinom ile yaklaşık olarak ifade edilmiştir (Özkan, 1985),

$$GZ(\Phi) = c_0 \Phi + c_1 \Phi^3 + c_2 \Phi^5 + c_3 \Phi^7 + c_4 \Phi^9 \quad (4.17)$$

burada  $c_i$  katsayıları aşağıdaki şartlarla kolaylıkla hesaplanabilir.

$$\left. \frac{dGZ(\Phi)}{d\Phi} \right|_{\Phi=0} = c_0 \text{ ve } c_0 = GM \quad (4.18)$$

olduğundan  $c_0$  (4.17) denkleminde yerine koyulduğunda aşağıdaki denklemler elde edilir.

$$i) \int_{\Phi=0}^{\Phi=\Phi_v} GZ(\Phi) d\Phi = A_{\Phi_v}$$

$$\frac{1}{4} \Phi_v^4 c_1 + \frac{1}{6} \Phi_v^6 c_2 + \frac{1}{8} \Phi_v^8 c_3 + \frac{1}{10} \Phi_v^{10} c_4 = A_{\Phi_v} - \frac{1}{2} GM \Phi_v^2 \quad (4.19)$$

$$ii) GZ(\Phi_m) = GZ_{\max}$$

$$\Phi_m^3 c_1 + \Phi_m^5 c_2 + \Phi_m^7 c_3 + \Phi_m^9 c_4 = GZ - GM \Phi_m \quad (4.20)$$

$$iii) GZ(\Phi_v) = 0$$

$$\Phi_v^3 c_1 + \Phi_v^5 c_2 + \Phi_v^7 c_3 + \Phi_v^9 c_4 = -GM \Phi_v \quad (4.21)$$

$$iv) \left. \frac{dGZ(\Phi)}{d\Phi} \right|_{\Phi=\Phi_m} = 0$$

$$3\Phi_m^2 c_1 + 5\Phi_m^4 c_2 + 7\Phi_m^6 c_3 + 9\Phi_m^8 c_4 = -GM \quad (4.22)$$

$c_1, c_2, c_3, c_4$  katsayıları (4.19), (4.20), (4.21) ve (4.22) denklemlerinden kolaylıkla hesaplanabilir.

$$C_{11} = \Delta GM \quad (4.23)$$

$$C_{22} = \Delta \left[ \frac{c_1 \Phi_v^3 + c_2 \Phi_v^5 + c_3 \Phi_v^7 + c_4 \Phi_v^9}{\Phi_v^3} \right] \quad (4.24)$$

#### 4.4.3 Maksimum dalga momentinin hesabı

Maksimum dalga momenti  $E_1$  aşağıdaki formülle hesaplanabilir, burada harmonik dalga zorlamalarının etkisi dikkate alınmış, difraksiyon etkisi ise ihmal edilmiştir.

$$E_1 = \pi \Delta H_w GM / \lambda \quad (4.25)$$

burada  $H_w$  dalga yüksekliği,  $\lambda$  ise dalga boyudur. Derin su kabulü yapılarak dalga boyu

$$\lambda = \frac{g T_w^2}{2\pi} \quad (4.26)$$

formülü ile hesaplanabilir.

#### 4.4.4 Rüzgar sağanağı momentinin hesabı

Rüzgar sağanağı momenti  $WM_1$  ise,

$$WM_1 = \frac{1.5 P \times A \times h}{g} \quad (4.27)$$

şeklinde hesap edilebilir. Bu denklemde  $A$  rüzgara açık yanal projeksiyon alanı,  $h$  rüzgar moment kolu (gemi ağırlık merkezi ile rüzgara açık yanal projeksiyon alan merkezi arasındaki mesafe) ve  $P$  rüzgar basıncıdır ( $0.48 \text{ kN/m}^2$  alınabilir). Toplam zorlama momenti  $Z_1$ ,

$$Z_1 = E_1 + WM_1 \quad (4.28)$$

şeklinde hesap edilebilir.

#### 4.4.5 Sönüm momentinin hesabı

Burada sadece açısal hıza bağlı kuadratik yalpa sönüm modeli göz önünde bulundurulmuştur.

$$f_1(\dot{\Phi}) = B_{11}\dot{\Phi} + B_{22}\dot{\Phi}^2 \quad (4.29)$$

Dalga sönüm katsayısı  $B_{11}$  ve lineer olmayan viskoz sönüm katsayısı  $B_{22}$  aşağıdaki gibi ampirik formüllerle hesaplanabilir.

$$B_{11} = c (I+J) \quad (4.30)$$

$$B_{22} = k L B^4 \quad (4.31)$$

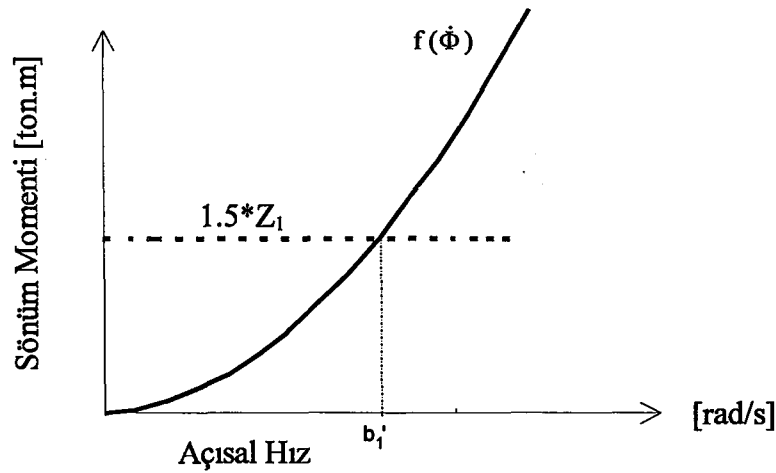
burada balıkçı gemileri için,  $c = 0.025$ ,  $k = 0.001$  alınabilir (Özkan, 1985).

#### 4.4.6 Sönüm momenti ile zorlamaların kesişmesi ( $b'_1$ )

Sönüm momenti eğrisi ile zorlamaların kesişme noktası olan  $b'_1$  yalpa hızı değeri bulunur (Şekil 4.5).

$$B_{11}\dot{\Phi} + B_{22}\dot{\Phi}^2 - 1.5Z_1 = 0 \quad (4.32)$$

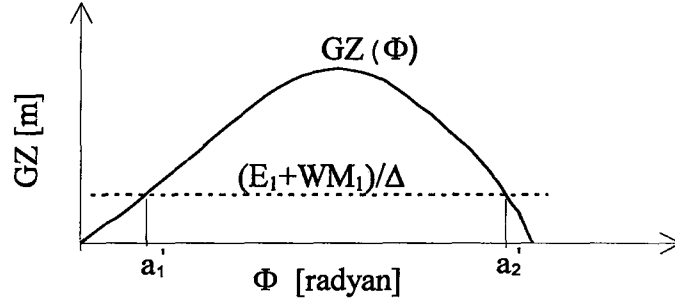
$$b'_1 = \frac{-B_{11} + \sqrt{(B_{11})^2 + 4 B_{22} (1.5 Z_1)}}{2 B_{22}} \quad (4.33)$$



Şekil 4.5 Sönüm momenti ve zorlamalar

#### 4.4.7 Doğrultma momenti ile zorlamaların kesişmesi

Şekil 4.6'dan da görüleceği gibi, doğrultma moment kolu eğrisi ile zorlamaların kesişmesinden  $a'_1$  ve  $a'_2$  değerleri bulunur.



Şekil 4.6 Doğrultma moment kolu ve zorlamalar

#### 4.4.8 Pratik stabilite bölgesinin noktalarının bulunması

Şekil 4.7 de gösterilen pratik stabilite bölgesinin çizilmesi için bölgeyi oluşturan eğrilerin uç noktalarının elde edilmesi verilecektir. Bu uç noktalar bulunduktan sonra bunların birleştirilmesiyle pratik stabilite bölgesi çizilir. Bu noktalar aşağıdaki şekilde verilmiştir (Özkan, 1985).

i) İlk nokta olan  $P_0 (\Phi_0, \dot{\Phi}_0)$  noktası aşağıdaki şartlardan elde edilir.

$$\Phi_0 = 0 \quad (4.34)$$

$$\dot{\Phi}_0 = [(b'_1)^2 + 3 Z_1 a'_1 / (I+J)]^{0.5} \quad (4.35)$$

ii)  $P_1 (\Phi_1, \dot{\Phi}_1)$  noktası

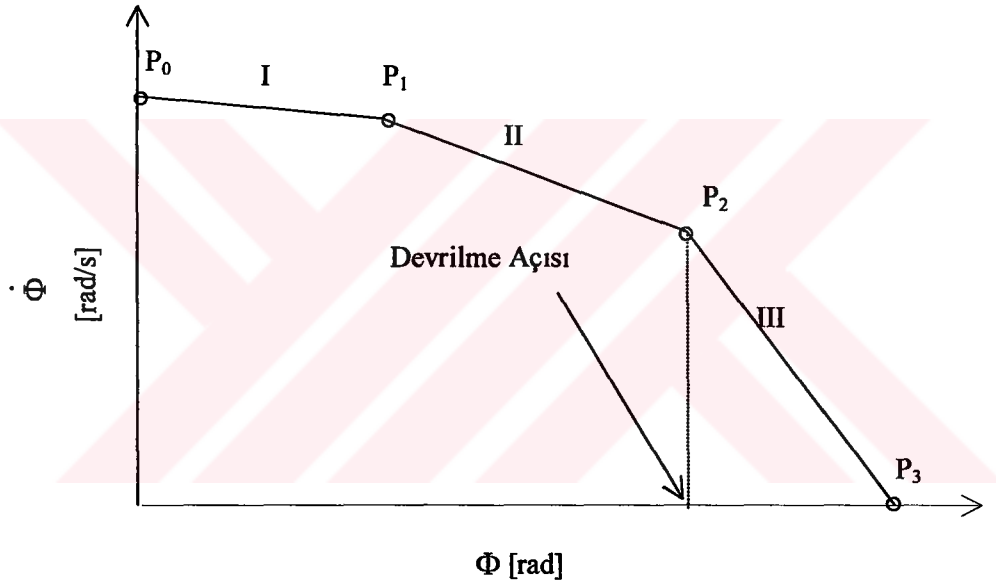
$\Phi_1$  aşağıdaki denklemin en küçük pozitif kökü olarak alınır.

$$\int_0^{\phi_1} g_1(\Phi) d\Phi + \frac{1}{2} Z_1 \Phi_1 - \frac{3}{2} Z_1 a_1' = 0 \quad (4.36)$$

burada  $g_1(\Phi) = \Delta GZ(\Phi)$  alınır ve herhangi bir iterasyon yöntemi ile (4.36) denkleminin kökü kolaylıkla bulunur.

$\dot{\Phi}_1$ , (4.33) denkleminde elde edilir.

$$\dot{\Phi}_1 = b_1' \quad (4.37)$$



Şekil 4.7 Pratik stabilite bölgesinin çizilmesi

iii)  $P_2 (\Phi_2, \dot{\Phi}_2)$  noktası

$\Phi_3 = \Phi_v$  alınarak

$$\Phi_2 = \Phi_1 + \frac{\int_{\phi_1}^{\phi_3} g_1(\Phi) d\Phi}{Z_1} - \frac{(b'_1)(I+J)}{2Z_1} \quad (4.38)$$

$\Phi_2$  bulunmasında aşağıdaki durumlar ortaya çıkabilir :

a )  $\Phi_2 < \Phi_1$  ise "Pratik stabilite bölgesi oluşmaz ve bu durumda sönüm yetersizdir "

b )  $\Phi_2 > \Phi_3$  ise " $(\overline{P_1 P_2})$  eğrisi üçüncü bölgeyi de kapsar ve III. bölge oluşmaz". Bu durumda II. bölgenin sınırını bulmak gerekir yani  $\dot{\Phi}_2 = 0$  olarak  $\Phi'_2$  bulunur.

$$V_2 = 0.5(b'_1)^2 + \frac{\int_0^{\phi_1} g_1(\Phi) d\Phi - Z_1 \Phi_1}{I+J} \quad (4.39)$$

$$V_2 - \frac{\int_0^{\phi} g_1(\Phi) d\Phi + Z_1 \Phi}{I+J} = 0 \quad (4.40)$$

(4.40) denkleminin kökü  $\Phi'_2$  olarak alınır.

c )  $\Phi_1 < \Phi_2 < \Phi_3$  ise

$$\dot{\Phi}_2 = \sqrt{\frac{2 \int_{\phi_2}^{\phi_3} g_1(\Phi) d\Phi}{I+J}} \quad (4.41)$$

iv)  $P_3 (\Phi_3 , \dot{\Phi}_3 )$  noktası

$$\Phi_3 = \Phi_V \quad (4.42)$$

$$\dot{\Phi}_3 = 0 \quad (4.43)$$

#### 4.4.9 GM<sub>r</sub> kriterinin uygulanması

Başlangıç stabilitesi ölçüsü olan metasantr yüksekliği GM değeri zorlamalara bağlı olarak aşağıda verilen GM<sub>r</sub> değerinden büyük olmalıdır. Yani GM > GM<sub>r</sub> ise mevcut GM değeri yeterlidir.

$$GM_r \geq \frac{1 \cdot 89}{\Delta} \left[ (E_1 + WM_1)^2 C_{22} \right]^{1/3} \quad (4.44)$$

#### 4.4.10 Φ<sub>m,r</sub> kriterinin uygulanması

Maksimum GZ değerine karşılık gelen yalpa açısı olan Φ<sub>m</sub> değeri, zorlamalara bağlı olarak yeniden çıkarılan ve aşağıda verilen değerden büyük olmalıdır (Φ<sub>m,r</sub>).

$$\Phi_{m,r} \geq \frac{WM_1 + \sqrt{WM_1^2 + \frac{5}{3} \cdot \Delta \cdot GM(E_1 T')}}{\frac{5}{6} \cdot \Delta \cdot GM}, \quad \Phi_{m,r} > 0 \quad (4.45)$$

burada ,

T' = T<sub>Φ</sub>/4 olup çeyrek yalpa periyodudur.

Eğer Φ<sub>m</sub> < Φ<sub>m,r</sub> ise "mevcut Φ<sub>m</sub> değeri yetersizdir"

Pratik stabilite kriterleri Ek 2 de verilen tablolar yardımıyla kolaylıkla balıkçı gemilerine uygulanabilir hale getirilmiştir.

## 5. UYGULAMA

Bu bölümde, önceki bölümlerde teorisi ve uygulama prosedürü verilen stabilite kriterlerinin balıkçı gemilerine uygulanması ve gemi form parametrelerinin stabilite kriterleri üzerindeki etkisi incelenecektir. Bu amaçla öncelikle deplasmanı sabit geniş bir dizayn aralığını içeren ve direnç yönünden optimize edilen DOUST (Doust,1963,1979), BSRA (Pattulo ve Thomson,1965), UBC (Çalışal ve McGreer,1993) ve İTÜ (Kafalı,1980) serilerinden yararlanarak 30 adet balıkçı gemisi formu oluşturulmuştur. Deplasmanın sabit alınmasının nedeni, dizayn parametrelerinin stabilite karakteristikleri üzerine etkisini daha açık bir şekilde görmektir. Tablo 5.1 de ana boyutları verilen bu gemilerin dizayn aralığı aşağıda ve ofset değerleri ise Ek 1 de verilmiştir.

$$2.0 < B/T < 3.0 \quad (5.1)$$

$$3.5 < L/\nabla^{1/3} < 5.6 \quad (5.2)$$

$$0.40 < C_B < 0.60 \quad (5.3)$$

Bu üretilen gemilerin gerçek hidrostatik ve stabilite hesapları yapılarak, stabilite çapraz değerleri (KN-Φ) Tablo 5.2'de, doğrultucu moment kolu (GZ-Φ) değerleri ise Tablo 5.3'de verilmiştir. Başlangıç stabilitesi (GM) ve statik stabilite karakteristikleri Tablo 5.4'de verilmiştir. Önceki bölümde stabilite çapraz değerleri için bulunan yaklaşık formüllerin, burada üretilen örnek balıkçı gemilerine uygulaması yapılmıştır. Şekil 5.1a,b,c,d,e'de formu üretilen 30 adet balıkçı gemisi için gerçek ve regresyon formülü ile bulunan KN-Φ değerlerinin karşılaştırılması görülmektedir. Şekillerden de görüleceği üzere regresyon formülü ile bulunan değerler ile gerçek değerler birbirine çok yakın olup, bazı gemilerdeki küçük sapmalar ise bu gemilerin optimum dizayn aralığının dışında olmasından kaynaklanmaktadır.

Şekil 5.2'de ise örnek balıkçı gemilerinin gerçek ve regresyon formülü ile bulunan KM değerlerinin karşılaştırılması görülmektedir. Şekilden de görüleceği üzere elde edilen regresyon formülü ile bulunan KM değerlerinin gerçek değerlerle uyum içinde olduğu ve ön dizayn aşamasında kullanmak için yeterli yaklaşıma sahip olduğu söylenebilir.

Tablo 5.1 Örnek gemilerin ana boyutları

| $\Delta=200$ [ton] |        |        |        |        |                |      |      |                    |         |         |         |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|----------------|------|------|--------------------|---------|---------|---------|
| G.NO               | L<br>m | B<br>m | T<br>m | D<br>m | C <sub>B</sub> | L/B  | B/T  | L/V <sup>1/3</sup> | KM<br>m | KG<br>m | GM<br>m |
| 1                  | 20.70  | 6.870  | 2.750  | 3.845  | 0.500          | 3.02 | 2.50 | 3.569              | 3.073   | 2.750   | 0.323   |
| 2                  | 21.40  | 6.750  | 2.700  | 3.780  | 0.500          | 3.17 | 2.50 | 3.690              | 3.027   | 2.693   | 0.334   |
| 3                  | 22.60  | 6.570  | 2.630  | 3.679  | 0.500          | 3.44 | 2.50 | 3.897              | 2.946   | 2.610   | 0.336   |
| 4                  | 23.30  | 6.470  | 2.590  | 3.624  | 0.500          | 3.60 | 2.50 | 4.017              | 2.902   | 2.563   | 0.339   |
| 5                  | 24.30  | 6.340  | 2.530  | 3.548  | 0.500          | 3.84 | 2.50 | 4.190              | 2.837   | 2.500   | 0.337   |
| 6                  | 25.20  | 6.220  | 2.490  | 3.484  | 0.500          | 4.05 | 2.50 | 4.345              | 2.790   | 2.446   | 0.344   |
| 7                  | 26.10  | 6.110  | 2.440  | 3.423  | 0.500          | 4.27 | 2.50 | 4.501              | 2.741   | 2.392   | 0.349   |
| 8                  | 28.40  | 5.860  | 2.340  | 3.283  | 0.500          | 4.85 | 2.50 | 4.896              | 2.626   | 2.275   | 0.351   |
| 9                  | 29.00  | 5.800  | 2.320  | 3.248  | 0.500          | 5.00 | 2.50 | 5.000              | 2.600   | 2.250   | 0.350   |
| 10                 | 30.30  | 5.670  | 2.270  | 3.178  | 0.500          | 5.34 | 2.50 | 5.224              | 2.544   | 2.189   | 0.355   |
| 11                 | 30.90  | 5.620  | 2.250  | 3.146  | 0.500          | 5.50 | 2.50 | 5.328              | 2.519   | 2.167   | 0.352   |
| 12                 | 31.50  | 5.570  | 2.230  | 3.117  | 0.500          | 5.66 | 2.50 | 5.431              | 2.496   | 2.145   | 0.351   |
| 13                 | 32.00  | 5.520  | 2.210  | 3.092  | 0.500          | 5.80 | 2.50 | 5.517              | 2.474   | 2.120   | 0.354   |
| 14                 | 32.60  | 5.470  | 2.190  | 3.063  | 0.500          | 5.96 | 2.50 | 5.621              | 2.453   | 2.097   | 0.356   |
| 15                 | 25.00  | 5.643  | 2.766  | 3.873  | 0.503          | 4.43 | 2.04 | 4.311              | 2.608   | 2.249   | 0.359   |
| 16                 | 25.00  | 5.828  | 2.673  | 3.742  | 0.503          | 4.29 | 2.18 | 4.311              | 2.655   | 2.307   | 0.348   |
| 17                 | 25.00  | 6.083  | 2.567  | 3.593  | 0.503          | 4.11 | 2.37 | 4.311              | 2.738   | 2.397   | 0.341   |
| 18                 | 25.00  | 6.266  | 2.486  | 3.481  | 0.503          | 3.99 | 2.52 | 4.311              | 2.809   | 2.463   | 0.346   |
| 19                 | 25.00  | 6.443  | 2.422  | 3.391  | 0.503          | 3.88 | 2.66 | 4.311              | 2.886   | 2.534   | 0.352   |
| 20                 | 25.00  | 6.527  | 2.391  | 3.347  | 0.503          | 3.83 | 2.73 | 4.311              | 2.926   | 2.568   | 0.358   |
| 21                 | 25.00  | 6.775  | 2.304  | 3.226  | 0.503          | 3.69 | 2.94 | 4.311              | 3.055   | 2.673   | 0.382   |
| 22                 | 25.00  | 6.980  | 2.790  | 3.911  | 0.400          | 3.58 | 2.50 | 4.311              | 3.820   | 2.915   | 0.905   |
| 23                 | 25.00  | 6.780  | 2.710  | 3.794  | 0.425          | 3.69 | 2.50 | 4.311              | 3.592   | 2.793   | 0.799   |
| 24                 | 25.00  | 6.480  | 2.590  | 3.627  | 0.465          | 3.86 | 2.50 | 4.311              | 3.281   | 2.606   | 0.675   |
| 25                 | 25.00  | 6.440  | 2.580  | 3.608  | 0.470          | 3.88 | 2.50 | 4.310              | 3.251   | 2.583   | 0.668   |
| 26                 | 25.00  | 6.410  | 2.560  | 3.590  | 0.475          | 3.90 | 2.50 | 4.310              | 3.220   | 2.561   | 0.659   |
| 27                 | 25.00  | 6.100  | 2.440  | 3.415  | 0.525          | 4.10 | 2.50 | 4.310              | 2.729   | 2.363   | 0.366   |
| 28                 | 25.00  | 6.040  | 2.420  | 3.382  | 0.535          | 4.14 | 2.50 | 4.311              | 2.706   | 2.326   | 0.380   |
| 29                 | 25.00  | 5.900  | 2.360  | 3.304  | 0.558          | 4.24 | 2.50 | 4.310              | 2.737   | 2.232   | 0.505   |
| 30                 | 25.00  | 5.740  | 2.290  | 3.209  | 0.593          | 4.36 | 2.50 | 4.310              | 2.649   | 2.120   | 0.529   |

Tablo 5.2 Kaide hattındaki doğrultucu moment kolu değerleri (KN-Φ)

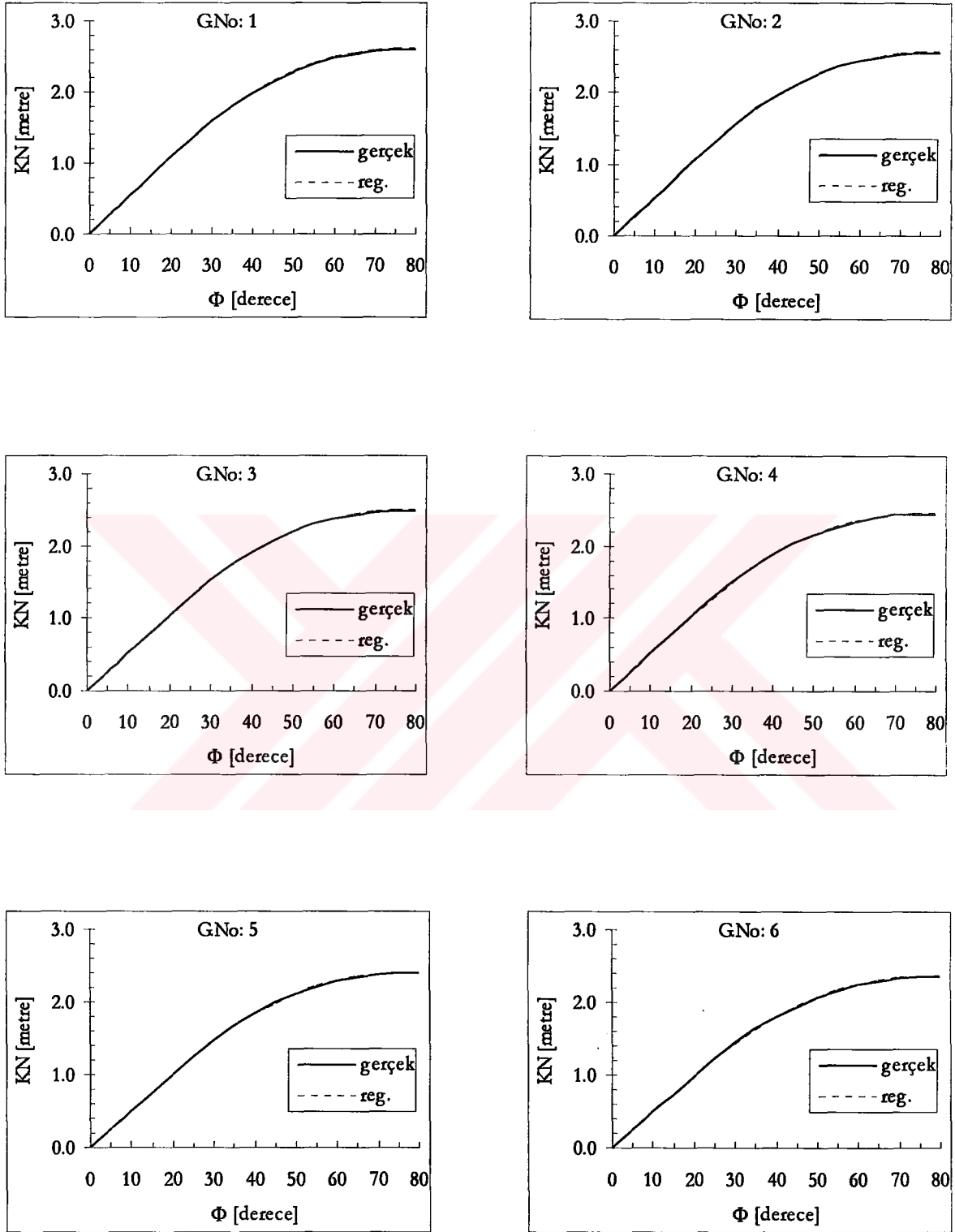
| G.NO | KN [metre] |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | 5 °        | 10 °  | 20 °  | 30 °  | 40 °  | 50 °  | 60 °  | 70 °  | 80 °  |
| 1    | 0.268      | 0.537 | 1.081 | 1.580 | 1.988 | 2.283 | 2.474 | 2.569 | 2.581 |
| 2    | 0.264      | 0.529 | 1.065 | 1.557 | 1.958 | 2.249 | 2.439 | 2.533 | 2.544 |
| 3    | 0.257      | 0.515 | 1.036 | 1.515 | 1.906 | 2.189 | 2.374 | 2.465 | 2.477 |
| 4    | 0.253      | 0.507 | 1.021 | 1.490 | 1.878 | 2.157 | 2.339 | 2.431 | 2.444 |
| 5    | 0.248      | 0.496 | 0.998 | 1.459 | 1.836 | 2.108 | 2.287 | 2.376 | 2.389 |
| 6    | 0.243      | 0.487 | 0.981 | 1.435 | 1.805 | 2.074 | 2.249 | 2.337 | 2.350 |
| 7    | 0.239      | 0.479 | 0.964 | 1.410 | 1.774 | 2.037 | 2.208 | 2.293 | 2.304 |
| 8    | 0.229      | 0.459 | 0.924 | 1.351 | 1.699 | 1.952 | 2.116 | 2.198 | 2.208 |
| 9    | 0.227      | 0.454 | 0.915 | 1.338 | 1.684 | 1.934 | 2.097 | 2.178 | 2.188 |
| 10   | 0.222      | 0.445 | 0.895 | 1.309 | 1.647 | 1.892 | 2.052 | 2.132 | 2.144 |
| 11   | 0.220      | 0.440 | 0.886 | 1.296 | 1.631 | 1.873 | 2.032 | 2.111 | 2.123 |
| 12   | 0.218      | 0.436 | 0.878 | 1.284 | 1.616 | 1.856 | 2.012 | 2.089 | 2.099 |
| 13   | 0.216      | 0.432 | 0.871 | 1.273 | 1.602 | 1.840 | 1.995 | 2.072 | 2.081 |
| 14   | 0.214      | 0.429 | 0.863 | 1.262 | 1.588 | 1.824 | 1.978 | 2.054 | 2.064 |
| 15   | 0.228      | 0.455 | 0.913 | 1.363 | 1.761 | 2.086 | 2.323 | 2.472 | 2.541 |
| 16   | 0.232      | 0.463 | 0.932 | 1.385 | 1.774 | 2.082 | 2.298 | 2.426 | 2.476 |
| 17   | 0.239      | 0.478 | 0.964 | 1.419 | 1.798 | 2.083 | 2.274 | 2.377 | 2.403 |
| 18   | 0.245      | 0.491 | 0.988 | 1.443 | 1.813 | 2.080 | 2.252 | 2.337 | 2.346 |
| 19   | 0.252      | 0.505 | 1.013 | 1.470 | 1.830 | 2.082 | 2.239 | 2.308 | 2.302 |
| 20   | 0.255      | 0.512 | 1.026 | 1.483 | 1.837 | 2.082 | 2.231 | 2.293 | 2.280 |
| 21   | 0.266      | 0.535 | 1.067 | 1.523 | 1.860 | 2.084 | 2.210 | 2.252 | 2.219 |
| 22   | 0.327      | 0.652 | 1.250 | 1.681 | 2.004 | 2.210 | 2.341 | 2.388 | 2.365 |
| 23   | 0.308      | 0.617 | 1.186 | 1.598 | 1.904 | 2.110 | 2.238 | 2.286 | 2.264 |
| 24   | 0.282      | 0.565 | 1.159 | 1.766 | 1.795 | 1.960 | 2.090 | 2.143 | 2.121 |
| 25   | 0.280      | 0.560 | 1.133 | 1.653 | 1.781 | 1.951 | 2.078 | 2.131 | 2.109 |
| 26   | 0.277      | 0.554 | 1.111 | 1.562 | 1.762 | 1.939 | 2.062 | 2.111 | 2.088 |
| 27   | 0.238      | 0.477 | 0.961 | 1.405 | 1.769 | 2.030 | 2.198 | 2.279 | 2.284 |
| 28   | 0.236      | 0.476 | 0.951 | 1.393 | 1.753 | 2.011 | 2.176 | 2.254 | 2.255 |
| 29   | 0.239      | 0.479 | 0.964 | 1.446 | 1.835 | 2.094 | 2.251 | 2.315 | 2.301 |
| 30   | 0.231      | 0.464 | 0.934 | 1.399 | 1.770 | 2.018 | 2.162 | 2.223 | 2.204 |

Tablo 5.3 Doğrultucu moment kolu değerleri (GZ- $\Phi$ )

