

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

MEGA YATLARDA YUMRUBAŞ UYGULAMALARI

MURAT KARABULUT

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNELERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

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

İSTANBUL, 2011

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MEGA YATLARDA YUMRUBAŞ UYGULAMALARI

Murat KARABULUT tarafından hazırlanan tez çalışması 29.07.2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Ahmet Dursun ALKAN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Eş Tez Danışmanı

Prof. Dr. Abdi KÜKNER

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof.Dr.Ahmet Dursun ALKAN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof.Dr. Abdi KÜKNER

İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Ali Fuat GÜNERİ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd.Doç. Dr. Ali Volkan AKKAYA

Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu çalışmada mega yatlarda yumrubaş formu kullanımının önemi vurgulanmaya çalışılmıştır. Yumrubaş formu kullanımı ile, azalan direnç değerleri ve buna paralel olarak daha az yakıt tüketimleri oluşması beklenmektedir.

Çalışmalarım sırasında yardımlarını ve yönlendirmelerini esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Abdi KÜKNER Bey'e, hayatım boyunca maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen aileme, kısıtlı zamanımız da dahi fedakarlıklarını asla unutmayacağım sevgili nişanlım Emine YAVUZCAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran, 2011

Murat KARABULUT

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vi
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xiii
ABSTRACT	xiv
BÖLÜM 1.....	1
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı.....	4
1.3 Bulgular	5
BÖLÜM 2.....	6
MATEMATİKSEL İNCELEME.....	6
2.1 Direnç ve Bileşenleri.....	6
2.2 Dalga Direnci.....	8
2.3 Gemi Dalga Sistemleri	9
2.4 Yumrubaş.....	18
2.5 Yumrubaş-Direnç Etkileşimi	19
2.6 Yumrubaş Dizayn Yöntemleri.....	21
BÖLÜM 3.....	26
TEKNE FORMU ve YUMRUBAŞLI FORMLAR.....	26
3.1 Tekne Formu	26
3.2 Yumrubaş Formları	29
3.2.1 Nabla (∇) Kesitli Yumrubaş Formları	34
3.2.2 Delta (Δ) Kesitli Yumrubaş Formları.....	40
3.2.3 Dairesel-Eliptik (O) Kesitli Yumrubaş Formları.....	45
BÖLÜM 4.....	52
YUMRUBAŞIN DİRENCE ETKİSİ.....	52

4.1	Holtrop-Mennen Direnç Tahmin Yönteminde Yumrubaşın Direnç Üzerindeki Etkisi	52
4.2	Direnç Açısından Etkin Yumrubaşların Seçimi.....	55
4.2.1	Nabla (∇) Kesitli Etkin Yumrubaşların Seçimi.....	56
4.2.2	Delta (Δ) Kesitli Etkin Yumrubaşların Seçimi	59
4.2.3	Dairesel-Eliptik (O) Kesitli Etkin Yumrubaşların Seçimi	62
4.3	Direnç Açısından Etkin Yumrubaşların Kıyaslanması	66
4.3.1	Nabla (∇) Kesitli Etkin Yumrubaşların Kıyaslanması.....	66
4.3.2	Delta (Δ) Kesitli Etkin Yumrubaşların Kıyaslanması.....	70
4.3.3	Dairesel-Eliptik (O) Kesitli Etkin Yumrubaşların Kıyaslanması	75
4.4	Servis Hızında Etkin Olan Yumrubaşların Kıyaslanması	80
4.5	Yumrubaş Boyunun Direnç Üzerindeki Etkisi	82
4.6	Yumrubaş Kesit Genişliğinin Direnç Üzerindeki Etkisi	87
BÖLÜM 5.....		92
YUMRUBAŞIN STABİLİTEYE ETKİSİ		92
5.1	Yumrubaşın Enine Stabiliteye Etkisi	92
5.2	Yumrubaşın Boyuna Stabiliteye Etkisi (Trim)	96
BÖLÜM 6.....		100
YUMRUBAŞIN DENİZCİLİĞE ETKİSİ		100
BÖLÜM 7.....		104
YUMRUBAŞIN TEKNE FORMUNA DİĞER ETKİLERİ		104
BÖLÜM 8.....		105
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....		105
KAYNAKLAR		110
ÖZGEÇMİŞ		112

SİMGE LİSTESİ

A_{BL}	Baş kaimeden itibaren yumrubaş yanıl alanı
A_{BT}	Yumrubaş baş kaime üzerindeki en kesit alanı
A_{MS}	Gemi ortası kesit alanı
A_{WP}	Su hattı alanı
α_e	Giriş açısı
B_B	Yumrubaş baş kaime üzerindeki genişliği
BM	Metasantr yarıçapı
B_{MS}	Gemi ortası genişliği
B_{WL}	Su hattı maksimum genişliği
C_{ABL}	Yanal alan parametresi
C_{ABT}	Kesit alanı parametresi
C_B	Blok katsayısı
C_{BB}	Genişlik parametresi
C_F	Sürtünme direnç katsayısı
C_{LPR}	Boy parametresi
C_M	Orta kesit alan katsayısı
C_{VPR}	Hacimsel parametre
C_P	Prizmatik katsayı
C_R	Artık direnç katsayısı
C_T	Toplam direnç katsayısı
C_{WP}	Su hattı alanı katsayısı
C_{ZB}	Derinlik parametresi
D	Gemi derinliği
Δ	Delta kesitli yumrubaşların ifadesi
δC_R	Artık direnç katsayısı kazancı
δC_T	Toplam direnç katsayısı kazancı
δR_T	Toplam direnç kazancı
Fn	Boyutsuz Froude katsayısı
g	Yer çekimi ivmesi (9,81 m/s ²)
GM	Metasantr yüksekliği
GZ	Doğrultma momenti kolu
h_B	Baş kaimedeki yumrubaş kesit alan merkezinin yüksekliği
H_B	Baş kaimedeki yumrubaş kesitinin maksimum yüksekliği
k	Form faktörü
KB	Kaide hattından sephiye merkezi yüksekliği
KG	Tekne ağırlık merkezinin kaide hattından yüksekliği

KM	Kaide hattından metasantr yüksekliği
L, L_{WL}	Gemi su hattı boyu
L_B	Baş kaimesden itibaren yumrubaş boyu
L_{BP}	Kaimeler arası boy
LCB	Sephiye merkezinin boyuna konumu
LCF	Yüzme noktasının boyuna konumu
L_{OA}	Gemi tam boyu
L_{WL}	Gemi su hattı boyu
λ	Dalga boyu
MTC	1 cm trim momenti
n	Bir sayı
∇	Nabla kesitli yumrubaşların ifadesi
∇_{PR}	Baş kaimesden itibaren yumrubaşın hacmi
∇_{WL}	Baş kaimeye kadar teknenin hacmi
O	Dairesel-eliptik kesitli yumrubaşların ifadesi
P	Basınç
P_E	Efektif güç
π	Pi sayısı
R_A	Gemi-model korelasyon direnci
R_{APP}	Takıntıların direnci
R_B	Yumrubaşın su yüzeyinde oluşturduğu ilave basınç direnci
R_F	Levha sürtünme direnci
Rn	Reynolds sayısı
R_R	Artık direnç
R_T	Toplam direnç
R_{Tr}	Ayna kırım ilave basınç direnci
R_V	Viskoz direnç
R_W	Dalga direnci
ρ	Yoğunluk
S, WSA	Islak yüzey alanı
T	Su çekimi, draft
T_{FP}	Baş kaimesdeki su çekimi
TPC	1 cm batma tonajı
V	Gemi hızı
Z_B	Kaide hattından itibaren yumrubaşın en uç noktasının derinliği

KISALTMA LİSTESİ

CFD	Computational Fluid Dynamics
ITTC	The International Towing Tank Conference
LY2	The Large Commercial Yacht Code
MCA	Maritime and Coastguard Agency
USS	United States Ship

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 USS Delaware Genel Planı (İlk yumrubaş uygulaması) [4].....	2
Şekil 2.1 Toplam Direncin Bileşenleri (Schneekluth ve Bertram [5])	6
Şekil 2.2 Yumrubaşsız (solda) ve yumrubaşlı (sağda) bir motoryata ait model deneyi enasasında gözlemlenen dalga oluşumları, $F_n = 0.55$ (Oossanen vd. [7]).....	8
Şekil 2.3 Yumrubaş optimizasyonundan önce (altta) ve sonra (üstte) 47 metre bir motoryatta dalga oluşumu (Oossanen vd. [7]).....	8
Şekil 2.4 Direnç Bileşenlerinin Hıza Bağlı olarak Toplam Direnç İçindeki Oranları (Kafalı [8])	9
Şekil 2.5 Kelvin Dalgaları (Bertram [9])	10
Şekil 2.6 İki Hareketli basınç noktalı gemi basit dalga sistemi (Carlton [11])	11
Şekil 2.7 Uçları sivriltilmiş Wigley formunda dalga sistemleri (Lewis [12]).....	12
Şekil 2.8 Boyutsuz dalga direnci katsayısı ile enine ve diyagonal bileşenlerinin değişik Froude sayılarındaki değişimi (Lewis [12])	13
Şekil 2.9 Ticaret gemilerinde (a)aynı ve (b)farklı fazdaki baş ve kık dalgalarının girişimi (Carlton [11])	15
Şekil 2.10 Baş ve kık dalgaların girişimi (Rawson ve Tupper [14])	16
Şekil 2.11 Dalga direncindeki dalgalanmalar (Carlton [11]).....	17
Şekil 2.12 Yumrubaş tipleri (Kracht [15]).....	19
Şekil 2.13 Yumrubaşın Efektif Güce etkisi (Carlton [11]).....	20
Şekil 2.14 Normal Baş ve Yumrubaş Dalgaları (Dudszus ve Danckwardt [16]).....	21
Şekil 2.15 Kracht yumrubaş genişlik parametresi (Kracht [15]).....	22
Şekil 2.16 Kracht yumrubaş boy parametresi (Kracht [15]).....	23
Şekil 2.17 Kracht yumrubaş derinlik parametresi (Kracht [15]).....	23
Şekil 2.18 Kracht yumrubaş kesit alanı parametresi (Kracht [15]).....	23
Şekil 2.19 Kracht yumrubaş yanıl alan parametresi (Kracht [15]).....	24
Şekil 2.20 Kracht yumrubaş volumetrik parametresi (Kracht [15]).....	24
Şekil 2.21 Kracht yumrubaş dizayn ölçütleri (Kracht [15]).....	25
Şekil 3.1 75 metre mega yat endaze planı (Ana form)	28
Şekil 3.2 Yumrubaş boylarının ve notasyonlarının gösterimi.....	31
Şekil 3.3 Baş kaimedeki yumrubaş kesit genişlikleri ve notasyonları gösterimi	32
Şekil 3.4 Yumrubaşın burun diye tabir edilen uç kısmının gösterimi ve notasyonu...33	
Şekil 3.5 Nabla (∇) kesitli yumrubaş formları – Tip : Nabla(∇)-1up-xi	35
Şekil 3.6 Nabla (∇) kesitli yumrubaş formları – Tip : Nabla(∇)-2up-xi	36
Şekil 3.7 Nabla (∇) kesitli yumrubaş formları – Tip : Nabla(∇)-1dwn-i	37
Şekil 3.8 Nabla (∇) kesitli yumrubaş formları – Tip : Nabla(∇)-3up-i.....	38
Şekil 3.9 Nabla (∇) kesitli yumrubaş formları – Tip : Nabla(∇)-3up-xi	39

Şekil 3.10	Delta (Δ) kesitli yumrubaş formları – Tip : Delta(Δ)-1dwn-i.....	41
Şekil 3.11	Delta (Δ) kesitli yumrubaş formları – Tip : Delta(Δ)-2up.....	42
Şekil 3.12	Delta (Δ) kesitli yumrubaş formları – Tip : Delta(Δ)-3dwn.....	43
Şekil 3.13	Delta (Δ) kesitli yumrubaş formları – Tip : Delta(Δ)-3up.....	44
Şekil 3.14	Dairesel-eliptik kesitli yumrubaş formları – Tip : OE-1up-xi.....	46
Şekil 3.15	Dairesel-eliptik kesitli yumrubaş formları – Tip : OE-2up-xi.....	47
Şekil 3.16	Dairesel-eliptik kesitli yumrubaş formları – Tip : OE-3up-xi.....	48
Şekil 3.17	Dairesel-eliptik kesitli yumrubaş formları – Tip : Oval-2up-i.....	49
Şekil 3.18	Dairesel-eliptik kesitli yumrubaş formları – Tip : Oval-3dwn-i.....	50
Şekil 3.19	Dairesel-eliptik kesitli yumrubaş formları – Tip : Oval-3up-i.....	51
Şekil 4.1	Nabla (∇) kesitli yumrubaş formlarında 12 knot seyir hızında artık direnç katsayıları	57
Şekil 4.2	Nabla (∇) kesitli yumrubaş formlarında 14 knot seyir hızında artık direnç katsayıları	57
Şekil 4.3	Nabla (∇) kesitli yumrubaş formlarında 16 knot seyir hızında artık direnç katsayıları	58
Şekil 4.4	Nabla (∇) kesitli yumrubaş formlarında 18 knot seyir hızında artık direnç katsayıları	58
Şekil 4.5	Delta (Δ) kesitli yumrubaş formlarında 12 knot seyir hızında artık direnç katsayıları	60
Şekil 4.6	Delta (Δ) kesitli yumrubaş formlarında 14 knot seyir hızında artık direnç katsayıları	60
Şekil 4.7	Delta (Δ) kesitli yumrubaş formlarında 16 knot seyir hızında artık direnç katsayıları	61
Şekil 4.8	Delta (Δ) kesitli yumrubaş formlarında 18 knot seyir hızında artık direnç katsayıları	61
Şekil 4.9	Dairesel-Eliptik (O) kesitli yumrubaş formlarında 12 knot seyir hızında artık direnç katsayıları	64
Şekil 4.10	Dairesel-Eliptik (O) kesitli yumrubaş formlarında 14 knot seyir hızında artık direnç katsayıları	64
Şekil 4.11	Dairesel-Eliptik (O) kesitli yumrubaş formlarında 16 knot seyir hızında artık direnç katsayıları	65
Şekil 4.12	Dairesel-Eliptik (O) kesitli yumrubaş formlarında 18 knot seyir hızında artık direnç katsayıları	65
Şekil 4.13	Nabla (∇) kesitli etkin yumrubaşlarda artık direnç katsayısı kazançları (δC_R)	69
Şekil 4.14	Nabla (∇) kesitli etkin yumrubaşlarda toplam direnç katsayısı kazançları (δC_T)	69
Şekil 4.15	Nabla (∇) kesitli etkin yumrubaşlarda toplam direnç kazançları (δR_T)	70
Şekil 4.16	Delta (Δ) kesitli etkin yumrubaşlarda artık direnç katsayısı kazançları (δC_R)	73
Şekil 4.17	Delta (Δ) kesitli etkin yumrubaşlarda toplam direnç katsayısı kazançları (δC_T)	74
Şekil 4.18	Delta (Δ) kesitli etkin yumrubaşlarda toplam direnç katsayısı kazançları (δR_T)	74
Şekil 4.19	Dairesel-Eliptik (O) kesitli etkin yumrubaşlarda artık direnç katsayısı kazançları (δC_R)	78
Şekil 4.20	Dairesel-Eliptik (O) kesitli etkin yumrubaşlarda toplam direnç katsayısı kazançları (δC_T)	79

Şekil 4.21	Dairesel-Eliptik (O) kesitli etkin yumrubaşlarda toplam direnç kazançları (δR_T)	79
Şekil 4.22	Seyir hızında etkin olan yumrubaşlarda artık direnç katsayısı kazançları (δC_R)	80
Şekil 4.23	Seyir hızında etkin olan yumrubaşlarda toplam direnç katsayısı kazançları (δC_T)	81
Şekil 4.24	Seyir hızında etkin olan yumrubaşlarda toplam direnç kazançları (δR_T).....	81
Şekil 4.25	Nabla (∇) kesitli yumrubaşlarda, yumrubaş boyuna bağlı artık direnç katsayısı kazançları (δC_R).....	85
Şekil 4.26	Nabla (∇) kesitli yumrubaşlarda, yumrubaş boyuna bağlı toplam direnç katsayısı kazançları (δC_T).....	85
Şekil 4.27	Nabla (∇) kesitli yumrubaşlarda, yumrubaş boyuna bağlı toplam dirençte kazançlar (δR_T)	86
Şekil 4.28	Yumrubaş kesit genişliğine bağlı artık direnç katsayısı kazançları (δC_R) ...	89
Şekil 4.29	Yumrubaş kesit genişliğine bağlı toplam direnç katsayısı kazançları (δC_T)	90
Şekil 4.30	Yumrubaş kesit genişliğine bağlı toplam direnç kazançları (δR_T)	90
Şekil 5.1	Pozitif başlangıç stabilitesinin en kesit üzerinde gösterimi.....	93
Şekil 5.2	Omurga hattından itibaren metasantr yüksekliklerinin (KM), ana tekne formu ve eliptik kesitli yumrubaş formu için (OE-3up-xi) trimli ve trimsiz durumlarda değişimi	94
Şekil 5.3	1200-1500 ton deplasman aralığında hasarsız durum limit (sınır) KG değerleri	95
Şekil 5.4	Eliptik kesitli bir yumrubaşın boyuna bağlı olarak mega yat formuna ait LCB değeri üzerindeki etkisi	97
Şekil 5.5	Kıç trimli durumda yumrubaşın su üstüne çıkması.....	98
Şekil 8.1	Direnç açısından en fazla kazanç gösteren yumrubaş tipi – ‘Oval-2up-i’	107
Şekil 8.2	Hız bakımından en erken kazanca geçen yumrubaş tipi – ‘Delta(Δ)-1dwn-i’	107
Şekil 8.3	Denizcilik açısından mega yatlara uygun yumrubaş tipi – ‘Nabla(∇)-1up-xi’	108

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Savaş ve ticaret gemilerinde n ve Fn değerleri (Carlton [11]).....	18
Çizelge 3.1 Mega yat ana form hidrostatik boyutları.....	27
Çizelge 3.2 Yumrubaş boylarının su hattına boyuna bağlı gösterimi.....	31
Çizelge 4.1 Nabla (∇) kesitli yumrubaşların artık direnç katsayıları karşılaştırması ..	56
Çizelge 4.2 Delta (Δ) kesitli yumrubaşların artık direnç katsayıları karşılaştırması ..	59
Çizelge 4.3 Dairesel-Eliptik (O) kesitli yumrubaşların artık direnç katsayıları karşılaştırması ..	62
Çizelge 4.4 Nabla (∇) kesitli etkin yumrubaş tiplerinde direnç analizi sonuçları.....	66
Çizelge 4.5 Delta(Δ) kesitli etkin yumrubaş tiplerinde direnç analizi sonuçları	71
Çizelge 4.6 Dairesel-Eliptik (O) kesitli etkin yumrubaş tiplerinde direnç analizi sonuçları	75
Çizelge 4.7 Yumrubaş boylarına göre direnç değerleri ve direnç kazançları.....	83
Çizelge 4.8 Yumrubaş kesit genişliklerine göre direnç değerleri ve direnç kazançları	88

MEGA YATLARDA YUMRUBAŞ UYGULAMALARI

Murat KARABULUT

Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet Dursun ALKAN

Eş Danışman: Prof. Dr. Abdi KÜKNER

Artan yakıt maliyetlerine paralel olarak, gemi inşaa sanayinde gemi direncini azaltmak maksadıyla yapılan gemi formu üzerindeki modifikasyonlar hızla önem kazanmaktadır. Bu yöntemler arasında en etkililerinden biri olan yumrubaş uygulamaları, gemi direncini azaltmak maksadıyla uygulandığı gibi, aynı zamanda daha süratli gitmek maksadıyla da kullanılabilir.

Yumrubaş uygulamalarında mega yatlar, ticari gemilere göre uygulanma sıklıklarına bakıldığında arka planda kalmıştır. Bu durumun esas nedeni, magayatların lüksü ve konforu simgelemelerinden, bu tarz ekonomik araştırmaların yapılması esas isteklerin gerisinde kalmasıdır.

Sunulan bu çalışmada, çeşitli yumrubaş formları, seçilen ana mega yat formuna uygulanmıştır. Daha sonra bu formlar, direnç yönünden Holtrop-Mennen güç tahmin yöntemine göre detaylı olarak incelenmiştir. Bir sonraki aşamada, yumrubaşların mega yatlarda, stabiliteye ve denizciliğe olan etkileri tartışılmıştır. Ayrıca, yumrubaş uygulamalarının tekne formuna getirdiği diğer faydalardan bahsedilmiştir.

Çalışma neticesinde mega yatlarda yumrubaş seçimi sırasında direnç yönüyle birlikte; yumrubaşların denizcilik ve stabiliteye olan etkileri de göz önünde bulundurularak seçim yapılması ön görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Mega yat, süper yat, yumrubaş, balb

ABSTRACT

BULBOUS BOW APPLICATIONS FOR MEGA YACHTS

Murat KARABULUT

Department of Naval Architecture and Marine Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Prof. Dr. Ahmet Dursun ALKAN

Co-Advisor: Prof. Dr. Abdi KÜKNER

Corresponding to the incremental fuel costs, modifications on the hull form for decreasing the hull resistance comes into question in the ship building industry. One of these modifications is the application of bulbous bows which are used for decreasing the hull resistance and also for increasing the hull's speed.

Bulbous bow applications for mega yachts respect to merchant ships keep in the background in the practice field. The main reason of this fact is that due to mega yachts symbolize luxury and comfort, this type of economical researches take part behind the main demands.

In this study, various types of bulbous bows are applied to main mega yacht hull form. After, these forms are examined in details by using the Holtrop-Mennen power prediction method. In the next process, the effects of bulbous bows to stability and seakeeping in mega yachts are discussed. Moreover, benefits of bulbous bow applications on mega yachts are mentioned.

As a result of this study, while deciding the bulbous bow type on mega yachts in the early design stages, effects to stability and to seakeeping need to be taken into account along with the resistance effect.

Key words: Mega yachts, super yachts, bulbous bow, bulb

YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE

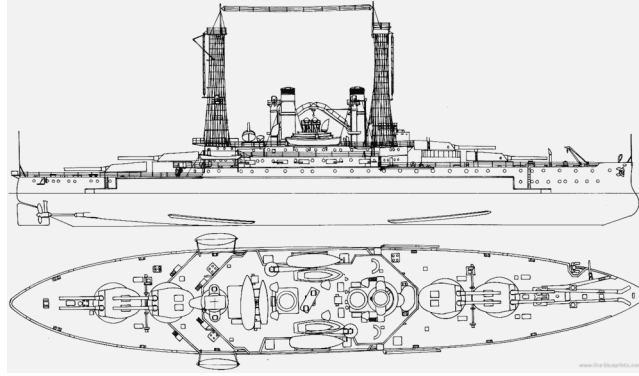
1.1 Literatür Özeti

Mega yatlarda yumrubaş kullanımı üzerine bir literatür araştırması yaptığımızda, ülkemizde bu konuda yapılmış bir yayın veya benzeri bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yumrubaşlar üzerine yapılan en önemli çalışmalar, yük gemileri, tankerler gibi ticari gemi formları üzerine yapılmıştır (Kafalı [2]). Bu çalışmaların birçoğuna Prof. Dr. Kemal KAFALI imza atmıştır. Yumrubaşlar üzerine daha detaylı ve pratik bilgiler kendisinin kitabı olan “Gemi Formunun Hidrodinamik Dizaynı” adlı eserden elde edilebilir.

Yumrubaşların tarihsel olarak gelişimine bakıldığında; tekneler üzerine ilk yumrubaşa benzer çıkıntılar Romalılar zamanında savaş gemilerinin kış kısımlarında görülmektedir (Lane [3]). Bu çıkıntılarının gerçek amacı ise, düşman gemilerine çarparak batırmaktır. Direnç anlamında yumrubaş kullanma fikri, R.E. Froude tarafından, torpido botuna torpido kovanı (yuvası) yerleştirilmesi sırasında bu kovanın baş tarafına dalga azaltıcı etki vermesi ile ortaya çıkmıştır. Gerçek bir yumrubaşı ilk ortaya koyan kişi ise de D.W. Taylor olmuştur. 1907 yılında Amerikan savaş gemisi USS Delaware’a ilk bilinen yumrubaş uygulamasını yapmış ve bu geminin sevk performansını artırmıştır (Lane [3]). Bu geminin profil ve genel plan görünümü Şekil 1.1’de gösterilmiştir. Bu tarihten itibaren, yumrubaşların gemilerin sevkine etkileri üzerine olan çalışmalar sıklaşmaya başlamıştır.

1920’li yıllarda ise Alman gemi mühendisleri dikey başları (balta baş) omurga üzerinden biraz şişirerek, bunları savaş gemilerinde kullanmışlardır. 1950’li yıllarda ise baş taraf su hattının biraz altından içeri oyuk şekilde aşağı doğru genişleyen yumrubaş formları kullanılarak; yumrubaş formları biraz daha gemi önüne uzanmıştır. Bu

yumrubaş formatı özellikle 0,15-0,20 Froude sayıları aralığında başarılı bulunmuştur. Aynı fikir daha da ileriye götürülerek günümüzde kullandığımız, baş tarafa doğru çıkıntı yapan yumrubaş formları oluşturulmuştur. Gemilerin baş kısmında gövdeden ileriye doğru çıkıntı yapan bu tip formlar, günümüzün modern yumrubaş formlarını temsil etmektedir. Bu tip yumrubaşlar çalışmamızın ilerleyen safhalarında göstereceğimiz gibi özellikle 12 knot civarı ve üzeri hızlarda mega yat formlarında etkili olmaktadır.



Şekil 1.1 USS Delaware Genel Planı (İlk yumrubaş uygulaması) [4]

Yumrubaşlar üzerine ilk yayınlanan çalışmalar Taylor (1923) ve Bragg (1930) tarafından yapılan testlerdir. Bu testler sistemli olarak, çeşitli tekne formları üzerinde Taylor yumrubaşları uygulanarak tamamlanmıştır. Bu tarihlerden kısa bir süre sonra, 1935 yılında Weinblum ve 1936 yılında Wigley linearize edilmiş dalga direnci teorisi üzerine çalışmaya başlamışlardır. Bu teori yumrubaşın nasıl çalıştığı hakkında bir fikir vermeye başlamasına rağmen; elimizde olan bir form için nasıl bir yumrubaş dizayn edileceği hakkında bilgi verememekteydi. Aynı yıl içinde Wigley, yumrubaşlar üzerine ilk teorik çalışma sayılabilecek; tekne formuna yumrubaşların ilavesinin getirdiği pratik yararları ve yumrubaşların nasıl dalga direncinin düşürdüğünü yayınladı. Bu çalışmada Wigley, yumrubaşı küresel olarak ele almış ve yüzey üzerindeki akış ivmelenmesi beraberinde su yüzeyinde düşük basınç indüklenmesini getirmiştir. Bu düşük basınç alanı baş basınç dalgası ile etkileşerek; baş dalgasını yok etmeye veya azaltmaya çalışmıştır. Wigley bu çalışmasında yararlı yumrubaş sınırını Froude sayısına göre sınırlandırmış ve $0,238 \leq F_n \leq 0,563$ aralığında yararlı olduğunu iddia etmiştir. Fakat daha sonradan görüleceği üzere çok daha yüksek veya düşük Froude değerlerinde de yumrubaşlar iyi sonuçlar vermiştir. Wigley'in bu çalışması daha birçok deneysel sistematik çalışmanın oluşmasına olanak tanımıştır. 1956 yılında Ferguson, 1960 yılında Inui, 1967 yılında Ferguson ve yine 1967 yılında Muntjewerf bu tip sistematik

çalışmalara imza atanlar arasındadır. Ayrıca Wigleyin çalışması, 1962 yılında Inui ve 1963 yılında Yim'in lineer dalga direnci teorisini daha detaylı incelemelerine olanak sağlamıştır.