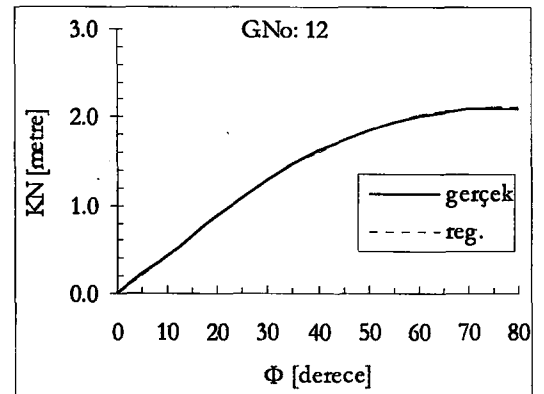
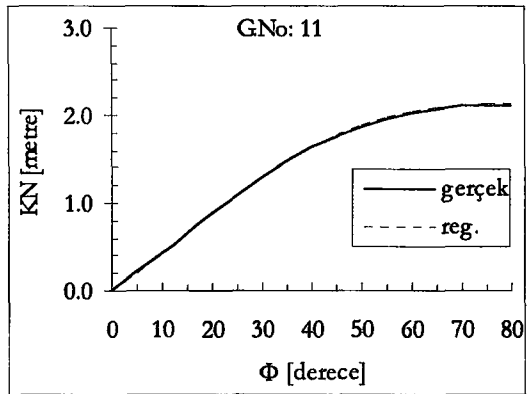
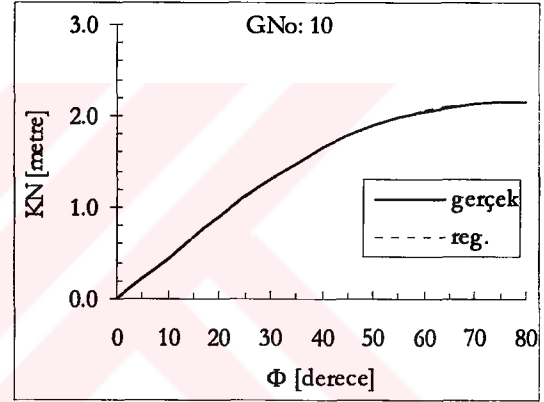
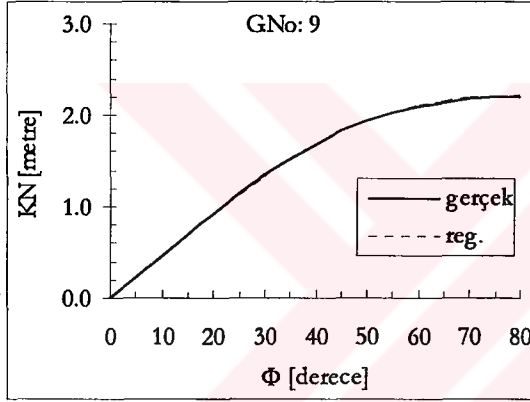
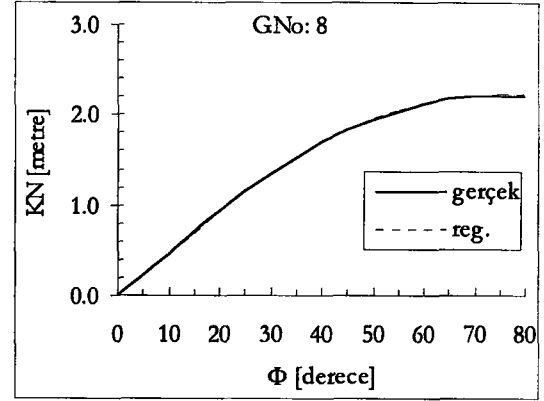
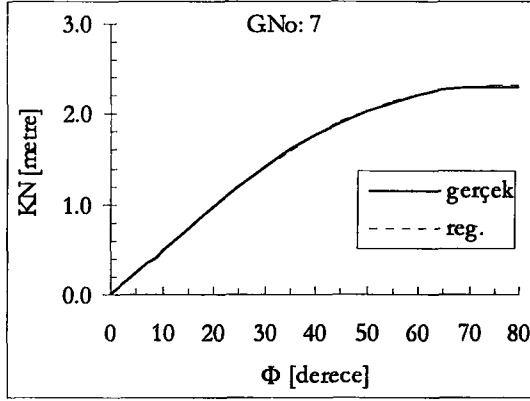
| G.NO | GZ [metre] |       |       |       |       |        |        |        |        |
|------|------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
|      | 5 °        | 10 °  | 20 °  | 30 °  | 40 °  | 50 °   | 60 °   | 70 °   | 80 °   |
| 1    | 0.028      | 0.059 | 0.140 | 0.205 | 0.220 | 0.176  | 0.092  | -0.015 | -0.127 |
| 2    | 0.029      | 0.061 | 0.144 | 0.211 | 0.227 | 0.186  | 0.107  | 0.003  | -0.108 |
| 3    | 0.030      | 0.062 | 0.143 | 0.210 | 0.228 | 0.190  | 0.114  | 0.013  | -0.093 |
| 4    | 0.030      | 0.062 | 0.144 | 0.209 | 0.231 | 0.194  | 0.119  | 0.023  | -0.080 |
| 5    | 0.030      | 0.062 | 0.143 | 0.209 | 0.229 | 0.193  | 0.122  | 0.027  | -0.073 |
| 6    | 0.030      | 0.062 | 0.144 | 0.212 | 0.232 | 0.200  | 0.130  | 0.038  | -0.059 |
| 7    | 0.031      | 0.064 | 0.146 | 0.214 | 0.236 | 0.205  | 0.136  | 0.045  | -0.052 |
| 8    | 0.031      | 0.064 | 0.146 | 0.213 | 0.236 | 0.209  | 0.146  | 0.060  | -0.033 |
| 9    | 0.031      | 0.063 | 0.146 | 0.213 | 0.238 | 0.211  | 0.149  | 0.064  | -0.028 |
| 10   | 0.031      | 0.065 | 0.146 | 0.215 | 0.240 | 0.215  | 0.156  | 0.075  | -0.012 |
| 11   | 0.031      | 0.064 | 0.145 | 0.212 | 0.238 | 0.213  | 0.155  | 0.074  | -0.011 |
| 12   | 0.031      | 0.064 | 0.145 | 0.212 | 0.237 | 0.213  | 0.155  | 0.074  | -0.013 |
| 13   | 0.031      | 0.064 | 0.146 | 0.213 | 0.240 | 0.216  | 0.159  | 0.080  | -0.006 |
| 14   | 0.031      | 0.065 | 0.146 | 0.214 | 0.240 | 0.218  | 0.162  | 0.084  | -0.001 |
| 15   | 0.032      | 0.064 | 0.144 | 0.238 | 0.315 | 0.363  | 0.375  | 0.358  | 0.326  |
| 16   | 0.031      | 0.062 | 0.143 | 0.232 | 0.291 | 0.315  | 0.300  | 0.258  | 0.204  |
| 17   | 0.030      | 0.062 | 0.144 | 0.221 | 0.257 | 0.247  | 0.198  | 0.125  | 0.043  |
| 18   | 0.030      | 0.063 | 0.146 | 0.211 | 0.230 | 0.193  | 0.119  | 0.022  | -0.080 |
| 19   | 0.031      | 0.065 | 0.146 | 0.203 | 0.201 | 0.141  | 0.045  | -0.073 | -0.193 |
| 20   | 0.031      | 0.066 | 0.148 | 0.199 | 0.186 | 0.115  | 0.007  | -0.120 | -0.249 |
| 21   | 0.033      | 0.071 | 0.153 | 0.187 | 0.142 | 0.037  | -0.105 | -0.259 | -0.413 |
| 22   | 0.073      | 0.146 | 0.253 | 0.223 | 0.130 | -0.023 | -0.183 | -0.351 | -0.506 |
| 23   | 0.065      | 0.132 | 0.231 | 0.201 | 0.109 | -0.030 | -0.181 | -0.339 | -0.487 |
| 24   | 0.055      | 0.112 | 0.268 | 0.463 | 0.120 | -0.037 | -0.167 | -0.306 | -0.446 |
| 25   | 0.055      | 0.111 | 0.249 | 0.361 | 0.120 | -0.028 | -0.159 | -0.297 | -0.435 |
| 26   | 0.054      | 0.109 | 0.235 | 0.282 | 0.116 | -0.023 | -0.156 | -0.295 | -0.434 |
| 27   | 0.032      | 0.067 | 0.153 | 0.224 | 0.250 | 0.220  | 0.152  | 0.059  | -0.043 |
| 28   | 0.033      | 0.072 | 0.156 | 0.230 | 0.258 | 0.229  | 0.162  | 0.069  | -0.035 |
| 29   | 0.044      | 0.091 | 0.201 | 0.330 | 0.401 | 0.384  | 0.318  | 0.218  | 0.103  |
| 30   | 0.046      | 0.096 | 0.209 | 0.339 | 0.407 | 0.394  | 0.326  | 0.231  | 0.116  |

Tablo 5.4 Statik stabilite karakteristikleri

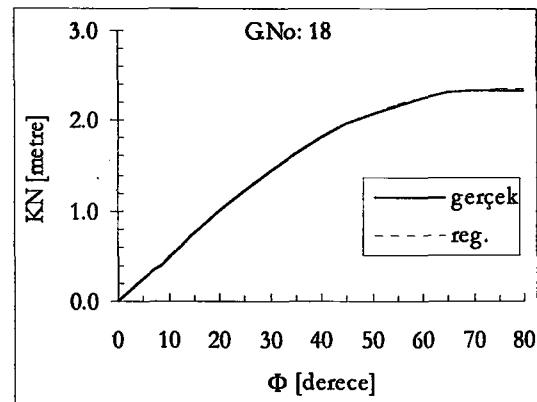
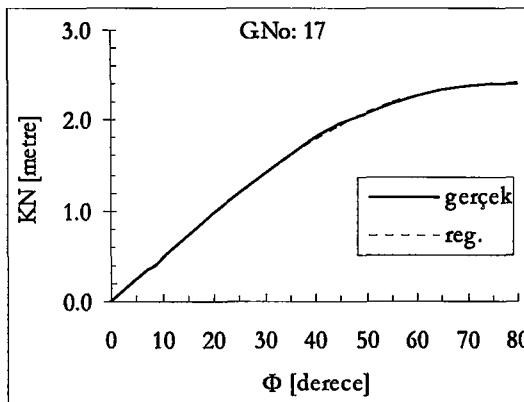
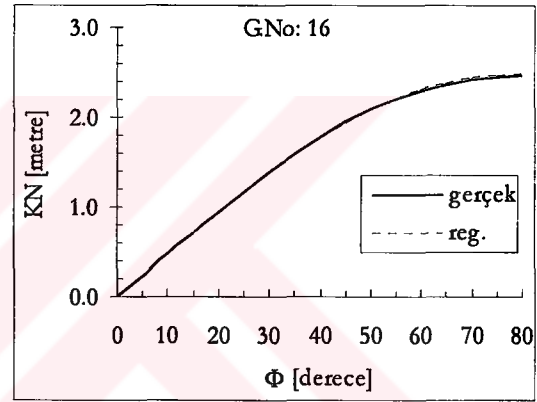
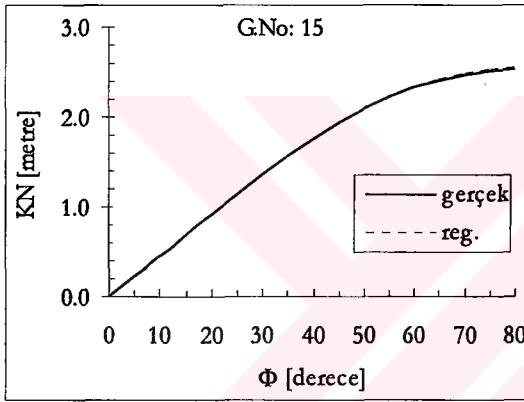
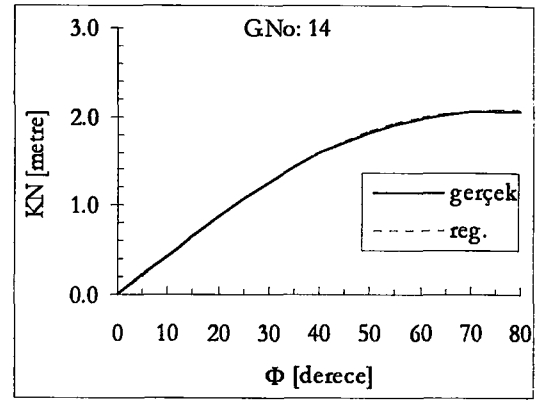
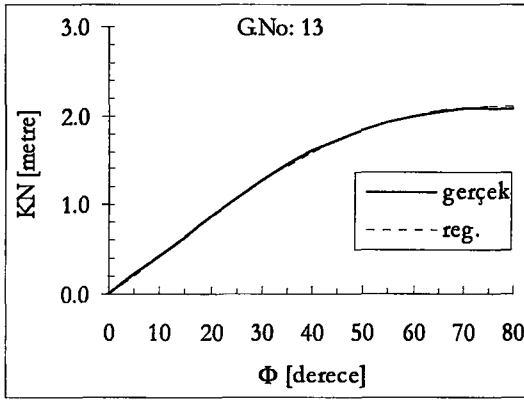
| G.NO | GM<br>m | GZ <sub>max</sub><br>m | $\Phi_m$<br>rad. | $\Phi_v$<br>rad. | A <sub>30</sub><br>m×rad | A <sub>40</sub><br>m×rad | A <sub>30-40</sub><br>m×rad | A $\Phi_v$<br>m×rad |
|------|---------|------------------------|------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------|
| 1    | 0.323   | 0.222                  | 0.656            | 1.197            | 0.051                    | 0.089                    | 0.038                       | 0.150               |
| 2    | 0.334   | 0.229                  | 0.660            | 1.226            | 0.053                    | 0.092                    | 0.039                       | 0.166               |
| 3    | 0.336   | 0.230                  | 0.666            | 1.240            | 0.053                    | 0.092                    | 0.039                       | 0.169               |
| 4    | 0.339   | 0.231                  | 0.679            | 1.256            | 0.053                    | 0.091                    | 0.038                       | 0.172               |
| 5    | 0.337   | 0.230                  | 0.672            | 1.268            | 0.053                    | 0.091                    | 0.038                       | 0.172               |
| 6    | 0.344   | 0.233                  | 0.677            | 1.290            | 0.053                    | 0.092                    | 0.039                       | 0.177               |
| 7    | 0.349   | 0.237                  | 0.681            | 1.298            | 0.054                    | 0.094                    | 0.040                       | 0.181               |
| 8    | 0.351   | 0.237                  | 0.688            | 1.331            | 0.054                    | 0.093                    | 0.039                       | 0.185               |
| 9    | 0.350   | 0.238                  | 0.691            | 1.341            | 0.053                    | 0.093                    | 0.040                       | 0.186               |
| 10   | 0.355   | 0.240                  | 0.695            | 1.373            | 0.054                    | 0.094                    | 0.040                       | 0.190               |
| 11   | 0.352   | 0.238                  | 0.695            | 1.374            | 0.053                    | 0.093                    | 0.040                       | 0.188               |
| 12   | 0.351   | 0.238                  | 0.697            | 1.370            | 0.053                    | 0.093                    | 0.040                       | 0.188               |
| 13   | 0.354   | 0.240                  | 0.700            | 1.384            | 0.053                    | 0.093                    | 0.040                       | 0.190               |
| 14   | 0.356   | 0.240                  | 0.701            | 1.394            | 0.054                    | 0.094                    | 0.040                       | 0.192               |
| 15   | 0.359   | 0.375                  | 1.018            | 1.825            | 0.053                    | 0.098                    | 0.045                       | 0.354               |
| 16   | 0.348   | 0.315                  | 0.891            | 1.732            | 0.053                    | 0.096                    | 0.043                       | 0.300               |
| 17   | 0.341   | 0.259                  | 0.742            | 1.437            | 0.053                    | 0.095                    | 0.042                       | 0.226               |
| 18   | 0.346   | 0.231                  | 0.668            | 1.256            | 0.053                    | 0.093                    | 0.040                       | 0.172               |
| 19   | 0.352   | 0.210                  | 0.606            | 1.118            | 0.054                    | 0.09                     | 0.036                       | 0.139               |
| 20   | 0.358   | 0.202                  | 0.577            | 1.058            | 0.054                    | 0.089                    | 0.035                       | 0.128               |
| 21   | 0.382   | 0.187                  | 0.513            | 0.921            | 0.056                    | 0.085                    | 0.029                       | 0.102               |
| 22   | 0.905   | 0.257                  | 0.389            | 0.848            | 0.093                    | 0.117                    | 0.024                       | 0.124               |
| 23   | 0.799   | 0.235                  | 0.388            | 0.838            | 0.084                    | 0.105                    | 0.021                       | 0.112               |
| 24   | 0.675   | 0.467                  | 0.507            | 0.805            | 0.121                    | 0.174                    | 0.053                       | 0.164               |
| 25   | 0.668   | 0.367                  | 0.500            | 0.829            | 0.104                    | 0.148                    | 0.044                       | 0.142               |
| 26   | 0.659   | 0.291                  | 0.481            | 0.842            | 0.09                     | 0.125                    | 0.035                       | 0.124               |
| 27   | 0.366   | 0.250                  | 0.692            | 1.318            | 0.056                    | 0.098                    | 0.042                       | 0.194               |
| 28   | 0.380   | 0.258                  | 0.693            | 1.333            | 0.058                    | 0.101                    | 0.043                       | 0.202               |
| 29   | 0.505   | 0.403                  | 0.743            | 1.567            | 0.08                     | 0.145                    | 0.065                       | 0.353               |
| 30   | 0.529   | 0.411                  | 0.750            | 1.608            | 0.082                    | 0.148                    | 0.066                       | 0.364               |



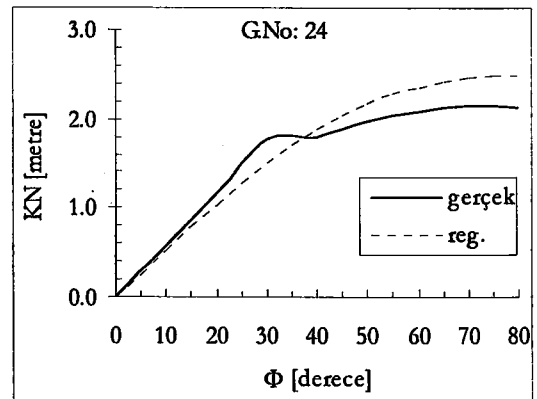
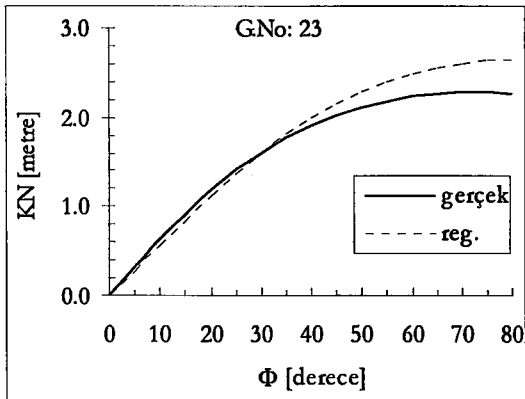
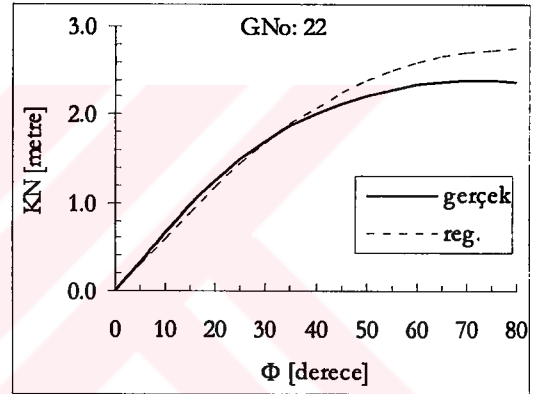
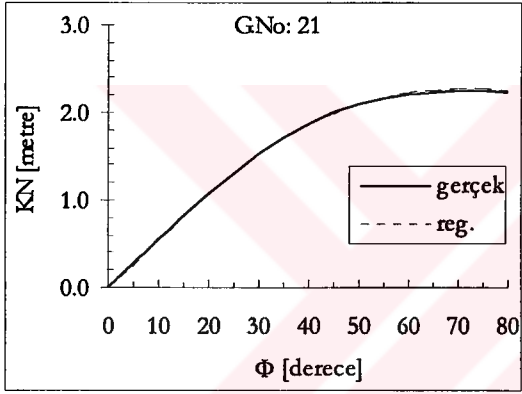
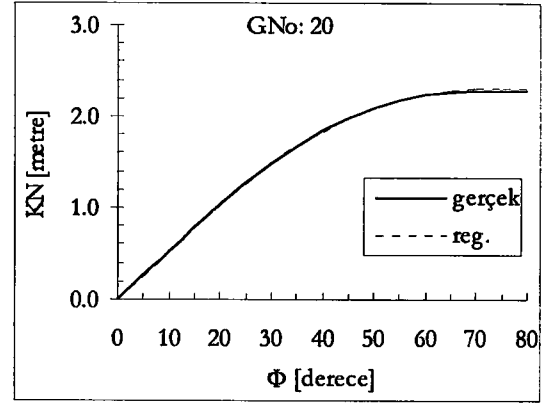
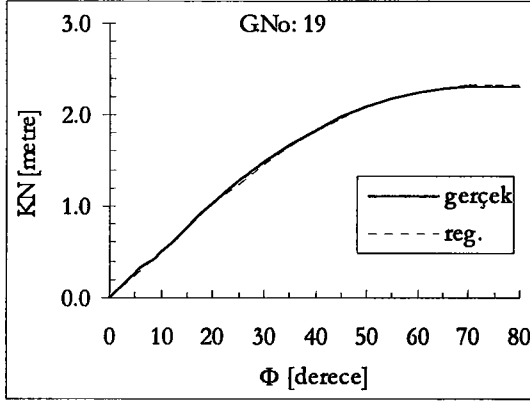
Şekil 5.1a Uygulamada kullanılan balıkçı gemilerinin  $KN$ - $\Phi$  değerlerinin karşılaştırılması



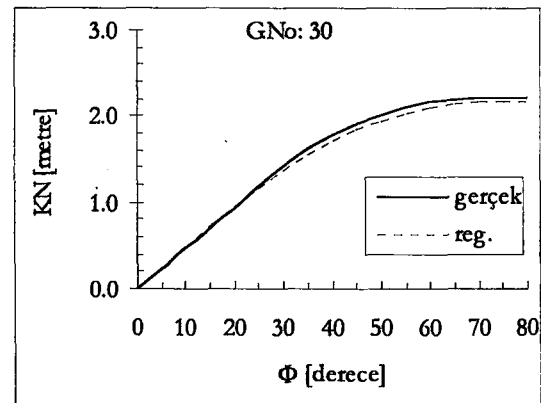
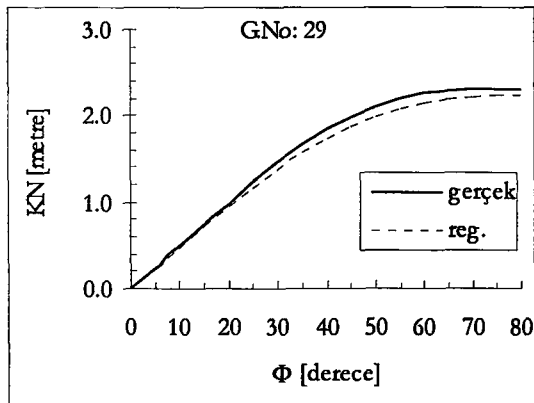
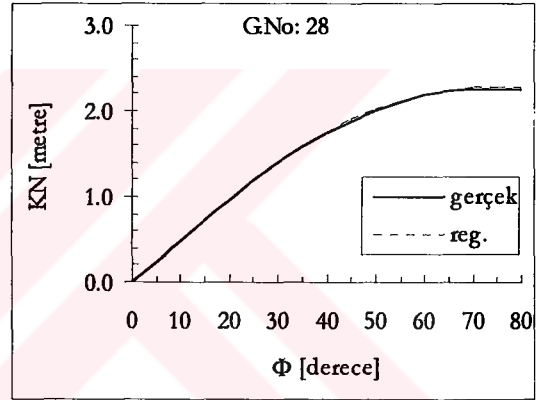
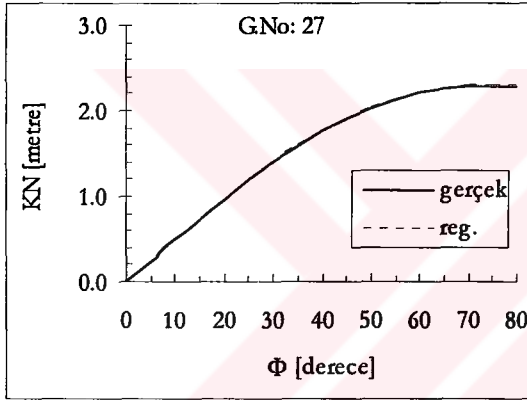
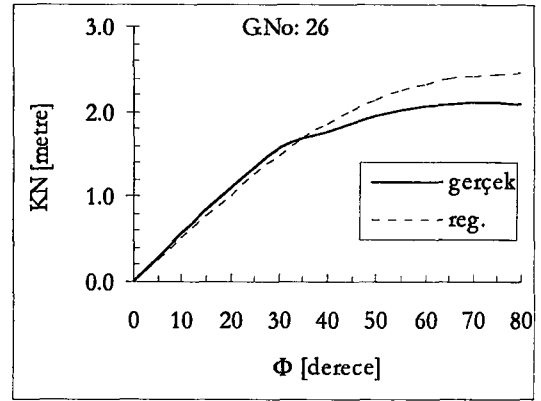
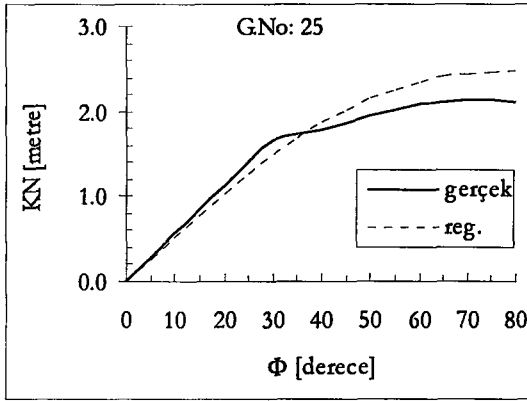
Şekil 5.1b Uygulamada kullanılan balıkçı gemilerinin KN- $\Phi$  değerlerinin karşılaştırılması



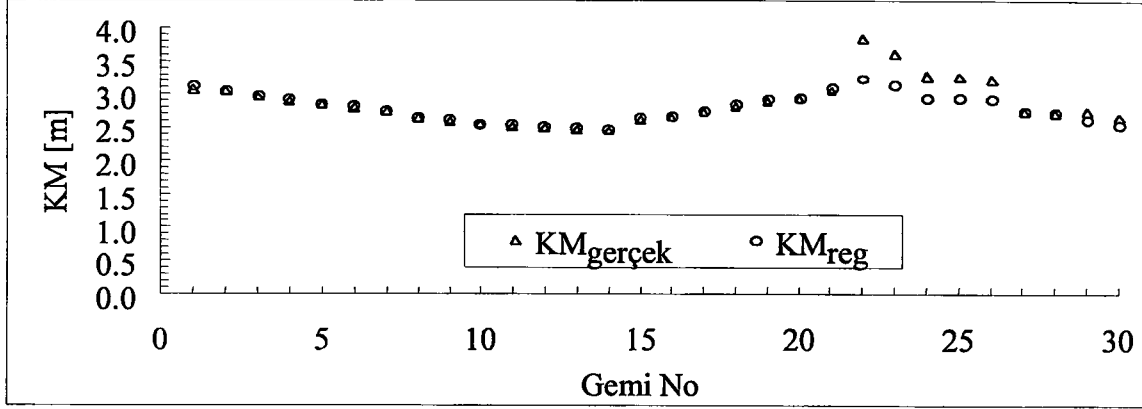
Şekil 5.1c Uygulamada kullanılan balıkçı gemilerinin KN- $\Phi$  değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.1d Uygulamada kullanılan balıkçı gemilerinin KN- $\Phi$  değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.1e Uygulamada kullanılan balıkçı gemilerinin KN- $\Phi$  değerlerinin karşılaştırılması

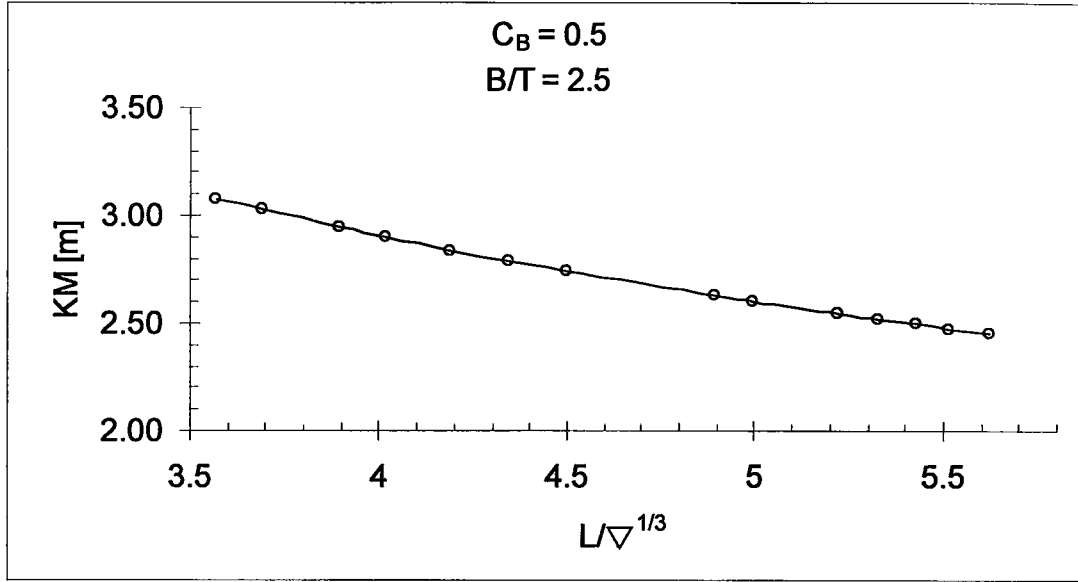


Şekil 5.2 Uygulamada kullanılan gemilerin KM değerlerinin karşılaştırılması

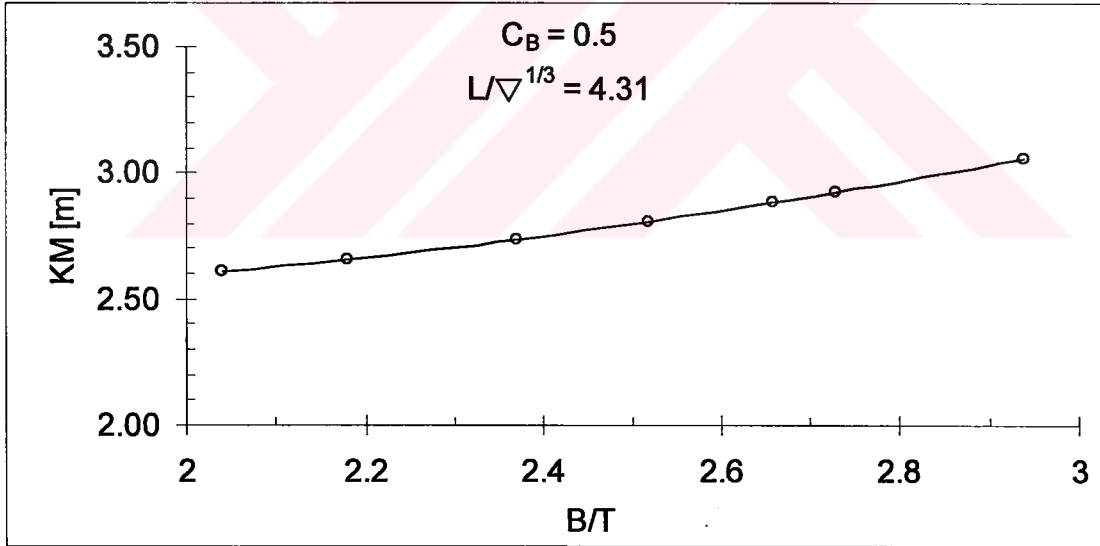
Burada öncelikle gemi dizayn parametrelerinin KM, KG ve GM üzerine etkisi incelenecektir. Şekil 5.3'de blok katsayısı ( $C_B$ ) ve genişlik-draft ( $B/T$ ) oranı sabit kalmak şartıyla boy-deplasman ( $L/\nabla^{1/3}$ ) oranının KM üzerine etkisi görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi sabit deplasmanda gemi boyunun artışı KM değerinin azalması şeklinde etkisini gösterir ki bu da beklenen bir durumdur.

Şekil 5.4'de  $C_B$  ve  $L/\nabla^{1/3}$  sabit kalmak şartıyla genişlik-draft oranının KM üzerine etkisi görülmektedir. Burada ise aynı deplasmanda genişliğin artışı ile özellikle enine metasandır yarıçapının önemli oranda artırmasından dolayı  $B/T$  oranının KM değerini yükselttiği görülmektedir. Şekil 5.5'de ise blok katsayısının KM değerini azaltma şeklinde etkisini gösterdiği görülmektedir. Bunun nedeni aynı deplasmanda dolgun olan gemilerin narin gemilere göre özellikle hacim merkezlerinin düşey yerinin ( $K_B$ ) daha küçük olmasıdır.

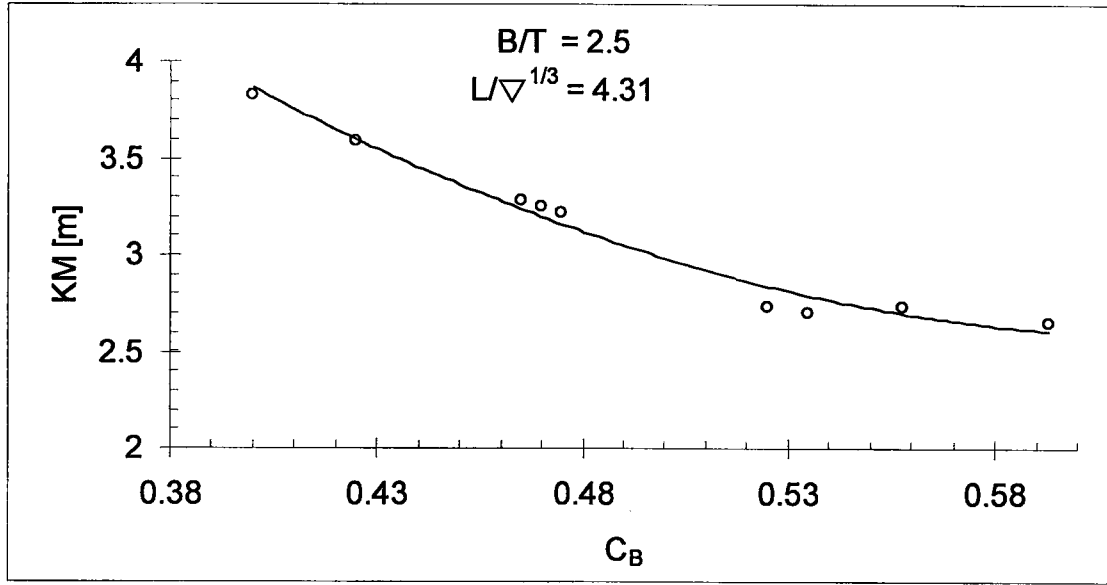
Gemi ağırlık merkezinin düşey yeri KG gemideki ağırlık gruplarının dağılımına bağlı olup burada istatistiklere dayalı olarak çıkarılan KG formülü ile gemi form parametreleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Şekil 5.6'da boy-deplasman oranının KG üzerine etkisi görülmekte ve aynı deplasmanda diğer parametreler sabit kalmak şartıyla gemi boyunun artışının KG değerini azalttığı görülmektedir. Şekil 5.7'de genişlik-draft oranının KG değerini artırdığı ve Şekil 5.8'de ise blok katsayısının azalttığı beklenen bir durum olarak görülmektedir. Burada istatistiksel olarak elde edilen KG formülünün kullanılmasıyla bulunan sonuçlar pratik açıdan kabul edilebilir niteliktedir. Form parametrelerin başlangıç stabilitesinin ölçüsü olan GM üzerine etkisi ise Şekil 5.9, 5.10 ve 5.11'de görülmektedir.



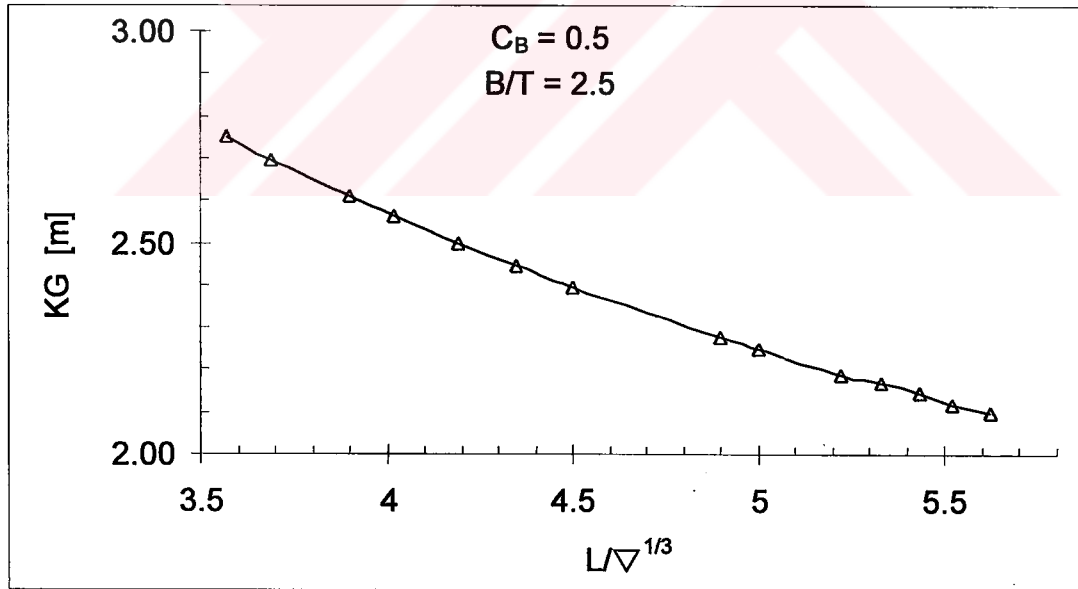
Şekil 5.3  $L/\nabla^{1/3}$  oranının KM üzerine etkisi



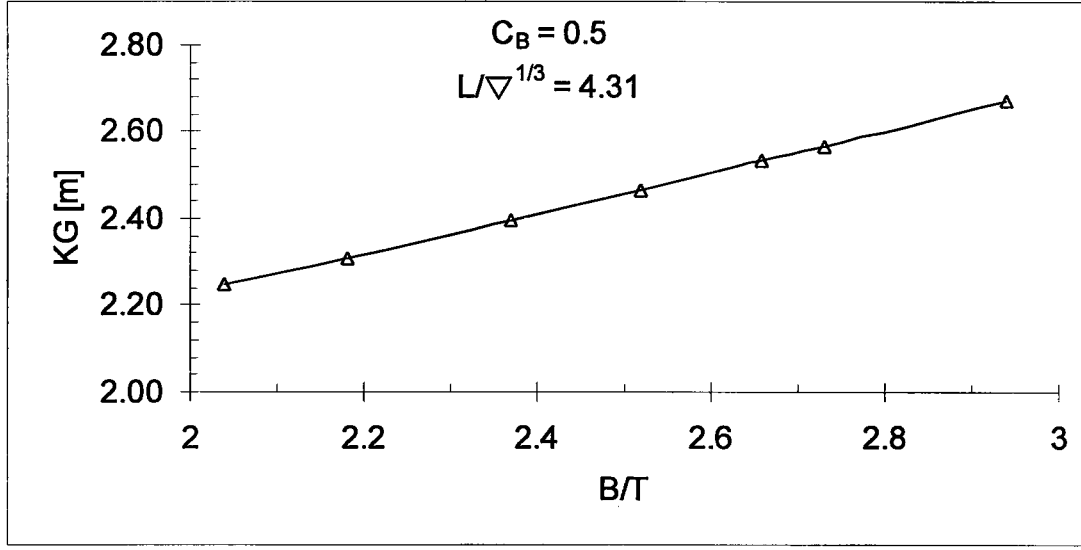
Şekil 5.4 B/T oranının KM üzerine etkisi



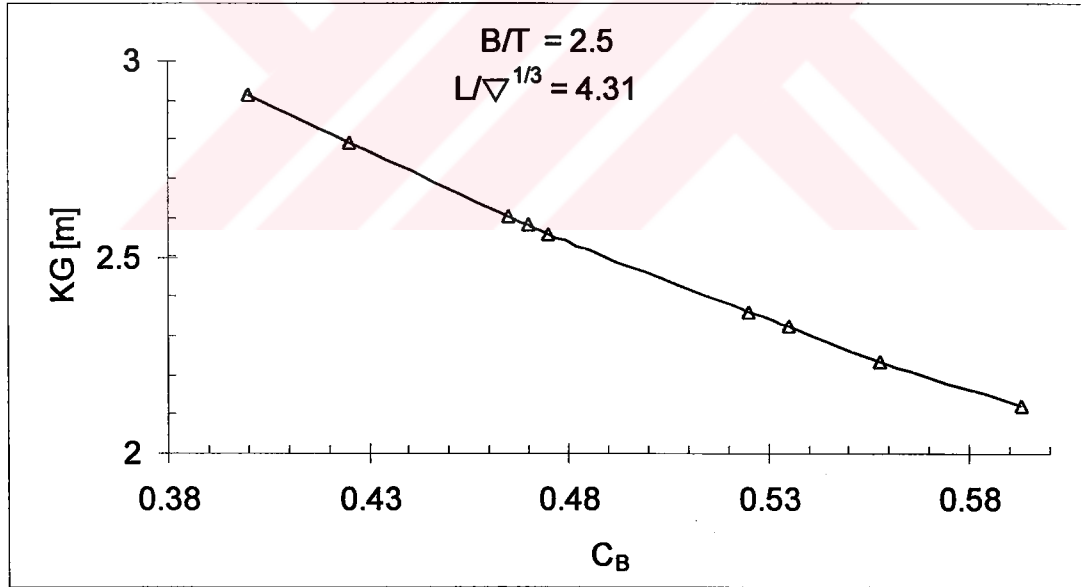
Şekil 5.5  $C_B$  nin  $KM$  üzerine etkisi



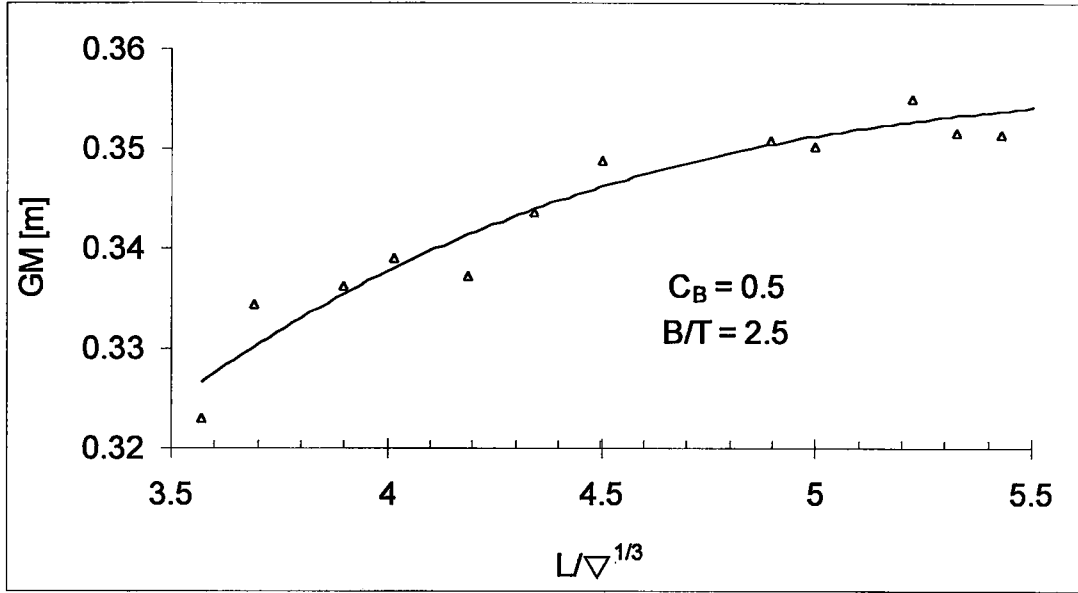
Şekil 5.6  $L/\nabla^{1/3}$  oranının  $KG$  üzerine etkisi



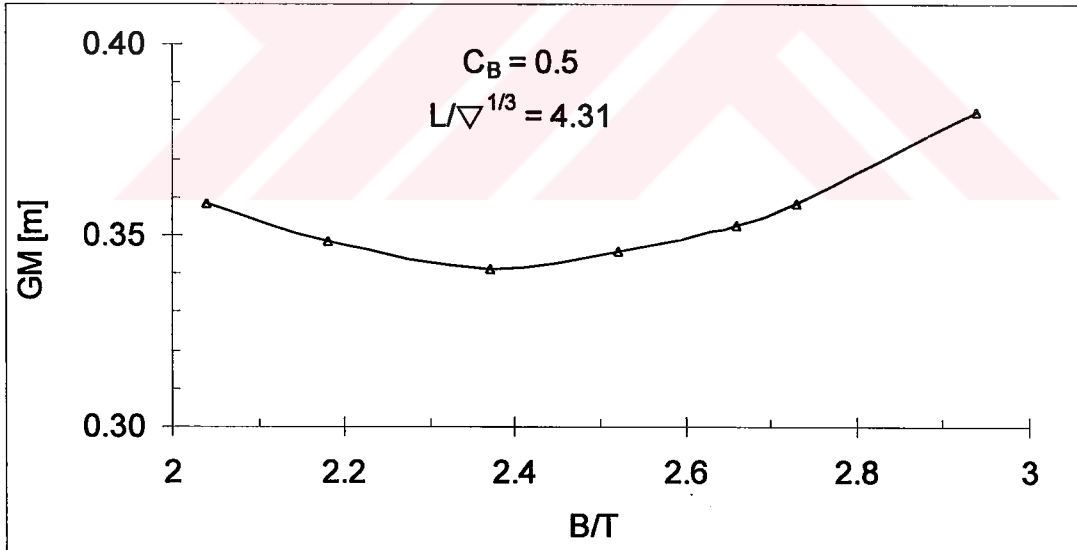
Şekil 5.7  $B/T$  oranının  $KG$  üzerine etkisi



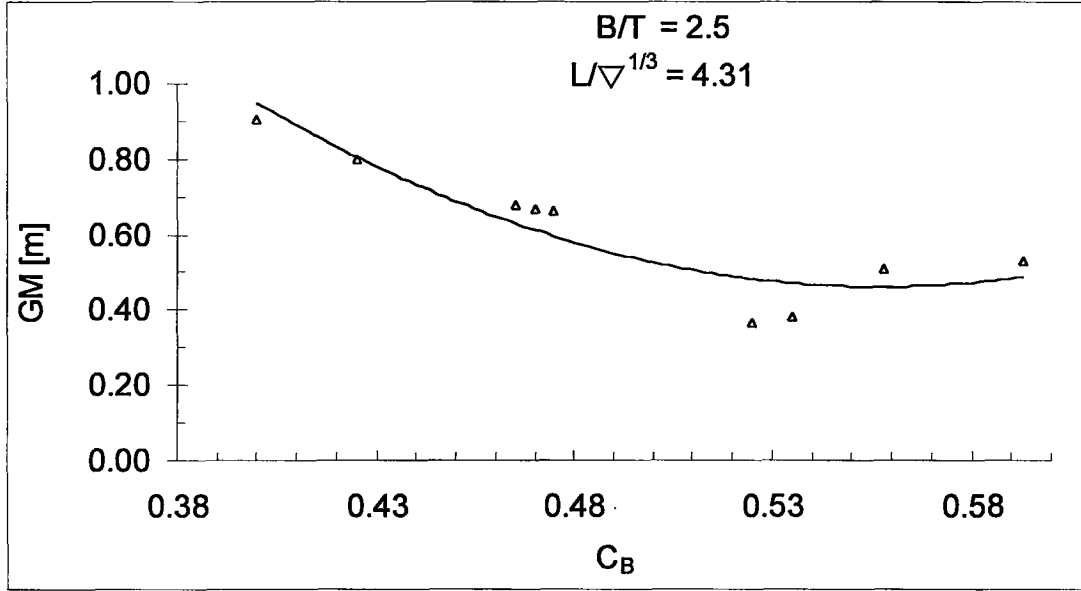
Şekil 5.8  $C_B$  'nin  $KG$  üzerine etkisi



Şekil 5.9  $L/\nabla^{1/3}$  oranının GM üzerine etkisi



Şekil 5.10  $B/T$  oranının GM üzerine etkisi



Şekil 5.11  $C_B$  'nin GM üzerine etkisi

Bundan sonraki aşamada ise daha önceki bölümlerde önerilen stabilite kriterlerinin örnek gemilere uygulanmasıyla bulunan sonuçların gösterilmesine çalışılacaktır. Bu amaçla rüzgar ve deniz durumunu gösteren ve kullanımı pratik açıdan önemli olan Tablo 5.5'de verilen Beaufort ölçeğinden (BN) yararlanılmıştır. Hesaplarda özellikle balıkçı gemileri için kritik olan 4 ile 8 arasındaki Beaufort rüzgar kuvvetlerine karşılık gelen deniz durumu dikkate alınmıştır.

Şekil 5.12'de boy-deplasman oranının  $\Phi_m$  kriteri üzerine etkisi 4 şiddetindeki deniz durumu için görülmektedir. Burada aynı deplasmanda  $C_B$  ve  $B/T$  sabit olmak üzere gemi boyunun artması ile gemilerin sağlaması gereken  $\Phi_m$  değerinin arttığı açıkça görülmektedir. Şekil 5.13'de ise bütün deniz durumları için boy-deplasman oranının  $\Phi_m$  kriteri ve mevcut  $\Phi_m$  üzerine etkisi görülmektedir. Bu şekilden görüleceği gibi mevcut  $\Phi_m$  değeri de boy-deplasman oranı ile artmakta olup  $\Phi_m$  kriteri mevcut durum ile tamamen uyum içindedir. Aynı zamanda deniz şiddeti arttıkça gemilerin sağlaması gereken  $\Phi_m$  değerinin de arttığı, sadece 4 şiddetindeki deniz durumu için mevcut  $\Phi_m$  değerlerinin kriteri sağladığı görülmektedir.

Şekil 5.14'de genişlik-draft oranının  $\Phi_m$  kriteri üzerine etkisi görülmektedir. Aynı deplasman için B/T oranının artmasıyla gemilerin sağlaması gereken  $\Phi_m$  değeri kritere göre azalmaktadır. Şekil 5.15'de bütün deniz durumları için genişlik-draft oranının mevcut  $\Phi_m$  ve kriter üzerine etkisi görülmektedir. Burada da mevcut  $\Phi_m$  değerinin B/T oranı ile azaldığı ve düşük B/T oranlı gemilerin daha şiddetli deniz durumları için kriteri daha iyi sağladığı görülmektedir. Şekil 5.16 ve Şekil 5.17'de ise blok katsayısının  $\Phi_m$  üzerine etkisi görülmektedir. Burada  $C_B$  ile mevcut ve sağlanması gereken  $\Phi_m$  değerlerinin önemli oranda olmasa da arttığı gözlenmektedir.

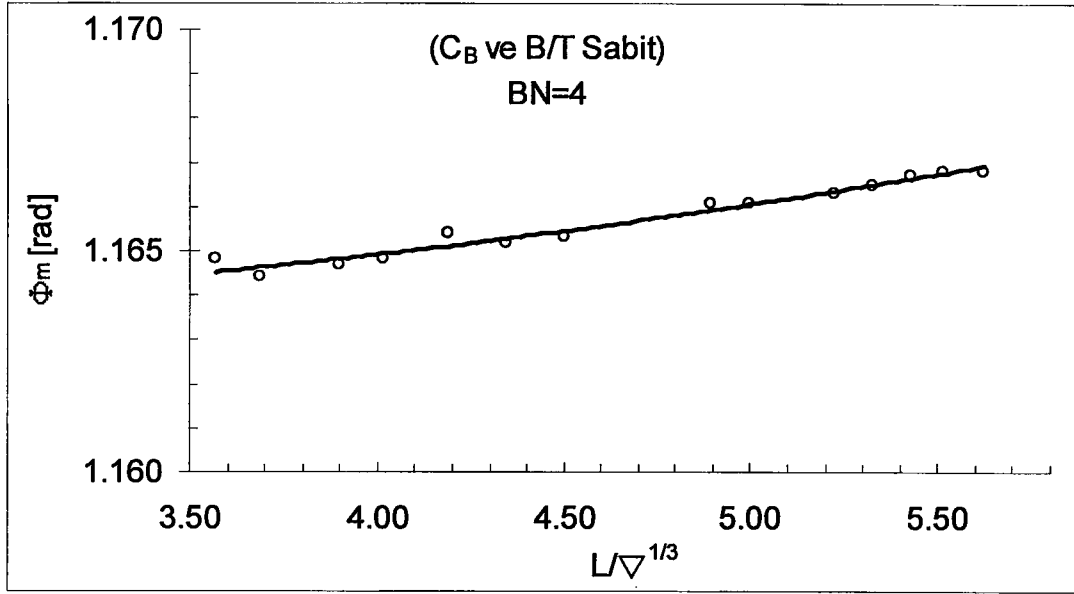
Maksimum doğrultma moment koluna karşılık gelen  $\Phi_m$  açısı ile ilgili şu sonuca varılabilir: Gemiler genellikle  $\Phi_m$  açısını geçtikten hemen sonra devrildiklerinden büyük genlikli yalpa hareketleri için  $\Phi_m$  değeri çok önemli bir kriterdir. Dolayısıyla bu açıyı gemilerin çalışacağı deniz durumuna göre belirlemek dizayn açısından en uygun yoldur.

Boy-deplasman oranının GM kriteri üzerine etkisi Şekil 5.18 ve Şekil 5.19 da görülmektedir. Burada sabit deplasman için gemi boyunun artması ile mevcut ve GM kriterinde önemli bir değişme görülmemektedir. Bütün gemiler kriteri sağlamakta olup deniz şiddetinin artmasıyla dahi GM kriterinde önemli bir artış olmamaktadır. Şekil 5.20 ve Şekil 5.21'de genişlik-draft oranının GM kriteri üzerine etkisi görülmekte olup bu oranın artışı ile GM kriteri değeri de artmaktadır. Fakat burada deniz şiddetinin artmasından dolayı GM kriterindeki artış önemli oran da değildir. Aynı şekilde blok katsayısının GM kriteri üzerine etkisi Şekil 5.22 ve Şekil 5.23'de görülmektedir. Blok katsayısının artışı ile GM kriterinin mevcut GM değerinde olduğu gibi azaldığı görülmektedir. Burada da deniz şiddetinin artması ile GM kriterinde önemli bir artış söz konusu değildir.

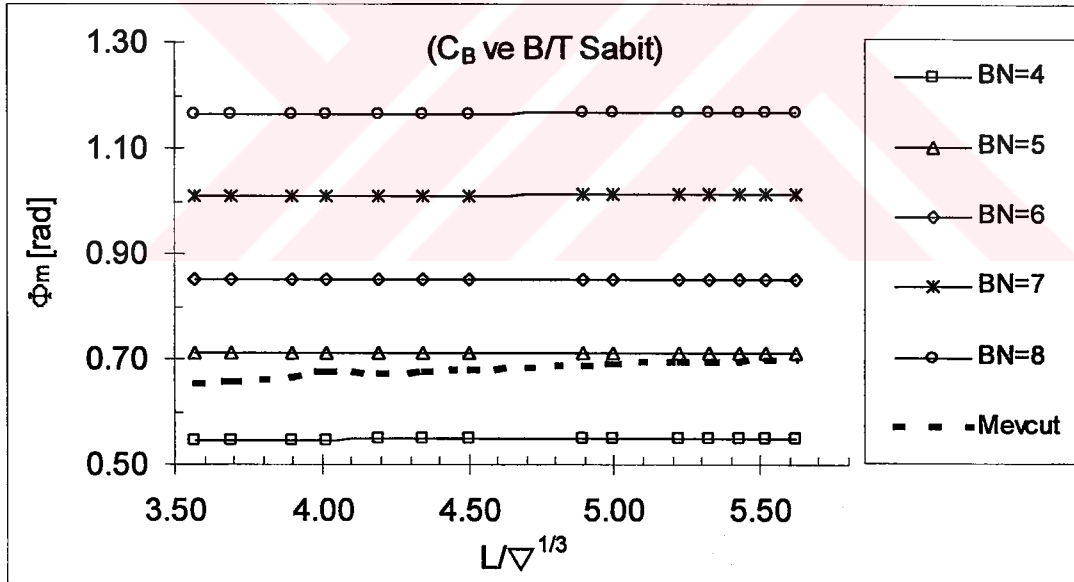
Gemilerin başlangıç stabilitesinin ölçüsü olan GM ile ilgili şu sonuca varılabilir: GM değeri büyük açılarda stabilitenin ölçüsü değildir, sadece küçük genlikli yalpa hareketini kontrol eder. Özellikle GM değerini artıran B/T oranı  $\Phi_m$  değerini ise azaltmaktadır. Bundan dolayı GM değerinin mutlaka üstten de sınırlandırılması veya yeterli GM değeri sağlandıktan sonra  $\Phi_m$  değerinin mümkün olduğu kadar büyük tutulması büyük açılarda stabilize açısından çok önemlidir.

Tablo 5.5 Rüzgar ve deniz durumu tablosu (Sabuncu, 1983)

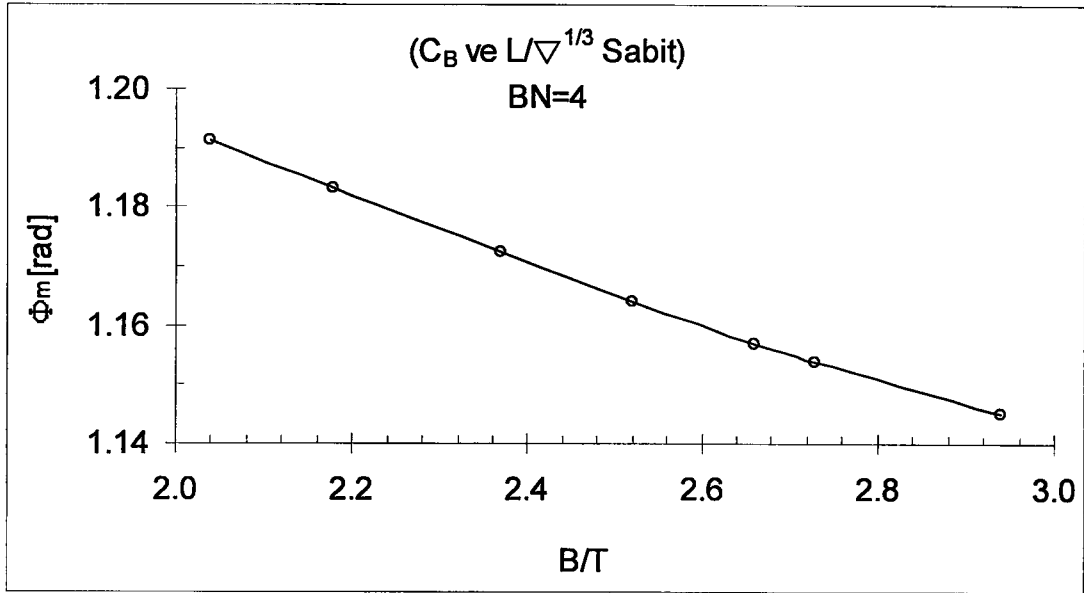
| RÜZGAR                       |                    |                      |                  | DENİZ                                                   |                                      |                                    |
|------------------------------|--------------------|----------------------|------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| Beaufort Rüzgar Kuvveti (BN) | Denizcilikteki Adı | Knot Olarak Sınırlar | Rüzgar Hızı knot | Karakteristik Dalga Yükseklikleri ( $H_{1/3}$ ) [metre] | Karakteristik Periyot Sınırları [sn] | Ortalama Dalga Periyodu $T_w$ [sn] |
| 0                            | Sükunet            | < 1                  | 0                | 0                                                       |                                      |                                    |
| 1                            | Hafif Hava         | 1-3                  | 2                | 0.02                                                    | 0-1.2                                | 0.5                                |
| 2                            | Hafif Meltem       | 4-6                  | 5                | 0.09                                                    | 0.4-2.8                              | 1.4                                |
| 3                            | Yumuşak Meltem     | 7-10                 | 8.5              | 0.3                                                     | 0.8-5.0                              | 2.4                                |
| 4                            | Mutedil Meltem     | 11-16                | 13.5             | 0.88                                                    | 1.4-7.6                              | 3.9                                |
| 5                            | Fırışka            | 17-21                | 19               | 2.1                                                     | 2.8-10.6                             | 5.4                                |
| 6                            | Kuvvetli           | 22-27                | 24.5             | 3.95                                                    | 3.8-13.6                             | 7                                  |
| 7                            | Sert               | 28-33                | 30.5             | 7                                                       | 4.8-17.0                             | 8.7                                |
| 8                            | Çok Sert           | 34-40                | 37               | 11.3                                                    | 6-20.5                               | 10.5                               |
| 9                            | Adi Fırtına        | 41-47                | 44               | 17.7                                                    | 7-24.2                               | 12.5                               |
| 10                           | Kuvvetli Fırtına   | 48-55                | 51.5             | 25.3                                                    | 8-28.2                               | 14.7                               |
| 11                           | Bora               | 56-63                | 59.5             | 35.4                                                    | 10-32                                | 17                                 |
| 12                           | Kasırğa            | 64-71                | >64              | >39                                                     | 10-35                                | 18                                 |



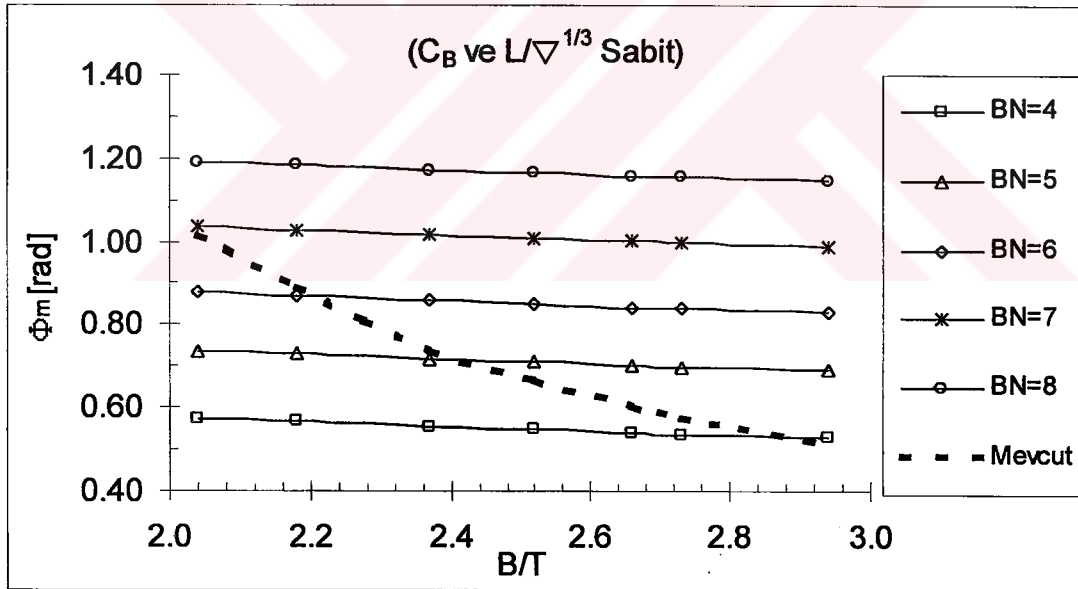
Şekil 5.12  $L/\nabla^{1/3}$  oranının  $\Phi_m$  kriteri üzerine etkisi