1960'lı yıllarda yapılan en önemli çalışma Inui ve arkadaşları tarafından tamamlanmış ve çalışma sonucunda 'Inui Başı' olarak anılan, dalga yapmayan baş-tekne formu kombinasyonları ortaya çıkmıştır. Bu formlar daha çok büyük ticari gemilerde kullanılmış olup; seyir hızlarında ortalama %5 civarı yakıt tüketimini düşürmektedirler. 1969 yılında Baba, yumrubaşların diğer yararı olan dalga kırılma direncini azalttığını ifade etmiştir. Dillon ve Lewis 1955 yılında, yumrubaşların dalgalı denizlerdeki performansını ilk irdeleyenler olmuştur. Yaptıkları çeşitli seri deneylerle, yumrubaşların sakin denizlerde performansını büyük oranda artırdığını fakat dalgalı denizlerde çok da fazla iyileşme bulamamışlardır. Sonra yine ilk kez onlar yumrubaşların yalnız sakin sular için dizayn edilebileceği hipotezini savunmuşlardır.

Yumrubaşların dizaynı üzerine çeşitli çalışma girişimleri olmuştur ancak bunların hiçbiri yumrubaşın forma nasıl yerleştirileceği, yumrubaşın büyüklüğü, yeri, geometrisi vb. gibi bilgilerinin nasıl elde edileceği hakkında bilgiler içermemektedir. Inui 1962 yılında, geminin çıplak tekne formu ile yumrubaşın kendi formuna ait düzenli dalgalardaki genliklerini eşleştirerek, yumrubaş tasarımının nasıl yapılacağını yayınlamıştır. 1965 yılında Van Lammeren ve Wahab, oval kesitli yumrubaşların nasıl tasarlanacağını konusunda basit yaklaşımlarla yumrubaş kesit yarıçapının ne olması gerektiğini tanımlamışlardır. Bu yaklaşımlarında kullandıkları teori, baş tarafta oluşacak dalga sistemini minimize etmek üzerine kurulmuş bir teoridir. Yine 1967 yılında Sharma da yumrubaşların boyutlarını ve yerini gösteren bir çalışma yayınlamıştır.

1970'lere gelindiğinde, bir önceki bölümde bahsedildiği gibi 2 tane önemli yumrubaş dizayn yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemler 1974 yılında geliştirilen Yim ve 1978 yılında geliştirilen Kracht yöntemleridir. Ayrıca bu iki yöntem daha öncede bahsettiğimiz şekilde en çok kabul edilen dizayn yöntemleri olup, başlangıç dizayn aşamalarında kullanılmaları yakınsama açısından son derece uygundur.

Yumrubaşların tasarımı, bir dalga direnci problemi olduğundan, dalgaların hareketleri üzerine belirsizlikler sürdükçe yumrubaşların tasarımı konusu sürekli araştırmaya ihtiyaç duyulacak konular arasında olacaktır.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada çeşitli yumrubaş formlarının mevcut ana mega yat formuna uygulanarak, formun gösterdiği direnç incelenmeye çalışılmıştır. Gerek direnç yönünden gerekse kısıtlı da olsa denizcilik şartları göz önünde bulundurularak en uygun yumrubaş formu seçimi hedeflenmiştir.

İkinci bölümde, bu çalışmanın temelinde yatan teorik yaklaşımlara yer verilmiştir. Dalga direncinden bahsedilmiş olup, gemilerin oluşturduğu dalga sistemleri anlatılmıştır. Yumrubaşın dirence olan etkisinden ve çeşitli yumrubaş formlarından bahsedilmiştir. Ayrıca yumrubaş tasarımında kullanılan önemli dizayn yöntemleri incelenmiştir.

Seçilen ana form, 75 metre tam boya sahip bir mega yata ait olan, yarı-deplasman ve yuvarlak karinalı bir teknedir. Bu form üzerine daha sonra ileride bahsedileceği üzere 52 adet yumrubaş formu yerleştirilmiştir. Bu yumrubaş formlarından, direnç yönünden yapılan ön değerlendirme neticesinde 15 tanesi üzerinde kıyaslamaya devam edilmiştir. Yumrubaş yerleşimi sırasında daha sonrada anlatılacağı gibi teknenin sadece baş formunda oynama yapılarak uygun endaze hatlarının oluşması sağlanmıştır.

Yumrubaş formların oluşturulmasında, Maxsurf 15 ticari programı kullanılmıştır. Tüm yumrubaş formları tek yüzey üzerinde çalışılarak modellenmiştir. Ayrıca Rhinoceros programı ile gerekli bölgelerde yüzey düzgünleştirmesi (fairing) çalışması yapıp, tekrar Maxsurf programına aktarılmıştır. Bir başka deyimle, sonradan eklemeli bir yüzey kullanılmamıştır. Böylece tüm yumrubaş formlarının, özenle su hatları düzeltilmiştir. Oluşturulan tüm formların suda direnç analizleri, yine Maxsurf 15 programının modülü olan Hullspeed programında irdelenmiştir. Direnç hesaplarında, yumrubaşların dirence olan etkisini katan, Holtrop-Mennen tahmin yöntemi kullanılmıştır. Kapsamlı bir direnç analizi yapılarak, en uygun yumrubaş şekli belirlenmeye çalışılmıştır.

Ayrıca yumrubaşların boyuna (trim) ve enine stabiliteye olan etkileri incelenmiş olup, yumrubaş kullanımının stabilite açısından ne gibi sonuçlar doğuracağı belirtilmiştir.

Denizcilik üzerine ise, deneysel çalışmalardan alıntı yapılarak, hangi tip yumrubaşların denizciliğe olumlu etki yapabileceği konusunda paylaşımlarda bulunulmuştur. Zaman yetersizliğinden ve teknik imkansızlıklardan dolayı denizcilik üzerine ciddi hesaplamalar yapılamamıştır.

Sonuçlar bölümünde ise, önerilen neticelerden bahsedilmiş olup, bu çalışma üzerine daha ne gibi çalışmalar yapılabileceğinden bahsedilmiştir.

1.3 Bulgular

1990'lı yıllara kadar mega yat denilince, akla 30 metreden büyük yatlar gelirdi. Fakat 1990'lı yıllardan sonra ; mega yatların sipariş boy alt sınırı 50 metre olmuştur (Ünlüsü [1]). Dolayısıyla günümüzde mega yat denilince 50 metre ve üzerinde boya sahip tekneler akla gelmektedir. Hatta 50 metrelik boy kavramı bile çoğu zaman yetersiz kalmaktadır çünkü dünyanın önde gelen zenginleri boyları 200 metreye yaklaşan mega yatlar yaptırmak için yarışmaktadırlar. Bu tip, boyları 100 metreyi geçen ve 200 metreyi zorlayan yatlar için, '*Giga Yat*' tabiri kullanılmaktadır. Bu tip yatların bir yat mı yoksa yolcu gemisi mi olduğu ayrı bir tartışma konusudur. Boyları bu mertebelerde olan yelkenli yatların da birer mega yat olduğu unutulmamalıdır. Yapılan bu tez çalışmasında ise daha çok motor yatlardan bahsedileceğinden, yelkenli mega yatlara değinilmeyecektir.

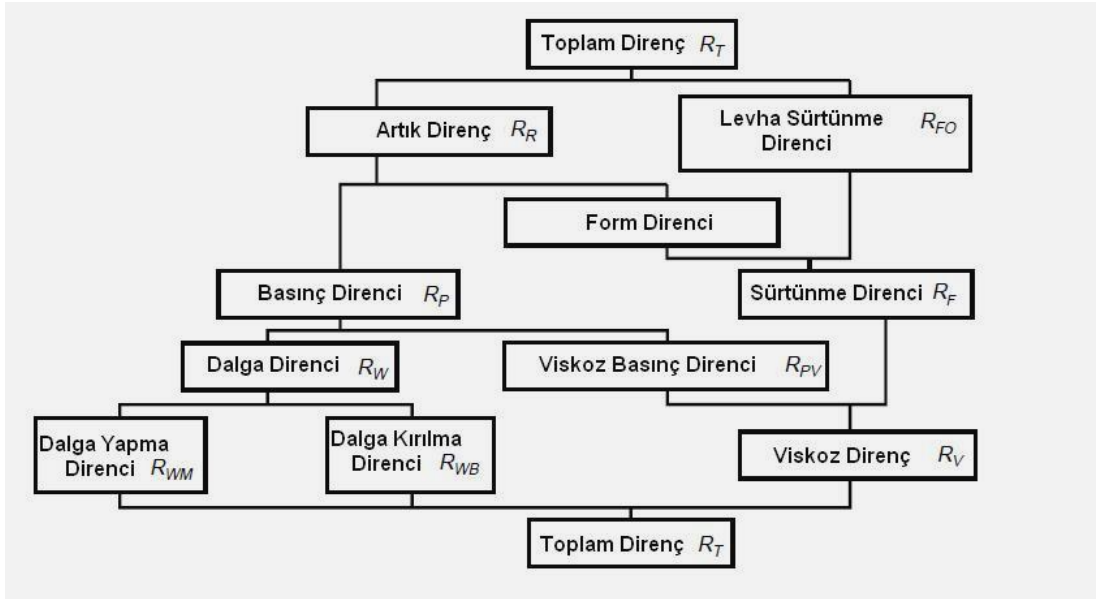
Ayrıca mega yatlar için aynı zamanda '*Süper Yat*' terimi de kullanılmaktadır. Kimi dergilerde süper yat kavramı mega yatlardan daha da uzun ya da daha da büyük gibi gösterilse de iki terimin de aynı çağrışımı yaptığı kabul edilebilir.

Sunulan bu tez çalışmasında; mega yat tabirinden kasıt, boyu 50 metreyi geçen, gerek ticari (charter) gerekse şahsi kullanıma (private) açık, interior ve exterior tasarımda lüksün sınırlarını zorlayan, üst düzey konfor gerektiren motor yatlar akla getirilmelidir.

MATEMATİKSEL İNCELEME

2.1 Direnç ve Bileşenleri

Direnç, basit bir cümle ile geminin ilerleme yönünün ters istikametinde etki eden kuvvetlerin toplamıdır. Uluslararası Model Deneyi Konferansında (ITTC) kabul edilen esaslara göre, bir geminin toplam direnci aşağıda verilen Şekil 2.1’de görüldüğü gibi çeşitli bileşenlerle tanımlanabilir.



Şekil 2.1 Toplam Direncin Bileşenleri (Schneekluth ve Bertram [5])

Toplam dirence ulaşmak, Şekil 2.1’den de görüleceği üzere iki ayrı yaklaşım ile yapılabilmektedir. Bu iki yaklaşım da doğru kabul edilmekte olup aşağıdaki gibidir:

$$R_T = R_V + R_W = (1+k) R_F + R_W \quad (2.1)$$

$$R_T = R_F + R_R \quad (2.2)$$

Burada;

R_T : Toplam direnç

R_V : Viskoz direnç

R_W : Dalga dirençleri

R_F : Levha sürtünme direnci

R_R : Artık direnç

k: Form faktörü

Yukarıdaki yaklaşımlardan ikincisi yani; levha sürtünme direnci ile artık dirençlerin toplamını veren ifade Froude yaklaşımı olarak da bilinmektedir. Günümüzde çoğu model deneyi havuzlarında ve CFD çalışmalarında bu yaklaşım kullanılarak toplam direnç elde edilmektedir. Diğer yöntemin nispeten daha az kullanılmasının nedeni, forma bağlı viskoz ve dalga dirençlerinin tahminleri günümüzde net olarak yapılamamasıdır. Fakat Froude yaklaşımında toplam direnç gerçek dirençle örtüşmektedir. Froude yaklaşımında, levha sürtünme direnç katsayısını veren ifadelerden en çok kullanılanı ITTC 1957 formülü olarak bilinen yaklaşımdır ve bilim dünyası tarafından doğru olarak kabul edilmektedir (bkz. 2.1). Model deneylerinde, önce toplam direnç bulunur, daha sonra levha sürtünme direnci ITTC 1957 formülünden bulunarak artık direnç elde edilir.

$$C_F = \frac{0,075}{(\log Rn-2)^2} \quad (2.3)$$

Gemi formunun normal bir levhaya ilaveten, formundan kaynaklı göstermiş olduğu viskoz dirençler mevcuttur. İlk yaklaşımda gözüken form faktörü (k) de, levha sürtünme direncinden viskoz direnci elde etmek için kullanılmakta olup, genellikle ampirik formüllerle hesaplanır. Eğer model deneyi ile hesaplanmak istenirse, çift gövde analizi denilen tekneye su hattı simetri eksenine olacak şekilde, yeteri kadar derinlikte çekilerek toplam direnç elde edilir. Bu direnç içinde serbest yüzey etkileşimi olmadığından sadece viskoz dirençler olacaktır. Yine ITTC 1957 formülü veya başka benzeri bir sürtünme direnci katsayısı yaklaşımı ile sürtünme direnci hesaplanmak suretiyle viskoz direncin sürtünme direncine oranından k form faktörü elde edilebilir. Bu yöntem nispeten Froude yöntemine göre daha az tercih edilen bir yöntemdir.

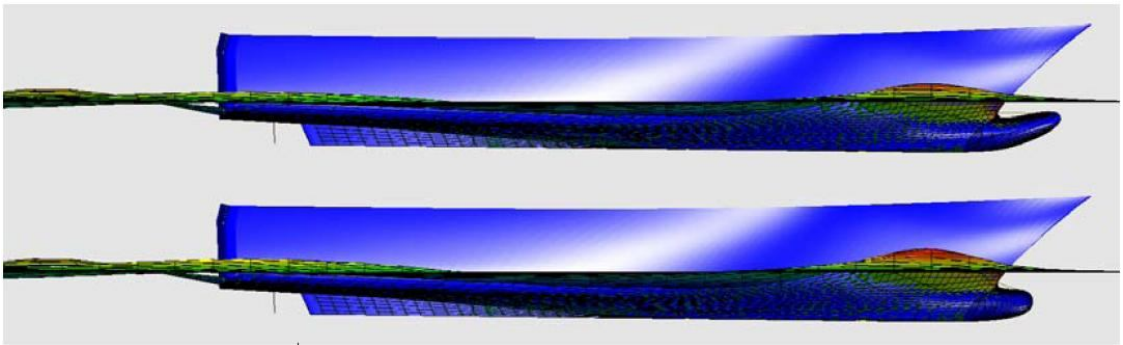
2.2 Dalga Direnci

Dalga direnci, bir geminin suda oluşturduğu dalgalar için harcadığı enerjiye karşılık, sudan görmüş olduğu dirençtir (Sabuncu [6]). Daha önce bahsedilen direnç bileşenlerine bakıldığında; dalga direncinin artık direncin bir parçası olduğu görülmektedir. Çoğu araştırmacı da, viskoz ve dalga dirençlerinin net olarak hesaplanamamasındaki güçlükten dolayı, form mukayeselerinde ağırlıklı olarak artık dirençleri veya artık direnç katsayılarını kullanmışlardır.



Şekil 2.2 Yumrubaşsız (solda) ve yumrubaşlı (sağda) bir motoryata ait model deneyi esnasında gözlemlenen dalga oluşumları, $Fn = 0,55$ (Oossanen vd. [7])

Perry van Oossanen ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, yüksek Froude sayılarında yumrubaşların kullanımı incelenmiştir. Bu çalışmaya ait model deneyi esnasında, bir motor yat formunun oluşturduğu dalgalar Şekil 2.2’de gözlemlenebilir. Görüldüğü üzere, yumrubaş kullanımı ile oluşan dalga yüksekliği ve dalga boyunda bir azalma gözlenmektedir. Bu çalışmadaki esas amaç, yumrubaşın dalga direncine etkisini belirlemektir. Yine aynı çalışmada benzer bir motoryat formu üzerinde, yumrubaş optimizasyonundan önce ve sonraki dalga oluşumları gözlemlenebilir (Şekil 2.3). Daha narin kesitli ve daha uzun yumrubaş boyu daha uygun bir dalga profili oluşumuna sebebiyet vermiştir.

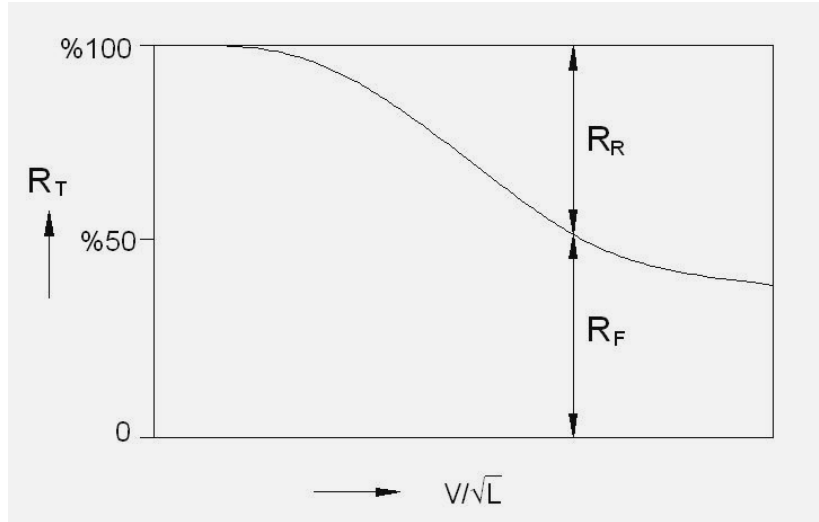


Şekil 2.3 Yumrubaş optimizasyonundan önce (altta) ve sonra (üstte) 47 metre bir motoryatta dalga oluşumu (Oossanen vd. [7])

Dalga direnci, yine kendi içinde dalga kırılma direnci ve dalga yapma direnci olarak ikiye ayrılmaktadır. Dalga yapma direnci, yüzey dalgalarını oluşturmak için harcanan

enerji miktarı ile ilgili direnç bileşenidir. Gemi etrafındaki dalgalar çok dik olduklarında kırılırlar. Özellikle baş bölgesinde oluşan bu dalga kırılması ile oluşan direnç bileşenine dalga kırılma direnci denir.

Derin sularda ve düşük Froude sayılarında ($F_n < 0,25$) dalga direnci nadiren toplam direncin %15-20'sini geçer. Froude sayısı $0,35 < F_n < 0,50$ aralığında, dalga direnci hıza bağlı olarak artarak toplam direncin yarısına veya daha yukarisına eşit olur (Kafalı [8]). Bu durumu şematik olarak Şekil 2.4'de, artık ve sürtünme dirençlerinin toplam dirençteki dağılımlarını hıza bağlı olarak gösteriminden inceleyebiliriz. Dolayısıyla, yüksek hızlı teknelerde yani yüksek Froude sayılarında ($F_n > \sim 0,25$), dalga direncini yenmek ya da azaltmak amacıyla yumrubaş kullanımı yapılabilmektedir. Mega yatlar, genellikle bu Froude aralığına boylarına bağlı olmakla birlikte servis hızlarından önce ulaşmaktadırlar.



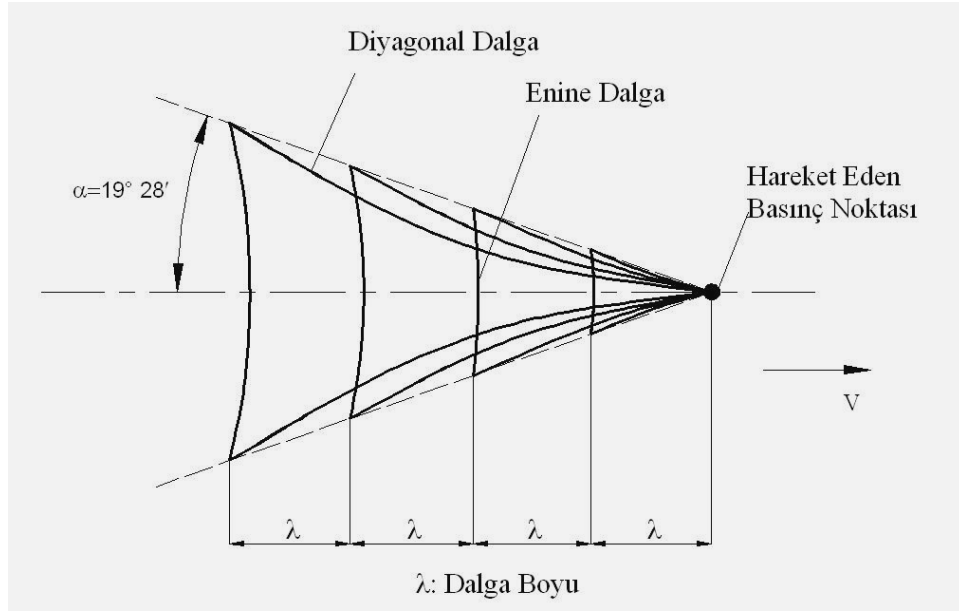
Şekil 2.4 Direnç Bileşenlerinin Hıza Bağlı olarak Toplam Direnç İçindeki Oranları (Kafalı [8])

Ayrıca sığ sularda, dalga direnci hıza bağlı olarak çok çabuk artar ve genellikle sürtünme direncinden büyük olur. O yüzden ki kanal tekneleri genellikle yumrubaşlı olarak tasarlanmaktadır.

2.3 Gemi Dalga Sistemleri

Yumrubaşların tekne form tasarımında kullanılmalarının esas nedeni dalga direncini azaltmaktır. Dalga direncini iyi anlayabilmek için öncelikle, gemilerin oluşturduğu dalga sistemlerini özümsemek gereklidir. Gemi, hidrodinamik olarak hareket eden bir basınç noktası gibi düşünülebilir. İlk olarak, Lord Kelvin, 1887 ve daha sonra 1904

yılında, su yüzeyinde doğrusal olarak hareket eden bir basınç noktasının etrafına yaydığı dalga sistemlerini incelemiştir. Şekil 2.5'te gösterilen bu dalga sistemi, iki farklı tipte dalga profiline meydana gelir. Bunlar, diyagonal ve enine dalga profilleri olup, dalga tepeleri kesişimleri bir dalga boyunu (λ) ifade etmektedir. Dalga tepelerinin kesişimlerinin oluşturduğu lineer doğrunun, x eksenine yaptığı açı $\alpha=19^\circ 28'$ değerini vermektedir.



Şekil 2.5 Kelvin Dalgaları (Bertram [9])

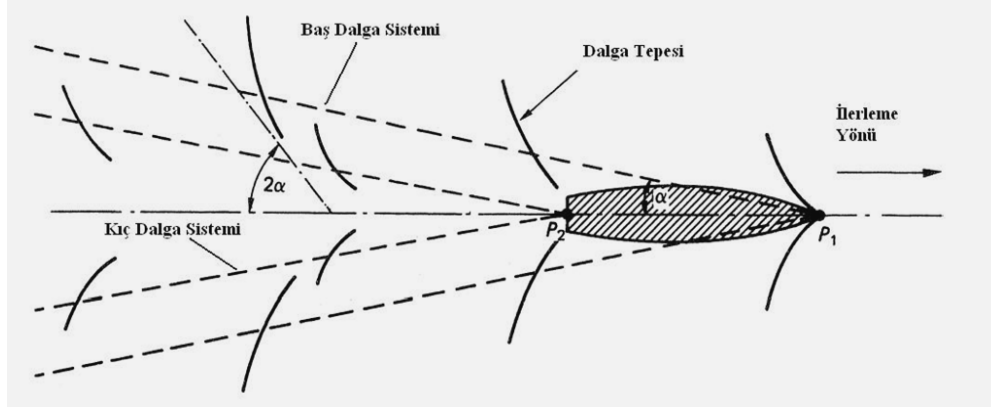
Kelvin teorisi her bir dalga tepesinin genliğinin basınç noktasından olan uzaklığın karekökü ile azaldığını gösterir. Dalga boyu :

$$\lambda = \frac{2\pi}{g} V^2 \quad (2.4)$$

ile ifade edilir. Gerçek bir gemide ise durum çok daha karmaşıktır. Basit bir yaklaşım ile bu sistemi baş ve kıç hareketli basınç noktaları kabulü ile iki hareketli pozitif basınç noktasına sahip iki Kelvin dalga sistemi gibi çözümlenebiliriz. Eğer diyagonal dalga sistemi Şekil 2.6'da gösterildiği gibi simetri eksenine α açısı yapıyorsa, bu durumda dalga tepeleri gemi simetri eksenine 2α açısı yapacaktır.

Ancak gerçek bir geminin, gerçekte oluşturduğu dalgalar Kelvin teorisinden farklılıklar gösterir (Baykal ve Dikili [10]). Bu farklılıkların en önemlisi, gemilerin su yüzeyinde hareket eden bir basınç noktası değil, su yüzeyinde ve su altında hareket eden bir basınç yüzeyi olduğudur. Gemi etrafında basınç bozuklukları nedeniyle düzgünlüğü bozulan dalgalar, kendi iç enerjilerini harcayana kadar gemiden uzaklaşan hareketlerine devam

ederler. Klasik deplasman teknelerinde, basınç noktaları olarak adlandırılan konumların (baş, baş omuzluk, kık ve kık omuzluk) oluşturduğu dalgaların girişimi ile dalga sistemi son şeklini alır. Wigley'in 1931 yılında oluşturmuş olduğu uçları sivrileştirilmiş prizmatik bir şeklin dalga girişimleri incelemiştir. Daha sonra bu forma uçları sivrileştirilmiş Wigley formu da denmiştir. Şekil 2.7'de Wigley formunun dalga sistemleri ve toplam dalga girişimleri gösterilmektedir. Bu çalışmada teorik yoldan hesaplanan değerlere yakın değerler ortaya çıkmıştır.

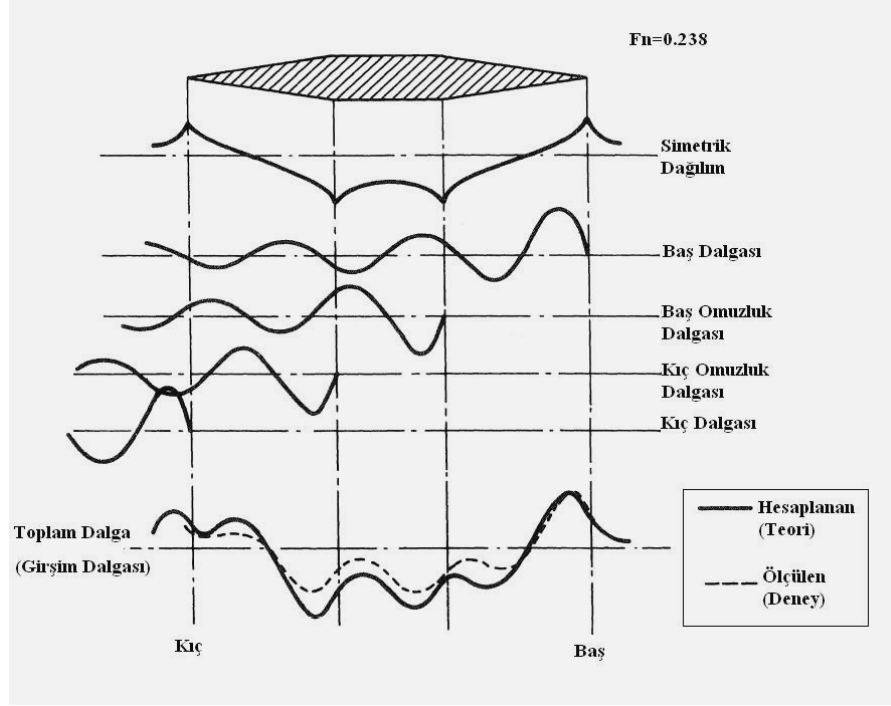


Şekil 2.6 İki Hareketli basınç noktalı gemi basit dalga sistemi (Carlton [11])

Wigley yapmış olduğu çalışmada, gemi etrafındaki nihai dalganın beş farklı dalga sisteminin süperpoze edilmesi ile hesaplanabileceğini varsaymıştır (Yılmaz [13]). Bunlar Şekil 2.7'de görüleceği üzere:

- Gemiyle beraber hareket eden Bernoulli denkleminde hesaplanan, sabit hızdaki birincil dalga sistemi,(simetrik dağılım)
- Dalga tepesi ile başlayan baş dalga sistemi,
- Dalga çukuru ile başlayan baş omuzluk dalga sistemi,
- Dalga çukuru ile başlayan kık omuzluk dalga sistemi,
- Dalga tepesi ile başlayan kık dalga sistemi,

Son dört dalga sistemi ikincil dalga sistemine aittir. Birincil dalga sisteminin teorisi ise Bernoulli denklemine dayanmaktadır. Baş ve kık bölgelerinde basınçlar artarken, hız azalmaktadır. Baş ve kık omuzluklarda ise basınçlar düşerken, Bernoulli prensibi uyarınca bu bölgelerde akım hatları sıklaşıp hızların artması görülmektedir. Bernoulli denklemi, sürtünmesiz akış için yazılan bir enerji denklemi olup aşağıdaki gibi ifade edilir:



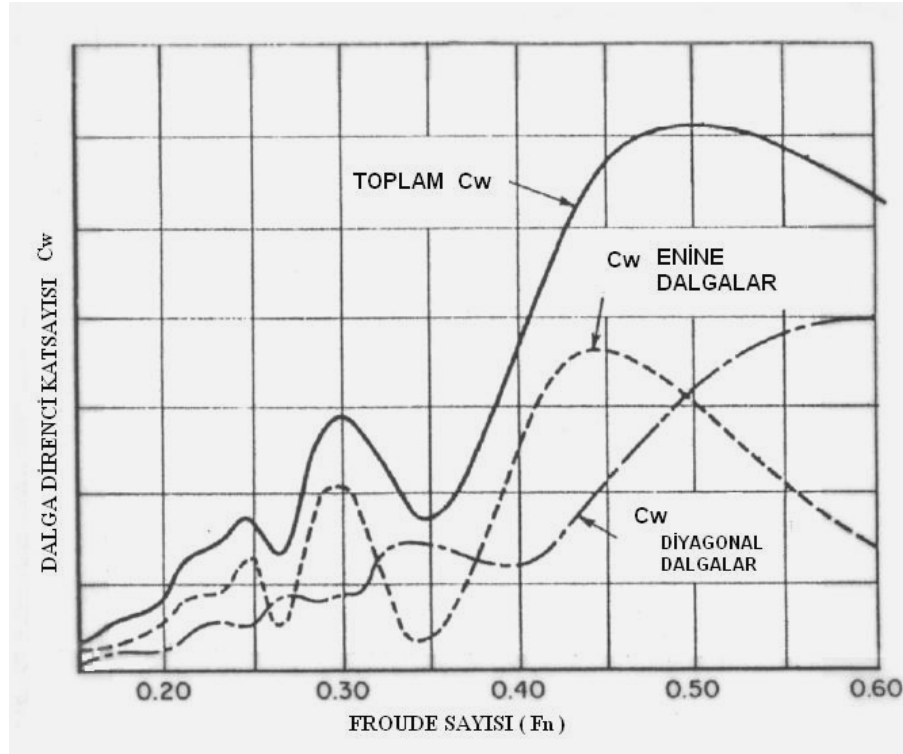
Şekil 2.7 Uçları sivriltilmiş Wigley formunda dalga sistemleri (Lewis [12])

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{1}{2}V_1^2 + gz_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{1}{2}V_2^2 + gz_2 = sbt \quad (2.5)$$

Gemilerin oluşturmuş olduğu enine ve diyagonal dalga sistemleri çeşitli hızlarda farklılıklar göstermektedir. Öyle ki, düşük hızlı teknelerde enine dalgalar, yüksek hızlı teknelerde ise diyagonal dalgalar daha etkin olarak oluşurlar. Bu durumu, Şekil 2.8’de, değişik Froude sayılarında bir deplasman teknesine ait boyutsuz dalga direnç katsayılarının değişimini gözlemleyerek algılayabiliriz.

Bu dalga sistemleri üzerine en önemli konu ise, bu dalga sistemlerine ait dalga tepe ve çukurlarının birbirleri ile etkileşimidir. Eğer dalgaların girişimi sonucunda, iki dalga sisteminin dalga tepeleri çakışiyorsa, dalga yüksekliği daha da artar ve daha fazla enerji içerir. Bu durum teorik olarak en fazla direnç gösterecek dalga etkileşimidir. Eğer bir sistemin dalga tepesi diğer sistemin dalga çukuru ile çakışiyorsa, girşim dalgasının yüksekliği ve dolayısıyla enerjisi azalır. Başka bir deyişle, dalga direnci etkisi sönümlenmiş olur. Dalga direnci, tüm dalga sisteminin içerdiği enerjiye bağlı olup, hız ve baş-kıç basınç noktaları arasındaki etkin boya bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle V(hız) ve L(boy) parametreleri önemlidir. W. Froude 1877 yılında yayınladığı makalesinde, baş ve kıç formları aynı olan teknelerde, paralel gövde boyunu

değiştirerek boyun gemi direnci üzerine olan etkisini deneysel olarak incelemiş ve yukarıda belirtildiği gibi boy ve hızın dalga direnci üzerindeki etkisini ispatlamıştır (Baykal ve Dikili [10]).



Şekil 2.8 Boyutsuz dalga direnci katsayısı ile enine ve diyagonal bileşenlerinin değişik Froude sayılarındaki değişimi (Lewis [12])

Daha önce bahsettiğimiz üzere, gemilerde baş ve kıç olmak üzere iki ayrı basınç noktası tanımlaması yapılarak problemlerin çözümünde kolaylık sağlanabilmektedir (Şekil 2.6). Bu modelde, yaklaşık baş basınç noktasından $\lambda/4$ kadar gerisinde bir enine dalga tepesi gözlemlenmektedir. Bu durum genelde klasik bir ticaret gemisi için kabul edilebildiği gibi; elbette her gemi formu için farklıdır fakat çok yakın mertebelerde olduğundan çözüm açısından bu kabuller kabul görmektedir. Eğer geminin baş ve kıç enine dalga tepeleri aynı fazda ise, kıçta oluşacak dalga tepesi daha da büyümektedir. Şayet bu durum tam zıttı ise, ufak da olsa bir girişim dalgası söz konusu olacaktır. Gemilerin baş ve kıç basınç noktaları arasındaki yatay uzaklık yani su hattı L_{WL} olarak gösterildiğinde, aynı fazdaki baş ve kıç dalgalarının girişimi; $(L_{WL}-\lambda/4)$ değerinin, yarı dalga boyuna tek katlarına eşit olması halinde görülür. (2.4) eşitliği, (2.6)'da düzenlenip yerine konduğunda;

$n=1,3,5,\dots$ ise;

$$L_{WL} - \frac{\lambda}{4} = (n) \frac{\lambda}{2} \quad (2.6)$$

$$\frac{4}{2n+1} = \frac{\lambda}{L_{WL}} = \frac{2\pi V^2}{gL_{WL}} = 2\pi (Fn)^2 \quad (2.7)$$

Böylece;

$$Fn = \sqrt{\frac{2}{\pi (2n+1)}} \quad (2.8)$$

Aykırı fazdaki baş ve kık dalgaların girişimi ise; $(L_{WL} - \lambda/4)$ değerinin, yarı dalga boyuna çift katlarına eşit olması halinde görülür. (2.4) eşitliği, tekrar (2.6)'da düzenlenip yerine konduğunda;

$n=2,4,6,\dots$ ise;

$$L_{WL} - \frac{\lambda}{4} = (n) \frac{\lambda}{2} \quad (2.6)$$

$$\frac{4}{2n+1} = \frac{\lambda}{L_{WL}} = \frac{2\pi V^2}{gL_{WL}} = 2\pi (Fn)^2 \quad (2.7)$$

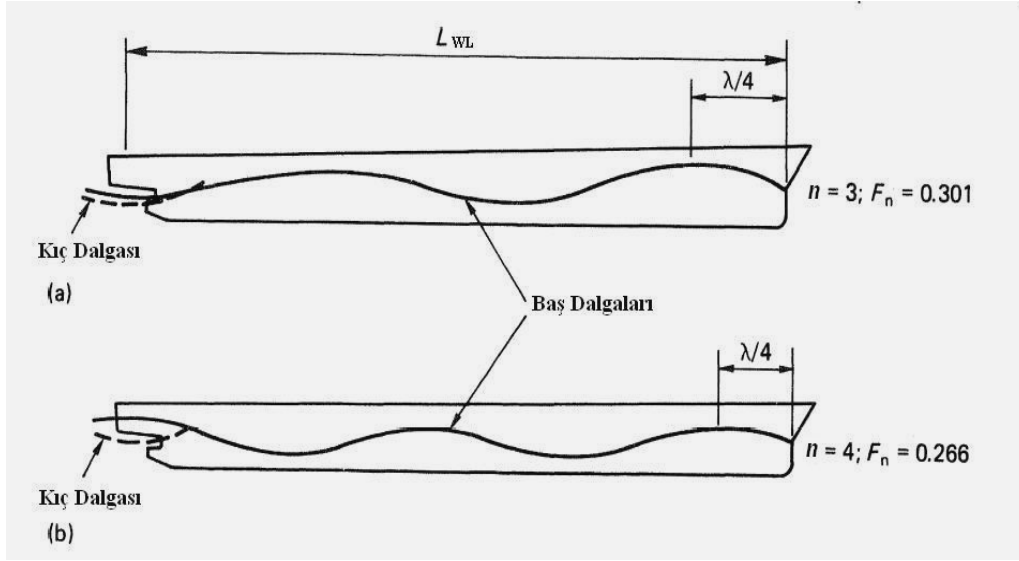
$$Fn = \sqrt{\frac{2}{\pi (2n+1)}} \quad (2.8)$$

(2.8) eşitliğini tekrar elde etmiş oluruz fakat bu sefer n değerleri çift tamsayı değerleri alınmıştır. Yukarıda anlatılan durumlar, aynı ve farklı fazdaki kık ve baş dalgaları için; sırasıyla Şekil 2.9'da, $n=3$ (aynı fazdaki dalgalar) ve $n=4$ (farklı fazdaki dalgalar) değerleri için gösterilmiştir.

Şekil 2.9'da gösterilen dalga boyları daha önce bahsedildiği gibi klasik ticaret gemilerine ait dalga boylarıdır. Ticaret gemilerinde uygulanan $L_{WL} - \pi/4$ değeri, özellikle savaş gemilerinde $0,9 L_{WL}$ olarak kabul edilir. Bu durumda $0,9 L_{WL}$ değerini, yarı dalga boyunun tek ve çift katlarına eşitlerse, aynı ve farklı fazdaki girişimler için λ/L_{WL} değerleri aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

Aynı fazdaki enine dalgaların girişimi sonucu ; $0,9 L_{WL} = (2n-1)\lambda/2$ ifadesinden $\lambda/L_{WL} = 1,8/(2n-1)$ elde edilir.

Aykırı fazdaki enine dalgaların girişimi sonucu ise ; $0,9 L_{WL} = (2n-2)\lambda/2$ ifadesinden $\lambda/L_{WL} = 1,8/(2n-2)$ elde edilir.



Şekil 2.9 Ticaret gemilerinde (a)aynı ve (b)farklı fazdaki baş ve kış dalgalarının girişimi (Carlton [11])

Baş dalga sisteminin dalga tepesi veya çukurları, kış dalga sisteminin ilk dalga çukuru ile çakışması halinde dalga boyunu yaklaşık olarak $\lambda=0,9 L_{WL}$ alırsak ve de (2.4) ile eşitlersek;

$$\frac{V^2}{0,9L_{WL}} = \frac{g}{n \cdot \pi} \quad (2.9)$$

$$V = \sqrt{\frac{0,9L_{WL} \cdot g}{n \cdot \pi}} \quad (2.10)$$

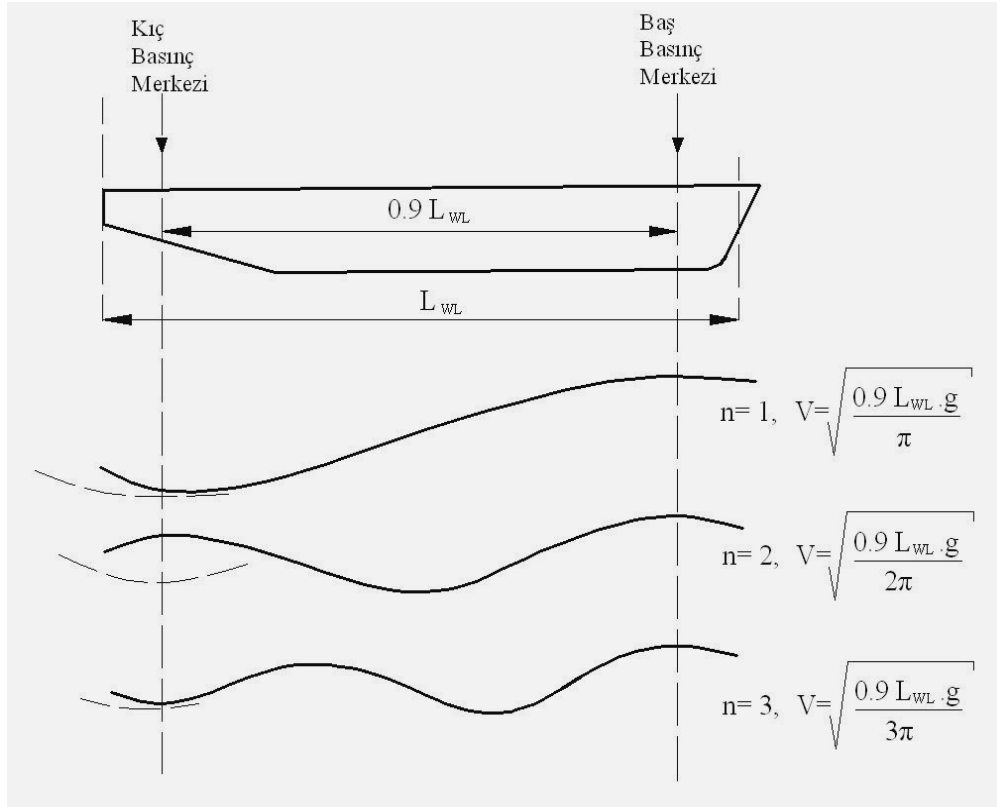
$$Fn = \sqrt{\frac{0,9}{n \cdot \pi}} \quad (2.11)$$

Denklem (2.11) elde edilir. Şekil 2.10'da n'in farklı değerleri için, savaş gemilerinde $0,9 L_{WL}$ boyunca baş ve kış dalgaların girişimi gösterilmiştir.

$n= 1,3,5,7,\dots$ değerleri için, baş ve kış dalga sisteminin dalga çukurları çakışır.

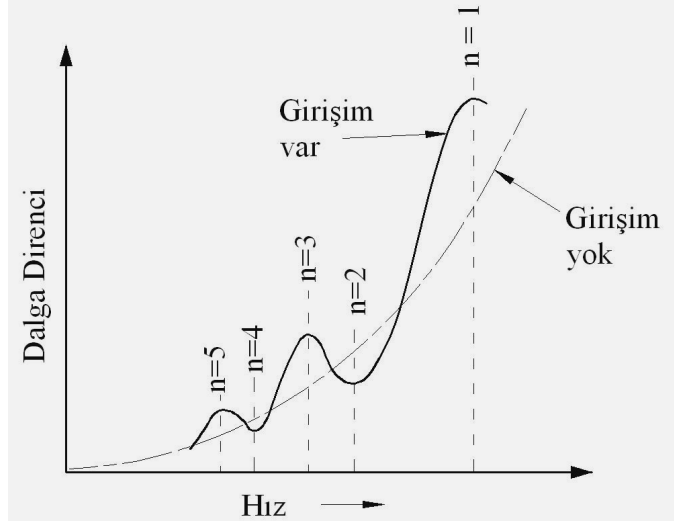
$n= 2,4,6,8,\dots$ değerleri için, baş dalga sisteminin dalga tepesi, kış dalga sisteminin dalga çukuru ile çakışır.

Şekil 2.11'e bakıldığında dalga direnç eğrisindeki dalgalanmaları görebilmekteyiz. Burada dalga direnci eğrisi görüldüğü üzere, tepe (tümsek) ve çukurlardan oluşmaktadır. Bu eğrinin oluşum sebebi, daha önce belirttiğimiz gibi dalga girişimleridir. Eğer dalga girişimi olmamış olsaydı, sürekli artan bir dalga direnci eğrisi oluşacaktı. Tepeler n'in tek tam sayı katlarında, çukurlar ise n'in çift tam sayı katlarında gözlemlenmektedir. Gemi tasarımcısı, geminin servis hızını belirlerken tepe pozisyonu yerine çukur pozisyonunda belirlemelidir. Çizelge 2.1'de savaş ve ticaret gemilerinde değişen n değerlerinde dalga direnci eğrisindeki tepeler ve çukurların tahmini gösterilmiştir. λ - L_{WL} prensibi daha önce bahsedildiği gibi ticaret gemilerinde, $0,9 L_{WL}$ prensibi ise savaş gemilerinde kullanılan bir tahmin yöntemidir.



Şekil 2.10 Baş ve kıç dalgaların girişimi (Rawson ve Tupper [14])

Mega yat formlarının, ticaret gemilerinden daha çok savaş gemileri formlarına benzediği açıktır. Savaş gemilerine daha yakın olmasının esas sebebi olarak narin form katsayıları gösterilebilir. Dolayısıyla, tez çalışmasında kullanılan mega yat formunun servis hızını belirlerken; Şekil 2.8 ve Şekil 2.11'deki direnç dalgalanmaları göz önüne alınması gerekir. Şekil 2.8'e dikkat edildiğinde, en büyük tepe $Fn \approx 0,5$ iken oluşur. Ondan bir önce oluşan tepe ise $Fn \approx 0,3$ olduğu zaman meydana gelir ve prizmatik tepe olarak bilinir (Baykal ve Dikili [10]).



Şekil 2.11 Dalga direncindeki dalgalanmalar (Carlton [11])

Burada, gemi dalga sistemlerini ve birbirleri ile etkileşimi sonucu oluşan dalga girişimlerini incelenmiş oldu. Ayrıca değişik dalga boylarının, gemi dalga direnci üzerindeki dalgalanmalara verdiği sonuçları irdelenerek, ister yumrubaşlı isterse de yumrubaşsız olsun mega yat formlarında servis hızının belirlenmesinde önemli bir etkenin dalga boyları olduğu görülmüş oldu. Mega yat formunun savaş gemilerine ticaret gemilerinden daha yakın olması neticesinde, bu çalışmada kullanılan mega yat formunun servis hızının belirlenmesinde F_n değerleri aralığının saptanması için birazdan gösterilecek olan çizelgeden faydalanılmalıdır. Daha önceden belirtildiği gibi, seyir hızı belirlenmesinde dalga direnci eğrisindeki tepelerden kaçınılmalıdır. Bu tepelere ait F_n değerleri aralığı aşağıdaki Çizelge 2.1’de verilmiştir. Bu çizelge, tam olarak Şekil 2.11’de gösterilen dalga direncindeki dalgalanmaların sayısal olarak değerlerini içermektedir. Bu değerler ise bu bölümde bahsetmiş olduğumuz denklemlerden yola çıkılarak elde edilmiş değerlerdir. Çizelgeye bakıldığında; savaş ve ticaret gemileri arasındaki dalga direnci eğrisindeki farklılıklar, F_n değerleri düştükçe azalmakta ve yok olmaktadır. Başka bir deyimle; F_n değerleri düştükçe forma bakılmaksızın dalga direnci karakteristikleri örtüşmektedir. Yüksek F_n değerlerinde ise dalga direnci eğrisindeki dalgalanmalarda farklılıklar gözlenmektedir (1. tepe ve çukur, 2. tepe). Mega yat formları genellikle savaş gemisi formlarına daha çok benzediğinden, yüksek F_n değerleri için savaş gemilerine ait dalga direncindeki dalgalanmaları kullanmak, hiç şüphesiz daha isabetli bir karar olacaktır. Çizelge irdelendiğinde, n ’in tek tam sayı değerlerinde dalga direnci eğrisinde tepeler oluşmaktadır. Bu tepelerden kaçınmak için, ilgili F_n değerlerinden kaçınmak gerekir. Bu F_n değerlerinde ($F_n=0,54$, $F_n=0,31$, $F_n=0,24$...), mümkün mertebe tekneyle seyir yapılmamalıdır.

Çizelge 2.1 Savaş ve ticaret gemilerinde n ve Fn değerleri (Carlton [11])

	(Savaş Gemileri)	(Ticaret Gemileri)	
	0,9 L _{WL} Prensibi	L _{WL} -λ/4 Prensibi	
n	Fn	Fn	Açıklama
1	0,54	0,46	R _w eğrisindeki 1. tepe
2	0,38	0,36	R _w eğrisindeki 1. çukur
3	0,31	0,30	R _w eğrisindeki 2. tepe
4	0,27	0,27	R _w eğrisindeki 2. çukur
5	0,24	0,24	R _w eğrisindeki 3. tepe

2.4 Yumrubaş

Petrol krizi dönemlerinde, gemilerin yüksek işletim maliyetini azaltmak amacıyla yeni çalışmalara gidilmiştir. Gemilerin direncini azaltmak amacı ile yumrubaş uygulamalarına gereksinim duyulmuştur. Yumrubaşlar gemilerin baş bodoslamasından suyun içine daldırılmış, genellikle su altından boyuna uzanan çıkıntılardır. Yumrubaş aynı zamanda balb da denmektedir. İngilizce kökeni olarak 'bulbous bow' terimi kullanılmaktadır.

Genel bir tanımlama olarak üç farklı tip yumrubaş geometrisi söz konusudur. Bunlar:

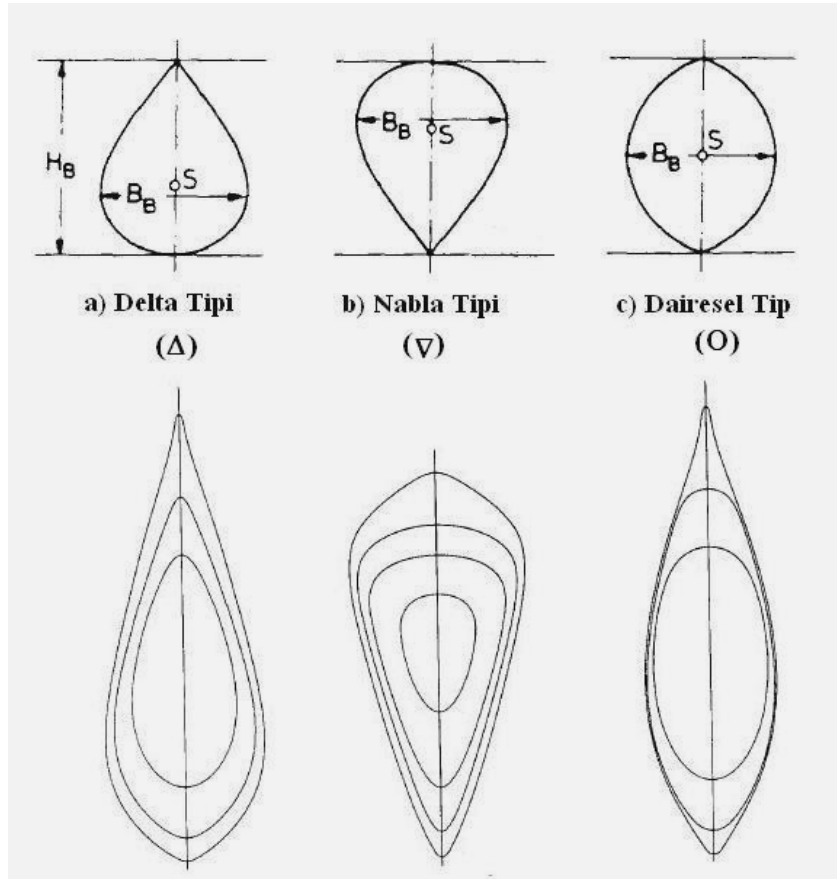
- Delta (Δ) kesitli yumrubaşlar,
- Nabla (∇) kesitli yumrubaşlar,
- Dairesel-Eliptik (O) kesitli yumrubaşlar.

Delta (Δ) kesitli yumrubaş formları, tarihsel gelişimi bakımından en çok rastlanan geometrik şekillerdir (Kafalı [2]). Bu tip yumrubaşların kesit alanları daha çok kaide hatlarına doğru yoğunlaşmıştır. Su damlası formuna benzediğinden damla tipi yumrubaş da denebilmektedir. Ayrıca Taylor yumrubaş ve armut tipi yumrubaşlar da delta (Δ) kesitli yumrubaşların içinde yer almaktadır.

Nabla (∇) kesitli yumrubaş formları, Alman araştırmacı Kracht tarafından dizayn yöntemleri Berlin model deney havuzunda geliştirilmiş, Alman ekolünün benimsediği

yumrubaş tipleridir. Bu tipi yumrubaşların kesit alanları daha çok serbest yüzeye yakındır ve ters damla tipi forma sahiptir. Bu tip yumrubaşların ileri denizcilik özelliklerinden ötürü günümüzde daha çok yolcu taşıyan ve konfor gerektiren kruzer, mega yat vb. tip gemilerde kullanılmaktadır. 5 ve daha yukarı Beaufort şiddetindeki denizlerde bu tip yumrubaşlar kullanılmaktadır (Kafalı [2]). Dövünme, baş-kıç vurma, titreşim vb. gibi birçok üstün denizcilik özelliği ön plana çıkmaktadır. Mega yat formlarında yapılan güncel yumrubaş uygulamalarında daha çok bu forma rastlanmaktadır.

Dairesel-Eliptik (O) kesitli yumrubaş formları ise kesit alanları merkezlerinde bulunan silindirik tipteki yumrubaşlardır. Bu tip yumrubaşlar, konstrüktif açıdan yapım kolaylığı sağladığından tercih edilmektedirler.