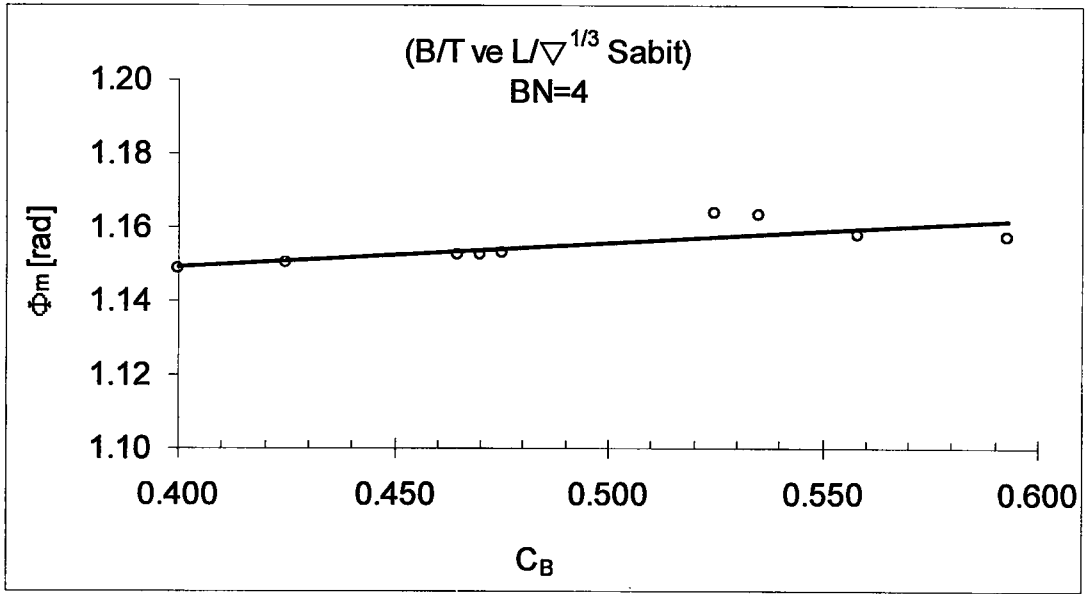
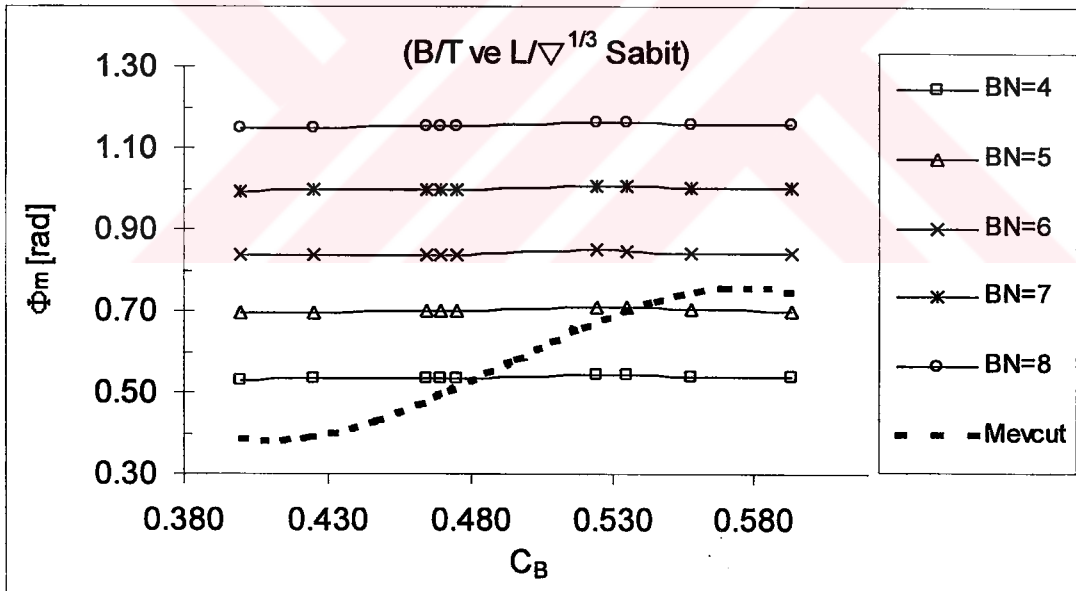
Şekil 5.13  $L/\nabla^{1/3}$  oranının  $\Phi_m$  kriteri üzerine etkisi, BN = 4 - 8 arasında

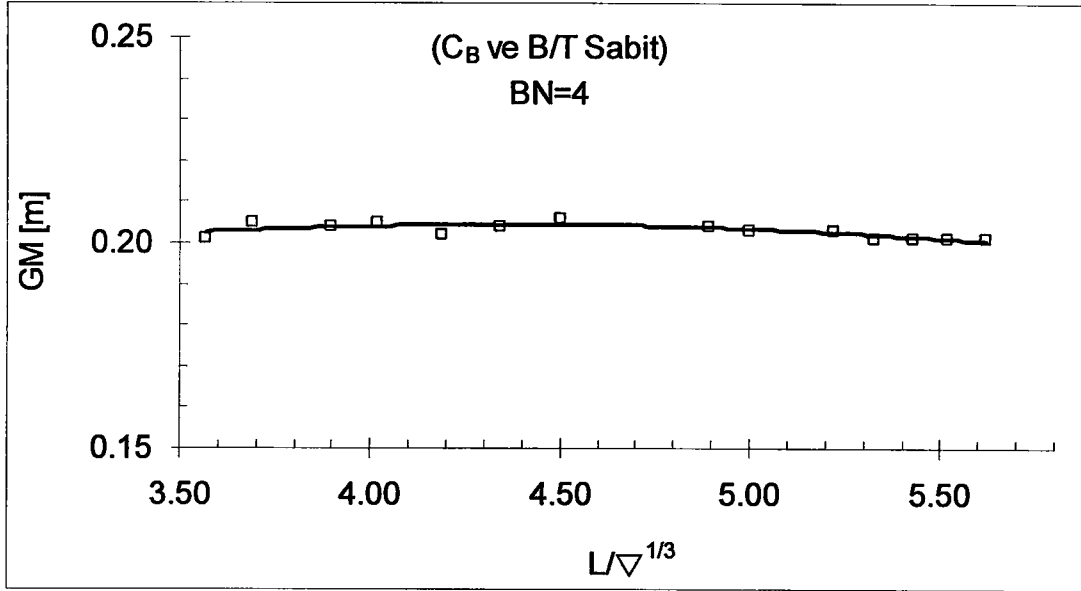


Şekil 5.14 B/T oranının  $\Phi_m$  kriteri üzerine etkisi

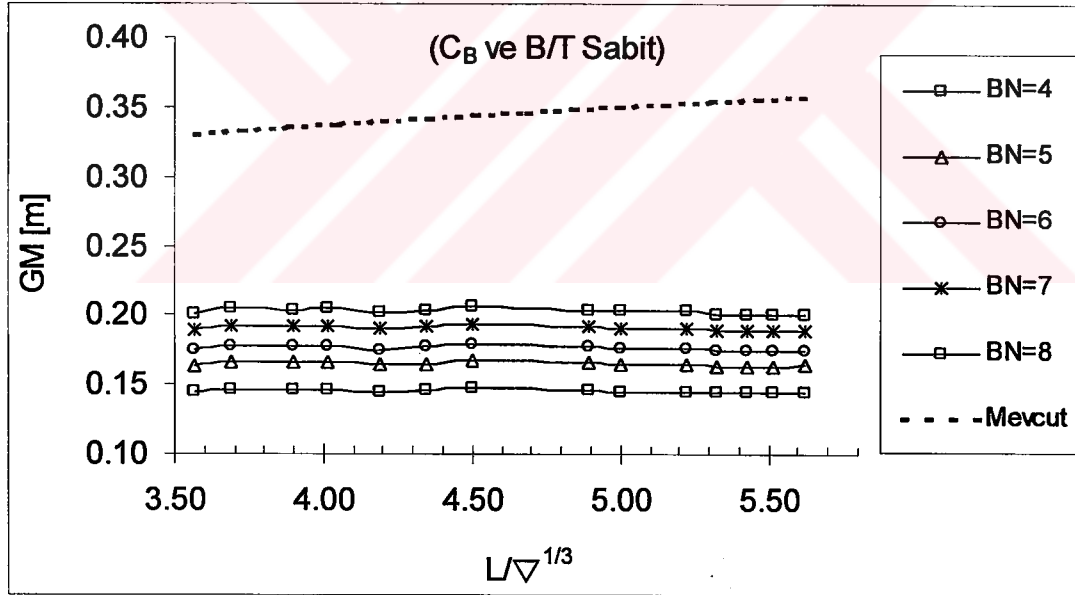


Şekil 5.15 B/T oranının  $\Phi_m$  kriteri üzerine etkisi, BN = 4 - 8 arasında

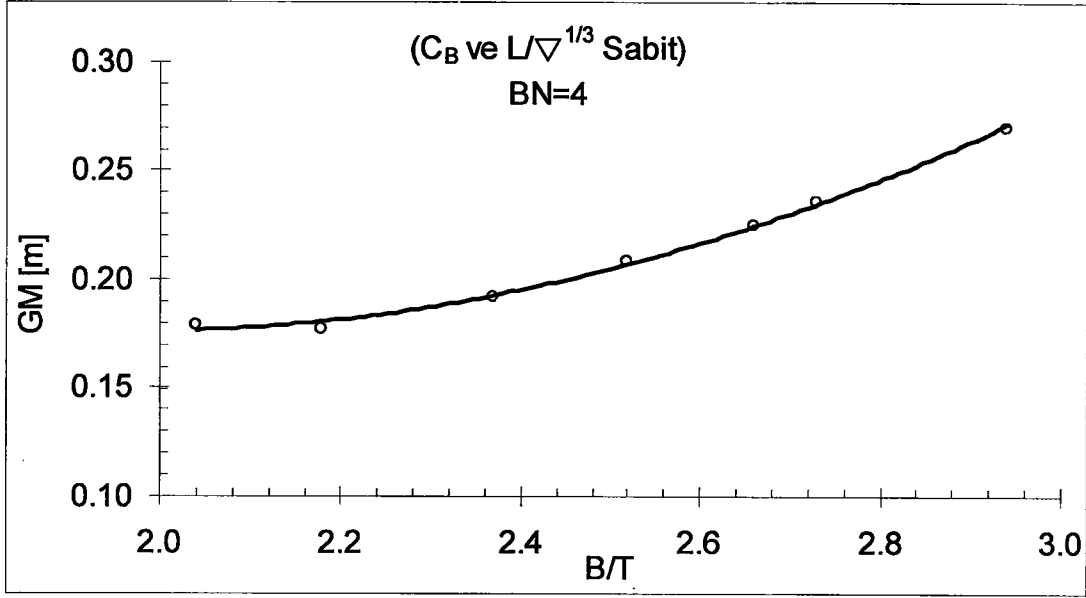
Şekil 5.16  $C_B$  'nin  $\Phi_m$  kriteri üzerine etkisiŞekil 5.17  $C_B$  'nin  $\Phi_m$  kriteri üzerine etkisi, BN = 4 - 8 arasında



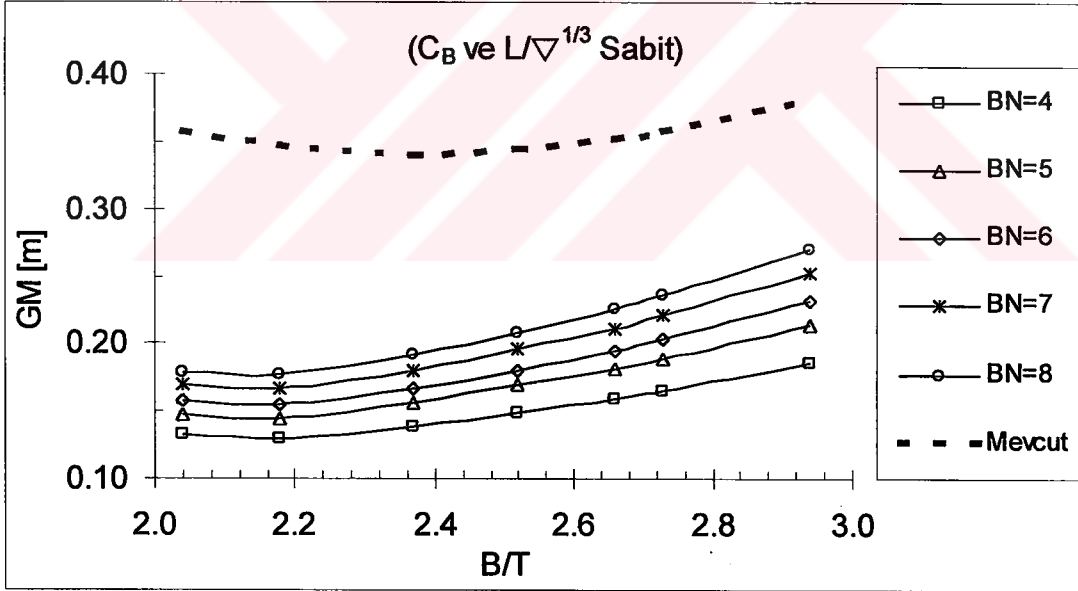
Şekil 5.18  $L/\nabla^{1/3}$  oranının GM kriteri üzerine etkisi



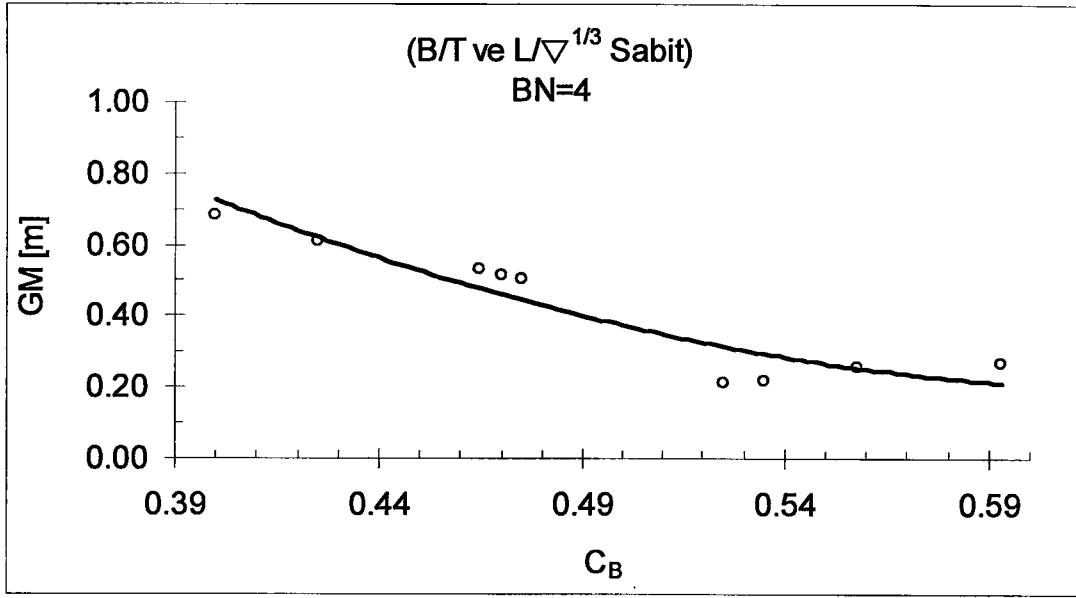
Şekil 5.19  $L/\nabla^{1/3}$  oranının GM kriteri üzerine etkisi, BN = 4 - 8 arasında



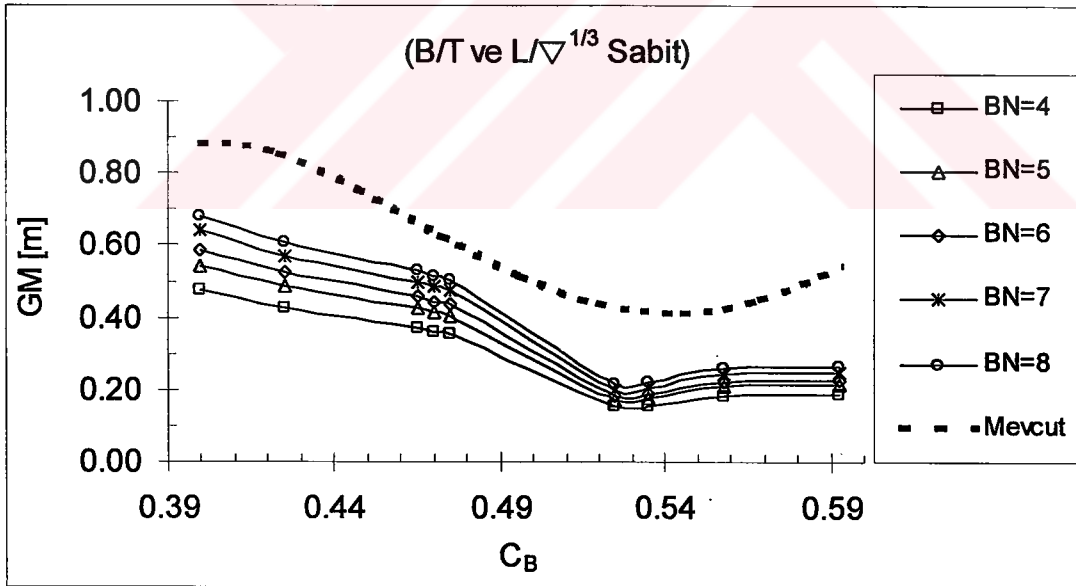
Şekil 5.20 B/T oranının GM kriteri üzerine etkisi



Şekil 5.21 B/T oranının GM kriteri üzerine etkisi, BN = 4 - 8 arasında



Şekil 5.22  $C_B$  'nin GM kriteri üzerine etkisi



Şekil 5.23  $C_B$  'nin GM kriteri üzerine etkisi, BN = 4 - 8 arasında

Lineer olmayan yalpa hareketinin stabilitesi için en önemli kriter pratik stabilite bölgesinin bulunmasıdır. Bu bölge lineer olmayan zorlanmış yalpa hareketinin başlangıç zamanından bağımsız çözümler kümesinin sınırlarını faz düzleminde belirleyen eğrilerden oluşur. Burada, pratik stabilite bölgesi, eğrilerin uç noktalarının doğru ile birleştirilmesinden elde edilmiştir.

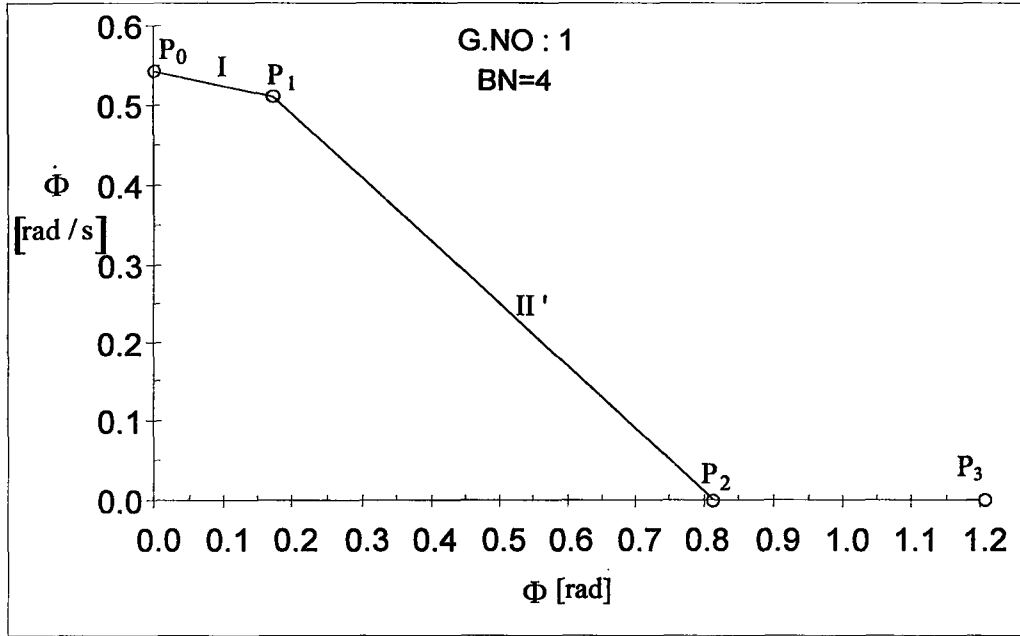
Öncelikle 1 nolu gemi için sadece deniz durumunun değişimi ile pratik stabilite bölgesinin oluşumu Şekil 5.24-29 arasında gözlenmektedir. Şekil 5.24 ve 25 de sadece I ve II' eğrileri mevcut olup III nolu eğri oluşmamıştır. Burada yalpa hızı, II' eğrisinin  $P_2$  noktasındaki yalpa açısında sıfır olacağından dolayı hareket bu açıdan itibaren ters yöne dönmeye başlayacaktır. Şekil 5.26, 27 ve 28 da ise pratik stabilite bölgesinde III nolu eğri ortaya çıkmış ve bu eğrinin olduğu bölgede her an devrilme söz konusudur ve dolayısıyla  $P_2$  noktası devrilme açısıdır. Şekil 5.29 de bütün deniz durumlarında 1 nolu gemi için pratik stabilitesi toplu olarak gösterilmekte ve devrilme açısının zorlamalar arttıkça küçüldüğü görülmektedir.

Şekil 5.30 de boy-deplasman oranının pratik stabilite bölgesi üzerine etkisi görülmektedir. Deplasman, genişlik-draft oranı ve blok katsayısı sabit kalmak şartıyla gemi boyunun artışı ile stabilite aralığının yani devrilme açısının da arttığı açıkça görülmektedir. Dolayısıyla boy-deplasman oranı büyük olan gemiler daha narin olduklarından daha iyi sönüm momentine sahiptirler. Diğer bir ifadeyle, dış kuvvetlerin gemiye uyguladığı işin büyük bir kısmının gemi tarafından yalpa hareketine dönüşmeden dalga çıkartılarak sönümlenmesidir. Böylece gemi daha büyük yalpa açılara kadar hareketini sürdürebilir.

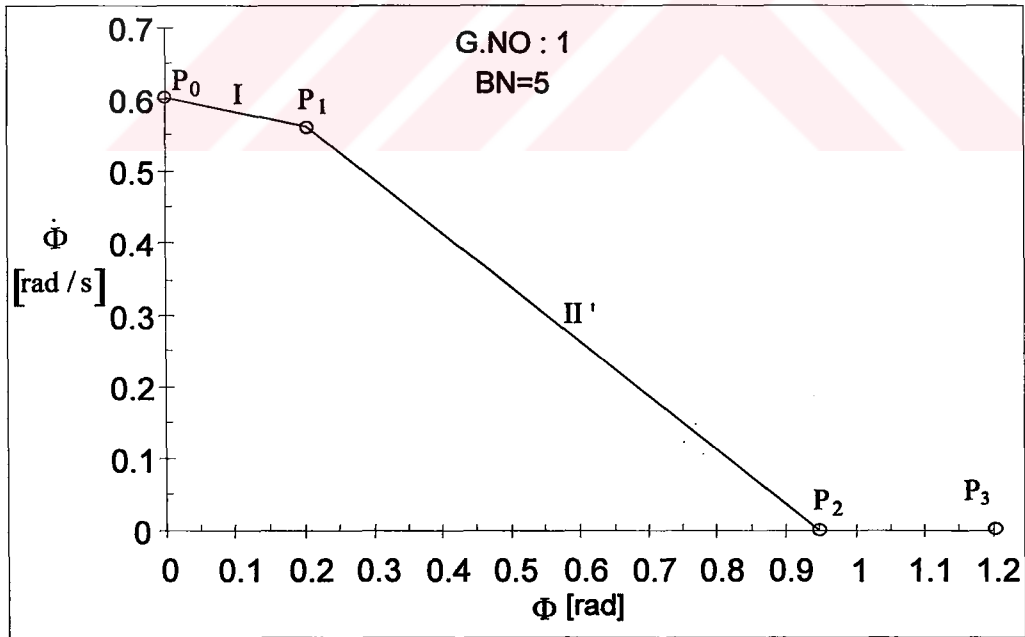
Boy-deplasman oranının tam tersine genişlik-draft oranının artışı ile stabilite aralığı Şekil 5.31'den de görüldüğü gibi azalmaktadır. Bunun sebebi dolgunlaşan gemiler sonuçta dairesel bir kesite yaklaştıklarından sönümleri azalmaktadır. Dolayısıyla geminin üzerine uygulanan işin büyük bir kısmının potansiyel enerji yani doğrultma momenti ile karşılanması gerekir. Doğrultma momenti de belli bir değerden sonra yetersiz kalacağından stabilite aralığı daralacaktır.

Şekil 5.32 de ise aynı deplasmanda, boy-deplasman ve genişlik-draft oranları sabit kalmak koşuluyla blok katsayısının artışının stabilite aralığını artırdığı görülmektedir.

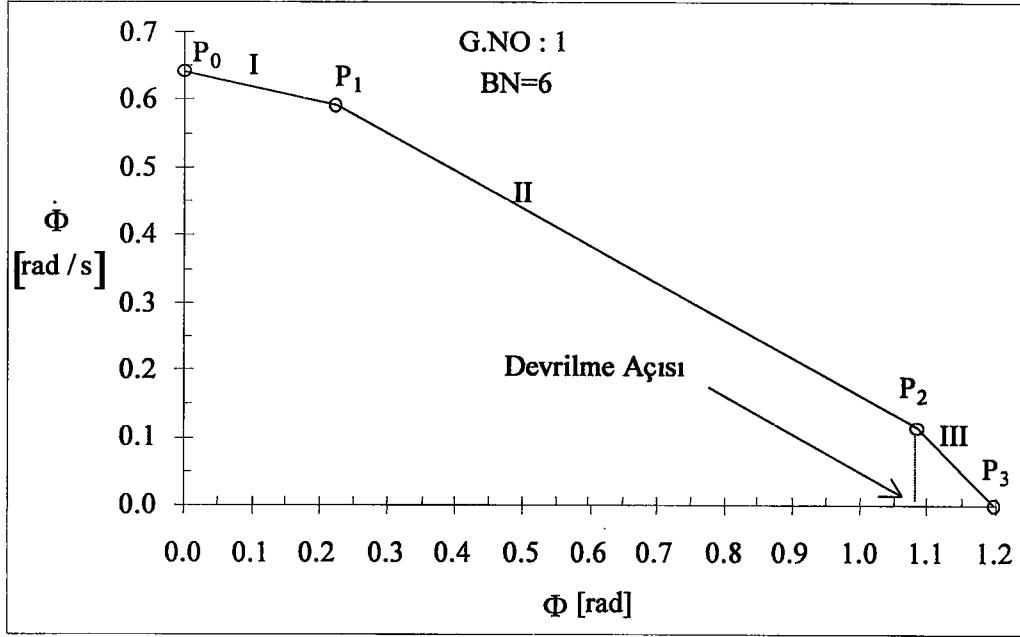
$\Phi_m$  kriterindeki sonuçlar pratik stabilite bölgesi ile paralellik arz etmekte olup dolayısıyla bu iki kriter birbirini teyit etmektedir.



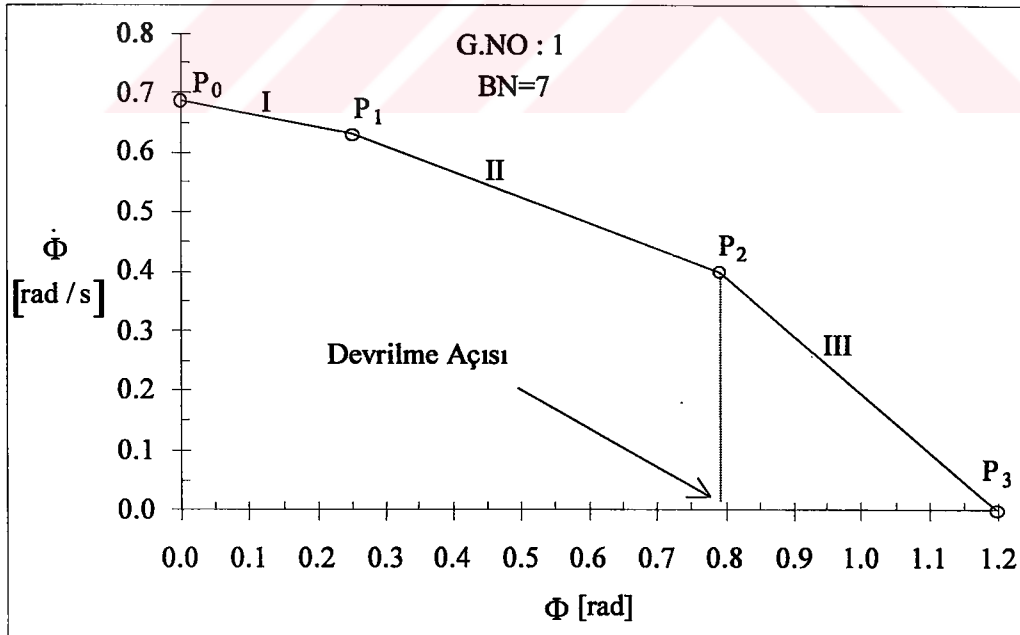
Şekil 5.24  $BN = 4$  deniz durumunda 1 nolu gemi için pratik stabilite bölgesi



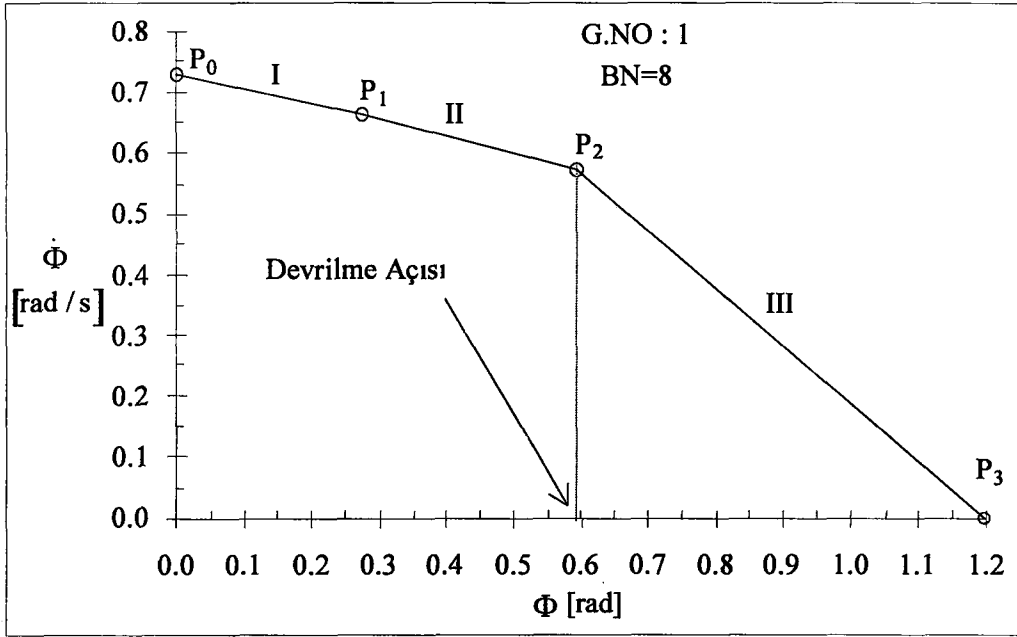
Şekil 5.25  $BN = 5$  deniz durumunda 1 nolu gemi için pratik stabilite bölgesi



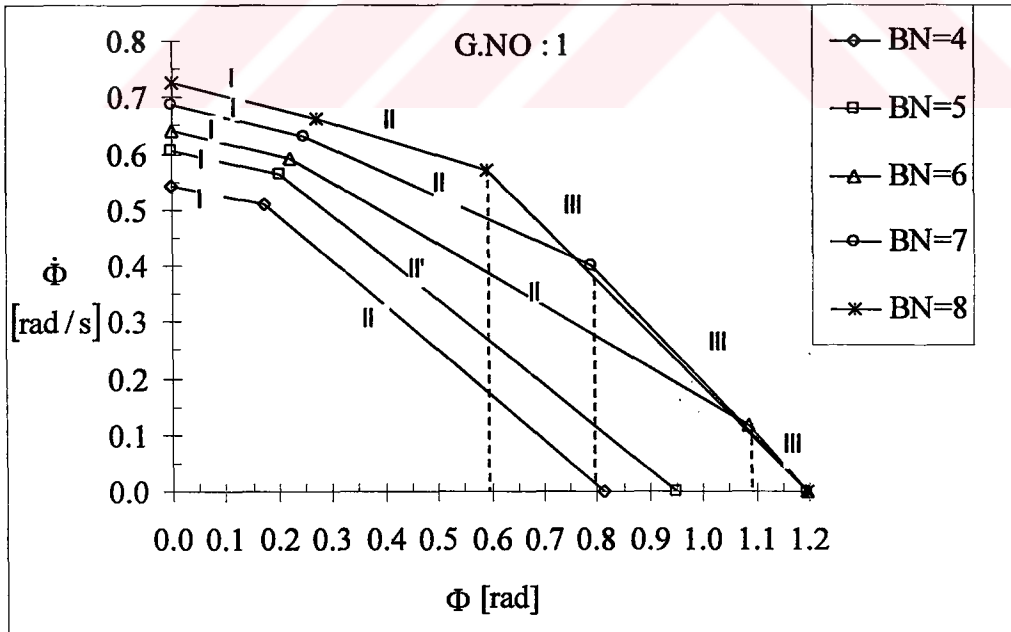
Şekil 5.26  $BN = 6$  deniz durumunda 1 nolu gemi için pratik stabilite bölgesi