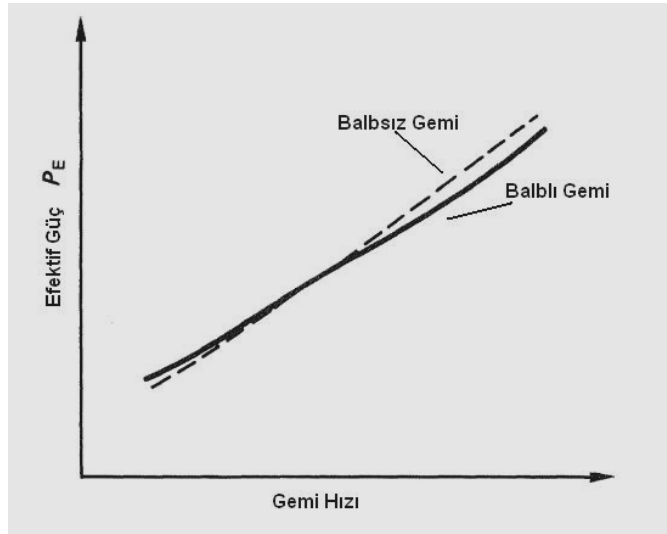
Şekil 2.12 Yumrubaş tipleri (Kracht [15])

2.5 Yumrubaş-Direnç Etkileşimi

Yumrubaş kullanımındaki amaç, baş taraf üzerindeki pozitif basınç dağılımını hafifletmek ve dolayısıyla oluşacak olan dalga direncini azaltmaktır. Başka bir deyişle, baş bodoslamadan daha ileriye doğru uzatılacak olan bir çıkıntı (yumrubaş), oluşacak

olan dalga profilinin daha önden başlamasına sebep olacak ve belirli bir oranda gemi gövdesiyle olan ilişkisini azaltacaktır. Bu durum genellikle dalga direncinde bir azalma ile sonuçlanacaktır.

Toplam direnç üzerinde balbın etkisi gösterilecek olunursa, belirli bir Froude sayısından itibaren toplam dirençte kazanca geçilebilmektedir. Dirençteki bu kazanç sınırı, daha sonra göreceğimiz üzere genel anlamda su altı formuna ve yumrubaşın formuna bağlı olarak her tip gemi için farklı olmaktadır.

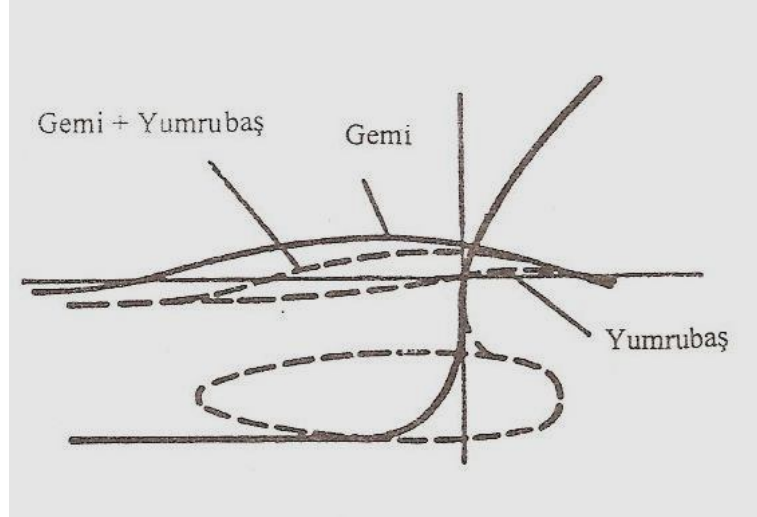


Şekil 2.13 Yumrubaşın Efektif Güce etkisi (Carlton [11])

John Carlton, “Marine Propellers and Propulsion” isimli kitabının, ‘Ship Resistance and Propulsion’ bölümünde, tipik bir yumrubaşın, efektif güç üzerine etkisini Şekil 2.13’deki gibi yorumlamıştır. Bu şekilden de görüleceği üzere, balblı bir form, balbsız forma göre ancak belirli bir hızdan sonra kazanca geçmektedir. Dolayısıyla bu kazanç eşik hızına kadar balblı formda, deplasmanın ve ıslak alanın artmasına bağlı olarak sürtünme ve artık direnç fazlalıkları mevcuttur. Ancak belirli bir hızdan sonra yani belirli bir Froude değerinden sonra; balblı formun balbsız forma göre daha az direnç göstermesi beklenir. Bunun nedeni, balbın varlığı ile değişen basınç dağılımı sonucu daha düşük dalga değerleri elde edilmesidir. Yine yukarıdaki Şekil 2.13’den çıkarılacak diğer bir sonuç da; yumrubaşların genel anlamda belli hızlardan sonra direnç kazanımları oluşturdukları gibi, düşük hızlarda da bir dezavantaj oluşturmasıdır. Bu durumun nedeni ise; baş basınç dalgasının azalma etkisi ile yumrubaşın varlığı sonucu artan sürtünme direnci arasındaki dengesi ile ilişkilendirilebilir.

Yumrubaş kullanımı ile; gemi başında yüksek pozitif basınç dağılımı neticesinde dalga tepesi ile başlayan dalga, yumrubaş etrafındaki negatif basınç dağılımı sonucu dalga

çukuru ile başlayan dalga profili ile etkileşir. Bu etkileşim sonucunda Şekil 2.14'teki gibi yeni bir karma dalga profili oluşması beklenir. Azalan dalga yüksekliğinin dirence olumlu etki yapması için; artık direnç kazançlarının, artan sürtünme direnci kayıplarını yenmesi sonucu mümkün olabilecektir. Şekil 2.4'e döndüğümüzde bu durumun ancak belirli bir Froude değerinden itibaren mümkün olabileceği gözükmektedir.



Şekil 2.14 Normal Baş ve Yumrubaş Dalgaları (Dudszus ve Danckwardt [16])

2.6 Yumrubaş Dizayn Yöntemleri

Uzunca seneler yumrubaşların dirence olan olumlu katkısı bilinmesine rağmen, yumrubaş formunun nasıl tasarlanacağı konusunda bir yayın yapılmamıştır. 1970'li yıllara gelindiğinde; yumrubaşların dizaynı konusunda iki tane önemli yöntem yayımlanmıştır. Bunlar 1974 yılında Yim tarafından ve 1978 yılında Kracht tarafından yayımlanmış olan yöntemlerdir. Bu yöntemler ön dizayn aşamalarında, yakınsamaya erken ulaşma açısından kullanılması gereken en önemli çalışmalardır.

1974 yılında Yim, bilinen bir tekne formu için nasıl bir yumrubaşın dizayn edilmesi gerektiği konusunda basit bir teori ve yöntem yayınlamıştır. Yazdığı bu makalede, yumrubaşların büyüklüğünü ve lokasyonunu ve hatta tekne su hatlarına nasıl bir düzeltme yapılması gerektiğini gösteren bir yöntem belirlemiştir. Bu yöntemde tekne formunu ve yumrubaşı tanımlamada kullanılan ana parametreler: giriş açısı, yumrubaş hacmi ve derinlik Froude sayısıdır.

Bu yöntem, çok fazla teoriye dayandığından, bu yöntemi temel alarak uygulanmış bir modeli yoktur. Lineer dalga teorisine dayanan bu yöntemde; Yim tekne formunu 'sine ship' olarak adlandırılan bölgelere ayırmıştır. Buradaki her bölge için, ayrı bir optimum

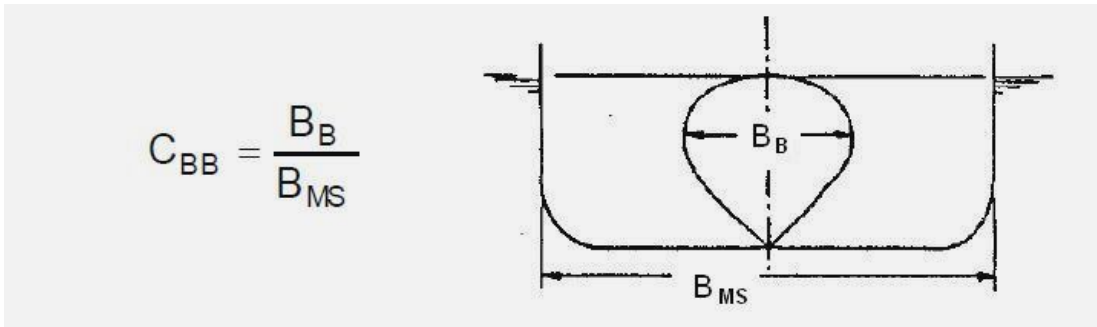
yumrubaş formu var olduğu ve bu her bölgeye ait optimum yumrubaşların süperpoze edilmesi sonucu ana tekne formu için optimum bir yumrubaş formu elde edilebildiği varsayılmıştır. Bu yöntem sadece teorik bir yaklaşım olup, herhangi bir şekilde yayınlanmış bir test datası mevcut değildir. O yüzden ki, bu yöntem daha çok öndizayn aşamalarında başvurulabilecek bir kılavuzdur.

Alman araştırmacı Kracht tarafından geliştirilen diğer yöntem ise, Hamburg ve Berlin model deney havuzları datalarının derlemesi elde edilen bir dizi parametreden oluşan dizayn yöntemidir. Bu yöntemde 3 tane tekne formuna ait olan parametre; blok katsayısı, boy/genişlik oranı ve genişlik/draft oranı ele alınırken 6 adet de yumrubaş formuna ait parametre geliştirilmiş olup bunlardan en önemlileri hacimsel parametre, kesit alanı parametresi ve boy parametresidir. Kracht yönteminde, model deneylerinden elde edilen istatistikî direnç datalarından yola çıkılarak, yumrubaş kullanımı sonucu artık güçte bir azalma olduğu gözlenmiştir. Bu yöntemin son safhası olup, dizayn edilen yumrubaşın artık güçte ne kadarlık bir düşüş yaptırdığı belirlenebilmektedir.

Kracht yöntemi nabla (∇) kesitli yumrubaşlar için kullanışlıdır fakat bu yöntemde blok katsayısı aralığı $C_B=0.55-0.85$ olduğundan, özellikle C_B katsayısı düşük olan formların direncini veya gücünü tahmin etmek imkansız olduğu gibi yumrubaş tasarlayabilmek de imkansızdır. Burada yapılan tez çalışmasında kullanılan ana formun blok katsayısı $C_B=0.416$ olduğundan bu yöntemin bu çalışmada uygulanması güçtür. Fakat yine de Kracht yönteminin parametrelerinden bahsetmekle, yumrubaşların dizayn mantığının anlaşılması açısından yararı görülmüştür.

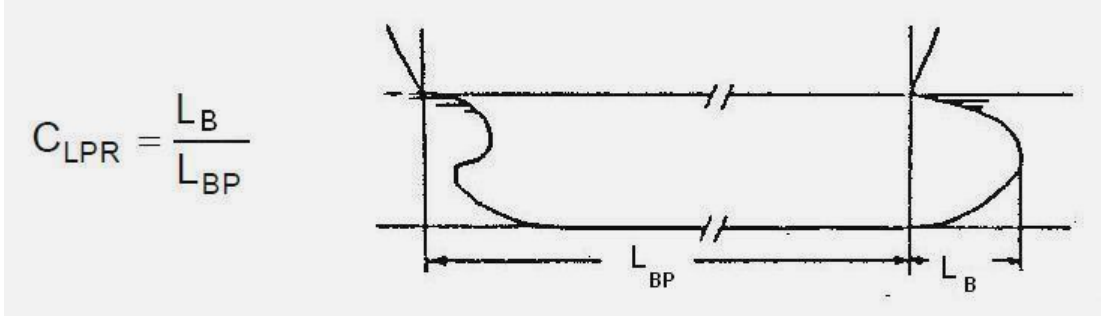
Kracht yumrubaş parametreleri şu şekilde özetlenebilir:

- a) Genişlik parametresi (C_{BB}) : Baş kaimedeki balbın kesit alanının (A_{BT}) maximum genişliğinin (B_B), Tekenin genişliğine (B_{MS}) oranıdır.



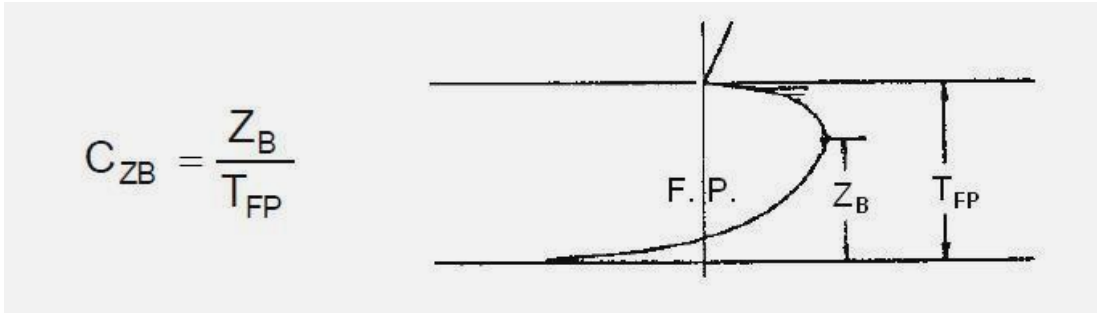
Şekil 2.15 Kracht yumrubaş genişlik parametresi (Kracht [15])

- b) Boy parametresi (C_{LPR}): Yumrubaş çıkıntı boyunun (L_B), tekenin kaimeler arası boyuna (L_{BP}) oranıdır .



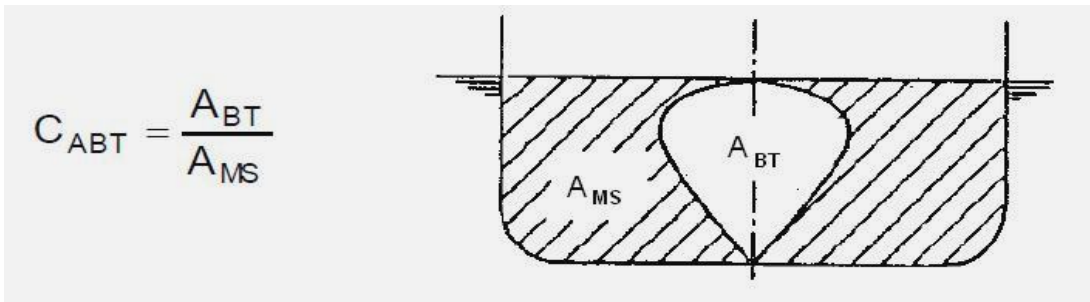
Şekil 2.16 Kracht yumrubaş boy parametresi (Kracht [15])

- c) Derinlik parametresi (C_{ZB}): Yumrubaşın en uç noktasının kaide hattından yüksekliğinin (Z_B), baş kaimedeki dizayn draftına (T_{FP}) oranıdır.



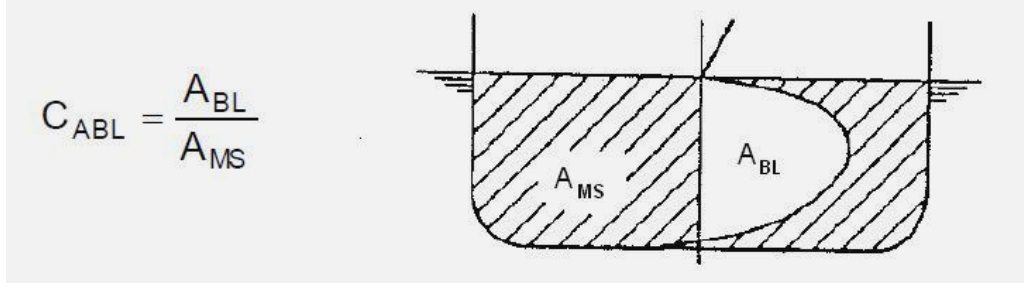
Şekil 2.17 Kracht yumrubaş derinlik parametresi (Kracht [15])

- d) Kesit alanı parametresi (C_{ABT}): Yumru başın baş kaimedeki kesit alanının (A_{BT}), geminin orta kesit alanına (A_{MS}) oranıdır.



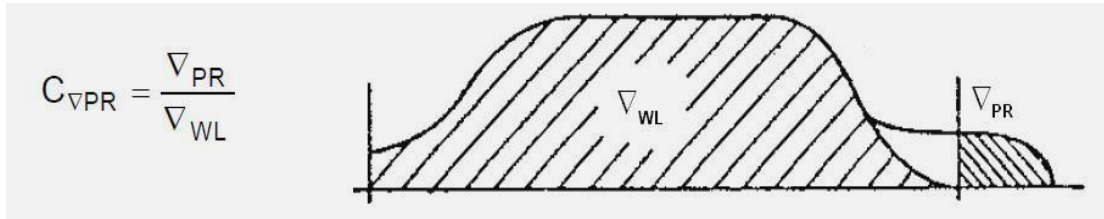
Şekil 2.18 Kracht yumrubaş kesit alanı parametresi (Kracht [15])

- e) Yanal alan parametresi (C_{ABL}): Yumrubaşın yanıl alanının (A_{BL}), teknenin orta kesit alanı (A_{MS}) ile normalize edilmesidir.



Şekil 2.19 Kracht yumrubaş yanal alan parametresi (Kracht [15])

- f) Hacimsel parametre: Yumru baş ile uzayan kısmın hacminin (∇_{PR}), teknenin hacmine (∇_{WL}) oranıdır.

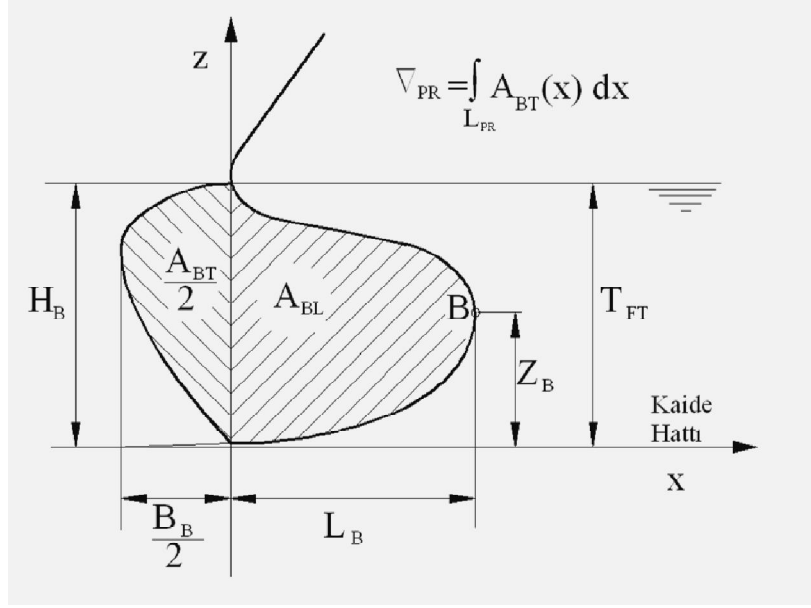


Şekil 2.20 Kracht yumrubaş volumetrik parametresi (Kracht [15])

Yukarıda anlatılan parametreler kullanılarak, Kracht'ın 1978 yılında yayınlamış olduğu bu yöntemin diğer grafiklerinden artık direnç azaltım faktörü çekilir. Buradan toplam güce geçilerek sonuç elde edilmiş olur. Eğer sonuçlar istenilen şekilde alınmamış ise grafikler üzerinden tekrar yakın parametreler denenerek en az güç gereksinimi gerektiren yumrubaş formu elde edilebilir. Bu yöntem tüm dünyada kabul görmüş en pratik yöntemdir. Fakat daha önce belirttiğimiz üzere bu yöntemin data verileri kısıtlı olduğundan (blok katsayısı aralığı), kullanım alanı kısıtlıdır. Yukarıda Kracht'ın belirtmiş olduğu parametreler, tüm yumrubaş dizayn parametrelerini içermektedir. Bu parametreleri tek şekil üzerinde görmek istersek, aşağıdaki Şekil 2.21'i inceleyebiliriz.

Ayrıca Yim, bu çalışmanın hakemlerinden olup; Kracht'a ait bu yöntemi çok pratik bulmuş ve kendi geliştirdiği yöntemin deneysel olarak bazı konularda açıklanabildiği bir yöntem olduğunu bildirmiştir (Kracht [15]).

Holtrop ve Mennen tarafından geliştirilen güç tahmin yönteminde, yine yumrubaşın etkileri dikkate alınmıştır. Fakat üstünü basarak belirtmemiz gerekmektedir ki, bu yöntem dizayn yöntemi olmayıp, güç tahmin yöntemidir. Bu yöntemin detayından direnç ile ilgili bölümde bahsedilecektir. Bu yöntem, bu çalışmada kullanılan ana formun tüm parametrelerini karşılayabilen tek güç tahmin yöntemidir.



Şekil 2.21 Kracht yumrubaşı dizayn ölçütleri (Kracht [15])

Günümüzde bu yöntemlerin yerini birçok ticari yazılım programları almıştır. Bu yazılımların önemli bir kısmı ise dünyada önde gelen model deney havuzlarından elde edilen datalardan yararlanmaktadır. Yani gerçeğe çok yakın değerler bu yazılımlardan çok kısa bir sürede elde edilebilmektedir. Ancak optimizasyonun başarılı bir şekilde yapılabilmesi için, bu konu üzerinde titiz bir şekilde durulması gerekmektedir.

Yumrubaşlar üzerine yapılan çalışmalara bakıldığında, daha çok sakin sudaki direnç araştırmaları ön plana çıkarken; kötü hava koşullarındaki denizcilik incelemeleri arka plana itilmiştir. Yapılan optimizasyon çalışmaları ise genellikle önce sakin suda direnci azaltmak, daha sonra model deneyleri ile denizcilikleri üzerine fikir sahibi olunmasıdır (Lane [3]). Bu tez çalışmasında ise, yumrubaşların denizciliği üzerine değinilecek ancak, imkansızlıklar ve zaman sıkıntısı yüzünden herhangi bir gerçek hesaba yer verilmeyecektir.

TEKNE FORMU ve YUMRUBAŞLI FORMLAR

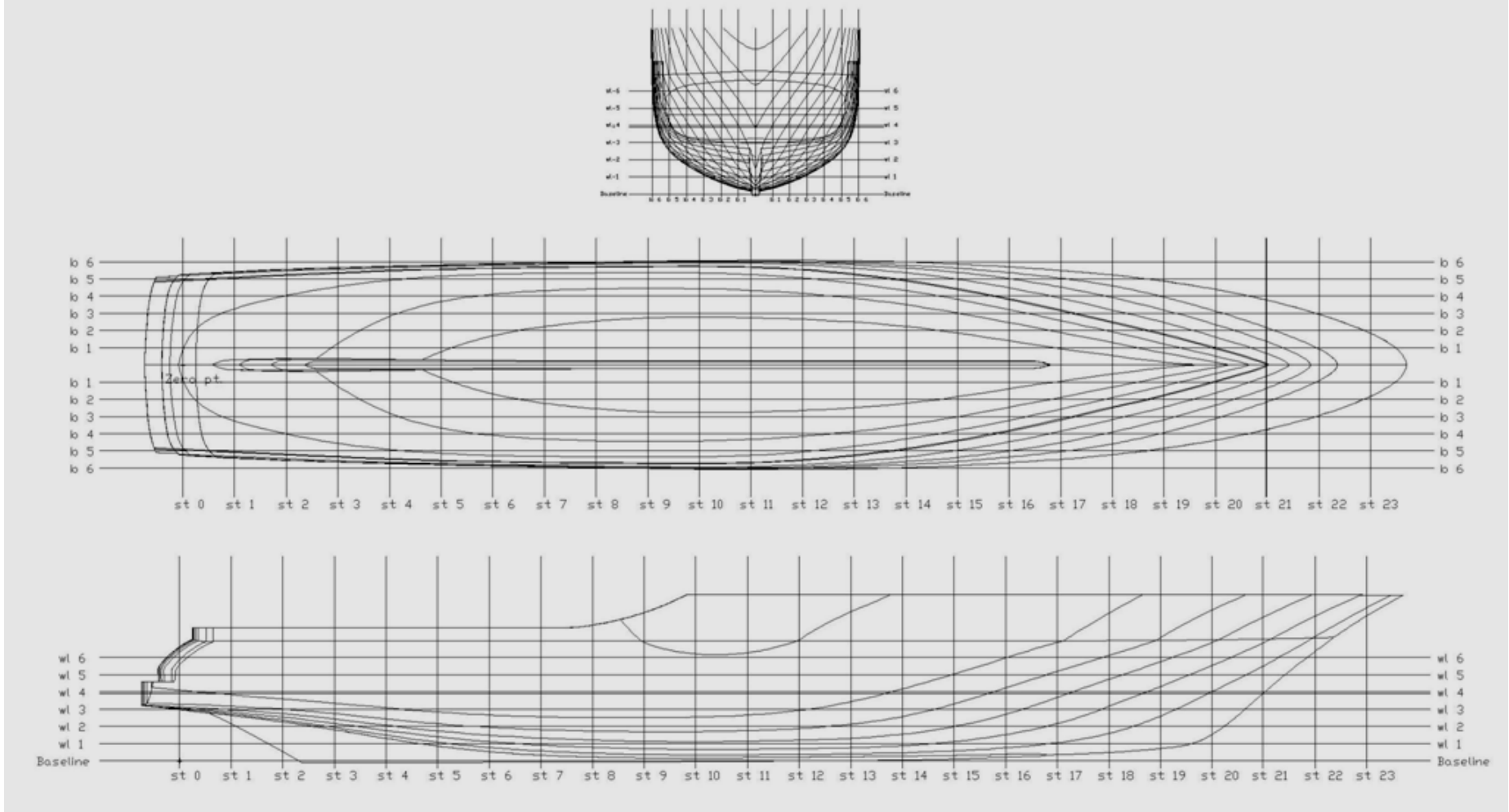
3.1 Tekne Formu

Tez çalışmasında kullanılan ana form, 75 metre tam boya sahip bir mega yata ait olup, Seçilen ana form, bu boyutlarda seyir eden mega yatların form özellikleri ele alındığında ortalama ölçütlere sahip bir mega yat formu olarak düşünülmüştür. Çizelge 3.1'de tüm boyutları mevcuttur.

Çizelge 3.1 Mega yat ana form hidrostatik boyutları

Ana Özellikler	Sembol		
Tam boy	L _{OA}	75,000	m
Dikeyler arası boy	L _{BP}	59,390	m
Su hattı boyu	L _{WL}	65,147	m
Islak boy	L _{WS}	65,147	m
Tekne ortası genişliği	B _{MS}	12,160	m
Su hattı genişliği	B _{WL}	11,441	m
Draftı (yarı yüklü %50 dolulukta)	T	3,900	m
Deplasman hacmi	∇	1241,386	m ³
Deplasman	Δ	1272,000	ton
Sephiye merkezi yüksekliği	KB	2,585	m
Sephiye merkezinin boyuna yeri (gemi ortasından başa +)	LCB	-3,001	m
Yüzme merkezinin boyuna yeri (gemi ortasından başa +)	LCF	-5,563	m
Toplam ıslak alan	S	794,361	m ²
Balb en kesit alanı	A _{BT}	0.000	m ²
Balb en kesit alan merkezi yüksekliği	h _B	0.000	m
Su hattı alanı	A _{WP}	590,660	m ²
1 cm batma tonajı	TPC	6,054	t/cm
1 cm trim momenti	MT _c	25,654	t.m
Blok katsayısı	C _B	0.417	
Prizmatik Katsayı	C _P	0.632	
Orta kesit narinlik katsayısı	C _M	0.667	
Su hattı alanı narinlik katsayısı	C _{WP}	0.792	
Omurga Kalkıntısı (Rake of keel) (Kaide hattından)	-	0.096	m

Ayrıca Şekil 3.1 de, bu mega yatın endaze planı görülmektedir. Ticari bir form olması nedeni ile ofset tablosu verilmeyecektir.



Şekil 3.1 75 metre mega yat endaze planı (Ana form)

3.2 Yumrubaş Formları

Bu bölümde, daha önce bahsedilen üç çeşit yumrubaş formunu (Δ, ∇, O) detayı verilecek olan formasyonda özenle ana forma eklenmesi gösterilecektir. Yumrubaş formlarının eklenmesinde, Maxsurf 15 ticari yazılımı kullanılmıştır. Yumrubaş formu oluşturulurken, dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır:

- Eklenen yumrubaş formu ana formun batok hatlarını bozmamalıdır.
- Eklenen yumrubaş formu, mümkün mertebe tek yüzey üzerinden çalışılarak ana forma entegre edilmelidir (eğer mümkünse ana formun yüzeyi üzerinden yumrubaş formu elde edilmelidir).
- Eklenen yumrubaş formu, su hatlarını bozmamalıdır.
- Yumrubaş formu entegrasyonunda, ana formun sadece baş formu ile işlem yapılmalıdır. Başka bir deyimle, tekne ortası değiştirilmemeli böylece prizmatik katsayı C_p neredeyse sabit kalmalıdır.
- Ana formun omurgası belirli bir rake'e (omurga kalkıntısı) sahip olduğundan, bu rake mümkün mertebe değiştirilmemelidir.
- Ana formun baş bodoslaması, dizayn su hattına kadar profili hiç bir şekilde değiştirilmemelidir.
- Yumrubaşın efektif entegrasyonu açısından ve giriş açısını (α_e) ayarlayabilmek amacıyla, baş kısım su hatlarında daraltmalar veya genişletmeler yapılmalıdır.

Yukarıda belirtilen maddelere uyulduğu takdirde, ana forma sadece yumrubaş eklenerek elde edilebilecek güç kazanımı daha efektif hesaplanmış olacaktır. Bu çalışmada sadece yumrubaşların dirence olan etkisi incelendiğinden; teknenin ayna kığı, tekne ortası, skeg gibi takıntılarının dirence etki eden parametreleri değiştirilmemelidir. Böylece, sadece yumrubaş formunun dirence olan etkileri karşılaştırılabilecek ve en uygun yumrubaş formu seçilebilecektir.

Güncel yumrubaş çalışmalarında veya araştırmalarında, yapılan işlem daha çok belirli bir yumrubaş formunun geometrisinde akımı düzenleyecek değişiklikler ile formun optimizasyonu işlemidir. Bu çalışmada ise, mega yat ana formuna birazdan bahsedilecek olan formatta, her çeşit yumrubaş tipinin uygulanması gösterilecektir. İçlerinden özellikle direnç açısından olmak üzere, en uygun tip yumrubaş formu seçilecektir. Fakat seçim kriteri olarak, sadece direnci değil, denizcilik (dövünme, baş-kıç vurma, titreşim vb.) kriteri ile stabilite (enine ve boyuna stabilite) kriterleri etkin

olacaktır. Bunların yanında, yumrubaş eklentisi ile yerleşim açısından da önemli bir hacime sahip olunmaktadır.

Bu çalışmada, Kracht'ın yumrubaş dizayn parametrelerinden de olan yumrubaşı boyuna uzatarak, enine ise daraltarak yada genişleterek dizayn aşaması gerçekleştirilmiştir. Buna benzer bir çalışma, sadece dairesel kesitli yumrubaş uygulaması olarak, kaynaklar bölümünde referansımız olan 'Bulbous Bow Design Optimization for Fast Ships' isimli yüksek lisans tezinde, Georgios Kyriazis tarafından işlenmiştir (Kyriazis [17]). Ayrıca Kemal Kafalı, 'Gemi Formunun Hidrodinamik Dizaynı' isimli kitabında bir yük gemisine delta(Δ) kesitli yumrubaşları bu formasyonda uygulamıştır. Bu çerçevede, daha önceden bahsettiğimiz üzere 52 adet farklı form, bu çalışmalara benzer şekilde fakat biraz daha kapsamlı olarak tasarlanmıştır.. Bu formlardan daha sonra gösterilmek üzere, 15 tanesi direnç açısından uygun bulunarak karşılaştırılmaya tabi tutulmuştur.

Yumrubaş dizaynı aşamasında etkin olan parametreler ve bunlara karşılık takiplerinde kolaylık sağlayacak notasyonlar aşağıda sıralanmıştır:

Boy Parametresi

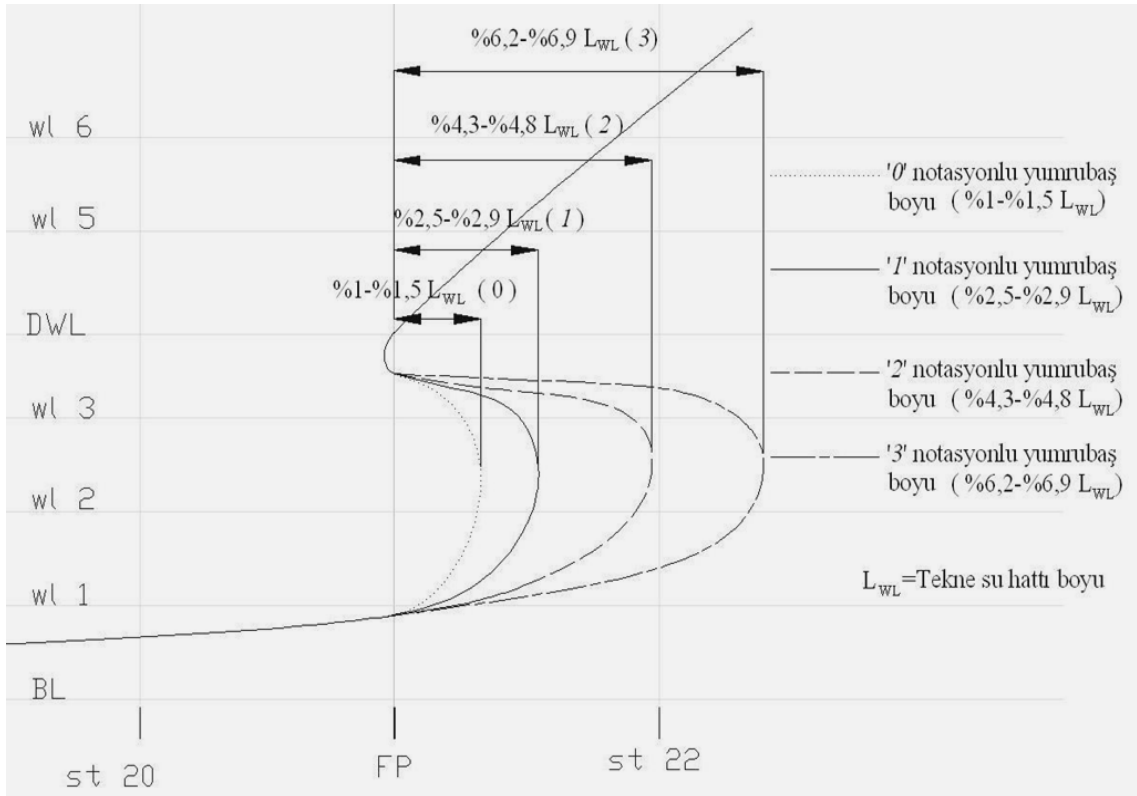
Tasarlanan yumrubaş serilerinin boyları uzatılarak, daha etkin kesitli yumrubaşlar tasarlanmaya çalışılmıştır. Bu çalışmanın ana parametresidir. Çizelge 3.2'de detaylı olarak anlatılmıştır.

Formların türetilmesinde, boy parametre esasında; her kesit için 4 farklı tip boy çalışması yapılmıştır. Fakat en kısa boya sahip yumrubaş seçenekleri genellikle artık direnç açısından diğerlerine nispeten olumlu sonuçlar verememiştir. Ayrıca bu tip kısa yumrubaşların forma entegrasyonu her tip kesit de mümkün olmamaktadır. Sonuç olarak; diğer 3 farklı boy tipi ağırlıkta olmak üzere çalışma yapılmış olup, aşağıdaki Çizelge 3.2'de su hattı boyuna bağlı olarak yüzdeleri ve yumrubaşı tanımlamada kullanılan notasyonu verilmiştir. Burada en kısa yumrubaş boyuna '0' notasyonlu yumrubaş sahip iken; en uzun yumrubaş boyuna ise '3' notasyonlu yumrubaş tipi sahiptir. Ayrıca Şekil 3.2'de, Çizelge 3.2'de bahsedilen boy tipleri resim üzerinde gösterilmiştir. Yumrubaşların boyları baş kaimeden itibaren verilmiştir.

Çizelge 3.2 Yumrubaş boylarının su hattına boyuna bağlı gösterimi

Boy Tip Notasyonu	Boy Aralığı (L_B)	L_B/L_{WL}
	(m)	(%)
0	0,65-1,0	%1,0 - %1,5
1	1,6 - 1,9	%2,5 - %2,9
2	2,8 - 3,1	%4,3 - %4,8
3	4,0 - 4,5	%6,2 - %6,9

Çizelge 3.2’de verilen yumrubaşların boy aralığı hakkında akla şu soru gelebilir: yumrubaş boylarının neden net bir boy da değil de bir aralıkta verilmiş olduklarıdır. Buna cevaben, formun düzeltilmesi çalışmasında, yüzeyin su hattı ve batok geçişlerini düzenlemek adına her kesit için farklı boy aralıkları oluşmaktadır. Örneğin, nabla (∇) kesitle, dairesel kesitlerin yüzey geçişleri farklıdır ve yüzeyin düzgünleştirilmesi açısından, kontrol noktalarının uygun bölgelere taşınması gereklidir. Her yumrubaş kesit tipi için ayrı bir yüzey oluşumu söz konusu olduğundan, yumrubaş boylarını net olarak birebir örtüştürmek imkansızdır.



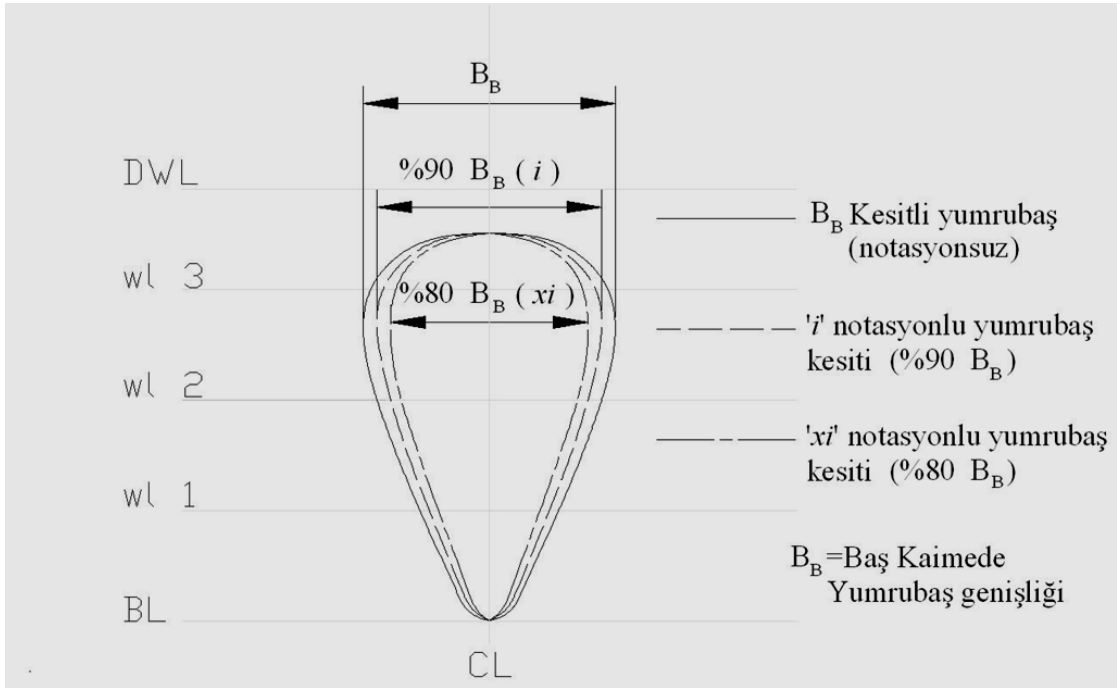
Şekil 3.2 Yumrubaş boylarının ve notasyonlarının gösterimi

Genişlik Parametresi

Tasarlanan yumrubaş serilerinin genişlikleri azaltılarak, daha etkin kesitli yumrubaşlar tasarlanmaya çalışılmıştır. Kullanılan notasyonlar ve karşılıkları şöyledir:

i : İlgili yumrubaş serisinin ilk tasarlanan genişliğinin ortalama olarak yaklaşık %10 azaltılmış halidir.

xi : İlgili yumrubaş serisinin, ilk tasarlanan genişliğinin ortalama olarak yaklaşık %20 azaltılmış halidir.



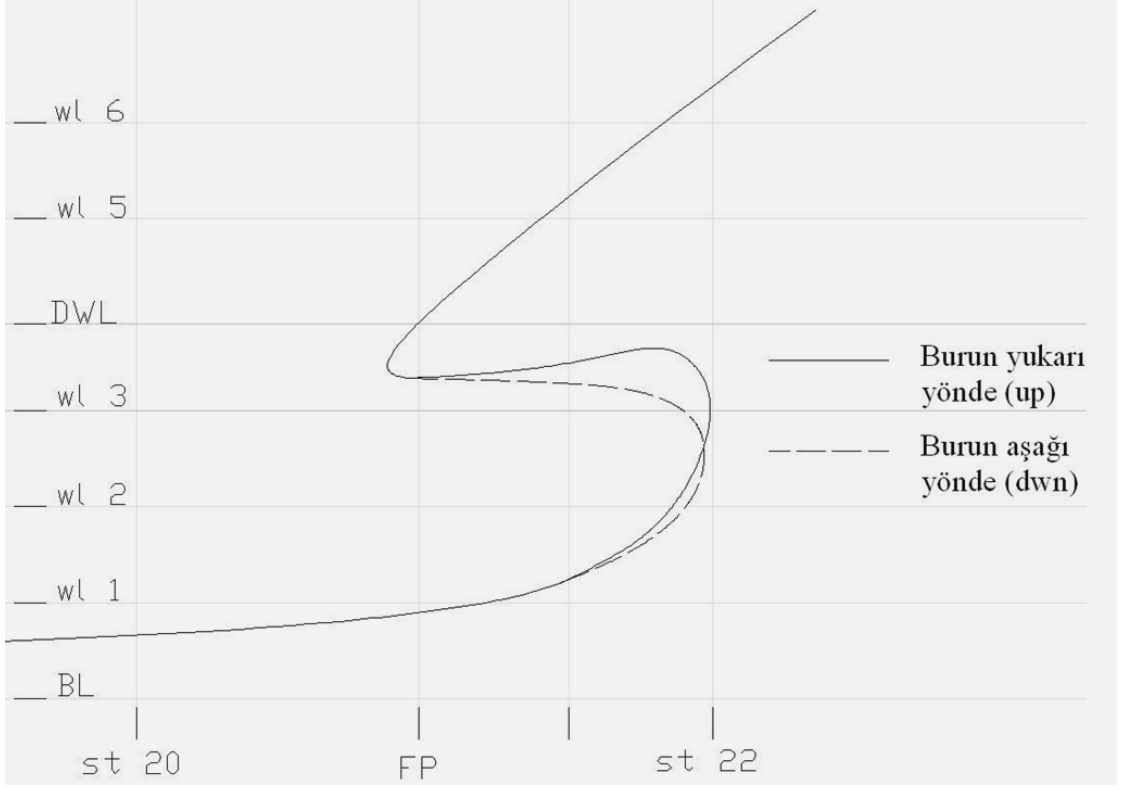
Şekil 3.3 Baş kaimedeki yumrubaş kesit genişlikleri ve notasyonları gösterimi

Yumrubaş Burnunun Konumu

İlk olarak tasarlanan serilerin genişlikleri azaltılarak, daha etkin kesitli yumrubaşlar tasarlanmaya çalışılmıştır. Kullanılan notasyonlar ve karşılıkları şöyledir:

up : İlgili yumrubaş serisinin, burun kısmının serbest yüzeye doğru yukarı kalkık olması durumudur. İngilizce olarak 'nose up' tabiri kullanılmaktadır.

dwn : İlgili yumrubaş serisinin burun kısmının serbest yüzeyin aksi yönünde yani aşağı yönde kaide hattına doğru eğimli olmasıdır. İngilizce olarak 'nose down' tabiri kullanılmaktadır.



Şekil 3.4 Yumrubaşın burun diye tabir edilen uç kısmının gösterimi ve notasyonu

Yukarıda bahsi geçen notasyonların yanı sıra; yumrubaşların kesit tipine göre ilgili notasyonlar ise şöyledir:

Δ : Delta kesitli yumrubaşları ifade etmektedir

∇ : Nabla kesitli yumrubaşları ifade etmektedir

Oval : Oval kesite sahip dairesel kesitli yumrubaşları ifade etmektedir

OE : Eliptik kesite sahip dairesel kesitli yumrubaşları ifade etmektedir

Şimdi ise birazdan bahsi geçecek olan yumrubaş notasyonlarına bir örnek ile bu durumu daha net bir şekilde izah edelim :

Yumrubaş tipi : Δ -*I**dwn*-*i*

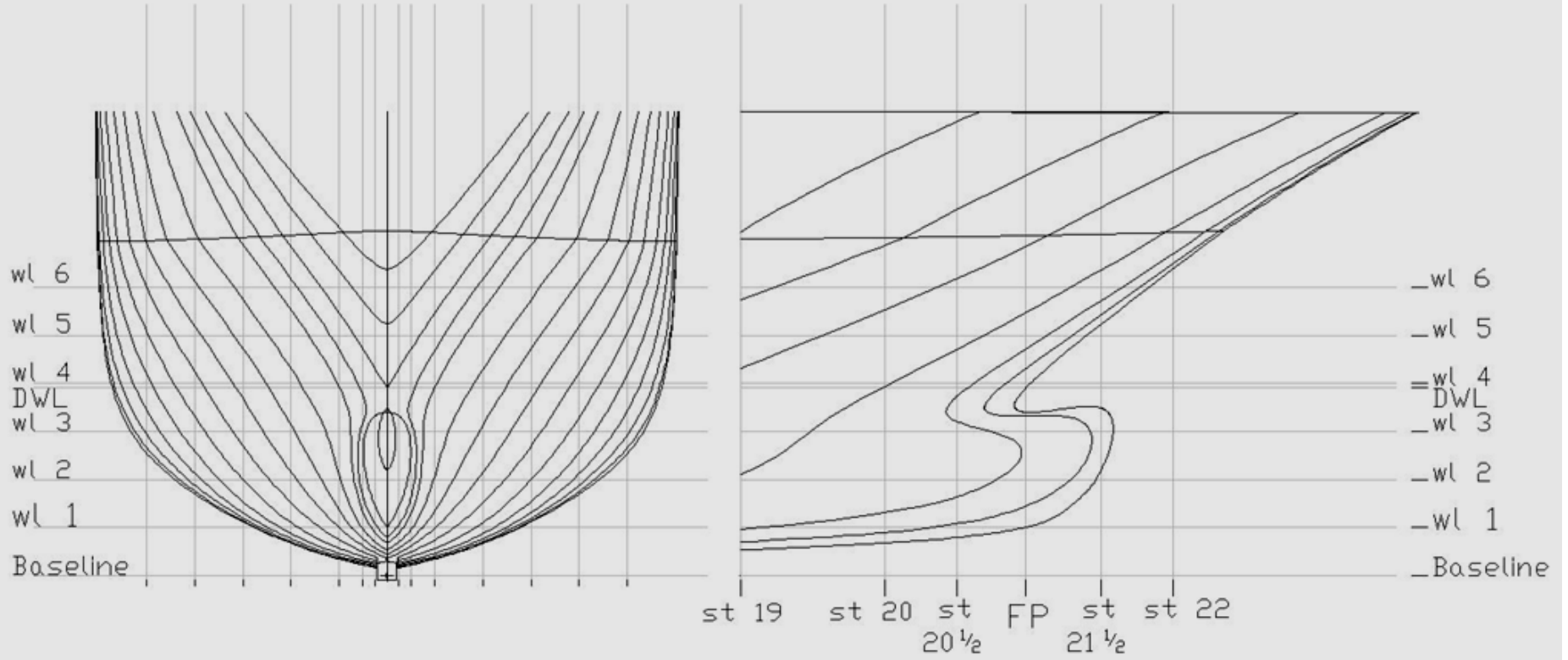
Açıklaması : Delta kesitli (Δ), tekne su hattı boyunun yaklaşık %2,5-%2,9'u kadar yumrubaş boyuna sahip ('*I*' notasyonlu yumrubaş tipi), yumrubaş burnu aşağı yöne bakan (*dwn*), kesit genişliği ortalama %10 azaltılmış (*i*) yumrubaş serisini ifade etmektedir.

3.2.1 Nabla (∇) Kesitli Yumrubaş Formları

Bu bölümde tekne formuna uygulanan nabla (∇) kesitli yumrubaş formları incelenecektir. Toplam 15 adet nabla (∇) kesitli yumrubaş formu tasarlanmıştır. Formların tasarlanmasında önceki bölümde anlatılan formasyon ve isimlendirilmesinde verilen notasyon kullanılmıştır. Direnç yönünden daha etkin olan 5 tanesinin kıyaslanmasına karar verilmiştir. İlgili beş adet yumrubaş formunun en kesitleri ve profil batokları aşağıdaki resimlerde gösterilmiştir. Bu formların diğer formlardan daha etkin olduğu tespit edilmiş olup, ilerleyen bölümlerde açıklanacaktır.