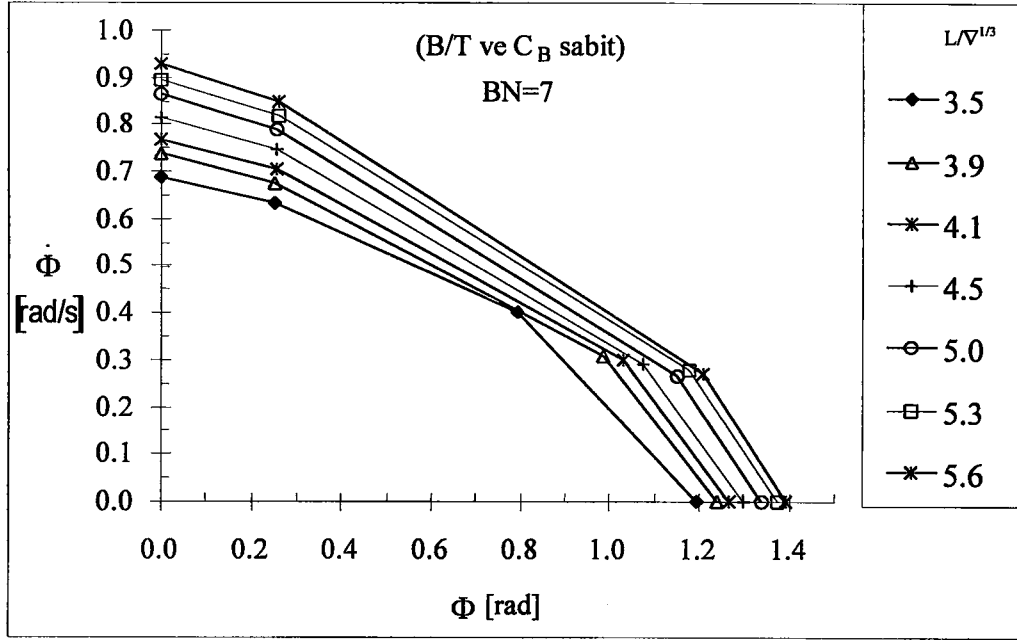
Şekil 5.27  $BN = 7$  deniz durumunda 1 nolu gemi için pratik stabilite bölgesi



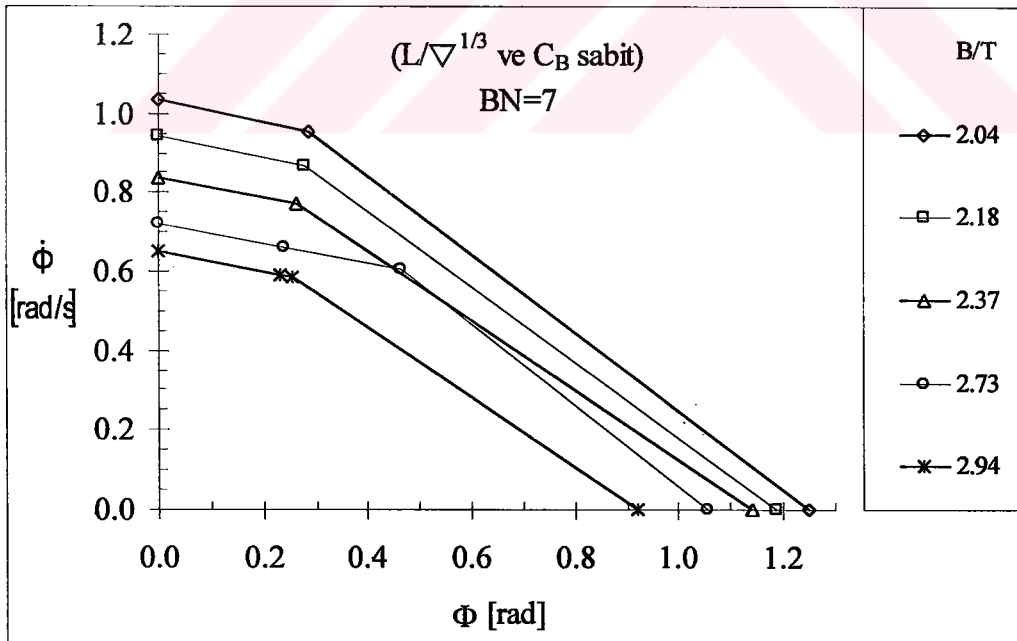
Şekil 5.28 BN = 8 deniz durumunda 1 nolu gemi için pratik stabilite bölgesi



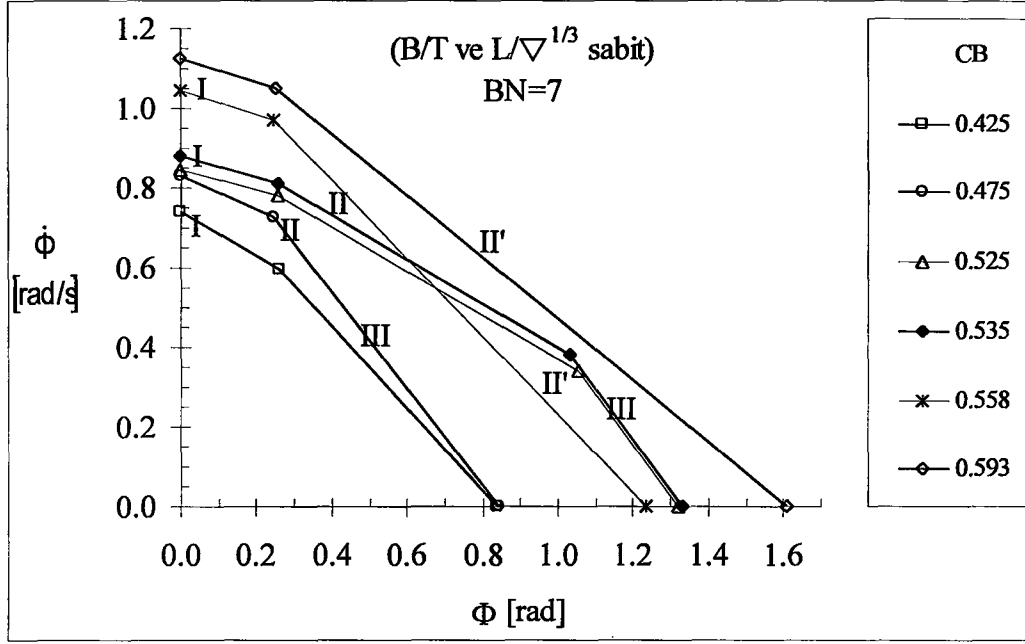
Şekil 5.29 Bütün deniz durumlarında 1 nolu gemi için pratik stabilite bölgesi



Şekil 5.30  $L/\nabla^{1/3}$  oranının pratik stabilite bölgesi üzerine etkisi



Şekil 5.31 B/T oranının pratik stabilite bölgesi üzerine etkisi



Şekil 5.32  $C_B$  'nin pratik stabilite bölgesi üzerine etkisi

## 6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Günümüzdeki stabilite kriterlerinin yetersizliğinden hareketle, Özkan tarafından geliştirilen stabilite kriterlerinin gemi öndizayn aşamasında kullanılmasını hedefleyen bu çalışma ile balıkçı gemilerinin stabilite açısından dizaynına yeni bir boyut kazandırılmıştır. Çalışmada önerilen bu kriterlerin, halen uygulanmakta olan mevcut stabilite kriterleri ile temel yaklaşımda farklılık arz etmesine rağmen, sonuçta bunların bir uyum içinde bulunduğu yapılan uygulamalarla görülmüştür. Mevcut IMO kriterleri, devrilmiş ve inceleme sırasında çalışmakta olan bir grup geminin istatistiksel bir incelemesini esas kabul eden Rahola'nın tezine dayanmaktadır. Bu sonuçlar ile Pratik Stabilite Kriterlerinin, sayısal ve anlam olarak bir uyum içinde olması, Pratik Stabilite Kriterleri'nin geçerliliği ve kullanılabilirliği açısından önemli bir ölçüttür.

Bu çalışma ile elde edilen temel sonuçları iki grup altında toplamak mümkündür. Bunlardan birincisi, balıkçı gemilerinin başlangıç ve statik stabilite hesaplarına esas teşkil eden stabilite çapraz eğrileri, hacim merkezinin düşey yeri, enine metasantr yüksekliği ve ağırlık merkezinin düşey yeri için, gemi öndizayn parametrelerine bağlı olarak yaklaşık ifadeler elde edilmesidir. Stabilite analizine temel teşkil eden bu ifadeler yardımıyla, öndizayn aşamasında gemilerin stabilitesi hakkında fikir edinilmesi ve bunun yanında stabilite açısından uygun dizayn parametrelerinin belirlenmesi mümkün olabilmektedir. Yapılan uygulamalarda gerçek değerler ile yaklaşık hesaplar arasındaki farkın, kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu tespit edilmiştir.

İkincisi ise zorlanmış yalpa hareketi için verilen stabilite kriterlerinin uygulanması ile elde edilen sonuçlar olup, bunlar şu şekilde sıralanabilir :

Maksimum doğrultma moment koluna karşılık gelen  $\Phi_m$  açısı ile ilgili şu sonuca varılabilir:  $\Phi_m$  açısı için, dalga ve rüzgar gibi dış tesirlere bağlı olarak alt sınır değeri yeniden belirlenmiştir. Böyle bir sınırlama IMO kriterinde de mevcuttur. Fakat IMO kriterine bakıldığında  $\Phi_m$  'in sabit, burada ise gemi ve ortamın bağımlısı olarak değiştiği görülmektedir. Devrilme olaylarının çoğu genellikle  $\Phi_m$  açısını geçtikten hemen sonra meydana geldiğinden, büyük genlikli yalpa hareketleri için  $\Phi_m$  değeri çok önemli bir kriterdir. Dolayısıyla bu kriteri gemilerin çalışacağı deniz durumuna göre belirlemek ve bunu sağlayan form parametrelerine göre gemiyi dizayn etmek stabilite açısından önemlidir. Zorlamalar arttıkça gemilerin sağlaması gereken  $\Phi_m$  'in daha büyük değerler alması gerektiği yapılan uygulamalarda da görülmüştür.

Geminin genişlik-draft oranı arttığında, başka bir deyişle tonajı enine istikametinde dağıtılmış tarzda bir dizayn benimsendiğinde GZ eğrisinin maksimum olduğu yer ( $\Phi_m$ ), deplasman sabit olması koşuluna bağlı olarak azalacaktır. GZ eğrisinin kapsadığı açı aralığı daralacak ve eğri dikleşecektir. Kuşkusuz bu şekilde dizayn edilmiş bir gemi için üniform sınırlılık koşuluna bağlı olarak geliştirilen  $\Phi_m$  kriteri için alt sınır ister istemez azalacaktır. Boy-deplasman oranı ve blok katsayısının artışı çok belirgin olmasa da  $\Phi_m$  değerini artırmaktadır.

Gemilerin başlangıç stabilitesinin ölçüsü olan GM ile ilgili şu sonuca varılabilir: Bugün, gemilerin gerekenden fazla bir GM ile dizayn edilmesi,  $\Phi_m$  için önerilen en küçük alt sınır şartı ile çelişmektedir. Özellikle GM değerini artıran B/T oranı  $\Phi_m$  değerini ise azaltmaktadır. Bundan dolayı GM değerinin mutlaka üstten de sınırlandırılması veya yeterli GM değeri sağlandıktan sonra  $\Phi_m$  değerinin mümkün olduğu kadar büyük tutulması büyük açılarda stabilite açısından çok önemlidir. Ayrıca zorlamalar arttıkça gemilerin sağlaması gereken GM değerinin arttığı fakat bu artışın çok önemli oranda olmadığı yapılan uygulamalarda görülmüştür. Dolayısıyla GM değeri büyük açılarda stabilitenin ölçüsü değildir, sadece küçük genlikli yalpa hareketlerini kontrol eder.

Lineer olmayan yalpa hareketinin stabilitesi için en önemli kriter pratik stabilite bölgesinin bulunmasıdır. Bu bölge lineer olmayan zorlanmış yalpa hareketinin başlangıç zamanından bağımsız çözümler kümesinin sınırlarını faz düzleminde belirleyen eğrilerden oluşur.

Pratik stabilite bölgesinde yalpa hızı, II' eğrisinin  $P_2$  noktasındaki yalpa açısında sıfır olmakta ve bu açıdan itibaren hareket ters yöne dönmeye başlayacaktır. Eğer, hareketin stabilitesinin garanti edilmediği sınırı gösteren III nolu eğri ortaya çıkarsa, bu eğrinin olduğu bölgede her an devrilme söz konusu olduğundan  $P_2$  noktası devrilme açısı olacaktır. Pratik stabilite bölgesine bağlı olarak devrilme açısının zorlamalar arttıkça küçüldüğü gösterilmiştir.

Boy-deplasman oranının artışının stabilite aralığını yani devrilme açısını artırdığı, genişlik-draft oranı artışının ise azalttığı yapılan uygulamalarla gösterilmiştir. Ayrıca  $\Phi_m$  kriteri ve pratik stabilite bölgesi ile bulunan sonuçların birbirine paralel çıktığı görülmüştür.

## ÖNERİLER

Özellikle balıkçı gemisi dizaynı yapan dizaynerlerin, ön dizayn aşamasında bu çalışmada sunulan regresyon formülü ve önerilen stabilite kriterlerini kullanarak stabilite yönünden emniyetli dizayn parametrelerini belirlemeleri yararlı olacaktır.

Uygulamalarda kullanılan yaklaşık formüllerin yerine gerçek veya gerçeğe daha yakın değerler kullanıldığında sonuçların daha doğru ve güvenilir çıkacağı aşikardır. Bu noktadan hareketle özellikle sönüm katsayılarının hesabında model deneyleri ile bulunan değerler kullanıldığında pratik stabilite bölgesinin oluşumu daha belirgin bir şekilde ortaya çıkacaktır.

Pratik açıdan çok fayda sağlayacak olan, balıkçı gemilerinin stabilite açısından emniyetli olduğu bölgeleri form parametrelerine bağlı olarak gösteren grafiklerin elde edilmesi bundan sonraki aşamada yapılması gereken yararlı bir çalışma olacaktır.

**KAYNAKLAR**

Amy, J. R., Johnson, R. E. ve Miller, E. R., (1976), "Development of Intact Stability Criteria for Towing and Fishing Vessels", Transactions of the Society of Naval Architects and Marine Engineers, (84).

Atwood, G., (1796), "Disquisition on the Stability of Ships", Philosophical Transactions of the Royal Society of London.

Bass, D.W. ve Haddara, M.R., (1988), "Nonlinear Models of Ship Roll Damping", International Shipbuilding Progress, 35 (401): 5-24

Beukelman, W. ve Versluis, A., (1971), "Stability of Beamtrawlers in Following Seas", Laboratorium Voor Scheepsbouwkunde, Technische Hogeschool Delft, Report No. 295

Bouguer, P., (1746), "Traite du Navire, de la Construction et de les Mouvements", Paris.

Calderia, F., (1986), "The Boundedness of Solutions of a Liénard Equation Arising in the Theory of Ship Rolling", IMA Journal of Applied Mathematics, 36: 129-139.

Cardo, A., Francescutto, A. ve Nabergoj, R., (1982), "On the Maximum Amplitude in Nonlinear Rolling", 2nd Int. Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles, (2): 33-41, Tokyo.

Cox, J. H., (1977), "Fishing Vessel Safety", Transactions of the Royal Institution of Naval Architects, 119: 73-95.

Çalışal, S. M. ve McGreer, D., (1993), "A Resistance Study on A Series of Low L/B Vessels", Marine Technology, 30 (4): 286-296.

Dahle, E. A. ve Kjaerland, O., (1979), "The Capsizing of M/S Helland-Hansen", Spring Meeting, the Royal Institution of Naval Architects, 51-70, London.

Dalzell, J.F., (1978), "A Note on the Form of Ship Roll Damping", Journal of Ship Research, 22(3): 178-185.

De Jong, B., (1973), "Some Aspects of Ship Motions in Irregular Beam and Following Waves", Report No. 175S, Nederlands Ship Research Centre (TNO), Delft.

Denis M. ve Pierson, W. J., (1953), "On the Motions of Ships in Confused Seas", Transactions of the Society of Naval Architects and Marine Engineers, 61: 280-357.

Denny, A., (1887), "On The Practical Application of Stability Calculation", Trans. Institution of Naval Architects, (28).

Doust, D.J., (1963), "Optimized Trawler Forms", Trans. Necies, 79.

Doust, D.J., (1979), "Statistical Analysis of Resistance Data For Trawler", Fishing Boat of The World, London, 3:370-387.

Falzarano, M. J. ve Armin, W.T., (1990), "Application of Modern Geometric Methods for Dynamical Systems to The Problem of Vessel Capsized with Water on Deck", STAB 90, 565-572, Napoly-Italy

Falzarano, M. J., Esparza, I. ve Mulk, M.T.U., (1995), "A Combined Steady-State and Transient Approach to Study Large Amplitude Ship Rolling Motion and Capsizing", Journal of Ship Research, 39 (3): 213-224.

Froude, W., (1861), "On the Rolling of Ships", Trans. INA

Grim, O. (1952/53), "Rollschwingungen, Stabilitat und Sicherheit in Seegang" Schiffstechnik.

Grim, O., (1954), "Zur- Stabilitats der Periodischen Erzwungenen Rollschwingungen Eines Schiffes", Ingenieur-Archiv.

Grim, O., (1961), "Beitrag zu dem Problem der Sicherheit des Schiffes im Seegang" Wissenschaftliche Zeitschrift der Universitat Kostock.

Haddara, M. R., (1971), "On the Non-linear Rolling of Ships in Random Seas", United States Coast Guard Headquarters, May, Washington, D. C.

Haddara, M.R.(1971) "On the Stability of Ship Motion in Regular Oblique Waves", International Shipbuilding Progress

Haddara, M. R., (1974), "A Modified Approach for the Application of Fokker-Planck Equation to the Non-linear Ship Motions in Random Waves", International Shipbuilding Progress, (21): 242.

Haddara, M. R., (1976), "A Study of the Extreme Variance of Rolling Motion in Random Oblique Waves", International Shipbuilding Progress, (23).

Haddara, M. R., (1984), "A Note on the Effect of Damping Moment Form on Rolling Response", International Shipbuilding Progress, 31(363): 285-290.

Haddara, M.R. ve Bass, D.W., (1990), "On The Form of Roll Damping Moment For Small Fishing Vessel", Ocean Engineering, 17 (6): 525-539.

Haddara, M.R., Wishahy, M. ve Wu, X., (1994), "Assesment of Ship's Transverse Stability At Sea", Ocean Engineering, 21 (8): 781-800.

Helas, G., (1982), "Intact Stability of Ships In Following Waves", 2nd Int. Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles, (1): 71-81, Tokyo.

IMO Res. A.749 (18), (1993), 4<sup>th</sup> November, "Code on Intact Stability For All Types of Ships Covered By Imo Instruments", IMO Assembly, 18<sup>th</sup> Session Agenda Item 11.

Kafalı, K., (1980), "Balıkçı Gemisi Formlarının İncelenmesi", Gemi İnşaatı Fakültesi-Gemi Enstitüsü, İTÜ, İstanbul, (25).

Kastner, S., (1975), "Long-term and Short-term Stability Criteria in a Random Seaway", Proceedings of the International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles, Glasgow.

Krylov, A. N., (1896), "A New Theory of the Pitching Motion of Ships on Waves and of the Stresses Produced by This Motion", Trans. INA

Krylov, A.N., (1898), "A General Theory of the Oscillation of a Ship on Waves", Trans. INA

Kuo, C. ve Odabaşı, A.Y.(1975), "Application of Dynamic Systems Approach to Ship and Ocean Vehicles Stability", Int. Conf. on Stability of Ships and Ocean Vehicles", Glasgow

Kuo, C., Vassalos, D., Alexander, J. G. ve Barrie, D. A., (1986), "Incorporating Theoretical Advances in Usable Ship Stability Criteria", International Conference on the Safeship Project: Ship Stability and Safety, the Royal Institution of Naval Architects and the Department of Transport, Londra, 1 (12).

Lasalle, J.P., ve Lefschetz, S., (1961), "Stability By Lyapunov's Direct Method with Applications", Academic Press.

Lewis, E. V., (1989), Principles of Naval Architecture, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 3, New York.

Lyapunov, A.M., (1949), "General Problem of Stability of Motion", Annals of Math. Study, (17), Princeton University Press.

Mathisen, J.B. ve Price, W.G., (1984), "Estimation of Ship Roll Damping Coefficients", Trans. RINA, 295-303.

Morrall, A., (1975), "Simulation of Capsizing in Beam Seas of a Side Trawler", Proceedings of the International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles, Glasgow.

Morrall, A., (1979), "Capsizing of Small Trawlers", Trans. RINA, 122:71-148.

Morrall, A., (1980), "The Gaul Disaster: An Investigation Into The Loss of A Large Stern Trawler", Rina Spring Meeting, (2):391-440.

Moseley, H., (1850), "On the Dynamical Stability and on the Oscillations of Floating Bodies", Phil. of the Transactions of the Royal Society, 609.

Nayfeh, A. ve Sanchez, N. E., (1989), "Chaos and Dynamical Instability in the Rolling Motion of Ships", Proceedings of the 17th Symposium on Naval Hydrodynamics, National Academy Press, Washington DC, 617-631.

Nayfeh, A.H. ve Sanchez, N.E., (1990), "Stability and Complicated Rolling Responses of Ships In Regular Beam Seas", International Shipbuilding Progress, 37 (412): 331-352.

Nayfeh, A.H. ve Oh, I.G., (1995), "Nonlinearly Coupled Pitch And Roll Motions In The Presence of Internal Resonance; Part I, Theory", International Shipbuilding Progress, 42 (432): 295-324.

Odabaşı, A.Y. (1973), "A Study on the Philosophy of Naval Hydromechanics", T.H. Scheepbouwkunde, Delft, Rep. No.380 M

Odabaşı, A.Y., (1976), "Ultimate Stability of Ships", Trans. RINA, 119: 237-263.

Odabaşı, A.Y., (1982), "A Morphology of Mathematical Stability Theory and its Application to Intact Ship Stability Assessment", 2nd Int. Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles, (2): 47-64, Tokyo.

Özkan, İ.R., (1977), "Lyapunov Direkt Yöntemi İle Gemilerin Stabilite Teorisi", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Özkan, İ.R., (1979), "A Rational Approach To Intact Ship Stability Assessment", Ocean Engineering, 6 (5): 493-516.

Özkan, İ.R., (1980), "Some Extensions of The Uniform Boundedness of Rolling Motion", BSRA Report No.Nadh/22.

Özkan, İ.R., (1981), "Total (Practical) Stability of Ships", Ocean Engineering, 8 (6):551-598.

Özkan, İ.R., (1982a), "Lyapunov Stability of Dynamical System As Applied To Ships Rolling Motion", International Shipbuilding Progress, 29 (329): 2-7.

Özkan, İ.R., (1982b), "A New GM Criterion", The Naval Architect, E81-E82.

Özkan, İ.R., (1985), "Applications of The Ship Practical Stability Criteria", International Ship building Progress, 32 (374): 224-243.

Özkan, İ.R., (1987), "Gemilerde Stabilite Kavramının Gemi Dizayn Aşamasındaki Etkisi", Türk Loydu Vakfı Seri Konferansları, (6): 152-162.

Özkan, İ.R., (1990), "Design Consequences of Practical Ship Stability Criteria", 4th International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles (STAB '90), Naples, Italy. 460-469.

Pattullo, R.N.M. ve Thomson, G.R., (1965), "The B.S.R.A. Trawler Series (Part I) Beam-Draft and Length-Displacement Ratio Series Resistance and Propulsion Tests", Transactions of the Royal Institution of Naval Architects, 106, 215-241.

Pierrottet, E., (1935), "A Standard of Stability For Ships", Transactions of The Institution of Naval Architects, 208.

Prohaska, C. W., (1947), "Residuary Stability", Trans. INA

Rahola, J., (1939), "The Judging of The Stability of Ships and The Determination of The Minimum Amount of Stability", Doktora Tezi, Finlandiya Teknik Üniversitesi, Helsinki.

Reed, E. J., (1868), "On the Stability of Monitors under Canvas", Transactions of the Institution of Naval Architects, (9): 198.

Ridgely-Nevitt, C., (1963), "The Development of Parent Hulls for a High Displacement-Length Series of Trawler Forms", Transactions of the Society of Naval Architects and Marine Engineers, 71: 5-30.

Roberts, J.B., (1985a), "Estimation of Nonlinear Ship Roll Damping from Free-Decay Data", Journal of Ship Research, 29 (2): 127-138

Roberts, J.B. ve Dacunha, N.M.C., (1985b), "Roll Motion of a Ship in Random Beam Waves: Comparison Between Theory and Experiment", Journal of Ship Research, 29 (2): 112-126

Sabuncu, T., (1983), Gemi Hareketleri, İTÜ Kütüphanesi, (1248): 108-109.

Scribanti, A., (1904), "On the Heeling and Rolling of Ships of Small Initial Stability", Trans. INA

Spouge, J.R., (1990), "Non-linear Roll Damping Measurements", The Royal Institution of Naval Architects, 319-332, London

Standard Symbols and Terminology, (1990), International Towing Tank Conference (ITTC'90), Draft, Madrid.

Takagi, A., (1979), "Notes on Stability", Fishing Boats of The World 2, FAO, 475-488.

Thompson, J.M.T., Rainey, R.C.T. ve Soliman, M.S., (1990), "Ship Stability Criteria Based on Chaotic Transients From Incursive Fractals", Phil. Trans. R. Soc. Lond. A 332:149-167.

Thompson, J.M.T., (1997), "Designing Against Capsize in Beam Seas: Recent Advances and New Insights", Applied Mechanical Review, 50 (5): 307-325:

Thomson, G. ve Tope, J. E., (1970), "International Considerations of Intact Stability Standards", Transactions of the Royal Institution of Naval Architects, (112):43.

Torremolinos International Convention on the Safety of Fishing Vessels, (1977), Final Act, Chapter II, Regulation 14 (Freeing Ports) and Chapter III (Stability and associated Seaworthiness), IMCO.

Torremolinos 1993 Protocol and Torremolinos International Convention for the Safety of Fishing Vessels, (1995), Consolidated edition, IMO.

Traung, J.O., (1967), "Research Vessel Data", FAO, Fishers Reports, 2 (28)

Traung, J.O., (1968), "Research Vessel Data", FAO, Fishers Reports, 3 (29)

Traung, J.O., (1969), "Research Vessel Data", FAO, Fishers Reports, 3 (29)

Tsuchiya, T., (1975), "An Approach to Treating Stability of Fishing Vessels", Proceedings of the International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles, Glasgow.

Voznessensky, A.J. ve Firsoff, G.A., (1957), "Statistical Analysis of data Concerning Rolling of Ships" Proc. Symposium on the Behaviour of Ships in a Seaway, Wageningen

Welaya, Y., (1980), "Application of Time-dependent Restoring for Stability Assessment of Ships and Semi-submersibles", PhD Thesis, University of Strathclyde, Glasgow.

Wendel, K. (1954) "Stabilitatseinbungen im Seegang und durch Koksdeckslast" Hansa

Wendel, K., (1960), "Safety from Capsizing", Fishing Boats of the World, 2: 496, Fishing News Books Ltd., Londra.

Yoshizawa, T, (1958), "Lyapunov's Functions and Boundedness of Solutions", Funkcialaj-Ekvacioj, 2: 17-103

**Ek 1 Uygulamada Kullanılan Balıkçı Gemilerinin Ofset Yarı Genişlikleri**

| <b>Gemi No : 1</b> |       |        |        |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Posta No           | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 1  | WL 2  | WL 3  | WL 4  | LWL   | WL 6  |
| 0                  | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.011 | 0.717 | 1.670 |
| 0.25               | 0.000 | 0.013  | 0.013  | 0.013 | 0.014 | 0.018 | 0.024 | 1.076 | 1.945 |
| 0.5                | 0.000 | 0.060  | 0.085  | 0.127 | 0.179 | 0.282 | 0.604 | 1.404 | 2.200 |
| 0.75               | 0.000 | 0.103  | 0.154  | 0.233 | 0.370 | 0.566 | 0.960 | 1.712 | 2.413 |
| 1                  | 0.000 | 0.152  | 0.248  | 0.373 | 0.591 | 0.868 | 1.314 | 1.992 | 2.605 |
| 1.5                | 0.000 | 0.301  | 0.462  | 0.684 | 1.059 | 1.456 | 1.913 | 2.440 | 2.910 |
| 2                  | 0.000 | 0.435  | 0.689  | 1.052 | 1.549 | 1.989 | 2.419 | 2.806 | 3.106 |
| 2.5                | 0.000 | 0.586  | 0.941  | 1.417 | 2.015 | 2.446 | 2.798 | 3.070 | 3.262 |
| 3                  | 0.000 | 0.700  | 1.182  | 1.774 | 2.434 | 2.826 | 3.087 | 3.255 | 3.354 |
| 4                  | 0.000 | 0.788  | 1.507  | 2.344 | 3.008 | 3.282 | 3.392 | 3.427 | 3.427 |
| 5                  | 0.000 | 0.788  | 1.564  | 2.468 | 3.097 | 3.337 | 3.413 | 3.427 | 3.427 |
| 6                  | 0.000 | 0.788  | 1.459  | 2.173 | 2.747 | 3.001 | 3.137 | 3.232 | 3.307 |
| 7                  | 0.000 | 0.739  | 1.174  | 1.629 | 2.078 | 2.317 | 2.501 | 2.684 | 2.872 |
| 7.5                | 0.000 | 0.624  | 0.928  | 1.289 | 1.671 | 1.900 | 2.089 | 2.299 | 2.540 |
| 8                  | 0.000 | 0.453  | 0.674  | 0.955 | 1.272 | 1.463 | 1.648 | 1.870 | 2.146 |
| 8.5                | 0.000 | 0.284  | 0.452  | 0.650 | 0.871 | 1.019 | 1.182 | 1.407 | 1.699 |
| 9                  | 0.000 | 0.154  | 0.256  | 0.385 | 0.523 | 0.611 | 0.729 | 0.928 | 1.211 |
| 9.25               | 0.000 | 0.104  | 0.170  | 0.275 | 0.372 | 0.435 | 0.521 | 0.689 | 0.944 |
| 9.5                | 0.000 | 0.062  | 0.103  | 0.164 | 0.228 | 0.276 | 0.350 | 0.477 | 0.686 |
| 9.75               | 0.000 | 0.022  | 0.030  | 0.052 | 0.095 | 0.136 | 0.188 | 0.271 | 0.423 |
| 10                 | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.086 | 0.179 |

| <b>Gemi No : 2</b> |       |        |        |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Posta No           | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 1  | WL 2  | WL 3  | WL 4  | LWL   | WL 6  |
| 0                  | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.011 | 0.706 | 1.645 |
| 0.25               | 0.000 | 0.013  | 0.013  | 0.013 | 0.013 | 0.018 | 0.024 | 1.060 | 1.916 |
| 0.5                | 0.000 | 0.059  | 0.083  | 0.125 | 0.176 | 0.277 | 0.595 | 1.382 | 2.167 |
| 0.75               | 0.000 | 0.102  | 0.152  | 0.230 | 0.364 | 0.557 | 0.945 | 1.686 | 2.377 |
| 1                  | 0.000 | 0.149  | 0.245  | 0.367 | 0.582 | 0.855 | 1.294 | 1.962 | 2.565 |
| 1.5                | 0.000 | 0.297  | 0.455  | 0.674 | 1.043 | 1.434 | 1.884 | 2.403 | 2.866 |
| 2                  | 0.000 | 0.428  | 0.678  | 1.036 | 1.526 | 1.959 | 2.382 | 2.764 | 3.059 |
| 2.5                | 0.000 | 0.577  | 0.927  | 1.395 | 1.985 | 2.409 | 2.755 | 3.024 | 3.213 |
| 3                  | 0.000 | 0.690  | 1.164  | 1.747 | 2.397 | 2.783 | 3.041 | 3.206 | 3.303 |
| 4                  | 0.000 | 0.776  | 1.484  | 2.308 | 2.963 | 3.232 | 3.341 | 3.375 | 3.375 |
| 5                  | 0.000 | 0.776  | 1.540  | 2.431 | 3.050 | 3.287 | 3.361 | 3.375 | 3.375 |
| 6                  | 0.000 | 0.776  | 1.437  | 2.140 | 2.705 | 2.956 | 3.090 | 3.183 | 3.257 |
| 7                  | 0.000 | 0.728  | 1.157  | 1.604 | 2.047 | 2.282 | 2.463 | 2.643 | 2.829 |
| 7.5                | 0.000 | 0.615  | 0.914  | 1.270 | 1.646 | 1.871 | 2.057 | 2.264 | 2.501 |
| 8                  | 0.000 | 0.446  | 0.664  | 0.940 | 1.252 | 1.441 | 1.623 | 1.842 | 2.114 |
| 8.5                | 0.000 | 0.279  | 0.446  | 0.640 | 0.858 | 1.004 | 1.164 | 1.386 | 1.674 |
| 9                  | 0.000 | 0.152  | 0.252  | 0.379 | 0.515 | 0.601 | 0.718 | 0.914 | 1.192 |
| 9.25               | 0.000 | 0.102  | 0.167  | 0.271 | 0.367 | 0.428 | 0.513 | 0.679 | 0.930 |
| 9.5                | 0.000 | 0.061  | 0.102  | 0.161 | 0.225 | 0.272 | 0.344 | 0.470 | 0.676 |
| 9.75               | 0.000 | 0.021  | 0.030  | 0.052 | 0.093 | 0.134 | 0.185 | 0.267 | 0.417 |
| 10                 | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.085 | 0.176 |