Nabla(∇)-1up-xi

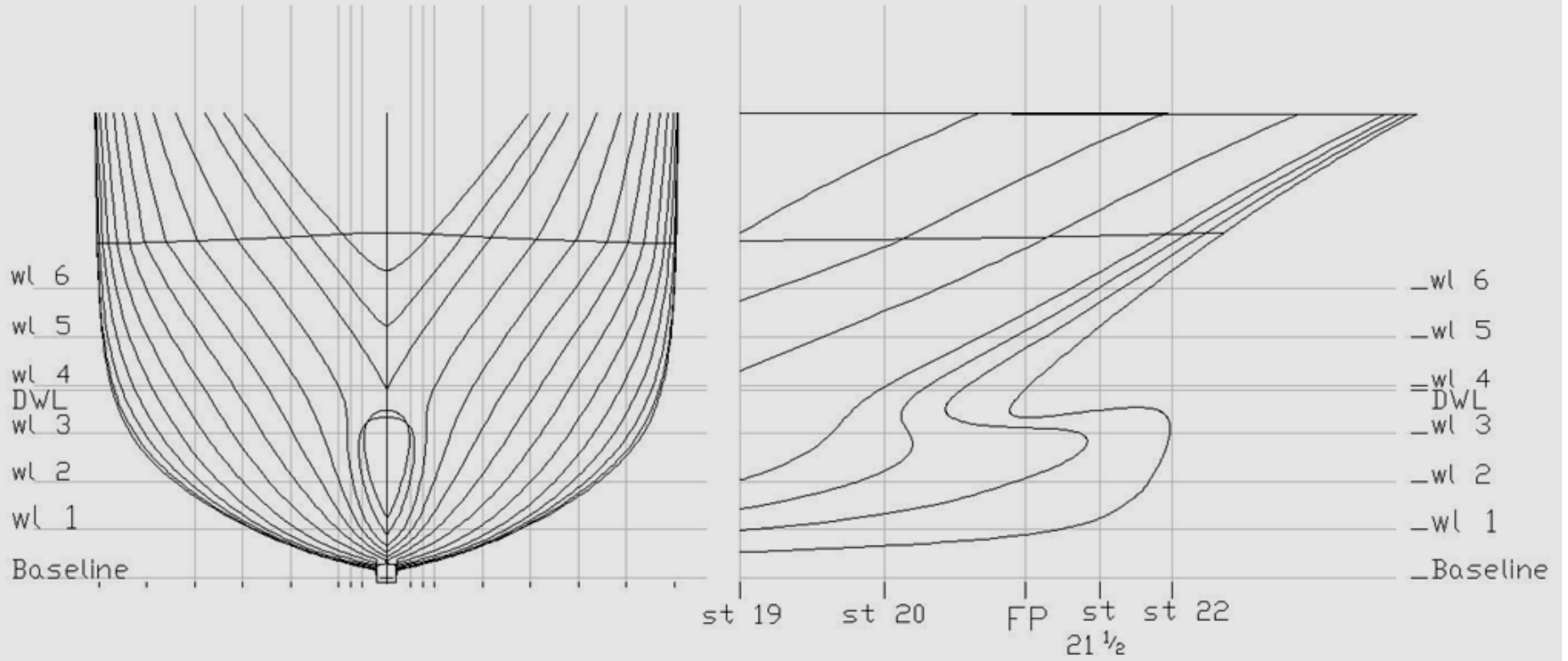
35



Şekil 3.5 Nabla (∇) kesitli yumrubaş formları – Tip : Nabla(∇)-1up-xi

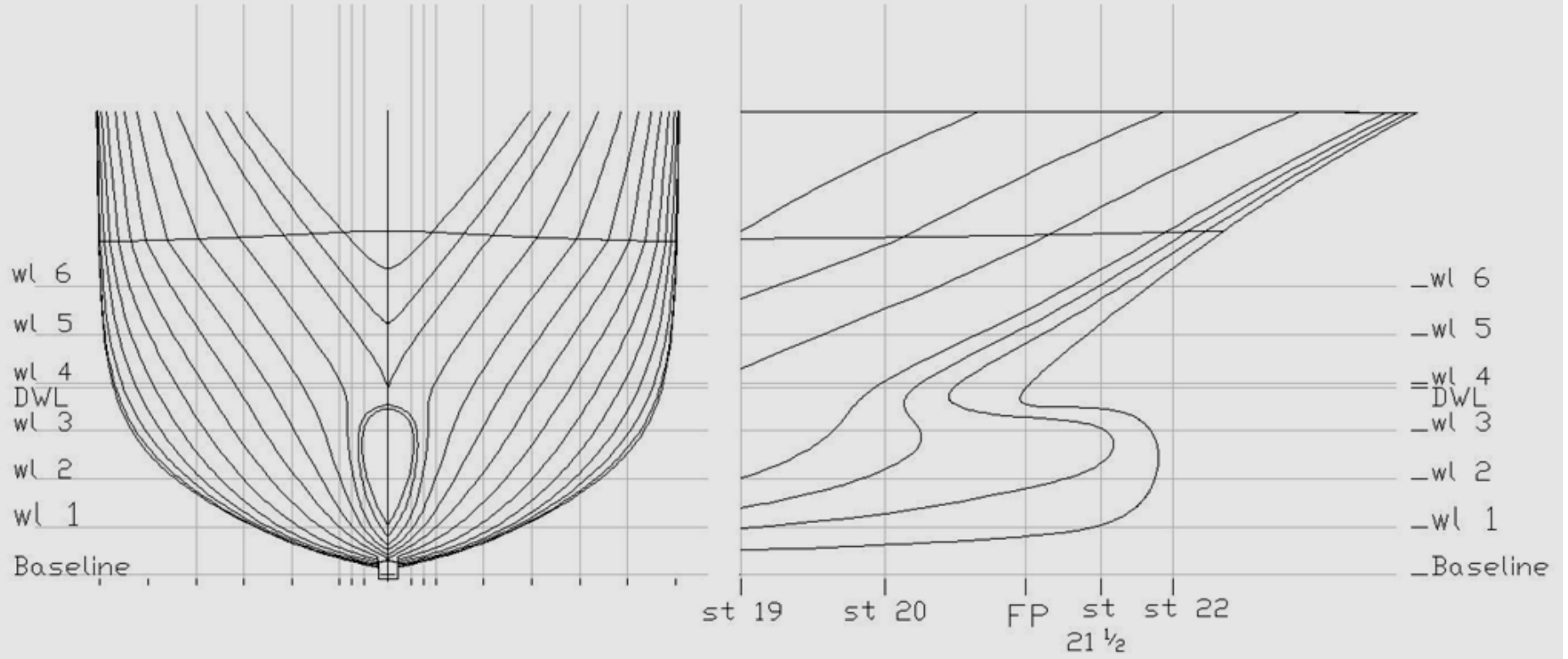
Nabla(∇)-2up-xi

36



Şekil 3.6 Nabla (∇) kesitli yumrubaş formları – Tip : Nabla(∇)-2up-xi

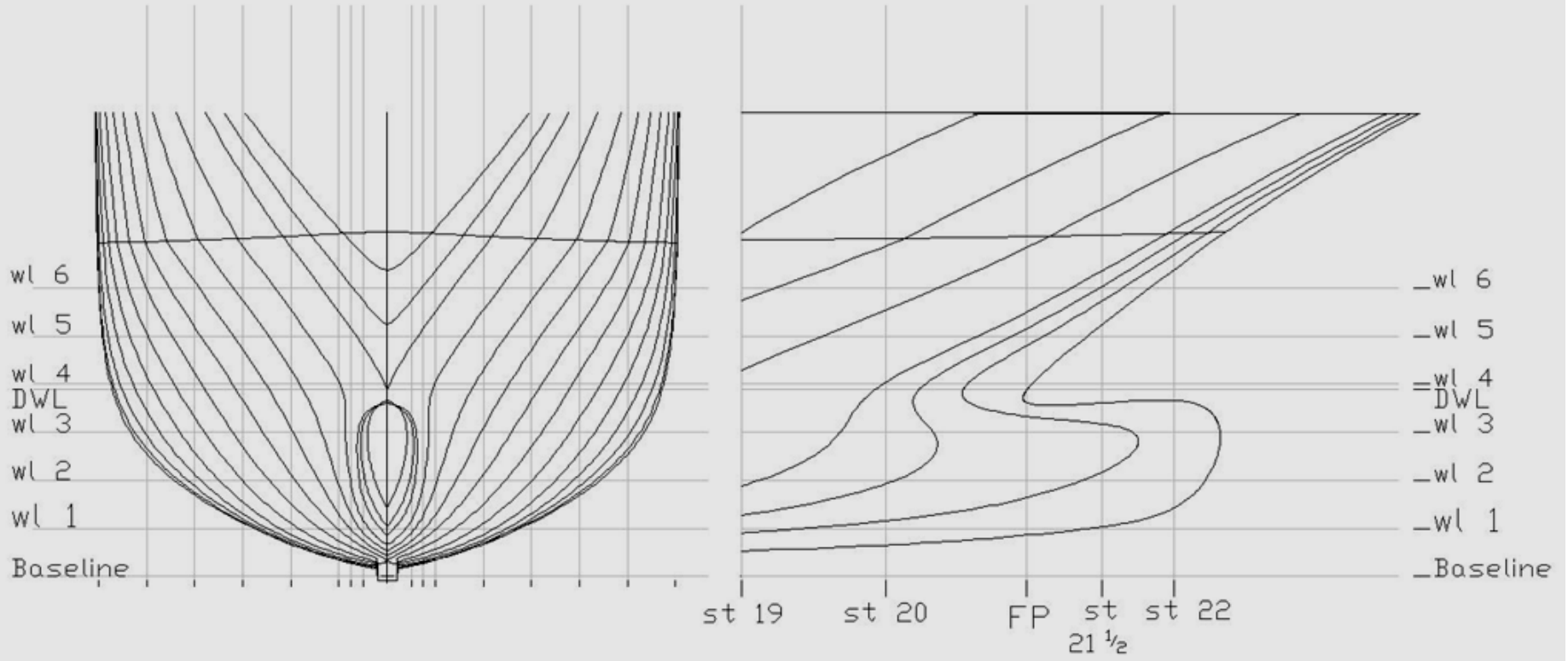
Nabla(∇)-2dwn-i



Şekil 3.7 Nabla (∇) kesitli yumrubaş formları – Tip : Nabla(∇)-1dwn-i

Nabla(∇)-3up-i

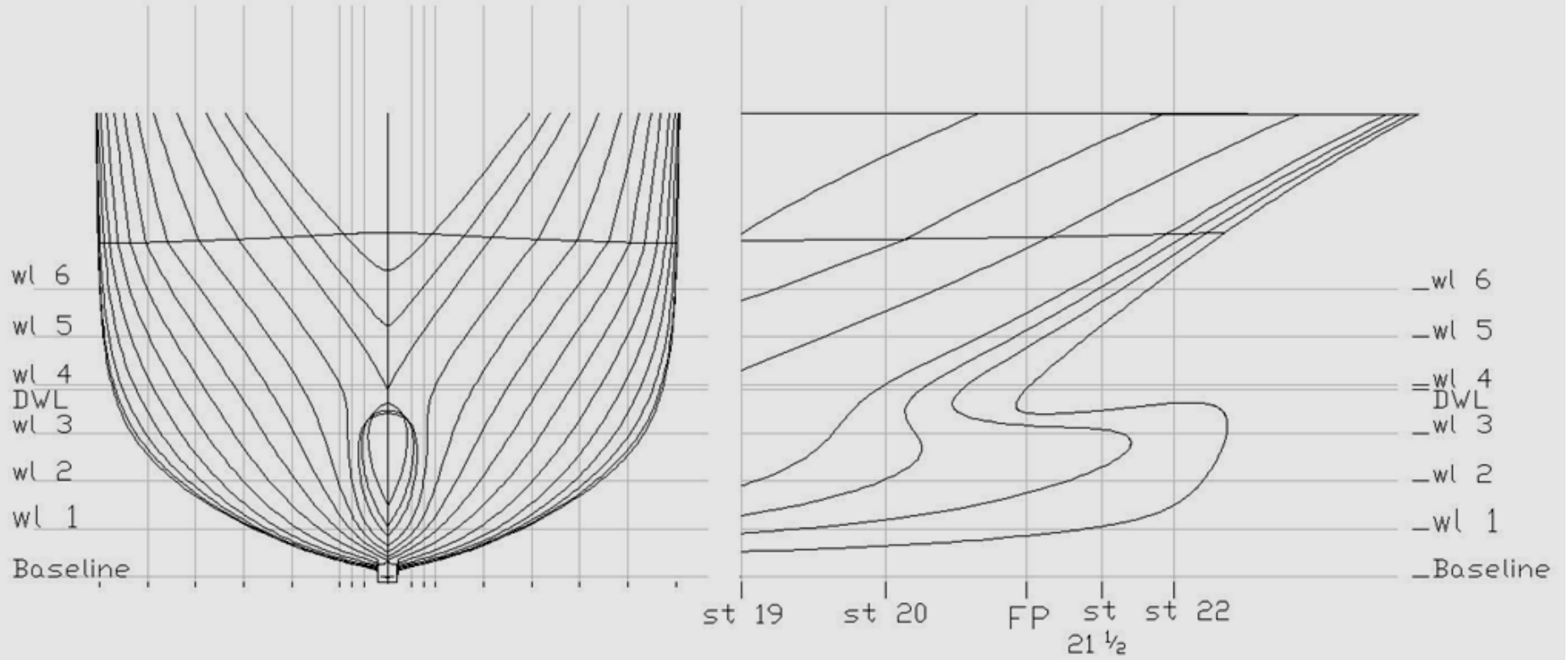
38



Şekil 3.8 Nabla (∇) kesitli yumrubaş formları – Tip : Nabla(∇)-3up-i

Nabla(∇)-3up-xi

39



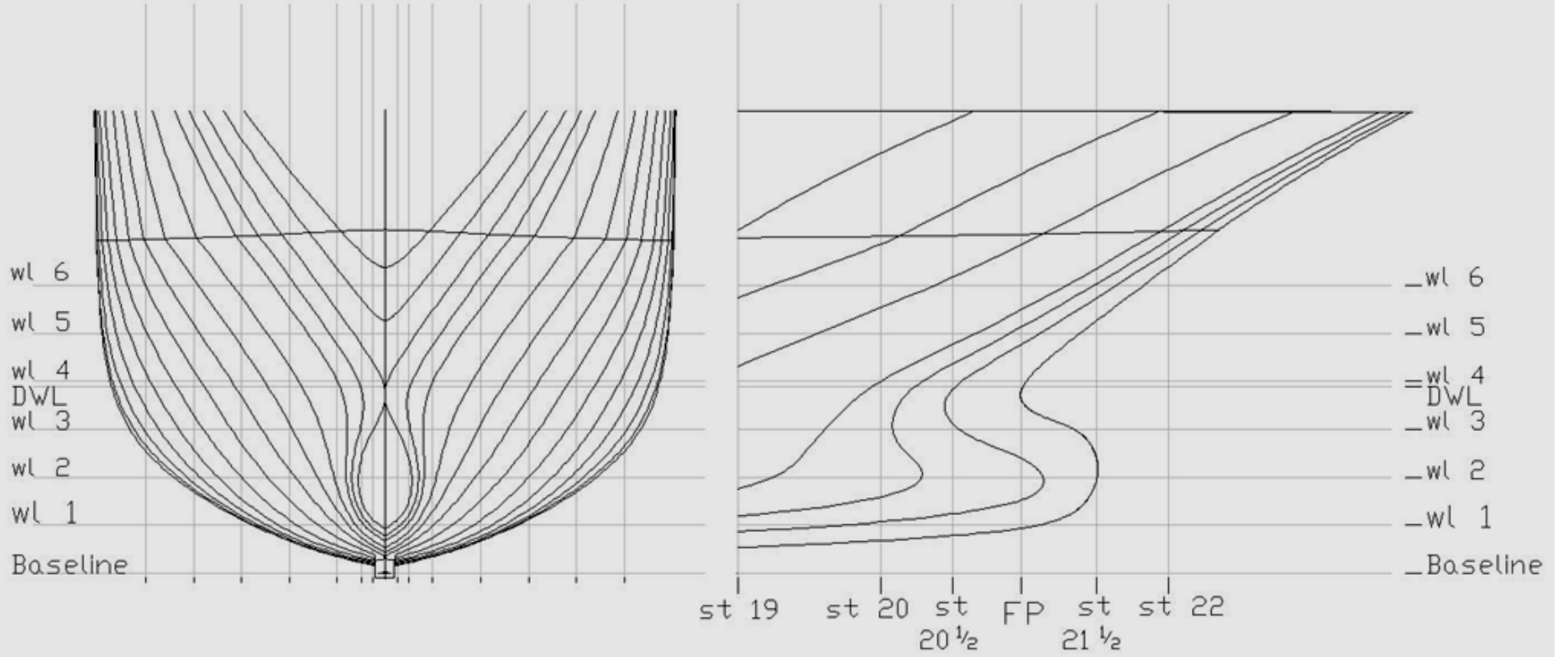
Şekil 3.9 Nabla (∇) kesitli yumrubaş formları – Tip : Nabla(∇)-3up-xi

3.2.2 Delta (Δ) Kesitli Yumrubaş Formları

Bu bölümde tekne formuna uygulanan delta (Δ) kesitli yumrubaş formları incelenecektir. Toplam 14 adet delta (Δ) kesitli yumrubaş formu tasarlanmıştır. Formların tasarlanmasında önceki bölümde anlatılan formasyon ve isimlendirilmesinde verilen notasyon kullanılmıştır. Direnç yönünden daha etkin olan 4 tanesinin kıyaslanmasına karar verilmiştir. İlgili dört adet yumrubaş formunun en kesitleri ve profil batokları aşağıdaki resimlerde gösterilmiştir. Bu formların diğer formlardan daha etkin olduğu tespit edilmiş olup, bu durum ilerleyen bölümlerde açıklanacaktır.

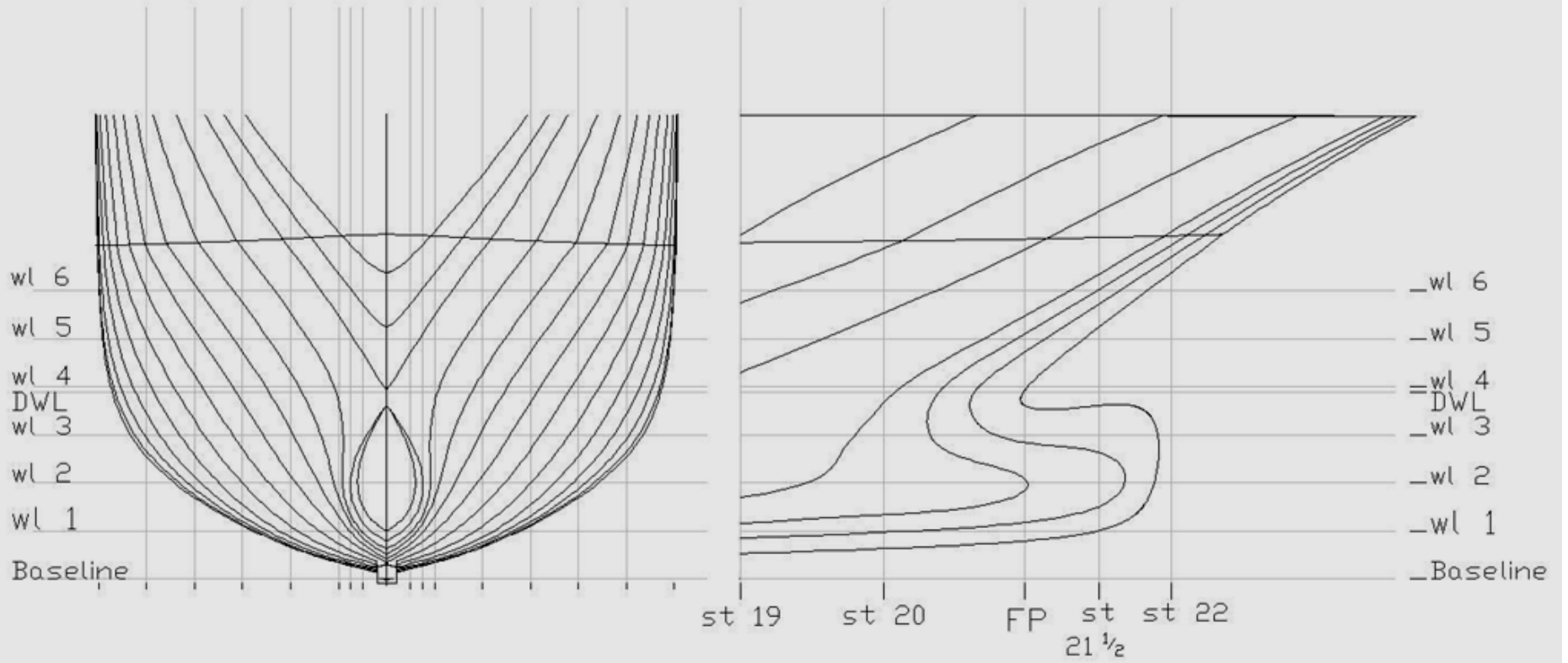
Delta(Δ)-1dwn-i

41



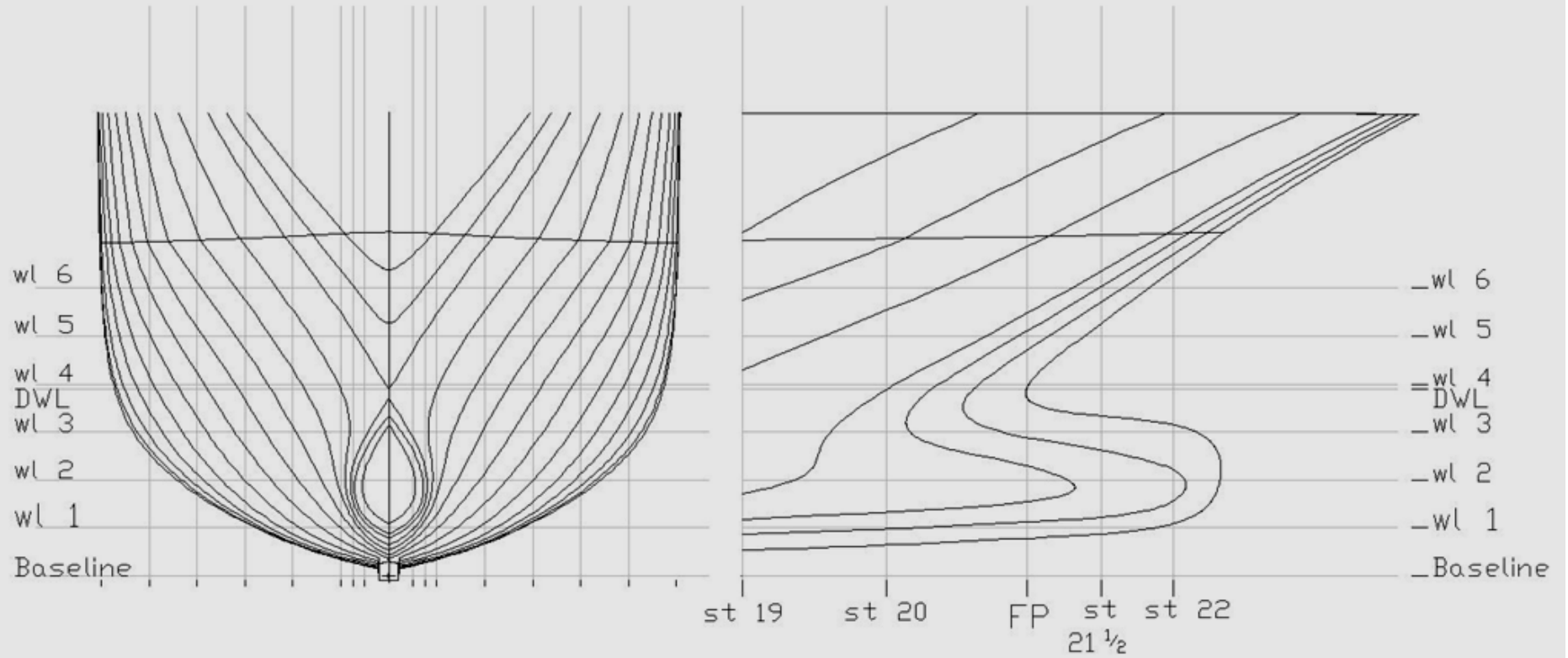
Şekil 3.10 Delta (Δ) kesitli yumrubaş formları – Tip : Delta(Δ)-1dwn-i

Delta(Δ)-2up



Şekil 3.11 Delta (Δ) kesitli yumrubaş formları – Tip : Delta(Δ)-2up

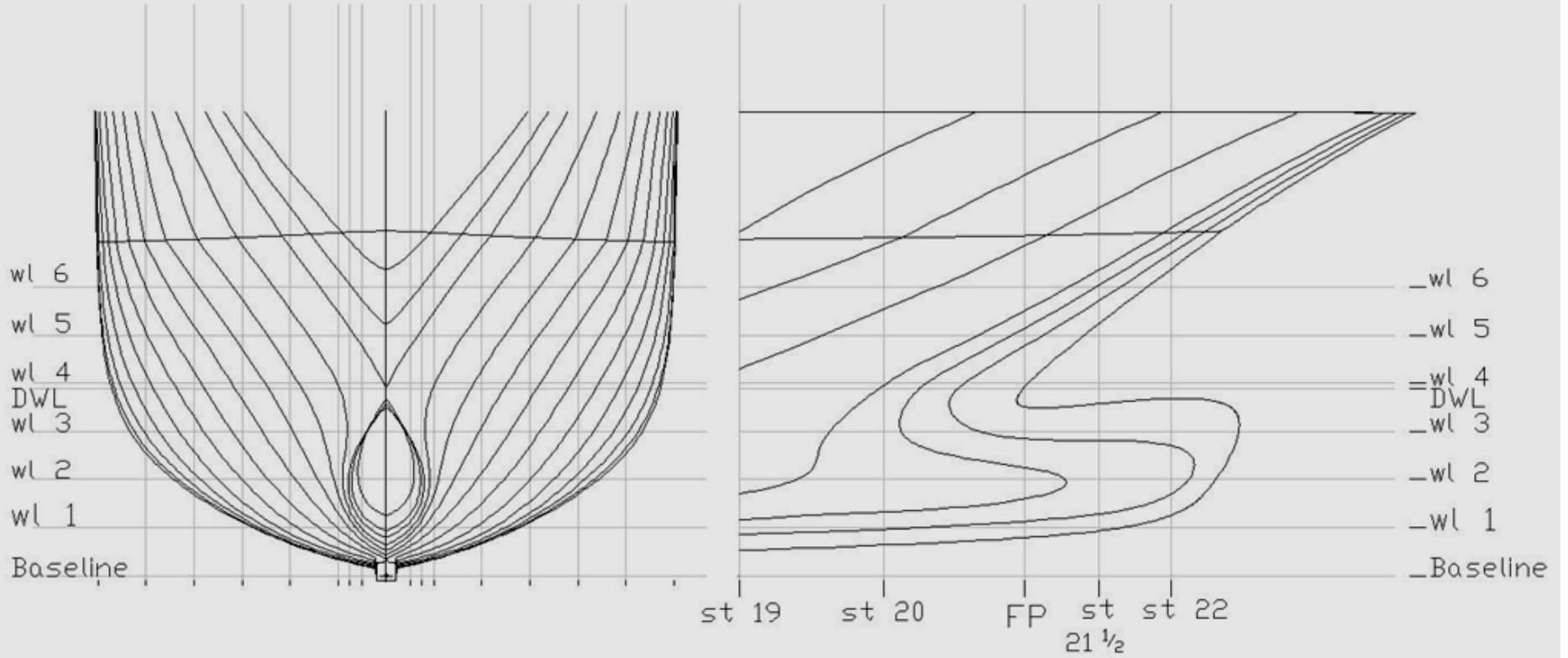
Delta(Δ)-3dwn



Şekil 3.12 Delta (Δ) kesitli yumrubaş formları – Tip : Delta(Δ)-3dwn

Delta(Δ)-3up

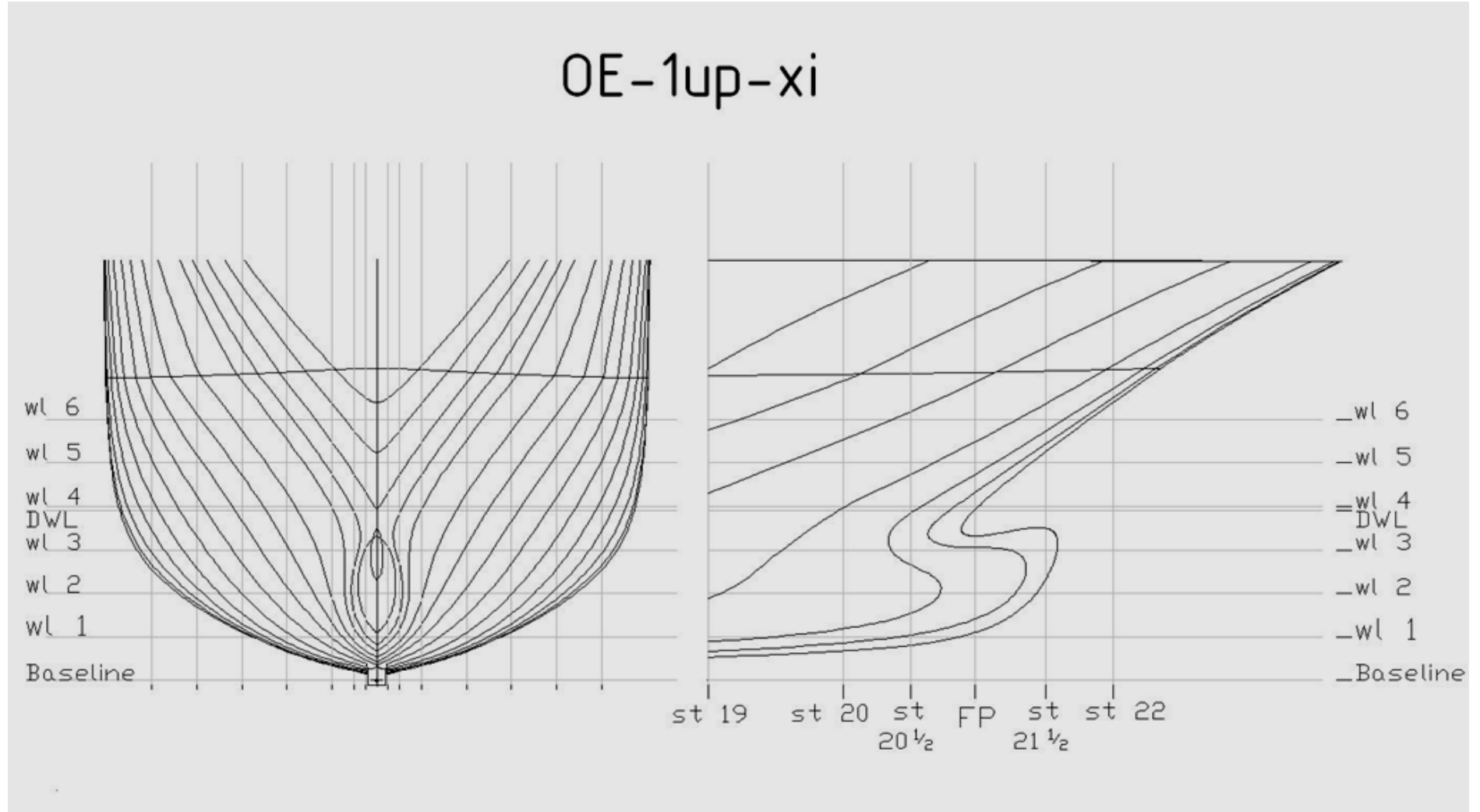
44



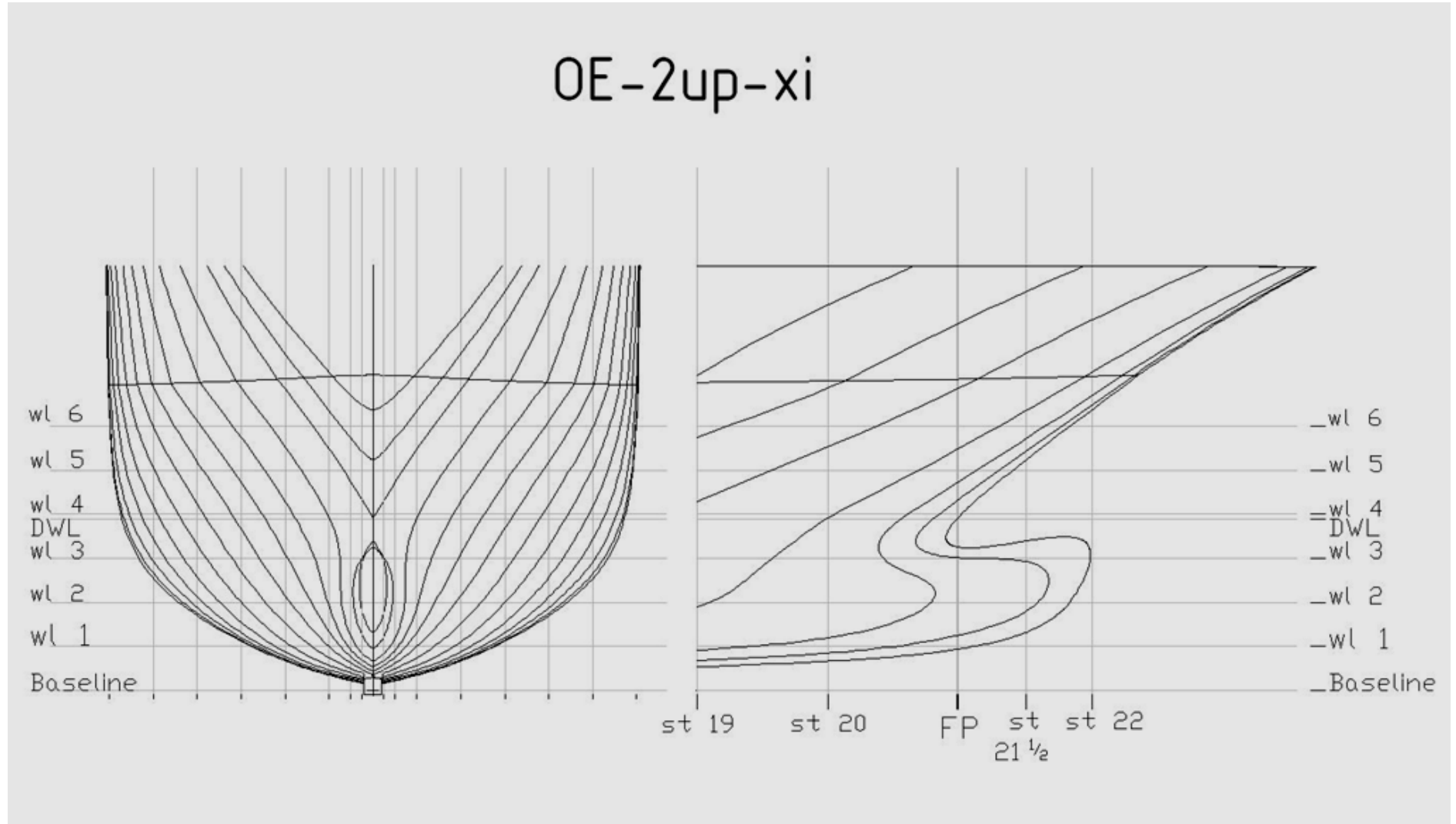
Şekil 3.13 Delta (Δ) kesitli yumrubaş formları – Tip : Delta(Δ)-3up

3.2.3 Dairesel-Eliptik (O) Kesitli Yumrubaş Formları

Bu bölümde tekne formuna uygulanan daireseleliptik (O) kesitli yumrubaş formları incelenecektir. Toplam 23 adet daireseleliptik (O) kesitli yumrubaş formu tasarlanmıştır. Eliptik kesitlerin uçları sivriltilerek, denizcilik açısından daha elverişli formların tasarlanmasına dikkat edilmiştir. Formların tasarlanmasında önceki bölümde anlatılan formasyon ve isimlendirilmesinde verilen notasyon kullanılmıştır. Direnç yönünden daha etkin olan 6 tanesinin kıyaslanmasına karar verilmiştir. İlgili altı adet yumrubaş formunun en kesitleri ve profil batokları aşağıdaki resimlerde gösterilmiştir. Bu formların diğer formlardan daha etkin olduğu tespit edilmiş olup, ilerleyen bölümlerde açıklanacaktır.

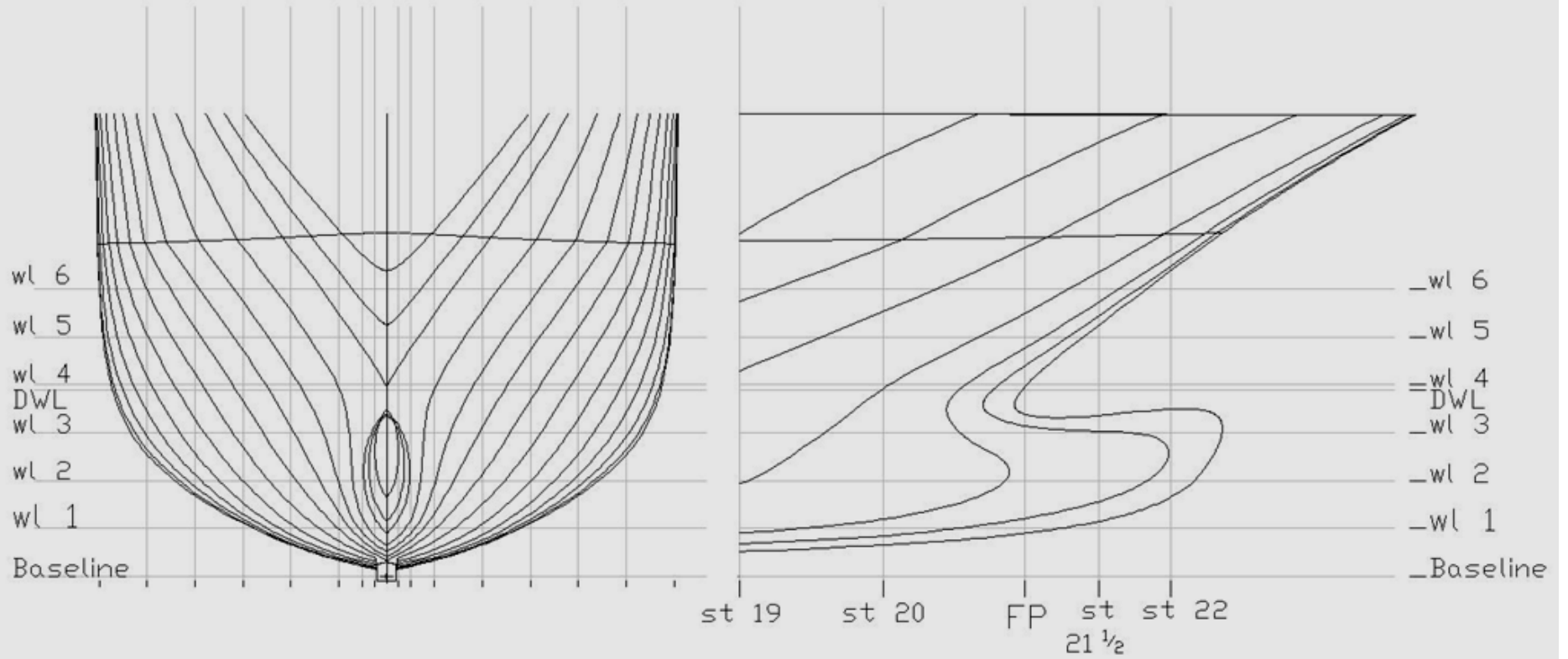


Şekil 3.14 Dairesel-eliptik kesitli yumrubaş formları – Tip : OE-1up-xi



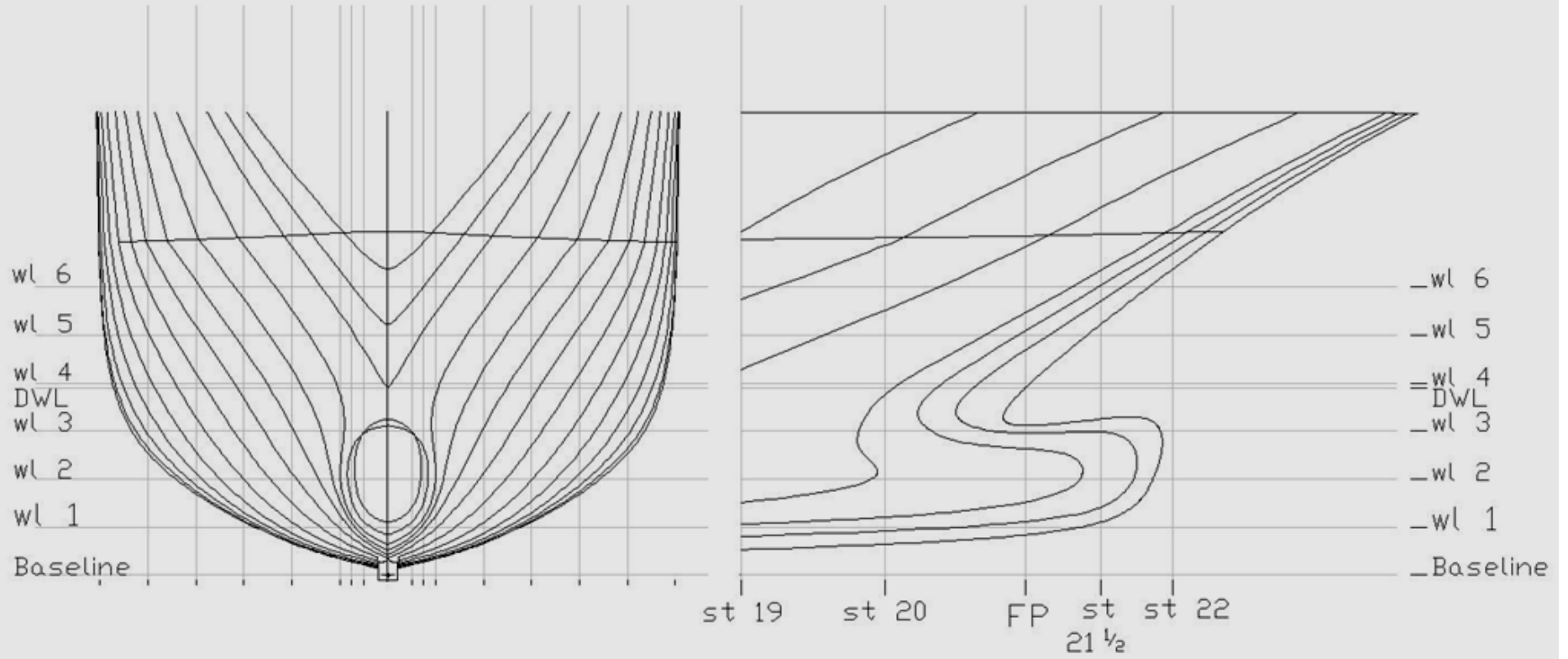
Şekil 3.15 Dairesel-eliptik kesitli yumrubaş formları – Tip : OE-2up-xi

OE-3up-xi



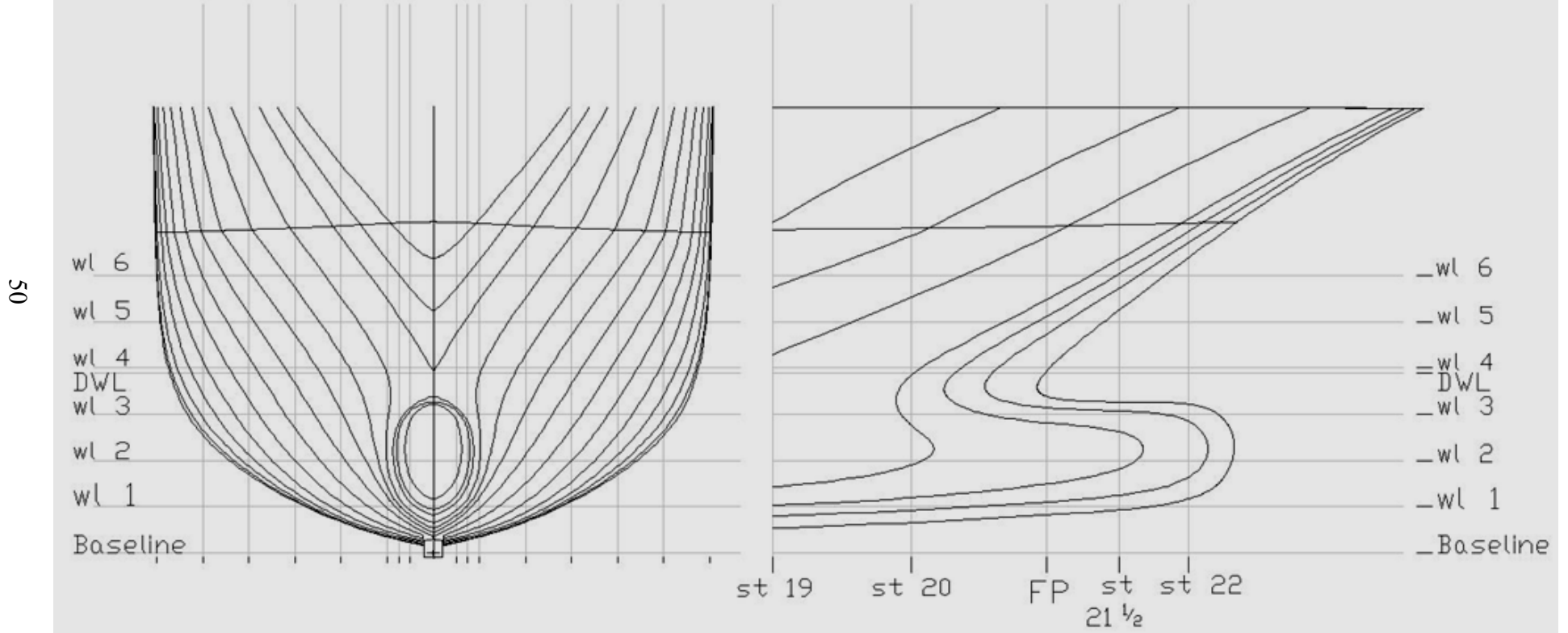
Şekil 3.16 Dairesel-eliptik kesitli yumrubaş formları – Tip : OE-3up-xi

Oval-2up-i



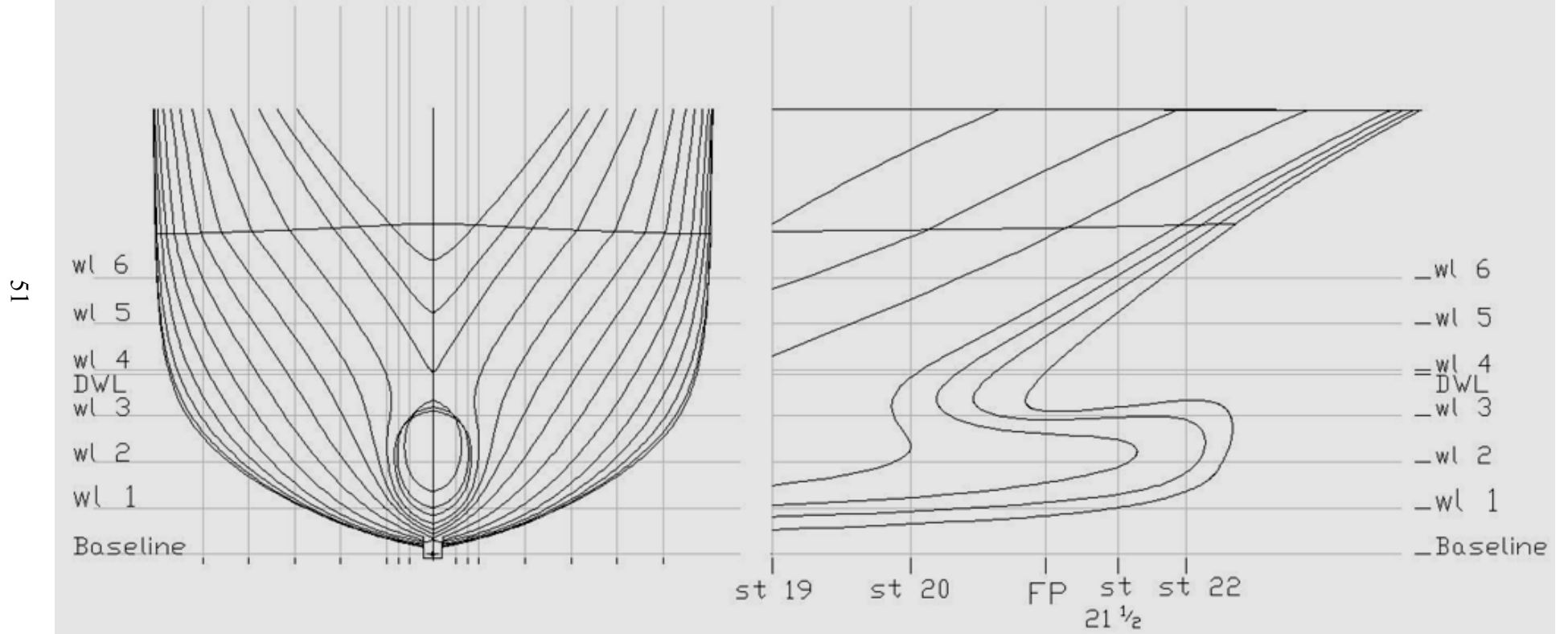
Şekil 3.17 Dairesel-eliptik kesitli yumrubaş formları – Tip : Oval-2up-i

Oval-3dwn-i



Şekil 3.18 Dairesel-eliptik kesitli yumrubaş formları – Tip : Oval-3dwn-i

Oval-3up-i



Şekil 3.19 Dairesel-eliptik kesitli yumrubaş formları – Tip : Oval-3up-i

YUMRUBAŞIN DİRENCE ETKİSİ

4.1 Holtrop-Mennen Direnç Tahmin Yönteminde Yumrubaşın Direnç Üzerindeki Etkisi

Günümüzde gemilerin direncini tahmin etmede çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, konumuz üzerine yani yumrubaşların dirence olan etkisini bu yöntemler içinde mevcut bulunduran en önemli yöntem Holtrop-Mennen direnç tahmin yöntemidir. Holtrop-Mennen yönteminde, gerek geniş tanım aralığı gerekse gemilere ait bir çok parametreyi kullanmaya olanak sağlamasından dolayı dünyada en çok tercih edilen direnç tahmin yöntemleri başında gelmektedir.

Holtrop-Mennen direnç tahmin yöntemi, Hollanda gemi model deney havuzunda (The Netherlands Ship Model Basin – NSMB) yapılmış çok sayıda gemi model deneyleri ile gemilerde yapılan ölçümlerin regresyon analizi ile incelenmesi ve sonuçların gemi form parametreleri cinsinden ifade edilmesi ile ortaya çıkmıştır. Bu yöntem, Holtrop J. ve Mennen G. adlı iki araştırmacının 1977-1984 yılları arasında geliştirdiği model deneyi sonuçlarına dayalı bir yöntemdir. İlk olarak 1977 yılında yayınladıkları çalışmalarına, 1978 yılında yumrubaşların direnç üzerinde etkisini yöntemlerine etki ettirmesi ile geliştirilmiştir (Holtrop ve Mennen [18]). Daha sonra 1982 yılında yüksek blok katsayılı gemilerin ve narin savaş gemisi formları modele eklenmiştir (Holtrop ve Mennen [18]). 1984 yılında ise de, yüksek Froude sayılarında ($F_n > 0,5$) bazen hatalı sonuç vermesinden ötürü Seri 64 formları da modele eklenmiştir (Holtrop ve Mennen [19]). Böylece 191 olan model sayısı, 334 e yükseltilerek daha geniş aralıkta daha güvenli sonuçların elde edilmesine olanak sağlanmıştır (Robert [20]).

Bu bölümde verilecek tüm denklemler ilgili çalışmadan alınmıştır [18], [19]. Gemi direncinin ön dizayn aşamasında yaklaşık olarak hesaplanmasını amaçlayan bu yöntemde efektif güç aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$P_E = R_T \cdot V \quad (4.1)$$

Bu yöntemde gemi direnci bileşenleri, (2.1) ve (2.2) eşitliklerinden den biraz farklı olarak aşağıdaki gibi ifade edilmiştir:

$$R_T = R_F(1+k_1) + R_{App} + R_W + R_B + R_{Tr} + R_A \quad (4.2)$$

Burada:

R_T : Gemi toplam direnci

R_F : ITTC 1957 ye göre hesaplanan sürtünme direnci, $R_F = C_F \cdot \rho / 2 \cdot S \cdot V^2$,

C_F değeri (2.3) eşitliğinden elde edilebilir.

$1+k_1$: Viskoz direncin, sürtünme direnci ile olan ilişkisini tanımlayan form faktörü

R_{App} : Takıntıların direnci

R_W : Dalga yapma ve dalga kırılma dirençleri

R_B : Yumrubaşın su yüzeyinde oluşturduğu ilave basınç direnci

R_{Tr} : Su içine batmış ayna kığın ilave basınç direnci

R_A : Gemi-model korelasyon direnci

Bu yöntemde yumrubaş kullanımı sonucu, dalga dirençlerinde ve yumrubaşın oluşturduğu ilave basınç dirençlerinde değişiklikler gözlemlenmektedir. Yumrubaş kullanımı sonucu diğer direnç bileşenlerinde oluşan değişiklikler çok küçük mertebelerde oluşmaktadır. Diğer direnç bileşenlerindeki değişiklikler küçük mertebelerde olduğundan ve de esas konumuz olan yumrubaşın direnç üzerindeki etkisinden konuyu uzaklaştıracağından bu çalışmada kafa karışıklığına sebep olacaktır. Bu konuyu merak eden kişilerin Holtrop ve Mennen'in yayınladığı makalesini detaylıca inceleyebilirler. Dolayısıyla Holtrop-Mennen yönteminde, yumrubaşın direnç üzerindeki etkisini, dalga direncinde belirli hızlardan sonra bir azalma ve yumrubaşın varlığı sonucu oluşan ilave basınç direnci olarak iki parametre şeklinde yorumlayabiliriz.

Yumrubaş ilave basınç direnci (R_B) aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır:

$$R_B=0,11.e^{(-3.P_B^{-2})}.F_{ni}^3.A_{BT}^{1.5}.\rho.g/(1+F_{ni}^2) \quad (4.3)$$

Burada, P_B yumrubaşın su yüzeyine çıkma ölçümü olarak tanımlanmış olup aşağıdaki denklemle hesaplanmaktadır:

$$P_B=0,56.\sqrt{A_{BT}}/(T_F-1,5h_B) \quad (4.4)$$

F_{ni} ise yumrubaşın batmasına bağlı Froude sayısı olup aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$F_{ni}=V/\sqrt{g.(T_{FP}-h_B-0,25\sqrt{A_{BT}})+0,15.V^2} \quad (4.5)$$

Burada;

A_{BT} : Yumrubaşın baş kaimedeki en kesit alanı (m^2)

h_B : Yumrubaş en kesit alanı (A_{BT}) merkezinin temel hattından yüksekliği (m)

T_{FP} : Gemi başındaki su çekimi (m)

V : Gemi hızı (m/s)

g : Yerçekimi ivmesi, $9,81 \text{ m/s}^2$

Diğer parametre olan dalga direnci hesabında ise; F_n sayılarına bağlı yaklaşımlar izlenmektedir. Bunun nedeni ise, yüksek Froude sayılarında dalga direncinde oluşan tutarsızlıklardır. 1984 yılında data aralığını 334 gemiye yükseltip, yeni bir analiz ile yayınladıkları çalışmalarında, dalga direncini 3 farklı Froude aralığında incelendiğinde tutarlı sonuçlar gözlenmektedir. Buna göre :

$$R_{W-A}=c_1.c_2.c_5.\nabla.\rho.g.e^{(m_1.F_n^d+m_2.\cos(\lambda.F_n^{-2}))} ; F_n < 0.40 \quad (4.6)$$

$$R_{W-B}=c_{17}.c_2.c_5.\nabla.\rho.g.e^{(m_3.F_n^d+m_4.\cos(\lambda.F_n^{-2}))} ; F_n \geq 0.55 \quad (4.7)$$

$$R_W=R_{W-A(0.4)}+(10.F_n-4)(R_{W-B(0.55)}-R_{W-A(0.4)})/1,5 ; 0,4 < F_n < 0.55 \quad (4.8)$$

$R_{W-A(0.4)}$: $F_n=0.4$ için R_{W-A} değerinden elde edilen değer.

$R_{W-B(0.55)}$: $F_n=0.55$ için R_{W-B} değerinden elde edilen değer.

Dalga direncini veren formülasyonlardaki, c_2 parametresi ise yumrubaşlı gemilerde dalga direnci üzerine etkisini gösteren ifadedir.

$$c_2 = e^{(-1,89.\sqrt{c_3})} \quad (4.9)$$

$$c_3=0,56A_{BT}^{1.5}/(B.T(0.31\sqrt{A_{BT}}+T_{FP}+h_B)) \quad (4.10)$$

Bu çalışmada kullanılan tekne formu, maksimum seyir hızında dahi Froude sayısı değeri $F_n=0,4$ 'ü bulmamaktadır. Dolayısıyla dalga direncinin bulunmasında, (4.6) eşitliğinden yararlanılmıştır. Bu bölümde, daha önceden bahsettiğimiz gibi Holtrop-Mennen direnç tahmin yönteminde yumrubaşların dirence olan etkisini gösteren parametreler incelenmiştir. Dolayısıyla bahsedilen diğer parametreler için bu yöntem daha detaylı bir şekilde incelenebilir.

4.2 Direnç Açısından Etkin Yumrubaşların Seçimi

Bu tez çalışmasında önceden bahsettiğimiz gibi toplamda 52 adet yumrubaşlı form tasarlanmıştır. Bu formlardan 15 tanesi direnç açısından etkili bulunmuştur. 15 adet formun seçilmesi esnasında, her kesit tipi için kendi içinde boyutsuz $L/\nabla^{1/3}$ değerlerinin artık direnç katsayıları ile olan ilişkilerini gösteren grafikler çizilmiştir. Artık direnç katsayıları önceden tanımlandığı şekilde toplam direnç katsayısından levha sürtünme direnç katsayısının çıkarımı sonucu elde edilen bir katsayı olup, içeriğinde dalga ve viskoz dirençleri barındırmaktadır. Çoğu araştırmacı, viskoz ve dalga dirençlerinin net olarak hesaplanamamasındaki güçlükten dolayı, form mukayeselerinde ağırlıklı olarak artık dirençleri ya da artık direnç katsayılarını kullanmışlardır. Bu çalışmada da, artık direnç katsayıları kullanılmıştır. Genel anlamda ise muhakkak toplam dirençlerin karşılaştırılması gerekmektedir. Boyutsuz parametrelerin ve sayıların gemi mühendisliğinde önemi çok büyüktür. $L/\nabla^{1/3}$ değerleri ise direnç mukayeselerinde kullanılan en önemli boyutsuz parametrelerden biridir (Watson [21]). Buradaki ' ∇ ' simgesi, deplasman hacmini simgelemektedir. Tekne boyunun deplasman hacmi üzerindeki etkisini belirlemektedir. Tez çalışmasında, tekne su hattı boyu santimetre mertebelerinde değişmiştir. Deplasman hacimleri ise, eklenen yumrubaş formunun ilave hacmi kadar artmıştır. Dolayısıyla $L/\nabla^{1/3}$ değerleri, yumrubaşın deplasman üzerindeki etkinliğini veren bir parametre olarak da düşünülebilir.