**Gemi No: 3**

| Posta No | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 1  | WL 2  | WL 3  | WL 4  | LWL   | WL 6  |
|----------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0        | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.010 | 0.687 | 1.601 |
| 0.25     | 0.000 | 0.012  | 0.012  | 0.012 | 0.013 | 0.017 | 0.023 | 1.031 | 1.865 |
| 0.5      | 0.000 | 0.058  | 0.081  | 0.122 | 0.172 | 0.270 | 0.579 | 1.345 | 2.109 |
| 0.75     | 0.000 | 0.099  | 0.148  | 0.224 | 0.354 | 0.542 | 0.920 | 1.641 | 2.313 |
| 1        | 0.000 | 0.145  | 0.238  | 0.357 | 0.567 | 0.832 | 1.260 | 1.909 | 2.497 |
| 1.5      | 0.000 | 0.289  | 0.442  | 0.656 | 1.015 | 1.396 | 1.833 | 2.339 | 2.789 |
| 2        | 0.000 | 0.417  | 0.660  | 1.009 | 1.485 | 1.907 | 2.318 | 2.690 | 2.977 |
| 2.5      | 0.000 | 0.562  | 0.902  | 1.358 | 1.932 | 2.345 | 2.681 | 2.943 | 3.127 |
| 3        | 0.000 | 0.671  | 1.133  | 1.700 | 2.333 | 2.708 | 2.959 | 3.120 | 3.215 |
| 4        | 0.000 | 0.755  | 1.444  | 2.247 | 2.883 | 3.145 | 3.251 | 3.285 | 3.285 |
| 5        | 0.000 | 0.755  | 1.499  | 2.365 | 2.968 | 3.198 | 3.271 | 3.285 | 3.285 |
| 6        | 0.000 | 0.755  | 1.399  | 2.082 | 2.633 | 2.877 | 3.007 | 3.098 | 3.169 |
| 7        | 0.000 | 0.709  | 1.126  | 1.561 | 1.992 | 2.220 | 2.397 | 2.572 | 2.753 |
| 7.5      | 0.000 | 0.598  | 0.890  | 1.236 | 1.602 | 1.821 | 2.002 | 2.203 | 2.434 |
| 8        | 0.000 | 0.434  | 0.646  | 0.915 | 1.219 | 1.402 | 1.579 | 1.793 | 2.057 |
| 8.5      | 0.000 | 0.272  | 0.434  | 0.623 | 0.835 | 0.977 | 1.133 | 1.348 | 1.629 |
| 9        | 0.000 | 0.148  | 0.245  | 0.369 | 0.501 | 0.585 | 0.699 | 0.890 | 1.160 |
| 9.25     | 0.000 | 0.100  | 0.163  | 0.264 | 0.357 | 0.417 | 0.499 | 0.661 | 0.905 |
| 9.5      | 0.000 | 0.059  | 0.099  | 0.157 | 0.219 | 0.265 | 0.335 | 0.457 | 0.658 |
| 9.75     | 0.000 | 0.021  | 0.029  | 0.050 | 0.091 | 0.131 | 0.180 | 0.259 | 0.406 |
| 10       | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.082 | 0.171 |

**Gemi No: 4**

| Posta No | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 1  | WL 2  | WL 3  | WL 4  | LWL   | WL 6  |
|----------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0        | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.010 | 0.677 | 1.577 |
| 0.25     | 0.000 | 0.012  | 0.012  | 0.012 | 0.013 | 0.017 | 0.023 | 1.016 | 1.837 |
| 0.5      | 0.000 | 0.057  | 0.080  | 0.120 | 0.169 | 0.266 | 0.571 | 1.325 | 2.077 |
| 0.75     | 0.000 | 0.098  | 0.146  | 0.220 | 0.349 | 0.534 | 0.906 | 1.616 | 2.279 |
| 1        | 0.000 | 0.143  | 0.234  | 0.352 | 0.558 | 0.820 | 1.241 | 1.881 | 2.460 |
| 1.5      | 0.000 | 0.284  | 0.436  | 0.646 | 1.000 | 1.375 | 1.806 | 2.304 | 2.748 |
| 2        | 0.000 | 0.411  | 0.650  | 0.994 | 1.463 | 1.879 | 2.284 | 2.650 | 2.933 |
| 2.5      | 0.000 | 0.554  | 0.889  | 1.338 | 1.903 | 2.310 | 2.642 | 2.899 | 3.080 |
| 3        | 0.000 | 0.661  | 1.116  | 1.675 | 2.298 | 2.668 | 2.915 | 3.073 | 3.167 |
| 4        | 0.000 | 0.744  | 1.423  | 2.213 | 2.840 | 3.099 | 3.203 | 3.236 | 3.236 |
| 5        | 0.000 | 0.744  | 1.477  | 2.330 | 2.924 | 3.151 | 3.222 | 3.236 | 3.236 |
| 6        | 0.000 | 0.744  | 1.378  | 2.051 | 2.594 | 2.834 | 2.962 | 3.052 | 3.122 |
| 7        | 0.000 | 0.698  | 1.109  | 1.538 | 1.962 | 2.187 | 2.362 | 2.534 | 2.712 |
| 7.5      | 0.000 | 0.589  | 0.876  | 1.217 | 1.578 | 1.794 | 1.973 | 2.171 | 2.398 |
| 8        | 0.000 | 0.428  | 0.636  | 0.901 | 1.201 | 1.382 | 1.556 | 1.766 | 2.026 |
| 8.5      | 0.000 | 0.268  | 0.427  | 0.614 | 0.823 | 0.962 | 1.116 | 1.328 | 1.605 |
| 9        | 0.000 | 0.146  | 0.241  | 0.364 | 0.494 | 0.577 | 0.689 | 0.877 | 1.143 |
| 9.25     | 0.000 | 0.098  | 0.160  | 0.260 | 0.352 | 0.410 | 0.492 | 0.651 | 0.892 |
| 9.5      | 0.000 | 0.058  | 0.098  | 0.155 | 0.216 | 0.261 | 0.330 | 0.450 | 0.648 |
| 9.75     | 0.000 | 0.020  | 0.029  | 0.049 | 0.089 | 0.129 | 0.177 | 0.256 | 0.400 |
| 10       | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.081 | 0.169 |

| Gemi No: 5 |       |        |        |       |       |       |       |       |       |
|------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Posta No   | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 1  | WL 2  | WL 3  | WL 4  | LWL   | WL 6  |
| 0          | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.010 | 0.662 | 1.542 |
| 0.25       | 0.000 | 0.012  | 0.012  | 0.012 | 0.013 | 0.017 | 0.022 | 0.993 | 1.796 |
| 0.5        | 0.000 | 0.056  | 0.078  | 0.117 | 0.165 | 0.260 | 0.558 | 1.296 | 2.031 |
| 0.75       | 0.000 | 0.096  | 0.142  | 0.215 | 0.341 | 0.522 | 0.886 | 1.580 | 2.228 |
| 1          | 0.000 | 0.140  | 0.229  | 0.344 | 0.546 | 0.801 | 1.213 | 1.839 | 2.405 |
| 1.5        | 0.000 | 0.278  | 0.426  | 0.632 | 0.978 | 1.345 | 1.766 | 2.253 | 2.687 |
| 2          | 0.000 | 0.402  | 0.636  | 0.972 | 1.430 | 1.837 | 2.233 | 2.591 | 2.868 |
| 2.5        | 0.000 | 0.541  | 0.869  | 1.308 | 1.861 | 2.258 | 2.583 | 2.834 | 3.012 |
| 3          | 0.000 | 0.646  | 1.092  | 1.638 | 2.247 | 2.609 | 2.850 | 3.005 | 3.096 |
| 4          | 0.000 | 0.727  | 1.391  | 2.164 | 2.777 | 3.030 | 3.131 | 3.164 | 3.164 |
| 5          | 0.000 | 0.727  | 1.444  | 2.278 | 2.859 | 3.081 | 3.151 | 3.164 | 3.164 |
| 6          | 0.000 | 0.727  | 1.347  | 2.006 | 2.536 | 2.771 | 2.896 | 2.984 | 3.053 |
| 7          | 0.000 | 0.682  | 1.084  | 1.504 | 1.919 | 2.139 | 2.309 | 2.478 | 2.652 |
| 7.5        | 0.000 | 0.576  | 0.857  | 1.190 | 1.543 | 1.754 | 1.929 | 2.122 | 2.345 |
| 8          | 0.000 | 0.418  | 0.622  | 0.881 | 1.174 | 1.351 | 1.521 | 1.727 | 1.981 |
| 8.5        | 0.000 | 0.262  | 0.418  | 0.600 | 0.804 | 0.941 | 1.091 | 1.299 | 1.569 |
| 9          | 0.000 | 0.143  | 0.236  | 0.356 | 0.483 | 0.564 | 0.673 | 0.857 | 1.118 |
| 9.25       | 0.000 | 0.096  | 0.157  | 0.254 | 0.344 | 0.401 | 0.481 | 0.636 | 0.872 |
| 9.5        | 0.000 | 0.057  | 0.095  | 0.151 | 0.211 | 0.255 | 0.323 | 0.440 | 0.634 |
| 9.75       | 0.000 | 0.020  | 0.028  | 0.048 | 0.087 | 0.126 | 0.173 | 0.250 | 0.391 |
| 10         | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.079 | 0.165 |

| Gemi No: 6 |       |        |        |       |       |       |       |       |       |
|------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Posta No   | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 1  | WL 2  | WL 3  | WL 4  | LWL   | WL 6  |
| 0          | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.010 | 0.651 | 1.516 |
| 0.25       | 0.000 | 0.012  | 0.012  | 0.012 | 0.012 | 0.016 | 0.022 | 0.977 | 1.766 |
| 0.5        | 0.000 | 0.055  | 0.077  | 0.115 | 0.163 | 0.256 | 0.549 | 1.274 | 1.997 |
| 0.75       | 0.000 | 0.094  | 0.140  | 0.212 | 0.336 | 0.513 | 0.871 | 1.554 | 2.191 |
| 1          | 0.000 | 0.138  | 0.225  | 0.338 | 0.537 | 0.788 | 1.193 | 1.808 | 2.365 |
| 1.5        | 0.000 | 0.273  | 0.419  | 0.621 | 0.962 | 1.322 | 1.736 | 2.215 | 2.642 |
| 2          | 0.000 | 0.395  | 0.625  | 0.955 | 1.406 | 1.806 | 2.195 | 2.548 | 2.820 |
| 2.5        | 0.000 | 0.532  | 0.855  | 1.286 | 1.829 | 2.221 | 2.540 | 2.787 | 2.961 |
| 3          | 0.000 | 0.636  | 1.073  | 1.610 | 2.209 | 2.565 | 2.803 | 2.955 | 3.044 |
| 4          | 0.000 | 0.715  | 1.368  | 2.128 | 2.731 | 2.979 | 3.079 | 3.111 | 3.111 |
| 5          | 0.000 | 0.715  | 1.420  | 2.240 | 2.811 | 3.029 | 3.098 | 3.111 | 3.111 |
| 6          | 0.000 | 0.715  | 1.325  | 1.972 | 2.494 | 2.724 | 2.848 | 2.934 | 3.002 |
| 7          | 0.000 | 0.671  | 1.066  | 1.479 | 1.886 | 2.103 | 2.270 | 2.436 | 2.608 |
| 7.5        | 0.000 | 0.567  | 0.843  | 1.170 | 1.517 | 1.725 | 1.896 | 2.087 | 2.305 |
| 8          | 0.000 | 0.411  | 0.612  | 0.867 | 1.154 | 1.328 | 1.496 | 1.698 | 1.948 |
| 8.5        | 0.000 | 0.257  | 0.411  | 0.590 | 0.791 | 0.925 | 1.073 | 1.277 | 1.543 |
| 9          | 0.000 | 0.140  | 0.232  | 0.350 | 0.474 | 0.554 | 0.662 | 0.843 | 1.099 |
| 9.25       | 0.000 | 0.094  | 0.154  | 0.250 | 0.338 | 0.395 | 0.473 | 0.626 | 0.857 |
| 9.5        | 0.000 | 0.056  | 0.094  | 0.149 | 0.207 | 0.251 | 0.317 | 0.433 | 0.623 |
| 9.75       | 0.000 | 0.020  | 0.027  | 0.048 | 0.086 | 0.124 | 0.171 | 0.246 | 0.384 |
| 10         | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.078 | 0.162 |

**Gemi No: 7**

| Posta No | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 1  | WL 2  | WL 3  | WL 4  | LWL   | WL 6  |
|----------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0        | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.010 | 0.639 | 1.489 |
| 0.25     | 0.000 | 0.012  | 0.012  | 0.012 | 0.012 | 0.016 | 0.021 | 0.959 | 1.735 |
| 0.5      | 0.000 | 0.054  | 0.075  | 0.113 | 0.160 | 0.251 | 0.539 | 1.252 | 1.962 |
| 0.75     | 0.000 | 0.092  | 0.137  | 0.208 | 0.330 | 0.504 | 0.856 | 1.527 | 2.152 |
| 1        | 0.000 | 0.135  | 0.221  | 0.332 | 0.527 | 0.774 | 1.172 | 1.776 | 2.323 |
| 1.5      | 0.000 | 0.269  | 0.412  | 0.610 | 0.945 | 1.299 | 1.706 | 2.176 | 2.595 |
| 2        | 0.000 | 0.388  | 0.614  | 0.938 | 1.381 | 1.774 | 2.157 | 2.503 | 2.770 |
| 2.5      | 0.000 | 0.523  | 0.840  | 1.264 | 1.797 | 2.181 | 2.495 | 2.738 | 2.909 |
| 3        | 0.000 | 0.624  | 1.054  | 1.582 | 2.170 | 2.520 | 2.753 | 2.903 | 2.991 |
| 4        | 0.000 | 0.703  | 1.343  | 2.090 | 2.682 | 2.926 | 3.025 | 3.056 | 3.056 |
| 5        | 0.000 | 0.703  | 1.395  | 2.201 | 2.762 | 2.976 | 3.043 | 3.056 | 3.056 |
| 6        | 0.000 | 0.703  | 1.301  | 1.937 | 2.450 | 2.676 | 2.798 | 2.882 | 2.949 |
| 7        | 0.000 | 0.659  | 1.047  | 1.453 | 1.853 | 2.066 | 2.230 | 2.393 | 2.562 |
| 7.5      | 0.000 | 0.557  | 0.828  | 1.150 | 1.490 | 1.694 | 1.863 | 2.050 | 2.265 |
| 8        | 0.000 | 0.404  | 0.601  | 0.851 | 1.134 | 1.305 | 1.469 | 1.668 | 1.914 |
| 8.5      | 0.000 | 0.253  | 0.404  | 0.580 | 0.777 | 0.909 | 1.054 | 1.255 | 1.515 |
| 9        | 0.000 | 0.138  | 0.228  | 0.344 | 0.466 | 0.544 | 0.650 | 0.828 | 1.080 |
| 9.25     | 0.000 | 0.093  | 0.152  | 0.245 | 0.332 | 0.388 | 0.464 | 0.615 | 0.842 |
| 9.5      | 0.000 | 0.055  | 0.092  | 0.146 | 0.204 | 0.246 | 0.312 | 0.425 | 0.612 |
| 9.75     | 0.000 | 0.019  | 0.027  | 0.047 | 0.084 | 0.122 | 0.168 | 0.241 | 0.378 |
| 10       | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.003 | 0.077 | 0.159 |

**Gemi No: 8**

| Posta No | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 1  | WL 2  | WL 3  | WL 4  | LWL   | WL 6  |
|----------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0        | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.009 | 0.612 | 1.427 |
| 0.25     | 0.000 | 0.011  | 0.011  | 0.011 | 0.012 | 0.015 | 0.020 | 0.919 | 1.662 |
| 0.5      | 0.000 | 0.052  | 0.072  | 0.108 | 0.153 | 0.241 | 0.516 | 1.199 | 1.879 |
| 0.75     | 0.000 | 0.088  | 0.132  | 0.199 | 0.316 | 0.483 | 0.820 | 1.462 | 2.062 |
| 1        | 0.000 | 0.130  | 0.212  | 0.318 | 0.505 | 0.742 | 1.123 | 1.702 | 2.225 |
| 1.5      | 0.000 | 0.257  | 0.394  | 0.585 | 0.905 | 1.244 | 1.634 | 2.085 | 2.486 |
| 2        | 0.000 | 0.372  | 0.588  | 0.899 | 1.323 | 1.700 | 2.066 | 2.398 | 2.654 |
| 2.5      | 0.000 | 0.501  | 0.804  | 1.210 | 1.722 | 2.090 | 2.390 | 2.623 | 2.787 |
| 3        | 0.000 | 0.598  | 1.010  | 1.515 | 2.079 | 2.414 | 2.637 | 2.781 | 2.865 |
| 4        | 0.000 | 0.673  | 1.287  | 2.002 | 2.570 | 2.803 | 2.898 | 2.928 | 2.928 |
| 5        | 0.000 | 0.673  | 1.336  | 2.108 | 2.646 | 2.851 | 2.915 | 2.928 | 2.928 |
| 6        | 0.000 | 0.673  | 1.247  | 1.856 | 2.347 | 2.564 | 2.680 | 2.761 | 2.825 |
| 7        | 0.000 | 0.632  | 1.003  | 1.392 | 1.775 | 1.979 | 2.137 | 2.293 | 2.454 |
| 7.5      | 0.000 | 0.533  | 0.793  | 1.101 | 1.428 | 1.623 | 1.785 | 1.964 | 2.170 |
| 8        | 0.000 | 0.387  | 0.576  | 0.816 | 1.086 | 1.250 | 1.408 | 1.598 | 1.833 |
| 8.5      | 0.000 | 0.242  | 0.387  | 0.555 | 0.744 | 0.871 | 1.009 | 1.202 | 1.452 |
| 9        | 0.000 | 0.132  | 0.218  | 0.329 | 0.447 | 0.522 | 0.623 | 0.793 | 1.034 |
| 9.25     | 0.000 | 0.089  | 0.145  | 0.235 | 0.318 | 0.371 | 0.445 | 0.589 | 0.807 |
| 9.5      | 0.000 | 0.053  | 0.088  | 0.140 | 0.195 | 0.236 | 0.299 | 0.407 | 0.586 |
| 9.75     | 0.000 | 0.018  | 0.026  | 0.045 | 0.081 | 0.116 | 0.160 | 0.231 | 0.362 |
| 10       | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.003 | 0.073 | 0.153 |

**Gemi No: 9**

| Posta No | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 1  | WL 2  | WL 3  | WL 4  | LWL   | WL 6  |
|----------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0        | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.009 | 0.607 | 1.413 |
| 0.25     | 0.000 | 0.011  | 0.011  | 0.011 | 0.011 | 0.015 | 0.020 | 0.910 | 1.646 |
| 0.5      | 0.000 | 0.051  | 0.072  | 0.107 | 0.152 | 0.238 | 0.511 | 1.188 | 1.862 |
| 0.75     | 0.000 | 0.088  | 0.130  | 0.197 | 0.313 | 0.479 | 0.812 | 1.448 | 2.042 |
| 1        | 0.000 | 0.128  | 0.210  | 0.315 | 0.500 | 0.734 | 1.112 | 1.686 | 2.204 |
| 1.5      | 0.000 | 0.255  | 0.391  | 0.579 | 0.896 | 1.232 | 1.618 | 2.065 | 2.462 |
| 2        | 0.000 | 0.368  | 0.583  | 0.891 | 1.311 | 1.683 | 2.047 | 2.375 | 2.628 |
| 2.5      | 0.000 | 0.496  | 0.797  | 1.199 | 1.705 | 2.070 | 2.367 | 2.598 | 2.760 |
| 3        | 0.000 | 0.593  | 1.000  | 1.501 | 2.059 | 2.391 | 2.612 | 2.754 | 2.838 |
| 4        | 0.000 | 0.667  | 1.275  | 1.983 | 2.545 | 2.777 | 2.870 | 2.900 | 2.900 |
| 5        | 0.000 | 0.667  | 1.323  | 2.088 | 2.620 | 2.824 | 2.888 | 2.900 | 2.900 |
| 6        | 0.000 | 0.667  | 1.235  | 1.838 | 2.324 | 2.540 | 2.655 | 2.735 | 2.798 |
| 7        | 0.000 | 0.626  | 0.994  | 1.378 | 1.758 | 1.960 | 2.116 | 2.271 | 2.431 |
| 7.5      | 0.000 | 0.528  | 0.785  | 1.091 | 1.414 | 1.608 | 1.768 | 1.945 | 2.149 |
| 8        | 0.000 | 0.383  | 0.570  | 0.808 | 1.076 | 1.238 | 1.394 | 1.582 | 1.816 |
| 8.5      | 0.000 | 0.240  | 0.383  | 0.550 | 0.737 | 0.862 | 1.000 | 1.190 | 1.438 |
| 9        | 0.000 | 0.131  | 0.216  | 0.326 | 0.442 | 0.517 | 0.617 | 0.786 | 1.024 |
| 9.25     | 0.000 | 0.088  | 0.144  | 0.233 | 0.315 | 0.368 | 0.441 | 0.583 | 0.799 |
| 9.5      | 0.000 | 0.052  | 0.087  | 0.139 | 0.193 | 0.234 | 0.296 | 0.403 | 0.581 |
| 9.75     | 0.000 | 0.018  | 0.026  | 0.044 | 0.080 | 0.115 | 0.159 | 0.229 | 0.358 |
| 10       | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.003 | 0.073 | 0.151 |

**Gemi No: 10**

| Posta No | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 1  | WL 2  | WL 3  | WL 4  | LWL   | WL 6  |
|----------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0        | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.009 | 0.593 | 1.383 |
| 0.25     | 0.000 | 0.011  | 0.011  | 0.011 | 0.011 | 0.015 | 0.020 | 0.891 | 1.610 |
| 0.5      | 0.000 | 0.050  | 0.070  | 0.105 | 0.148 | 0.233 | 0.500 | 1.162 | 1.821 |
| 0.75     | 0.000 | 0.086  | 0.128  | 0.193 | 0.306 | 0.468 | 0.795 | 1.417 | 1.998 |
| 1        | 0.000 | 0.126  | 0.206  | 0.309 | 0.489 | 0.719 | 1.088 | 1.649 | 2.156 |
| 1.5      | 0.000 | 0.249  | 0.382  | 0.567 | 0.877 | 1.206 | 1.583 | 2.020 | 2.409 |
| 2        | 0.000 | 0.360  | 0.570  | 0.871 | 1.282 | 1.647 | 2.002 | 2.323 | 2.571 |
| 2.5      | 0.000 | 0.485  | 0.779  | 1.173 | 1.668 | 2.025 | 2.316 | 2.542 | 2.700 |
| 3        | 0.000 | 0.580  | 0.979  | 1.468 | 2.015 | 2.339 | 2.556 | 2.695 | 2.776 |
| 4        | 0.000 | 0.652  | 1.247  | 1.940 | 2.490 | 2.717 | 2.808 | 2.837 | 2.837 |
| 5        | 0.000 | 0.652  | 1.295  | 2.043 | 2.564 | 2.762 | 2.825 | 2.837 | 2.837 |
| 6        | 0.000 | 0.652  | 1.208  | 1.799 | 2.274 | 2.484 | 2.597 | 2.676 | 2.737 |
| 7        | 0.000 | 0.612  | 0.972  | 1.348 | 1.720 | 1.918 | 2.070 | 2.222 | 2.378 |
| 7.5      | 0.000 | 0.517  | 0.768  | 1.067 | 1.383 | 1.573 | 1.729 | 1.903 | 2.102 |
| 8        | 0.000 | 0.375  | 0.558  | 0.790 | 1.053 | 1.211 | 1.364 | 1.548 | 1.777 |
| 8.5      | 0.000 | 0.235  | 0.375  | 0.538 | 0.721 | 0.844 | 0.978 | 1.165 | 1.407 |
| 9        | 0.000 | 0.128  | 0.212  | 0.319 | 0.433 | 0.505 | 0.604 | 0.768 | 1.002 |
| 9.25     | 0.000 | 0.086  | 0.141  | 0.228 | 0.308 | 0.360 | 0.431 | 0.571 | 0.782 |
| 9.5      | 0.000 | 0.051  | 0.086  | 0.136 | 0.189 | 0.228 | 0.289 | 0.395 | 0.568 |
| 9.75     | 0.000 | 0.018  | 0.025  | 0.043 | 0.078 | 0.113 | 0.156 | 0.224 | 0.351 |
| 10       | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.003 | 0.071 | 0.148 |

**Gemi No: 11**

| Posta No | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 1  | WL 2  | WL 3  | WL 4  | LWL   | WL 6  |
|----------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0        | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.009 | 0.588 | 1.369 |
| 0.25     | 0.000 | 0.011  | 0.011  | 0.011 | 0.011 | 0.015 | 0.020 | 0.882 | 1.595 |
| 0.5      | 0.000 | 0.050  | 0.069  | 0.104 | 0.147 | 0.231 | 0.495 | 1.151 | 1.803 |
| 0.75     | 0.000 | 0.085  | 0.126  | 0.191 | 0.303 | 0.464 | 0.787 | 1.403 | 1.978 |
| 1        | 0.000 | 0.124  | 0.204  | 0.305 | 0.485 | 0.711 | 1.077 | 1.633 | 2.135 |
| 1.5      | 0.000 | 0.247  | 0.378  | 0.561 | 0.868 | 1.194 | 1.568 | 2.000 | 2.385 |
| 2        | 0.000 | 0.357  | 0.565  | 0.863 | 1.270 | 1.631 | 1.982 | 2.300 | 2.546 |
| 2.5      | 0.000 | 0.481  | 0.772  | 1.161 | 1.652 | 2.005 | 2.293 | 2.516 | 2.674 |
| 3        | 0.000 | 0.574  | 0.969  | 1.454 | 1.995 | 2.316 | 2.530 | 2.668 | 2.749 |
| 4        | 0.000 | 0.646  | 1.235  | 1.921 | 2.466 | 2.690 | 2.780 | 2.809 | 2.809 |
| 5        | 0.000 | 0.646  | 1.282  | 2.023 | 2.538 | 2.735 | 2.797 | 2.809 | 2.809 |
| 6        | 0.000 | 0.646  | 1.196  | 1.781 | 2.251 | 2.460 | 2.571 | 2.649 | 2.710 |
| 7        | 0.000 | 0.606  | 0.963  | 1.335 | 1.703 | 1.899 | 2.050 | 2.200 | 2.354 |
| 7.5      | 0.000 | 0.512  | 0.761  | 1.057 | 1.370 | 1.557 | 1.712 | 1.884 | 2.082 |
| 8        | 0.000 | 0.371  | 0.552  | 0.782 | 1.042 | 1.199 | 1.350 | 1.533 | 1.759 |
| 8.5      | 0.000 | 0.232  | 0.371  | 0.533 | 0.714 | 0.835 | 0.969 | 1.153 | 1.393 |
| 9        | 0.000 | 0.127  | 0.210  | 0.316 | 0.428 | 0.500 | 0.598 | 0.761 | 0.992 |
| 9.25     | 0.000 | 0.085  | 0.139  | 0.225 | 0.305 | 0.356 | 0.427 | 0.565 | 0.774 |
| 9.5      | 0.000 | 0.051  | 0.085  | 0.134 | 0.187 | 0.226 | 0.287 | 0.391 | 0.563 |
| 9.75     | 0.000 | 0.018  | 0.025  | 0.043 | 0.078 | 0.112 | 0.154 | 0.222 | 0.347 |
| 10       | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.003 | 0.070 | 0.147 |

**Gemi No: 12**

| Posta No | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 1  | WL 2  | WL 3  | WL 4  | LWL   | WL 6  |
|----------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0        | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.009 | 0.582 | 1.356 |
| 0.25     | 0.000 | 0.010  | 0.010  | 0.010 | 0.011 | 0.015 | 0.019 | 0.874 | 1.580 |
| 0.5      | 0.000 | 0.049  | 0.069  | 0.103 | 0.145 | 0.229 | 0.491 | 1.140 | 1.786 |
| 0.75     | 0.000 | 0.084  | 0.125  | 0.189 | 0.300 | 0.459 | 0.779 | 1.390 | 1.959 |
| 1        | 0.000 | 0.123  | 0.202  | 0.303 | 0.480 | 0.705 | 1.067 | 1.617 | 2.115 |
| 1.5      | 0.000 | 0.244  | 0.375  | 0.556 | 0.860 | 1.183 | 1.553 | 1.981 | 2.363 |
| 2        | 0.000 | 0.353  | 0.559  | 0.854 | 1.258 | 1.615 | 1.964 | 2.279 | 2.522 |
| 2.5      | 0.000 | 0.476  | 0.764  | 1.150 | 1.636 | 1.986 | 2.272 | 2.493 | 2.649 |
| 3        | 0.000 | 0.569  | 0.960  | 1.440 | 1.976 | 2.294 | 2.507 | 2.643 | 2.723 |
| 4        | 0.000 | 0.640  | 1.223  | 1.903 | 2.442 | 2.664 | 2.754 | 2.783 | 2.783 |
| 5        | 0.000 | 0.640  | 1.270  | 2.004 | 2.514 | 2.710 | 2.771 | 2.783 | 2.783 |
| 6        | 0.000 | 0.640  | 1.185  | 1.764 | 2.230 | 2.437 | 2.547 | 2.624 | 2.685 |
| 7        | 0.000 | 0.600  | 0.953  | 1.323 | 1.687 | 1.881 | 2.031 | 2.179 | 2.332 |
| 7.5      | 0.000 | 0.507  | 0.754  | 1.047 | 1.357 | 1.543 | 1.696 | 1.867 | 2.062 |
| 8        | 0.000 | 0.368  | 0.547  | 0.775 | 1.033 | 1.188 | 1.338 | 1.518 | 1.742 |
| 8.5      | 0.000 | 0.230  | 0.367  | 0.528 | 0.707 | 0.828 | 0.959 | 1.142 | 1.380 |
| 9        | 0.000 | 0.125  | 0.208  | 0.313 | 0.424 | 0.496 | 0.592 | 0.754 | 0.983 |
| 9.25     | 0.000 | 0.084  | 0.138  | 0.223 | 0.302 | 0.353 | 0.423 | 0.560 | 0.767 |
| 9.5      | 0.000 | 0.050  | 0.084  | 0.133 | 0.185 | 0.224 | 0.284 | 0.387 | 0.557 |
| 9.75     | 0.000 | 0.018  | 0.025  | 0.043 | 0.077 | 0.111 | 0.153 | 0.220 | 0.344 |
| 10       | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.003 | 0.070 | 0.145 |

**Gemi No: 13**

| Posta No | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 1  | WL 2  | WL 3  | WL 4  | LWL   | WL 6  |
|----------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0        | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.009 | 0.577 | 1.344 |
| 0.25     | 0.000 | 0.010  | 0.010  | 0.010 | 0.011 | 0.015 | 0.019 | 0.866 | 1.566 |
| 0.5      | 0.000 | 0.049  | 0.068  | 0.102 | 0.144 | 0.227 | 0.486 | 1.130 | 1.771 |
| 0.75     | 0.000 | 0.083  | 0.124  | 0.188 | 0.297 | 0.455 | 0.773 | 1.378 | 1.942 |
| 1        | 0.000 | 0.122  | 0.200  | 0.300 | 0.476 | 0.699 | 1.058 | 1.603 | 2.097 |
| 1.5      | 0.000 | 0.242  | 0.372  | 0.551 | 0.853 | 1.172 | 1.540 | 1.964 | 2.342 |
| 2        | 0.000 | 0.350  | 0.554  | 0.847 | 1.247 | 1.601 | 1.947 | 2.259 | 2.500 |
| 2.5      | 0.000 | 0.472  | 0.758  | 1.140 | 1.622 | 1.969 | 2.252 | 2.471 | 2.626 |
| 3        | 0.000 | 0.564  | 0.952  | 1.428 | 1.959 | 2.274 | 2.485 | 2.620 | 2.700 |
| 4        | 0.000 | 0.634  | 1.213  | 1.887 | 2.421 | 2.641 | 2.730 | 2.759 | 2.759 |
| 5        | 0.000 | 0.634  | 1.259  | 1.986 | 2.493 | 2.686 | 2.747 | 2.759 | 2.759 |
| 6        | 0.000 | 0.634  | 1.175  | 1.749 | 2.211 | 2.416 | 2.525 | 2.602 | 2.662 |
| 7        | 0.000 | 0.595  | 0.945  | 1.311 | 1.673 | 1.865 | 2.013 | 2.160 | 2.312 |
| 7.5      | 0.000 | 0.502  | 0.747  | 1.038 | 1.345 | 1.529 | 1.681 | 1.850 | 2.044 |
| 8        | 0.000 | 0.365  | 0.543  | 0.768 | 1.024 | 1.178 | 1.326 | 1.505 | 1.727 |
| 8.5      | 0.000 | 0.228  | 0.364  | 0.523 | 0.701 | 0.820 | 0.951 | 1.132 | 1.368 |
| 9        | 0.000 | 0.124  | 0.206  | 0.310 | 0.421 | 0.491 | 0.587 | 0.747 | 0.975 |
| 9.25     | 0.000 | 0.084  | 0.137  | 0.221 | 0.300 | 0.350 | 0.419 | 0.555 | 0.760 |
| 9.5      | 0.000 | 0.050  | 0.083  | 0.132 | 0.184 | 0.222 | 0.281 | 0.384 | 0.552 |
| 9.75     | 0.000 | 0.017  | 0.024  | 0.042 | 0.076 | 0.110 | 0.151 | 0.218 | 0.341 |
| 10       | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.003 | 0.069 | 0.144 |

**Gemi No: 14**

| Posta No | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 1  | WL 2  | WL 3  | WL 4  | LWL   | WL 6  |
|----------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.00     | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.009 | 0.572 | 1.333 |
| 0.25     | 0.000 | 0.010  | 0.010  | 0.010 | 0.011 | 0.014 | 0.019 | 0.859 | 1.552 |
| 0.50     | 0.000 | 0.048  | 0.067  | 0.101 | 0.143 | 0.225 | 0.482 | 1.120 | 1.756 |
| 0.75     | 0.000 | 0.083  | 0.123  | 0.186 | 0.295 | 0.451 | 0.766 | 1.366 | 1.926 |
| 1.00     | 0.000 | 0.121  | 0.198  | 0.297 | 0.472 | 0.693 | 1.049 | 1.590 | 2.079 |
| 1.50     | 0.000 | 0.240  | 0.368  | 0.546 | 0.845 | 1.162 | 1.526 | 1.947 | 2.322 |
| 2.00     | 0.000 | 0.347  | 0.550  | 0.840 | 1.236 | 1.588 | 1.930 | 2.240 | 2.479 |
| 2.50     | 0.000 | 0.468  | 0.751  | 1.131 | 1.608 | 1.952 | 2.233 | 2.450 | 2.603 |
| 3.00     | 0.000 | 0.559  | 0.944  | 1.416 | 1.942 | 2.255 | 2.464 | 2.597 | 2.676 |
| 4.00     | 0.000 | 0.629  | 1.202  | 1.870 | 2.400 | 2.619 | 2.707 | 2.735 | 2.735 |
| 5.00     | 0.000 | 0.629  | 1.248  | 1.969 | 2.471 | 2.663 | 2.723 | 2.735 | 2.735 |
| 6.00     | 0.000 | 0.629  | 1.164  | 1.734 | 2.192 | 2.395 | 2.503 | 2.579 | 2.639 |
| 7.00     | 0.000 | 0.590  | 0.937  | 1.300 | 1.658 | 1.849 | 1.996 | 2.142 | 2.292 |
| 7.50     | 0.000 | 0.498  | 0.741  | 1.029 | 1.334 | 1.516 | 1.667 | 1.835 | 2.027 |
| 8.00     | 0.000 | 0.362  | 0.538  | 0.762 | 1.015 | 1.168 | 1.315 | 1.492 | 1.713 |
| 8.50     | 0.000 | 0.226  | 0.361  | 0.519 | 0.695 | 0.813 | 0.943 | 1.123 | 1.356 |
| 9.00     | 0.000 | 0.123  | 0.204  | 0.307 | 0.417 | 0.487 | 0.582 | 0.741 | 0.966 |
| 9.25     | 0.000 | 0.083  | 0.136  | 0.219 | 0.297 | 0.347 | 0.416 | 0.550 | 0.754 |
| 9.50     | 0.000 | 0.049  | 0.082  | 0.131 | 0.182 | 0.220 | 0.279 | 0.381 | 0.548 |
| 9.75     | 0.000 | 0.017  | 0.024  | 0.042 | 0.076 | 0.109 | 0.150 | 0.216 | 0.338 |
| 10.00    | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.003 | 0.069 | 0.143 |

**Gemi No: 15**

| Posta No | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 1  | WL 2  | WL 3  | WL 4  | LWL   | WL 6  |
|----------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0        | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.009 | 0.590 | 1.375 |
| 0.25     | 0.000 | 0.011  | 0.011  | 0.011 | 0.011 | 0.015 | 0.020 | 0.886 | 1.602 |
| 0.5      | 0.000 | 0.050  | 0.070  | 0.104 | 0.147 | 0.232 | 0.498 | 1.156 | 1.811 |
| 0.75     | 0.000 | 0.085  | 0.127  | 0.192 | 0.304 | 0.466 | 0.790 | 1.409 | 1.987 |
| 1        | 0.000 | 0.125  | 0.204  | 0.307 | 0.487 | 0.715 | 1.082 | 1.640 | 2.145 |
| 1.5      | 0.000 | 0.248  | 0.380  | 0.563 | 0.872 | 1.199 | 1.575 | 2.009 | 2.396 |
| 2        | 0.000 | 0.358  | 0.567  | 0.866 | 1.275 | 1.638 | 1.991 | 2.311 | 2.557 |
| 2.5      | 0.000 | 0.483  | 0.775  | 1.167 | 1.659 | 2.014 | 2.303 | 2.528 | 2.686 |
| 3        | 0.000 | 0.577  | 0.973  | 1.460 | 2.004 | 2.326 | 2.542 | 2.680 | 2.761 |
| 4        | 0.000 | 0.649  | 1.240  | 1.930 | 2.477 | 2.702 | 2.793 | 2.822 | 2.822 |
| 5        | 0.000 | 0.649  | 1.288  | 2.032 | 2.550 | 2.747 | 2.810 | 2.822 | 2.822 |
| 6        | 0.000 | 0.649  | 1.201  | 1.789 | 2.262 | 2.471 | 2.583 | 2.661 | 2.722 |
| 7        | 0.000 | 0.609  | 0.967  | 1.341 | 1.711 | 1.907 | 2.059 | 2.210 | 2.365 |
| 7.5      | 0.000 | 0.514  | 0.764  | 1.061 | 1.376 | 1.564 | 1.720 | 1.893 | 2.091 |
| 8        | 0.000 | 0.373  | 0.555  | 0.786 | 1.047 | 1.205 | 1.357 | 1.540 | 1.767 |
| 8.5      | 0.000 | 0.233  | 0.373  | 0.535 | 0.717 | 0.839 | 0.973 | 1.158 | 1.399 |
| 9        | 0.000 | 0.127  | 0.210  | 0.317 | 0.430 | 0.503 | 0.600 | 0.764 | 0.997 |
| 9.25     | 0.000 | 0.086  | 0.140  | 0.226 | 0.307 | 0.358 | 0.429 | 0.567 | 0.777 |
| 9.5      | 0.000 | 0.051  | 0.085  | 0.135 | 0.188 | 0.227 | 0.288 | 0.393 | 0.565 |
| 9.75     | 0.000 | 0.018  | 0.025  | 0.043 | 0.078 | 0.112 | 0.155 | 0.223 | 0.349 |
| 10       | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.003 | 0.071 | 0.147 |

**Gemi No: 16**

| Posta No | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 1  | WL 2  | WL 3  | WL 4  | LWL   | WL 6  |
|----------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0        | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.009 | 0.609 | 1.420 |
| 0.25     | 0.000 | 0.011  | 0.011  | 0.011 | 0.012 | 0.015 | 0.020 | 0.915 | 1.654 |
| 0.5      | 0.000 | 0.051  | 0.072  | 0.108 | 0.152 | 0.239 | 0.514 | 1.193 | 1.870 |
| 0.75     | 0.000 | 0.088  | 0.131  | 0.198 | 0.314 | 0.481 | 0.816 | 1.455 | 2.052 |
| 1        | 0.000 | 0.129  | 0.211  | 0.317 | 0.503 | 0.738 | 1.117 | 1.694 | 2.215 |
| 1.5      | 0.000 | 0.256  | 0.392  | 0.582 | 0.901 | 1.238 | 1.626 | 2.075 | 2.474 |
| 2        | 0.000 | 0.370  | 0.586  | 0.895 | 1.317 | 1.691 | 2.056 | 2.386 | 2.641 |
| 2.5      | 0.000 | 0.498  | 0.800  | 1.205 | 1.713 | 2.080 | 2.379 | 2.610 | 2.773 |
| 3        | 0.000 | 0.595  | 1.005  | 1.508 | 2.069 | 2.402 | 2.625 | 2.767 | 2.851 |
| 4        | 0.000 | 0.670  | 1.281  | 1.993 | 2.557 | 2.790 | 2.884 | 2.914 | 2.914 |
| 5        | 0.000 | 0.670  | 1.330  | 2.098 | 2.633 | 2.837 | 2.901 | 2.914 | 2.914 |
| 6        | 0.000 | 0.670  | 1.241  | 1.847 | 2.335 | 2.552 | 2.667 | 2.748 | 2.811 |
| 7        | 0.000 | 0.628  | 0.998  | 1.385 | 1.767 | 1.969 | 2.126 | 2.282 | 2.442 |
| 7.5      | 0.000 | 0.531  | 0.789  | 1.096 | 1.421 | 1.615 | 1.776 | 1.955 | 2.159 |
| 8        | 0.000 | 0.385  | 0.573  | 0.812 | 1.081 | 1.244 | 1.401 | 1.590 | 1.825 |
| 8.5      | 0.000 | 0.241  | 0.385  | 0.553 | 0.741 | 0.866 | 1.005 | 1.196 | 1.445 |
| 9        | 0.000 | 0.131  | 0.217  | 0.328 | 0.444 | 0.519 | 0.620 | 0.789 | 1.029 |
| 9.25     | 0.000 | 0.088  | 0.144  | 0.234 | 0.317 | 0.370 | 0.443 | 0.586 | 0.803 |
| 9.5      | 0.000 | 0.052  | 0.088  | 0.139 | 0.194 | 0.235 | 0.297 | 0.405 | 0.584 |
| 9.75     | 0.000 | 0.018  | 0.026  | 0.045 | 0.080 | 0.116 | 0.160 | 0.230 | 0.360 |
| 10       | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.003 | 0.073 | 0.152 |

| Gemi No: 17 |       |        |        |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Posta No    | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 1  | WL 2  | WL 3  | WL 4  | LWL   | WL 6  |
| 0           | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.010 | 0.636 | 1.482 |
| 0.25        | 0.000 | 0.011  | 0.011  | 0.011 | 0.012 | 0.016 | 0.021 | 0.955 | 1.726 |
| 0.5         | 0.000 | 0.054  | 0.075  | 0.113 | 0.159 | 0.250 | 0.536 | 1.246 | 1.952 |
| 0.75        | 0.000 | 0.092  | 0.137  | 0.207 | 0.328 | 0.502 | 0.852 | 1.519 | 2.142 |
| 1           | 0.000 | 0.135  | 0.220  | 0.331 | 0.525 | 0.770 | 1.166 | 1.768 | 2.311 |
| 1.5         | 0.000 | 0.267  | 0.410  | 0.607 | 0.940 | 1.292 | 1.697 | 2.166 | 2.582 |
| 2           | 0.000 | 0.386  | 0.611  | 0.934 | 1.375 | 1.765 | 2.146 | 2.491 | 2.757 |
| 2.5         | 0.000 | 0.520  | 0.835  | 1.257 | 1.788 | 2.171 | 2.483 | 2.725 | 2.895 |
| 3           | 0.000 | 0.621  | 1.049  | 1.574 | 2.160 | 2.508 | 2.740 | 2.889 | 2.976 |
| 4           | 0.000 | 0.699  | 1.337  | 2.080 | 2.669 | 2.912 | 3.010 | 3.041 | 3.041 |
| 5           | 0.000 | 0.699  | 1.388  | 2.190 | 2.748 | 2.961 | 3.028 | 3.041 | 3.041 |
| 6           | 0.000 | 0.699  | 1.295  | 1.928 | 2.438 | 2.663 | 2.784 | 2.868 | 2.934 |
| 7           | 0.000 | 0.656  | 1.042  | 1.446 | 1.844 | 2.056 | 2.219 | 2.382 | 2.549 |
| 7.5         | 0.000 | 0.554  | 0.824  | 1.144 | 1.483 | 1.686 | 1.854 | 2.040 | 2.254 |
| 8           | 0.000 | 0.402  | 0.598  | 0.847 | 1.129 | 1.298 | 1.462 | 1.660 | 1.904 |
| 8.5         | 0.000 | 0.252  | 0.402  | 0.577 | 0.773 | 0.904 | 1.049 | 1.248 | 1.508 |
| 9           | 0.000 | 0.137  | 0.227  | 0.342 | 0.464 | 0.542 | 0.647 | 0.824 | 1.074 |
| 9.25        | 0.000 | 0.092  | 0.151  | 0.244 | 0.331 | 0.386 | 0.462 | 0.612 | 0.838 |
| 9.5         | 0.000 | 0.055  | 0.092  | 0.146 | 0.203 | 0.245 | 0.310 | 0.423 | 0.609 |
| 9.75        | 0.000 | 0.019  | 0.027  | 0.047 | 0.084 | 0.121 | 0.167 | 0.240 | 0.376 |
| 10          | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.003 | 0.076 | 0.159 |

| Gemi No: 18 |       |        |        |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Posta No    | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 1  | WL 2  | WL 3  | WL 4  | LWL   | WL 6  |
| 0           | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.010 | 0.655 | 1.527 |
| 0.25        | 0.000 | 0.012  | 0.012  | 0.012 | 0.012 | 0.017 | 0.022 | 0.984 | 1.778 |
| 0.5         | 0.000 | 0.055  | 0.077  | 0.116 | 0.164 | 0.258 | 0.552 | 1.283 | 2.011 |
| 0.75        | 0.000 | 0.095  | 0.141  | 0.213 | 0.338 | 0.517 | 0.877 | 1.565 | 2.206 |
| 1           | 0.000 | 0.139  | 0.227  | 0.341 | 0.540 | 0.793 | 1.201 | 1.821 | 2.381 |
| 1.5         | 0.000 | 0.275  | 0.422  | 0.626 | 0.968 | 1.331 | 1.748 | 2.231 | 2.660 |
| 2           | 0.000 | 0.398  | 0.630  | 0.962 | 1.416 | 1.819 | 2.211 | 2.565 | 2.839 |
| 2.5         | 0.000 | 0.536  | 0.861  | 1.295 | 1.842 | 2.236 | 2.557 | 2.806 | 2.982 |
| 3           | 0.000 | 0.640  | 1.081  | 1.622 | 2.225 | 2.583 | 2.822 | 2.975 | 3.066 |
| 4           | 0.000 | 0.720  | 1.377  | 2.143 | 2.750 | 3.000 | 3.100 | 3.133 | 3.133 |
| 5           | 0.000 | 0.720  | 1.429  | 2.256 | 2.831 | 3.050 | 3.119 | 3.133 | 3.133 |
| 6           | 0.000 | 0.720  | 1.334  | 1.986 | 2.511 | 2.743 | 2.868 | 2.955 | 3.023 |
| 7           | 0.000 | 0.676  | 1.073  | 1.489 | 1.900 | 2.118 | 2.286 | 2.453 | 2.626 |
| 7.5         | 0.000 | 0.571  | 0.848  | 1.178 | 1.528 | 1.737 | 1.910 | 2.101 | 2.322 |
| 8           | 0.000 | 0.414  | 0.616  | 0.873 | 1.162 | 1.337 | 1.506 | 1.710 | 1.962 |
| 8.5         | 0.000 | 0.259  | 0.414  | 0.594 | 0.796 | 0.932 | 1.080 | 1.286 | 1.553 |
| 9           | 0.000 | 0.141  | 0.234  | 0.352 | 0.478 | 0.558 | 0.667 | 0.849 | 1.107 |
| 9.25        | 0.000 | 0.095  | 0.155  | 0.251 | 0.340 | 0.397 | 0.476 | 0.630 | 0.863 |
| 9.5         | 0.000 | 0.056  | 0.094  | 0.150 | 0.209 | 0.252 | 0.320 | 0.436 | 0.627 |
| 9.75        | 0.000 | 0.020  | 0.028  | 0.048 | 0.087 | 0.125 | 0.172 | 0.247 | 0.387 |
| 10          | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.079 | 0.163 |

**Gemi No: 19**

| Posta No | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 1  | WL 2  | WL 3  | WL 4  | LWL   | WL 6  |
|----------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0        | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.010 | 0.674 | 1.570 |
| 0.25     | 0.000 | 0.012  | 0.012  | 0.012 | 0.013 | 0.017 | 0.022 | 1.011 | 1.829 |
| 0.5      | 0.000 | 0.057  | 0.079  | 0.119 | 0.168 | 0.265 | 0.568 | 1.319 | 2.068 |
| 0.75     | 0.000 | 0.097  | 0.145  | 0.219 | 0.347 | 0.532 | 0.902 | 1.609 | 2.269 |
| 1        | 0.000 | 0.143  | 0.233  | 0.350 | 0.556 | 0.816 | 1.235 | 1.873 | 2.449 |
| 1.5      | 0.000 | 0.283  | 0.434  | 0.643 | 0.996 | 1.369 | 1.798 | 2.294 | 2.736 |
| 2        | 0.000 | 0.409  | 0.647  | 0.989 | 1.456 | 1.870 | 2.274 | 2.638 | 2.920 |
| 2.5      | 0.000 | 0.551  | 0.885  | 1.332 | 1.894 | 2.299 | 2.630 | 2.886 | 3.066 |
| 3        | 0.000 | 0.658  | 1.111  | 1.667 | 2.288 | 2.656 | 2.902 | 3.060 | 3.153 |
| 4        | 0.000 | 0.741  | 1.416  | 2.203 | 2.828 | 3.085 | 3.188 | 3.222 | 3.222 |
| 5        | 0.000 | 0.741  | 1.470  | 2.320 | 2.911 | 3.137 | 3.208 | 3.222 | 3.222 |
| 6        | 0.000 | 0.741  | 1.372  | 2.042 | 2.582 | 2.821 | 2.949 | 3.038 | 3.108 |
| 7        | 0.000 | 0.695  | 1.104  | 1.531 | 1.954 | 2.178 | 2.351 | 2.523 | 2.700 |
| 7.5      | 0.000 | 0.587  | 0.872  | 1.212 | 1.571 | 1.786 | 1.964 | 2.161 | 2.387 |
| 8        | 0.000 | 0.426  | 0.634  | 0.897 | 1.195 | 1.375 | 1.549 | 1.758 | 2.017 |
| 8.5      | 0.000 | 0.267  | 0.425  | 0.611 | 0.819 | 0.958 | 1.111 | 1.322 | 1.598 |
| 9        | 0.000 | 0.145  | 0.240  | 0.362 | 0.491 | 0.574 | 0.686 | 0.873 | 1.138 |
| 9.25     | 0.000 | 0.098  | 0.160  | 0.258 | 0.350 | 0.409 | 0.489 | 0.648 | 0.888 |
| 9.5      | 0.000 | 0.058  | 0.097  | 0.154 | 0.215 | 0.259 | 0.329 | 0.448 | 0.645 |
| 9.75     | 0.000 | 0.020  | 0.028  | 0.049 | 0.089 | 0.128 | 0.177 | 0.254 | 0.398 |
| 10       | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.081 | 0.168 |

**Gemi No: 20**

| Posta No | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 1  | WL 2  | WL 3  | WL 4  | LWL   | WL 6  |
|----------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0        | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.010 | 0.683 | 1.590 |
| 0.25     | 0.000 | 0.012  | 0.012  | 0.012 | 0.013 | 0.017 | 0.023 | 1.025 | 1.853 |
| 0.5      | 0.000 | 0.058  | 0.080  | 0.121 | 0.171 | 0.268 | 0.576 | 1.337 | 2.095 |
| 0.75     | 0.000 | 0.099  | 0.147  | 0.222 | 0.352 | 0.539 | 0.914 | 1.630 | 2.298 |
| 1        | 0.000 | 0.144  | 0.236  | 0.355 | 0.563 | 0.827 | 1.251 | 1.897 | 2.480 |
| 1.5      | 0.000 | 0.287  | 0.440  | 0.652 | 1.009 | 1.387 | 1.821 | 2.324 | 2.771 |
| 2        | 0.000 | 0.414  | 0.656  | 1.002 | 1.475 | 1.895 | 2.303 | 2.673 | 2.958 |
| 2.5      | 0.000 | 0.558  | 0.897  | 1.349 | 1.919 | 2.329 | 2.664 | 2.924 | 3.106 |
| 3        | 0.000 | 0.667  | 1.126  | 1.689 | 2.318 | 2.691 | 2.940 | 3.100 | 3.194 |
| 4        | 0.000 | 0.750  | 1.435  | 2.232 | 2.865 | 3.125 | 3.230 | 3.264 | 3.264 |
| 5        | 0.000 | 0.750  | 1.489  | 2.350 | 2.949 | 3.178 | 3.250 | 3.264 | 3.264 |
| 6        | 0.000 | 0.750  | 1.390  | 2.069 | 2.616 | 2.858 | 2.988 | 3.078 | 3.149 |
| 7        | 0.000 | 0.704  | 1.118  | 1.551 | 1.979 | 2.206 | 2.382 | 2.556 | 2.735 |
| 7.5      | 0.000 | 0.594  | 0.884  | 1.228 | 1.592 | 1.809 | 1.989 | 2.189 | 2.419 |
| 8        | 0.000 | 0.431  | 0.642  | 0.909 | 1.211 | 1.393 | 1.569 | 1.781 | 2.044 |
| 8.5      | 0.000 | 0.270  | 0.431  | 0.619 | 0.830 | 0.971 | 1.125 | 1.340 | 1.618 |
| 9        | 0.000 | 0.147  | 0.243  | 0.367 | 0.498 | 0.581 | 0.694 | 0.884 | 1.153 |
| 9.25     | 0.000 | 0.099  | 0.162  | 0.262 | 0.355 | 0.414 | 0.496 | 0.656 | 0.899 |
| 9.5      | 0.000 | 0.059  | 0.098  | 0.156 | 0.217 | 0.263 | 0.333 | 0.454 | 0.654 |
| 9.75     | 0.000 | 0.021  | 0.029  | 0.050 | 0.090 | 0.130 | 0.179 | 0.258 | 0.403 |
| 10       | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.082 | 0.170 |

**Gemi No: 21**

| Posta No | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 1  | WL 2  | WL 3  | WL 4  | LWL   | WL 6  |
|----------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0        | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.011 | 0.709 | 1.651 |
| 0.25     | 0.000 | 0.013  | 0.013  | 0.013 | 0.013 | 0.018 | 0.024 | 1.063 | 1.923 |
| 0.5      | 0.000 | 0.060  | 0.084  | 0.125 | 0.177 | 0.278 | 0.597 | 1.387 | 2.175 |
| 0.75     | 0.000 | 0.102  | 0.152  | 0.231 | 0.365 | 0.559 | 0.949 | 1.692 | 2.385 |
| 1        | 0.000 | 0.150  | 0.245  | 0.368 | 0.584 | 0.858 | 1.299 | 1.969 | 2.575 |
| 1.5      | 0.000 | 0.298  | 0.456  | 0.676 | 1.047 | 1.440 | 1.890 | 2.412 | 2.876 |
| 2        | 0.000 | 0.430  | 0.681  | 1.040 | 1.531 | 1.966 | 2.391 | 2.774 | 3.070 |
| 2.5      | 0.000 | 0.580  | 0.931  | 1.400 | 1.992 | 2.418 | 2.765 | 3.035 | 3.224 |
| 3        | 0.000 | 0.692  | 1.169  | 1.753 | 2.406 | 2.793 | 3.052 | 3.217 | 3.315 |
| 4        | 0.000 | 0.779  | 1.489  | 2.317 | 2.973 | 3.244 | 3.353 | 3.388 | 3.388 |
| 5        | 0.000 | 0.779  | 1.546  | 2.439 | 3.061 | 3.298 | 3.373 | 3.388 | 3.388 |
| 6        | 0.000 | 0.779  | 1.442  | 2.147 | 2.715 | 2.967 | 3.101 | 3.195 | 3.268 |
| 7        | 0.000 | 0.731  | 1.161  | 1.610 | 2.054 | 2.290 | 2.472 | 2.653 | 2.839 |
| 7.5      | 0.000 | 0.617  | 0.917  | 1.274 | 1.652 | 1.878 | 2.065 | 2.272 | 2.510 |
| 8        | 0.000 | 0.448  | 0.666  | 0.944 | 1.257 | 1.446 | 1.629 | 1.849 | 2.121 |
| 8.5      | 0.000 | 0.280  | 0.447  | 0.643 | 0.861 | 1.007 | 1.168 | 1.391 | 1.680 |
| 9        | 0.000 | 0.153  | 0.253  | 0.381 | 0.517 | 0.604 | 0.721 | 0.918 | 1.197 |
| 9.25     | 0.000 | 0.103  | 0.168  | 0.272 | 0.368 | 0.430 | 0.515 | 0.681 | 0.933 |
| 9.5      | 0.000 | 0.061  | 0.102  | 0.162 | 0.226 | 0.273 | 0.346 | 0.471 | 0.678 |
| 9.75     | 0.000 | 0.021  | 0.030  | 0.052 | 0.094 | 0.135 | 0.186 | 0.268 | 0.419 |
| 10       | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.085 | 0.177 |

**Gemi No: 22**

| Posta No | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 3/4 | LWL   | GV    |
|----------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 0        | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 |
| 0.5      | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 2.666 | 2.666 |
| 1        | 0.000 | 0.090  | 0.269  | 1.621  | 2.897 | 2.897 |
| 2        | 0.000 | 0.515  | 1.455  | 2.686  | 3.233 | 3.233 |
| 3        | 0.000 | 1.360  | 2.507  | 3.232  | 3.388 | 3.388 |
| 4        | 0.000 | 1.800  | 2.872  | 3.380  | 3.490 | 3.490 |
| 5        | 0.000 | 1.773  | 2.823  | 3.320  | 3.490 | 3.490 |
| 6        | 0.000 | 1.502  | 2.401  | 2.961  | 3.221 | 3.221 |
| 7        | 0.000 | 1.019  | 1.792  | 2.251  | 2.562 | 2.562 |
| 8        | 0.000 | 0.562  | 0.941  | 1.311  | 1.560 | 1.560 |
| 9        | 0.000 | 0.202  | 0.351  | 0.549  | 0.661 | 0.661 |
| 9.5      | 0.000 | 0.000  | 0.139  | 0.222  | 0.325 | 0.325 |
| 10       | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 |

**Gemi No: 23**

| Posta No | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 3/4 | LWL   | GV    |
|----------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 0        | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 |
| 0.5      | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 2.582 | 2.582 |
| 1        | 0.000 | 0.095  | 0.304  | 1.185  | 2.806 | 2.806 |
| 2        | 0.000 | 0.604  | 1.589  | 2.680  | 3.117 | 3.117 |
| 3        | 0.000 | 1.469  | 2.546  | 3.183  | 3.291 | 3.291 |
| 4        | 0.000 | 1.922  | 2.887  | 3.342  | 3.390 | 3.390 |
| 5        | 0.000 | 1.963  | 2.906  | 3.270  | 3.390 | 3.390 |
| 6        | 0.000 | 1.715  | 2.483  | 2.944  | 3.151 | 3.151 |
| 7        | 0.000 | 1.156  | 1.891  | 2.285  | 2.536 | 2.536 |
| 8        | 0.000 | 0.658  | 1.026  | 1.408  | 1.651 | 1.651 |
| 9        | 0.000 | 0.249  | 0.408  | 0.616  | 0.748 | 0.748 |
| 9.5      | 0.000 | 0.000  | 0.157  | 0.247  | 0.406 | 0.406 |
| 10       | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 |

**Gemi No: 24**

| Posta No | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 3/4 | LWL   | GV    |
|----------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 0        | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 |
| 0.5      | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 2.443 | 2.443 |
| 1        | 0.000 | 0.126  | 0.232  | 0.926  | 2.628 | 2.628 |
| 2        | 0.000 | 0.692  | 1.513  | 2.436  | 2.908 | 2.908 |
| 3        | 0.000 | 1.568  | 2.471  | 2.998  | 3.127 | 3.127 |
| 4        | 0.000 | 2.227  | 2.916  | 3.202  | 3.240 | 3.240 |
| 5        | 0.000 | 2.456  | 3.055  | 3.184  | 3.240 | 3.240 |
| 6        | 0.000 | 2.269  | 2.780  | 2.980  | 3.103 | 3.103 |
| 7        | 0.000 | 1.533  | 2.103  | 2.414  | 2.637 | 2.637 |
| 8        | 0.000 | 0.830  | 1.218  | 1.603  | 1.911 | 1.911 |
| 9        | 0.000 | 0.312  | 0.515  | 0.772  | 1.007 | 1.007 |
| 9.5      | 0.000 | 0.000  | 0.200  | 0.359  | 0.603 | 0.603 |
| 10       | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 |

**Gemi No: 25**

| Posta No | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 3/4 | LWL   | GV    |
|----------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 0        | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 |
| 0.5      | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 2.425 | 2.425 |
| 1        | 0.000 | 0.129  | 0.220  | 0.923  | 2.605 | 2.605 |
| 2        | 0.000 | 0.696  | 1.488  | 2.396  | 2.882 | 2.882 |
| 3        | 0.000 | 1.569  | 2.450  | 2.968  | 3.105 | 3.105 |
| 4        | 0.000 | 2.255  | 2.909  | 3.178  | 3.220 | 3.220 |
| 5        | 0.000 | 2.504  | 3.062  | 3.169  | 3.220 | 3.220 |
| 6        | 0.000 | 2.323  | 2.808  | 2.981  | 3.095 | 3.095 |
| 7        | 0.000 | 1.572  | 2.121  | 2.426  | 2.649 | 2.649 |
| 8        | 0.000 | 0.845  | 1.237  | 1.621  | 1.937 | 1.937 |
| 9        | 0.000 | 0.316  | 0.525  | 0.788  | 1.035 | 1.035 |
| 9.5      | 0.000 | 0.000  | 0.204  | 0.372  | 0.622 | 0.622 |
| 10       | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 |

**Gemi No: 26**

| Posta No | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 3/4 | LWL   | GV    |
|----------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 0        | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 |
| 0.5      | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 2.409 | 2.409 |
| 1        | 0.000 | 0.136  | 0.197  | 0.930  | 2.579 | 2.579 |
| 2        | 0.000 | 0.706  | 1.448  | 2.334  | 2.853 | 2.853 |
| 3        | 0.000 | 1.582  | 2.425  | 2.931  | 3.084 | 3.084 |
| 4        | 0.000 | 2.322  | 2.911  | 3.153  | 3.205 | 3.205 |
| 5        | 0.000 | 2.607  | 3.094  | 3.163  | 3.205 | 3.205 |
| 6        | 0.000 | 2.437  | 2.879  | 3.003  | 3.102 | 3.102 |
| 7        | 0.000 | 1.659  | 2.173  | 2.468  | 2.692 | 2.692 |
| 8        | 0.000 | 0.882  | 1.284  | 1.667  | 2.001 | 2.001 |
| 9        | 0.000 | 0.326  | 0.547  | 0.822  | 1.096 | 1.096 |
| 9.5      | 0.000 | 0.000  | 0.213  | 0.400  | 0.661 | 0.661 |
| 10       | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 |

| Gemi No: 27 |       |        |        |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Posta No    | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 1  | WL 2  | WL 3  | WL 4  | LWL   | WL 6  |
| 0           | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.016 | 0.776 | 1.542 |
| 0.25        | 0.000 | 0.003  | 0.003  | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.052 | 1.081 | 1.778 |
| 0.5         | 0.000 | 0.039  | 0.058  | 0.089 | 0.141 | 0.250 | 0.609 | 1.342 | 1.992 |
| 0.75        | 0.000 | 0.076  | 0.119  | 0.193 | 0.327 | 0.540 | 0.933 | 1.590 | 2.178 |
| 1           | 0.000 | 0.120  | 0.197  | 0.318 | 0.528 | 0.815 | 1.244 | 1.826 | 2.333 |
| 1.5         | 0.000 | 0.250  | 0.388  | 0.600 | 0.974 | 1.358 | 1.774 | 2.209 | 2.588 |
| 2           | 0.000 | 0.393  | 0.620  | 0.949 | 1.432 | 1.848 | 2.213 | 2.524 | 2.765 |
| 2.5         | 0.000 | 0.561  | 0.894  | 1.328 | 1.874 | 2.253 | 2.542 | 2.755 | 2.904 |
| 3           | 0.000 | 0.712  | 1.158  | 1.693 | 2.245 | 2.566 | 2.784 | 2.916 | 2.992 |
| 4           | 0.000 | 0.840  | 1.547  | 2.227 | 2.745 | 2.942 | 3.019 | 3.049 | 3.049 |
| 5           | 0.000 | 0.840  | 1.640  | 2.352 | 2.831 | 2.995 | 3.040 | 3.049 | 3.049 |
| 6           | 0.000 | 0.840  | 1.502  | 2.114 | 2.577 | 2.775 | 2.873 | 2.939 | 2.989 |
| 7           | 0.000 | 0.748  | 1.160  | 1.589 | 1.994 | 2.217 | 2.380 | 2.528 | 2.678 |
| 7.5         | 0.000 | 0.616  | 0.911  | 1.265 | 1.627 | 1.844 | 2.023 | 2.208 | 2.408 |
| 8           | 0.000 | 0.442  | 0.664  | 0.933 | 1.227 | 1.431 | 1.612 | 1.818 | 2.055 |
| 8.5         | 0.000 | 0.281  | 0.441  | 0.637 | 0.863 | 1.003 | 1.167 | 1.374 | 1.632 |
| 9           | 0.000 | 0.142  | 0.248  | 0.386 | 0.516 | 0.604 | 0.725 | 0.911 | 1.169 |
| 9.25        | 0.000 | 0.100  | 0.166  | 0.269 | 0.369 | 0.437 | 0.526 | 0.680 | 0.913 |
| 9.5         | 0.000 | 0.063  | 0.102  | 0.162 | 0.236 | 0.284 | 0.349 | 0.463 | 0.660 |
| 9.75        | 0.000 | 0.027  | 0.044  | 0.075 | 0.117 | 0.144 | 0.185 | 0.261 | 0.407 |
| 10          | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.074 | 0.157 |

| Gemi No: 28 |       |        |        |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Posta No    | WL 0  | WL 1/4 | WL 1/2 | WL 1  | WL 2  | WL 3  | WL 4  | LWL   | WL 6  |
| 0           | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.023 | 0.807 | 1.523 |
| 0.25        | 0.000 | 0.003  | 0.003  | 0.003 | 0.003 | 0.004 | 0.115 | 1.110 | 1.768 |
| 0.5         | 0.000 | 0.033  | 0.049  | 0.072 | 0.132 | 0.256 | 0.649 | 1.363 | 1.980 |
| 0.75        | 0.000 | 0.064  | 0.102  | 0.174 | 0.319 | 0.563 | 0.980 | 1.601 | 2.173 |
| 1           | 0.000 | 0.105  | 0.167  | 0.293 | 0.519 | 0.836 | 1.283 | 1.837 | 2.321 |
| 1.5         | 0.000 | 0.220  | 0.349  | 0.568 | 0.973 | 1.379 | 1.806 | 2.221 | 2.567 |
| 2           | 0.000 | 0.371  | 0.593  | 0.924 | 1.444 | 1.872 | 2.233 | 2.531 | 2.751 |
| 2.5         | 0.000 | 0.559  | 0.895  | 1.336 | 1.904 | 2.277 | 2.554 | 2.753 | 2.886 |
| 3           | 0.000 | 0.754  | 1.196  | 1.733 | 2.274 | 2.577 | 2.783 | 2.906 | 2.974 |
| 4           | 0.000 | 0.921  | 1.663  | 2.291 | 2.759 | 2.926 | 2.992 | 3.019 | 3.019 |
| 5           | 0.000 | 0.921  | 1.771  | 2.428 | 2.858 | 2.986 | 3.015 | 3.019 | 3.019 |
| 6           | 0.000 | 0.921  | 1.621  | 2.191 | 2.619 | 2.798 | 2.884 | 2.938 | 2.980 |
| 7           | 0.000 | 0.798  | 1.200  | 1.631 | 2.040 | 2.274 | 2.438 | 2.579 | 2.720 |
| 7.5         | 0.000 | 0.645  | 0.938  | 1.303 | 1.675 | 1.903 | 2.092 | 2.275 | 2.468 |
| 8           | 0.000 | 0.451  | 0.681  | 0.954 | 1.254 | 1.480 | 1.672 | 1.882 | 2.116 |
| 8.5         | 0.000 | 0.291  | 0.446  | 0.650 | 0.894 | 1.040 | 1.217 | 1.427 | 1.680 |
| 9           | 0.000 | 0.143  | 0.250  | 0.393 | 0.528 | 0.629 | 0.764 | 0.952 | 1.206 |
| 9.25        | 0.000 | 0.101  | 0.165  | 0.267 | 0.375 | 0.456 | 0.558 | 0.716 | 0.946 |
| 9.5         | 0.000 | 0.061  | 0.100  | 0.159 | 0.243 | 0.297 | 0.365 | 0.482 | 0.683 |
| 9.75        | 0.000 | 0.027  | 0.049  | 0.086 | 0.131 | 0.151 | 0.190 | 0.271 | 0.422 |
| 10          | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.071 | 0.155 |

**Gemi No: 28**

| Posta No | WL 0  | WL0.1 | WL0.2 | WL0.3 | WL0.4 | WL0.6 | WL0.8 | LWL   | WL1.2 | WL1.4 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0        | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.233 | 1.198 | 1.832 |
| 0.25     | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.622 | 1.543 | 2.115 |
| 0.5      | 0.000 | 0.056 | 0.074 | 0.080 | 0.086 | 0.121 | 0.301 | 1.000 | 1.805 | 2.313 |
| 0.75     | 0.000 | 0.097 | 0.150 | 0.189 | 0.221 | 0.324 | 0.602 | 1.301 | 2.021 | 2.451 |
| 1        | 0.000 | 0.145 | 0.233 | 0.298 | 0.363 | 0.540 | 0.900 | 1.578 | 2.201 | 2.558 |
| 1.5      | 0.000 | 0.260 | 0.425 | 0.558 | 0.690 | 1.000 | 1.448 | 2.038 | 2.484 | 2.708 |
| 2        | 0.000 | 0.419 | 0.667 | 0.867 | 1.053 | 1.454 | 1.920 | 2.378 | 2.673 | 2.808 |
| 2.5      | 0.000 | 0.608 | 0.941 | 1.195 | 1.419 | 1.861 | 2.277 | 2.608 | 2.805 | 2.879 |
| 3        | 0.000 | 0.832 | 1.239 | 1.522 | 1.767 | 2.195 | 2.537 | 2.770 | 2.879 | 2.921 |
| 4        | 0.000 | 1.274 | 1.823 | 2.139 | 2.357 | 2.658 | 2.832 | 2.923 | 2.950 | 2.950 |
| 5        | 0.000 | 1.690 | 2.280 | 2.552 | 2.708 | 2.888 | 2.947 | 2.950 | 2.950 | 2.950 |
| 6        | 0.000 | 1.938 | 2.516 | 2.752 | 2.864 | 2.944 | 2.950 | 2.950 | 2.950 | 2.950 |
| 7        | 0.000 | 1.758 | 2.316 | 2.540 | 2.667 | 2.797 | 2.864 | 2.897 | 2.915 | 2.929 |
| 7.5      | 0.000 | 1.460 | 1.941 | 2.192 | 2.357 | 2.561 | 2.693 | 2.773 | 2.835 | 2.894 |
| 8        | 0.000 | 1.041 | 1.446 | 1.699 | 1.885 | 2.156 | 2.301 | 2.516 | 2.661 | 2.803 |
| 8.5      | 0.000 | 0.646 | 0.953 | 1.171 | 1.348 | 1.634 | 1.882 | 2.121 | 2.360 | 2.593 |
| 9        | 0.000 | 0.333 | 0.540 | 0.693 | 0.820 | 1.053 | 1.295 | 1.564 | 1.856 | 2.154 |
| 9.25     | 0.000 | 0.201 | 0.348 | 0.466 | 0.569 | 0.761 | 0.976 | 1.227 | 1.513 | 1.826 |
| 9.5      | 0.000 | 0.074 | 0.174 | 0.260 | 0.339 | 0.490 | 0.664 | 0.870 | 1.130 | 1.451 |
| 9.75     | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.074 | 0.124 | 0.224 | 0.348 | 0.502 | 0.714 | 0.991 |
| 10       | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.050 | 0.145 | 0.289 | 0.487 |

**Gemi No: 30**

| Posta No | WL 0  | WL0.1 | WL0.2 | WL0.3 | WL0.4 | WL0.6 | WL0.8 | LWL   | WL1.2 | WL1.4 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0        | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.307 | 1.154 | 1.791 |
| 0.25     | 0.000 | 0.032 | 0.037 | 0.037 | 0.040 | 0.040 | 0.095 | 0.761 | 1.581 | 2.124 |
| 0.5      | 0.000 | 0.089 | 0.123 | 0.155 | 0.178 | 0.255 | 0.488 | 1.177 | 1.888 | 2.333 |
| 0.75     | 0.000 | 0.144 | 0.232 | 0.301 | 0.367 | 0.537 | 0.887 | 1.553 | 2.141 | 2.494 |
| 1        | 0.000 | 0.215 | 0.350 | 0.462 | 0.571 | 0.829 | 1.246 | 1.854 | 2.330 | 2.603 |
| 1.5      | 0.000 | 0.396 | 0.634 | 0.832 | 1.010 | 1.392 | 1.851 | 2.296 | 2.586 | 2.732 |
| 2        | 0.000 | 0.626 | 0.947 | 1.203 | 1.429 | 1.854 | 2.259 | 2.566 | 2.735 | 2.807 |
| 2.5      | 0.000 | 0.872 | 1.277 | 1.561 | 1.802 | 2.204 | 2.517 | 2.721 | 2.815 | 2.850 |
| 3        | 0.000 | 1.105 | 1.584 | 1.891 | 2.118 | 2.451 | 2.681 | 2.804 | 2.856 | 2.870 |
| 4        | 0.000 | 1.524 | 2.069 | 2.353 | 2.534 | 2.749 | 2.844 | 2.870 | 2.870 | 2.870 |
| 5        | 0.000 | 1.825 | 2.348 | 2.603 | 2.735 | 2.850 | 2.870 | 2.870 | 2.870 | 2.870 |
| 6        | 0.000 | 1.880 | 2.445 | 2.678 | 2.781 | 2.856 | 2.870 | 2.870 | 2.870 | 2.870 |
| 7        | 0.000 | 1.599 | 2.098 | 2.342 | 2.477 | 2.638 | 2.729 | 2.781 | 2.813 | 2.844 |
| 7.5      | 0.000 | 1.303 | 1.742 | 1.989 | 2.158 | 2.382 | 2.534 | 2.638 | 2.718 | 2.798 |
| 8        | 0.000 | 0.944 | 1.309 | 1.558 | 1.742 | 2.015 | 2.224 | 2.394 | 2.546 | 2.701 |
| 8.5      | 0.000 | 0.608 | 0.895 | 1.111 | 1.277 | 1.556 | 1.797 | 2.029 | 2.259 | 2.494 |
| 9        | 0.000 | 0.330 | 0.525 | 0.680 | 0.806 | 1.036 | 1.274 | 1.530 | 1.797 | 2.098 |
| 9.25     | 0.000 | 0.204 | 0.353 | 0.476 | 0.583 | 0.769 | 0.982 | 1.220 | 1.498 | 1.811 |
| 9.5      | 0.000 | 0.089 | 0.187 | 0.267 | 0.344 | 0.497 | 0.674 | 0.884 | 1.131 | 1.452 |
| 9.75     | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.077 | 0.132 | 0.235 | 0.359 | 0.514 | 0.720 | 1.007 |
| 10       | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.046 | 0.132 | 0.264 | 0.474 |

**Ek 2 Balıkçı Gemileri İçin Pratik Stabilité Kriterlerini Uygulama Tabloları**

| <b>GEMİNİN ANA BOYUTLARI</b>                                                                        |                                |  |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--|----------------------|
| Geminin Adı                                                                                         |                                |  |                      |
| Su Hattı Boyu                                                                                       | L                              |  | m.                   |
| Genişlik                                                                                            | B                              |  | m.                   |
| Draft                                                                                               | T                              |  | m.                   |
| Yükseklik                                                                                           | D                              |  | m.                   |
| Ağırlık Merkezinin Düşey Yeri                                                                       | KG                             |  | m.                   |
| Blok Katsayısı                                                                                      | CB                             |  |                      |
| Deplasman                                                                                           | $\Delta$                       |  | ton                  |
| <b>HESAP PARAMETRELERİ</b>                                                                          |                                |  |                      |
| Önce GZ- $\Phi$ Eğrisi Çizilir ve Üzerinden Gerekli Değerler Okunur (Şekil E2.1,2)                  |                                |  |                      |
| Başlangıç Metasantr Yüksekliği                                                                      | GM                             |  | m.                   |
| Maksimum GZ Değeri                                                                                  | GZ <sub>max</sub>              |  | m.                   |
| GZ <sub>max</sub> Karşılık Gelen Açı Değeri                                                         | $\Phi_m$                       |  | rad.                 |
| GZ - $\Phi$ Eğrisi Altında Kalan Alan ( $0 \leq \Phi \leq \Phi_m$ )                                 | A $\Phi_m$                     |  | rad.m                |
| Stabilitenin Kaybolduğu Açı                                                                         | $\Phi_v$                       |  | rad.                 |
| GZ - $\Phi$ Eğrisi Altında Kalan Alan ( $0 \leq \Phi \leq \Phi_v$ )                                 | A $\Phi_v$                     |  | rad.m                |
| Rüzgar Basıncı                                                                                      | P                              |  | kN/m <sup>2</sup>    |
| Rüzgara Açık Yan Projeksiyon Alanı                                                                  | A                              |  | m <sup>2</sup>       |
| Rüzgar Moment Kolu [ $h \cong T + (D - T) / 1.8 - KG$ ]                                             | h                              |  | m.                   |
| Dalga Yüksekliği                                                                                    | H <sub>w</sub>                 |  | m.                   |
| Dalga Peryodu                                                                                       | T <sub>w</sub>                 |  | s.                   |
| Yalpa Peryodu                                                                                       | T <sub><math>\phi</math></sub> |  | s.                   |
| <b>HESAPLAMALAR</b>                                                                                 |                                |  |                      |
| <b>1. Kütle ve Eksü Kütle Atalet Momenti Hesabı</b>                                                 |                                |  |                      |
| GF = KG - T                                                                                         |                                |  | m                    |
| $K_1 = (B^2 + 4 * GF^2) / 12$                                                                       |                                |  | m <sup>2</sup>       |
| $I = K_1 * \Delta / 9.81$ "kütle atalet momenti"                                                    |                                |  | ton.m.s <sup>2</sup> |
| LB = L / B                                                                                          |                                |  |                      |
| TB = T / B                                                                                          |                                |  |                      |
| AK1 = - 1.020198 + 0.496011 * LB - 0.04287 * LB <sup>2</sup>                                        |                                |  |                      |
| AK2 = (5.296516 - 2.250937 * LB + 0.193563 * LB <sup>2</sup> ) * TB                                 |                                |  |                      |
| AK3 = (-7.500317 + 2.913968 * LB - 0.24222 * LB <sup>2</sup> ) * TB <sup>2</sup>                    |                                |  |                      |
| AK4 = (3.164722 - 1.284722 * LB + 0.114778 * LB <sup>2</sup> ) * CB                                 |                                |  |                      |
| AK5 = (-12.739028 + 5.332778 * LB - 0.489306 * LB <sup>2</sup> ) * TB * CB                          |                                |  |                      |
| AK6 = (17.630556 - 64.855556 * LB + 0.602778 * LB <sup>2</sup> ) * TB <sup>2</sup> * CB             |                                |  |                      |
| AK7 = (-1.991468 + 0.925 * LB - 0.085119 * LB <sup>2</sup> ) * CB <sup>2</sup>                      |                                |  |                      |
| AK8 = (7.647817 - 3.630952 * LB + 0.348214 * LB <sup>2</sup> ) * TB * CB <sup>2</sup>               |                                |  |                      |
| AK9 = (-10.456349 + 4.52381 * LB - 0.416667 * LB <sup>2</sup> ) * TB <sup>2</sup> * CB <sup>2</sup> |                                |  |                      |
| K <sub>2</sub> = AK1 + AK2 + AK3 + AK4 + AK5 + AK6 + AK7 + AK8 + AK9                                |                                |  |                      |
| J = (K <sub>2</sub> * B) <sup>2</sup> * $\Delta$ / 9.81 "eksü kütle atalet momenti"                 |                                |  | ton.m.s <sup>2</sup> |
| IJ = (I + J)                                                                                        |                                |  | ton.m.s <sup>2</sup> |

## 2. Doğrultucu Moment Kolunun Hesabı ( $GZ(\Phi) = c_0 \Phi + c_1 \Phi^3 + c_2 \Phi^5 + c_3 \Phi^7 + c_4 \Phi^9$ )

Doğrultma moment kolu eğrisi  $GZ(\Phi)$  aşağıda verildiği gibi dokuzuncu mertebeden tek dereceli polinom ile yaklaşık olarak ifade edilmiştir,

$$GZ(\Phi) = c_0 \Phi + c_1 \Phi^3 + c_2 \Phi^5 + c_3 \Phi^7 + c_4 \Phi^9$$

burada  $c_i$  katsayıları aşağıdaki şartlarla kolaylıkla hesaplanabilir

$$c_0 = GM$$

olduğundan  $c_0$  yukarıdaki denklemde yerine koyulduğunda aşağıdaki denklemler elde edilir.

$$i) \int_{\Phi=0}^{\Phi=\Phi_v} GZ(\Phi) d\Phi = A_{\Phi_v}$$

$$\frac{1}{4} \Phi_v^4 c_1 + \frac{1}{6} \Phi_v^6 c_2 + \frac{1}{8} \Phi_v^8 c_3 + \frac{1}{10} \Phi_v^{10} c_4 = A_{\Phi_v} - \frac{1}{2} GM \Phi_v^2$$

$$ii) GZ(\Phi_m) = GZ_{\max}$$

$$\Phi_m^3 c_1 + \Phi_m^5 c_2 + \Phi_m^7 c_3 + \Phi_m^9 c_4 = GZ - GM \Phi_m$$

$$iii) GZ(\Phi_v) = 0$$

$$\Phi_v^3 c_1 + \Phi_v^5 c_2 + \Phi_v^7 c_3 + \Phi_v^9 c_4 = -GM \Phi_v$$

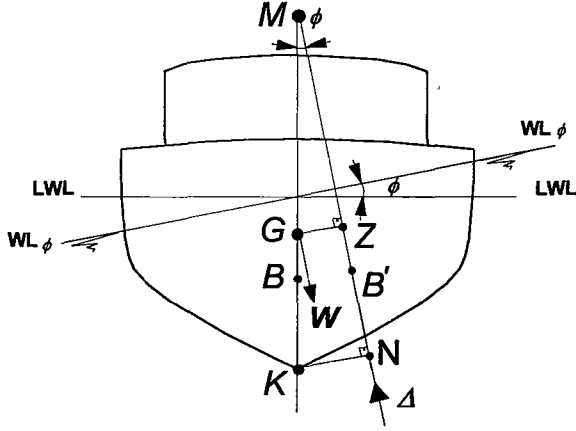
$$iv) \left. \frac{dGZ(\Phi)}{d\Phi} \right|_{\Phi=\Phi_m} = 0$$

$$3\Phi_m^2 c_1 + 5\Phi_m^4 c_2 + 7\Phi_m^6 c_3 + 9\Phi_m^8 c_4 = -GM$$

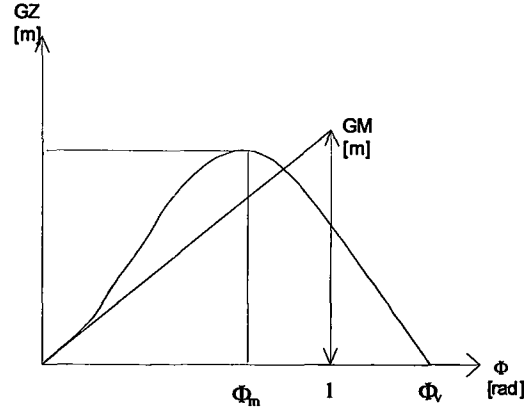
$c_1, c_2, c_3, c_4$  katsayıları yukarıdaki denklemlerden kolaylıkla hesaplanır.

|                                                                                                               |         |                                            |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------------------------------|----------------------|
| $c_1 =$                                                                                                       | $c_2 =$ | $c_3 =$                                    | $c_4 =$              |
| $C_{11} = \Delta * GM$                                                                                        |         |                                            | ton.m                |
| $C_{22} = \left[ \frac{c_1 \Phi_v^3 + c_2 \Phi_v^5 + c_3 \Phi_v^7 + c_4 \Phi_v^9}{\Phi_v^3} \right] * \Delta$ |         |                                            | ton.m                |
| <b>3. Maksimum Dalgı Momenti</b> $E_1$                                                                        |         |                                            |                      |
| $\lambda = 9.81 * T_w^2 / (2 * \pi)$                                                                          |         |                                            | m                    |
| $E_1 = \pi * \Delta * H_w * GM / \lambda$                                                                     |         |                                            | ton.m                |
| <b>4. Rüzgar Sağanağı Momenti</b> $WM_1$                                                                      |         |                                            |                      |
| $WM_1 = 1.5 * P * A * h / 9.81$                                                                               |         |                                            | ton.m.               |
| $Z_1 = E_1 + WM_1$                                                                                            |         |                                            | ton.m                |
| <b>5. Sönüm Momenti</b> $f_1(\dot{\Phi}) = B_{11} * \dot{\Phi} + B_{22} * \dot{\Phi}^2$                       |         |                                            |                      |
| $c = 0.025$                                                                                                   |         | $k = 0.001 \text{ [ton.m}^{-4}\text{s}^2]$ |                      |
| $B_{11} = c * IJ$                                                                                             | ton.m.s | $B_{22} = k * L * B^4$                     | ton.m.s <sup>2</sup> |
| <b>6. Zorlamalar İle Sönüm Momentinin Kesişim Yerinin Bulunması (Şekil E2.4)</b>                              |         |                                            |                      |
| $B_{11} * \dot{\Phi} + B_{22} * \dot{\Phi}^2 - 1.5 Z_1 = 0$                                                   |         |                                            |                      |
| $b'_1 = [-B_{11} + ((B_{11})^2 + 4 * B_{22} * (1.5 * Z_1))^{0.5}] / (2 * B_{22})$                             |         |                                            | rad/s                |
| <b>7. Zorlamalar İle Doğrultma Momentinin Kesişim Yerlerinin Bulunması (Şekil E2.3)</b>                       |         |                                            |                      |
| $a_1'$                                                                                                        | rad.    | $a_2'$                                     | rad                  |

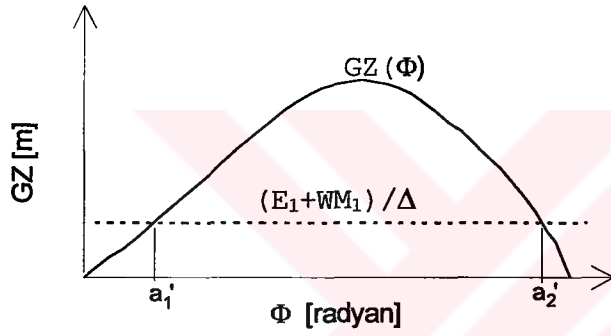
|                                                                                                                                                                                                   |   |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--------|
| <b>8. Pratik Stabilité Bölgesinin Noktalarının Bulunması (Şekil E2.5)</b>                                                                                                                         |   |        |
| <b>i) <math>P_0 (\Phi_0, \dot{\Phi}_0)</math> noktası</b>                                                                                                                                         |   |        |
| $\Phi_0$                                                                                                                                                                                          | 0 | rad    |
| $\dot{\Phi}_0 = [(b'_1)^2 + 3 Z_1 a'_1 / (I+J)]^{0.5}$                                                                                                                                            |   | rad/s. |
| <b>ii) <math>P_1 (\Phi_1, \dot{\Phi}_1)</math> noktası</b>                                                                                                                                        |   |        |
| $\Phi_1$ aşağıdaki denklemin en küçük pozitif kökü olarak alınır.                                                                                                                                 |   |        |
| $\int_0^{\Phi_1} g_1(\Phi) d\Phi + \frac{1}{2} Z_1 \Phi_1 - \frac{3}{2} Z_1 a'_1 = 0$ , burada $g_1(\Phi) = \Delta GZ(\Phi)$                                                                      |   |        |
| alınır ve herhangi bir iterasyon yöntemi ile denklemin kökü kolaylıkla bulunur.                                                                                                                   |   |        |
| $\Phi_1$                                                                                                                                                                                          |   | rad    |
| $\dot{\Phi}_1 = b'_1$                                                                                                                                                                             |   | rad/s  |
| <b>iii) <math>P_2 (\Phi_2, \dot{\Phi}_2)</math> noktası</b>                                                                                                                                       |   |        |
| $\Phi_3 = \Phi_V$                                                                                                                                                                                 |   | rad    |
| $\Phi_2 = \Phi_1 + [C_{11} * (\Phi_3^2 - \Phi_1^2) / 2 - C_{22} * (\Phi_3^4 - \Phi_1^4) / 4] / Z_1 - (b'_1)^2 * IJ / (2 * Z_1)$                                                                   |   |        |
| $\Phi_2$ bulunmasında aşağıdaki durumlar ortaya çıkabilir :                                                                                                                                       |   |        |
| a) $\Phi_2 < \Phi_1$ ise "Pratik stabilite bölgesi oluşmaz ve bu durumda sönüm yetersizdir "                                                                                                      |   |        |
| b) $\Phi_2 > \Phi_3$ ise "( $P_1 P_2$ ) eğrisi üçüncü bölgeyi de kapsar ve III. bölge oluşmaz". Bu durumda II. bölgenin sınırını bulmak gerekir yani $\dot{\Phi}_2 = 0$ alarak $\Phi'_2$ bulunur. |   |        |
| $V_2 = 0.5(b'_1)^2 + \frac{\int_0^{\Phi_1} g_1(\Phi) d\Phi - Z_1 \Phi_1}{I+J} \rightarrow V_2 - \frac{\int_0^{\Phi} g_1(\Phi) d\Phi + Z_1 \Phi}{I+J} = 0$                                         |   |        |
| Yukarıdaki denklemin kökü $\Phi'_2$ olarak alınır.                                                                                                                                                |   |        |
| c) $\Phi_1 < \Phi_2 < \Phi_3$ ise $\dot{\Phi}_2 = \sqrt{\frac{2 \int_{\Phi_2}^{\Phi_3} g_1(\Phi) d\Phi}{I+J}}$                                                                                    |   |        |
| $\Phi_2 =$                                                                                                                                                                                        |   | rad    |
| $\dot{\Phi}_2 =$                                                                                                                                                                                  |   | rad/s  |
| <b>iv) <math>P_3 (\Phi_3, \dot{\Phi}_3)</math> noktası</b>                                                                                                                                        |   |        |
| $\Phi_3 = \Phi_V$                                                                                                                                                                                 |   | rad.   |
| $\dot{\Phi}_3 = 0$                                                                                                                                                                                |   | rad/s. |
| <b>9. <math>\Phi_{m_r}</math> Kriteri</b>                                                                                                                                                         |   |        |
| $\Phi_{m_r} = [WM_1 + (WM_1^2 + 5 * \Delta * GM * E_1 * T_\Phi / 12)^{0.5}] / (5 * \Delta * GM / 6)$                                                                                              |   | rad    |
| $\Phi_m < \Phi_{m_r}$ ise "mevcut $\Phi_m$ yetersizdir"                                                                                                                                           |   |        |
| <b>10. <math>GM_r</math> Kriteri</b>                                                                                                                                                              |   |        |
| $GM_r = 1.89 * [(E_1 + WM_1)^2 * C_{22}]^{1/3} / \Delta$                                                                                                                                          |   | m.     |
| $GM > GM_r$ ise "mevcut GM yeterlidir"                                                                                                                                                            |   |        |



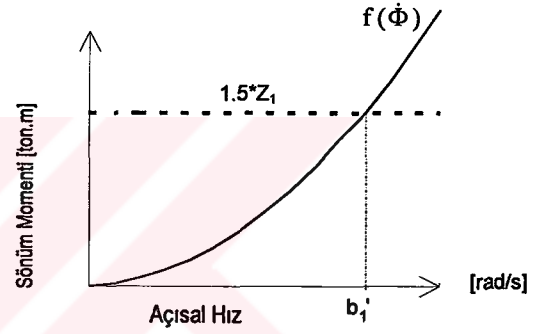
Şekil E2.1 Meyilli bir geminin geometrik özellikleri



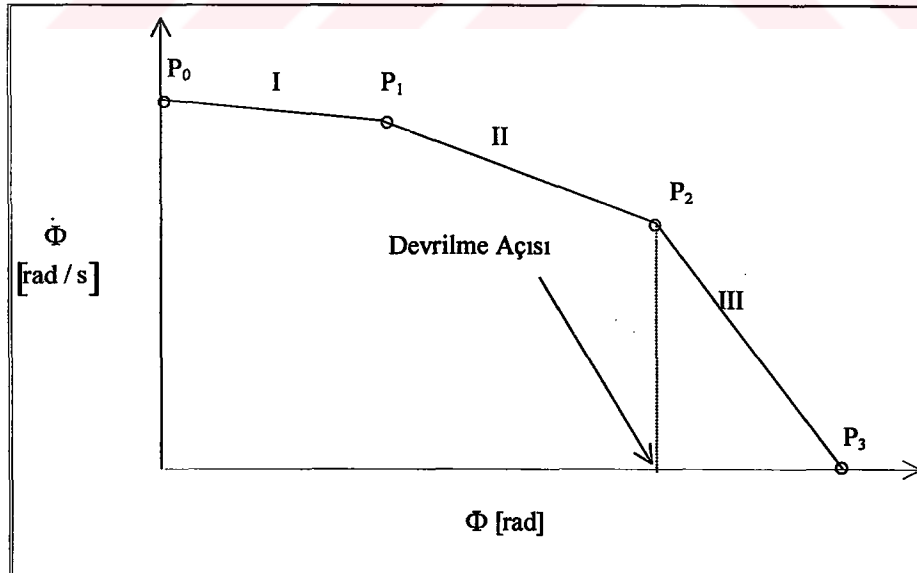
Şekil E2.2 GZ-Φ eğrisi



Şekil E2.3 Doğrultma momenti ve zorlamalar



Şekil E2.4 Sönüm momenti ve zorlamalar



Şekil E2.5 Pratik stabilite bölgesi

**ÖZGEÇMİŞ**

**Doğum tarihi** 15.09.1970

**Doğum yeri** Tirebolu

**Lise** 1984 - 1987 Şişli Endüstri Meslek Lisesi  
Elektronik Bölümü

**Lisans** 1987 - 1991 İstanbul Teknik Üniversitesi  
Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi  
Deniz Bilimleri Bölümü

**Yüksek Lisans Enstitüsü** 1992 - 1994 Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri  
Gemi İnşaatı Mühendisliği Anabilim Dalı

**Doktora Enstitüsü** 1994 - 1998 Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri  
Gemi İnşaatı Mühendisliği Anabilim Dalı

**Çalıştığı Kurumlar**

**Mühendisi** 1991 - 1992 Fransız Loydu (Bureau Veritas), Kontrol  
1993 - Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi  
Gemi İnşaatı Mühendisliği Bölümü  
Araştırma Görevlisi

**Diğer**

**Medeni Hal** Evli ve bir çocuk babası

**Yabancı Dil** İngilizce