Bu grafikler, 12 knottan itibaren başlamak üzere; 12-14-16-18 knot hız değerleri için ayrı ayrı çizilmiştir. Bu hız aralığında düşük artık direnç katsayıları veren yumrubaşlı formlar tercih edilmiştir. Daha önceden bahsedildiği gibi 14 knot ana formun servis hızı olup; maksimum hız ise 16 knot olarak belirtilmiştir. Grafiklerin hız aralığının belirlenmesinde; servis hızına ve maksimum hıza ± 2 knot ilave edilerek tercih aralığı genişletilmiştir.

4.2.1 Nabla (∇) Kesitli Etkin Yumrubaşların Seçimi

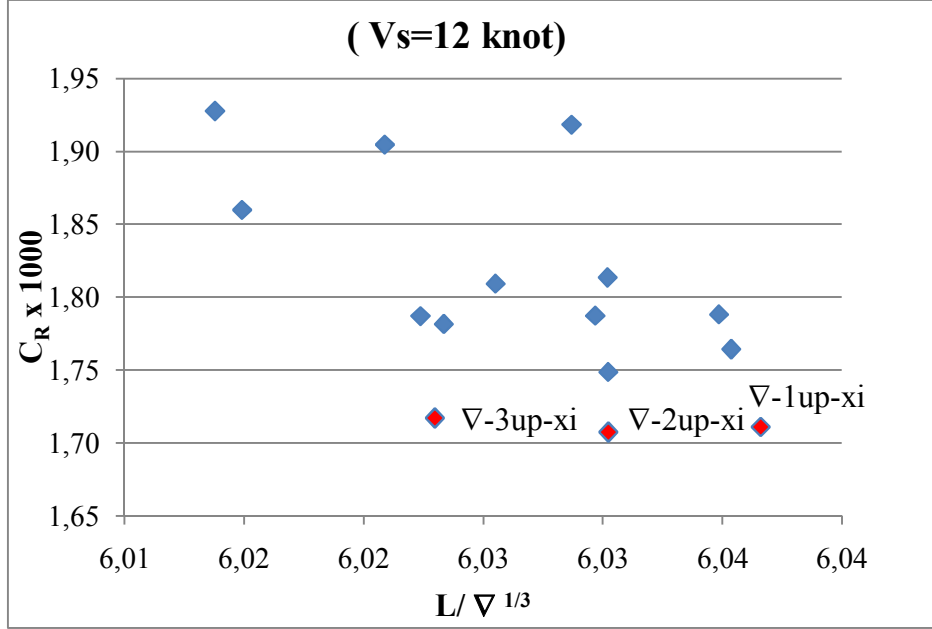
Yumrubaş formları bölümünde bahsedilmiş olan; 15 adet nabla (∇) kesitli yumrubaş formundan, kesit ve profil resimleri yine aynı bölümde gösterilmiş olan 5 adet yumrubaş formu direnç açısından etkin bulunmuştur. 15 adet yumrubaş formuna ait direnç parametreleri Çizelge 4.1’de mevcuttur.

‘*’ notasyonu; direnç açısından etkin olarak belirlenen yumrubaş tiplerini belirtmektedir.

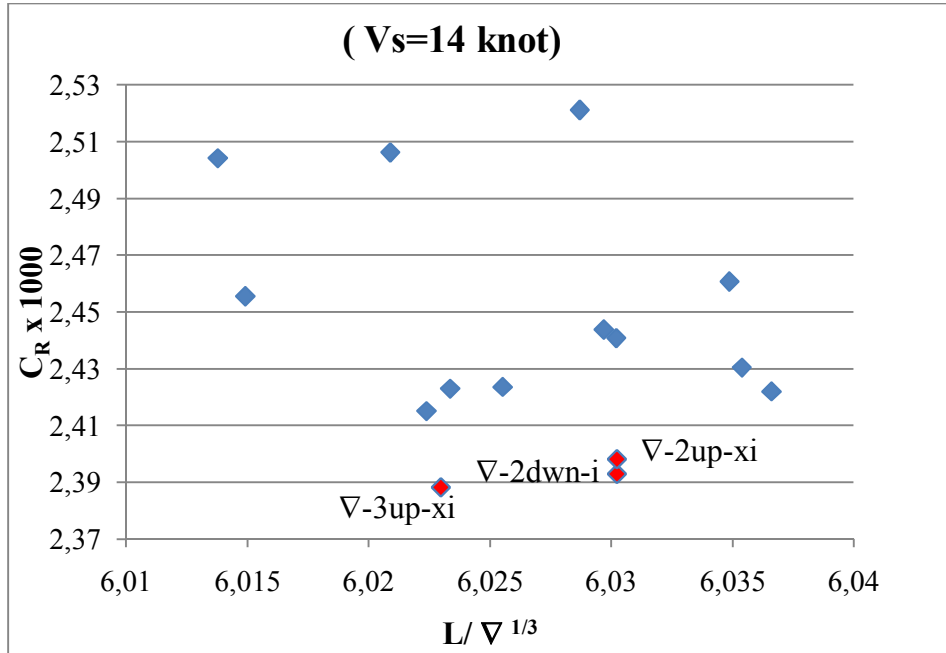
Çizelge 4.1 Nabla (∇) kesitli yumrubaşların artık direnç katsayıları karşılaştırması

			(12 knot)	(14 knot)	(16 knot)	(18 knot)
Yumrubaş Tipleri	∇	$L/\nabla^{1/3}$	C_R	C_R	C_R	C_R
	(m^3)		(x1000)	(x1000)	(x1000)	(x1000)
∇ -1dwn	1261,3	6,030	1,814	2,441	2,855	3,338
∇ -1dwn-i	1258,1	6,035	1,764	2,430	2,869	3,393
∇ -1up	1261,9	6,029	1,918	2,521	2,917	3,381
∇ -1up-i	1258,0	6,035	1,788	2,461	2,903	3,433
* ∇ -1up-xi	1256,8	6,037	1,711	2,422	2,890	3,454
∇ -2dwn	1264,5	6,026	1,809	2,424	2,833	3,295
* ∇ -2dwn-i	1261,5	6,030	1,749	2,393	2,821	3,315
∇ -2up	1264,9	6,021	1,905	2,506	2,905	3,356
∇ -2up-i	1260,9	6,030	1,787	2,444	2,878	3,384
* ∇ -2up-xi	1260,1	6,030	1,707	2,398	2,857	3,391
∇ -3dwn	1270,7	6,015	1,860	2,455	2,859	3,285
∇ -3dwn-i	1264,8	6,023	1,782	2,423	2,852	3,332
∇ -3up	1271,2	6,014	1,928	2,504	2,894	3,305
* ∇ -3up-i	1266,4	6,022	1,787	2,415	2,837	3,302
* ∇ -3up-xi	1264,9	6,023	1,717	2,388	2,840	3,341

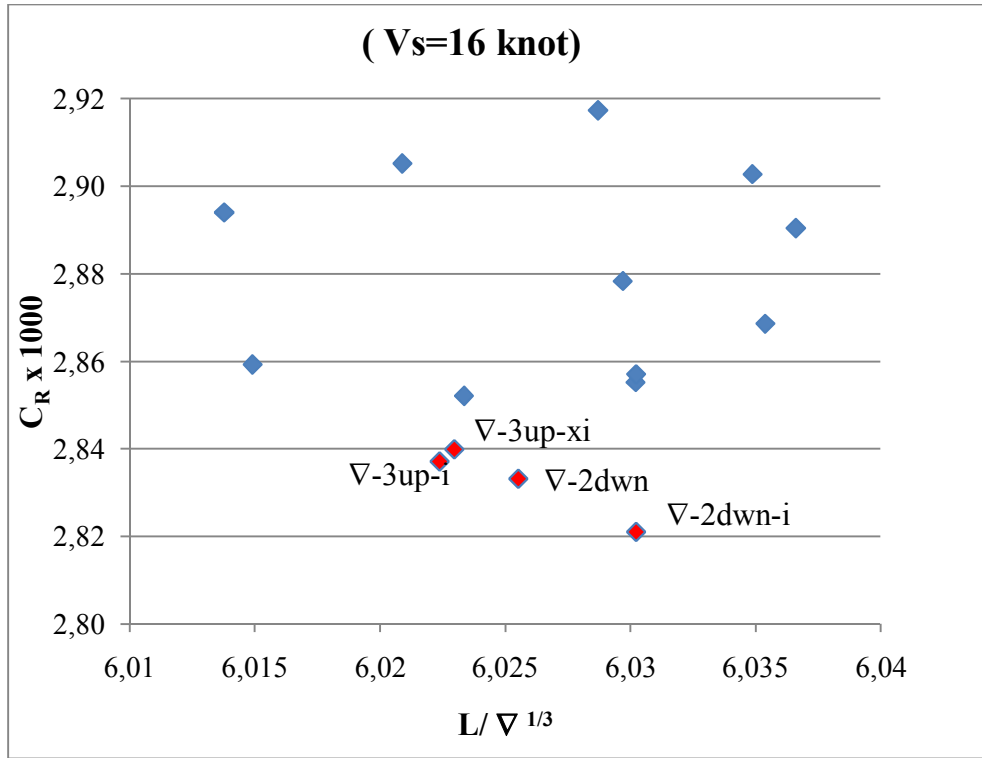
Etkin yumrubaşların seçiminde, Çizelge 4.1'e ait grafiklerin her hız değerinde gösterili aşağıdaki şekillerde (Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4) verilmiştir. Bu şekiller içinde; artık direnç yönünden gösterimi kırmızı olarak yapılan formlar dirençleri düşük olanlardır. Artık dirençleri diğerlerine göre düşük olan formlar içinden, etkin yumrubaşı formlar seçilmiştir.



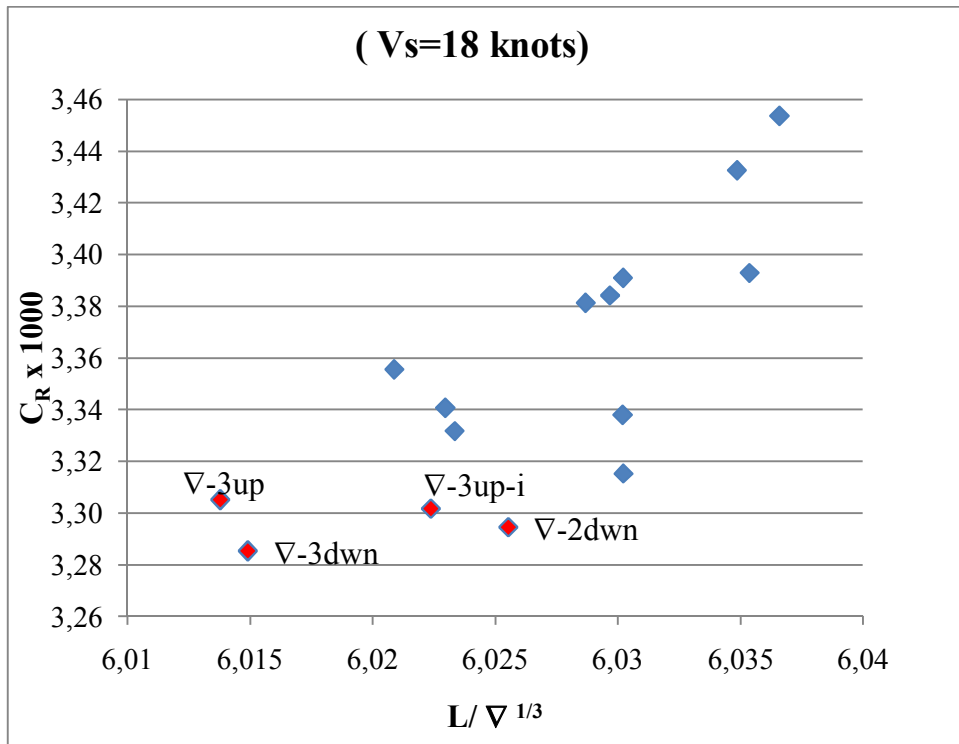
Şekil 4.1 Nabla (∇) kesitli yumrubaş formlarında 12 knot seyir hızında artık direnç katsayıları



Şekil 4.2 Nabla (∇) kesitli yumrubaş formlarında 14 knot seyir hızında artık direnç katsayıları



Şekil 4.3 Nabla (∇) kesitli yumrubaş formlarında 16 knot seyir hızında artık direnç katsayıları



Şekil 4.4 Nabla (∇) kesitli yumrubaş formlarında 18 knot seyir hızında artık direnç katsayıları

4.2.2 Delta (Δ) Kesitli Etkin Yumrubaşların Seçimi

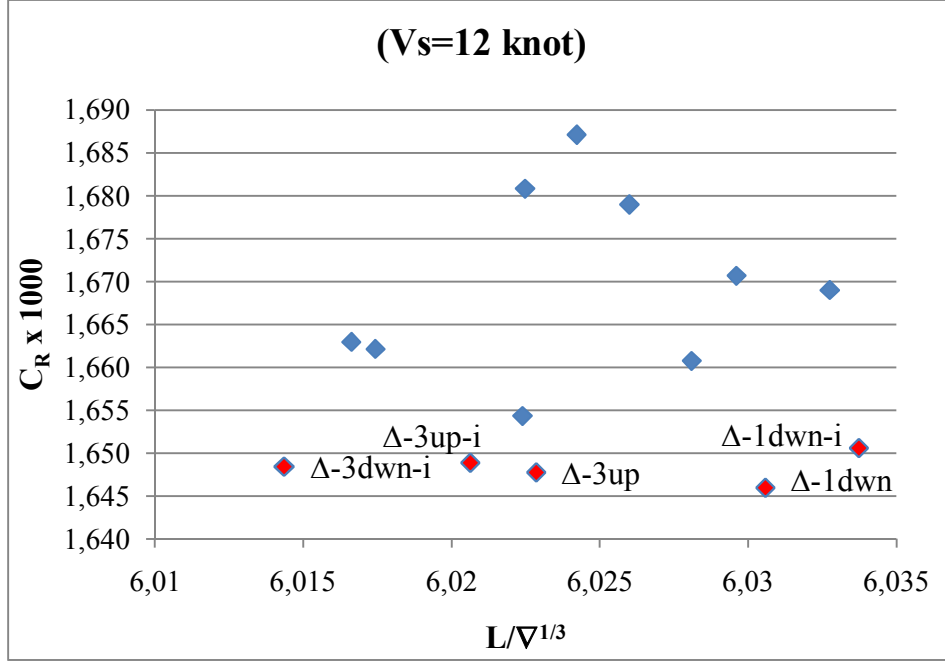
Yumrubaş formları bölümünde bahsedilmiş olan; 14 adet nabla (Δ) kesitli yumrubaş formundan, kesit ve profil resimleri yine aynı bölümde gösterilmiş olan 4 adet yumrubaş formu direnç açısından etkin bulunmuştur. 14 adet yumrubaş formuna ait direnç parametreleri Çizelge 4.2’de verilmektedir.

‘*’ notasyonu; direnç açısından etkin olarak belirlenen yumrubaş tiplerini belirtmektedir.

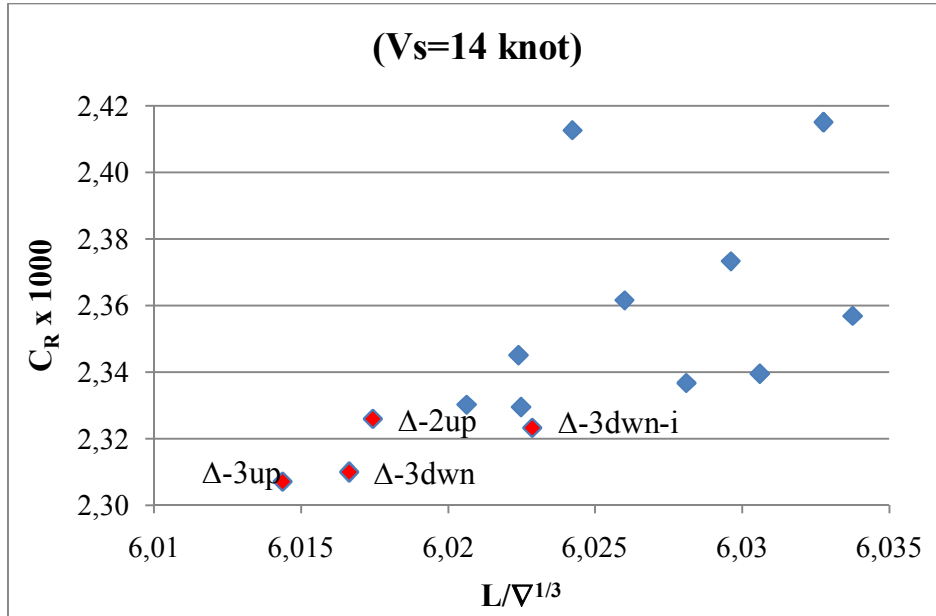
Çizelge 4.2 Delta (Δ) kesitli yumrubaşların artık direnç katsayıları karşılaştırması

			(12 knot)	(14 knot)	(16 knot)	(18 knot)
Yumrubaş Tipleri	∇	$L/\nabla^{1/3}$	C_R	C_R	C_R	C_R
	(m^3)		(x1000)	(x1000)	(x1000)	(x1000)
Δ -0dwn	1260,8	6,033	1,669	2,415	2,914	3,489
Δ -0up	1261,2	6,024	1,687	2,413	2,897	3,451
Δ -1dwn	1262,7	6,031	1,646	2,339	2,805	3,333
* Δ -1dwn-i	1260,7	6,034	1,651	2,357	2,829	3,374
Δ -1up	1263,9	6,026	1,679	2,362	2,821	3,334
Δ -1up-i	1261,6	6,030	1,671	2,373	2,843	3,380
Δ -2dwn	1266,4	6,022	1,681	2,329	2,768	3,247
Δ -2dwn-i	1262,9	6,028	1,661	2,337	2,790	3,302
* Δ -2up	1268,0	6,017	1,662	2,326	2,778	3,261
Δ -2up-i	1264,9	6,022	1,654	2,345	2,811	3,326
* Δ -3dwn	1269,5	6,017	1,663	2,310	2,752	3,218
Δ -3dwn-i	1265,6	6,023	1,648	2,323	2,780	3,281
* Δ -3up	1270,5	6,014	1,648	2,307	2,759	3,230
Δ -3up-i	1266,5	6,021	1,649	2,330	2,792	3,294

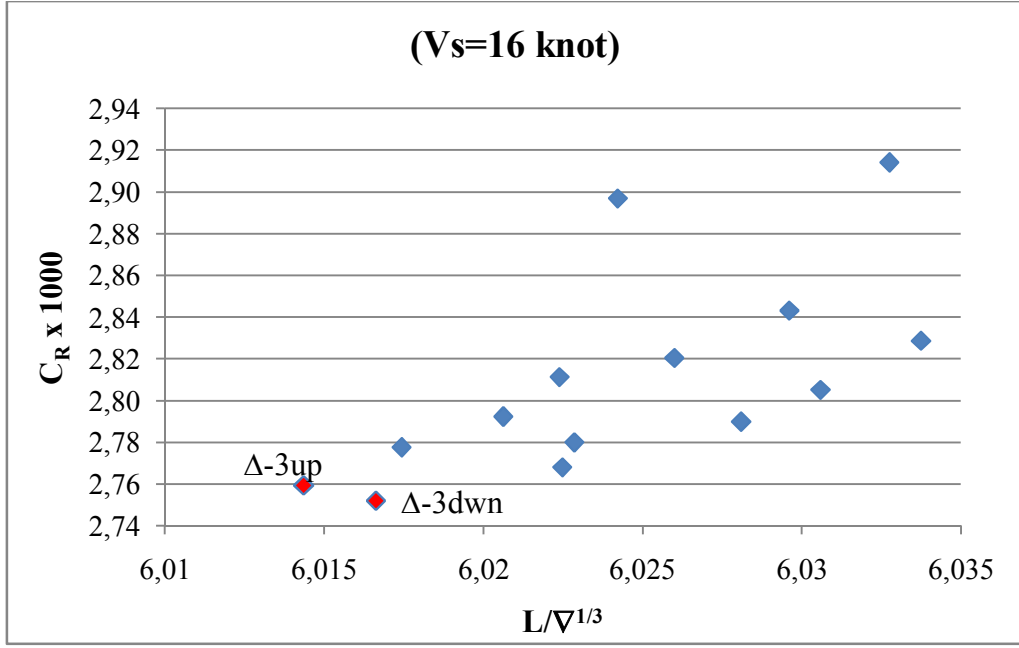
Etkin yumrubaşların seçiminde, Çizelge 4.2'ye ait grafiklerin her hız değerinde gösterimi aşağıdaki şekillerde (Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8) yapılmıştır. Bu şekiller içinde; artık direnç yönünden gösterimi kırmızı olarak yapılan formlar dirençleri düşük olanlardır. Artık dirençleri diğerlerine göre düşük olan formlar içinden, etkin yumrubaşlı formlar seçilmiştir.



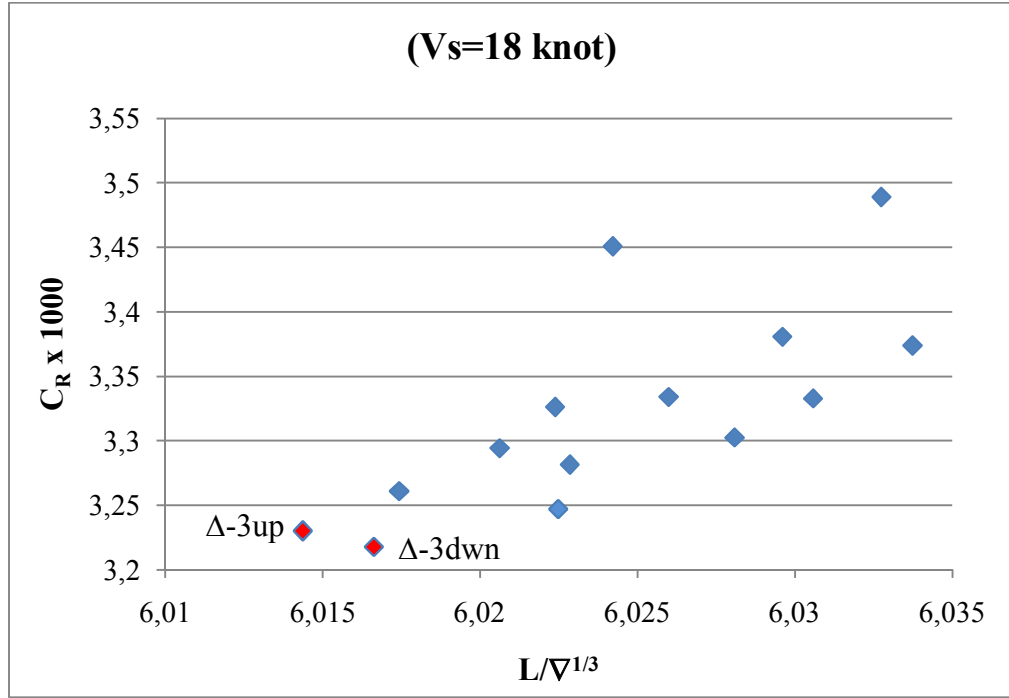
Şekil 4.5 Delta (Δ) kesitli yumrubaş formlarında 12 knot seyir hızında artık direnç katsayıları



Şekil 4.6 Delta (Δ) kesitli yumrubaş formlarında 14 knot seyir hızında artık direnç katsayıları



Şekil 4.7 Delta (Δ) kesitli yumrubaş formlarında 16 knot seyir hızında artık direnç katsayıları



Şekil 4.8 Delta (Δ) kesitli yumrubaş formlarında 18 knot seyir hızında artık direnç katsayıları

4.2.3 Dairesel-Eliptik (O) Kesitli Etkin Yumrubaşların Seçimi

Yumrubaş formları bölümünde bahsedilmiş olan; 23 adet daireseleliptik (O) kesitli yumrubaş formundan, kesit ve profil resimleri yine aynı bölümde gösterilmiş olan 6 adet yumrubaş formu direnç açısından etkin bulunmuştur. 23 adet yumrubaş formuna ait direnç parametreleri Çizelge 4.3’de gösterilmektedir.

‘*’ notasyonu; direnç açısından etkin olarak belirlenen yumrubaş tiplerini belirtmektedir.

Çizelge 4.3 Dairesel-Eliptik (O) kesitli yumrubaşların artık direnç katsayıları karşılaştırması

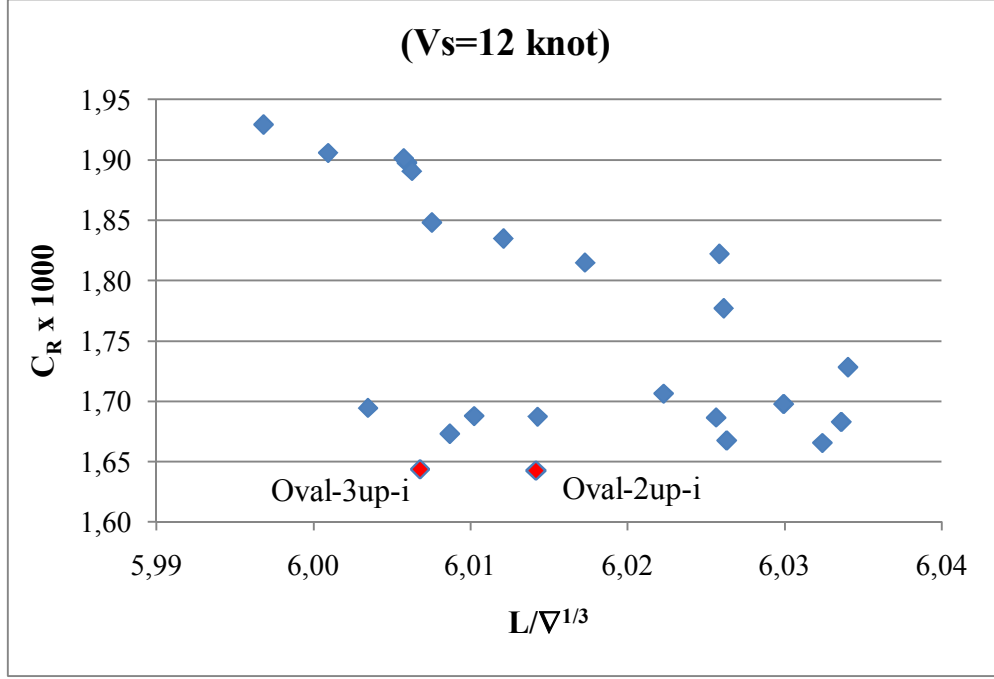
			(12 knot)	(14 knot)	(16 knot)	(18 knot)
Yumrubaş Tipleri	∇	$L/\nabla^{1/3}$	C_R	C_R	C_R	C_R
	(m^3)		(x1000)	(x1000)	(x1000)	(x1000)
OE-0up	1258,4	6,026	1,777	2,466	2,919	3,456
OE-1up	1261,3	6,026	1,822	2,464	2,887	3,379
OE-1dwn-i	1258,4	6,034	1,728	2,422	2,881	3,424
OE-2up	1264,5	6,012	1,835	2,444	2,848	3,301
OE-3up	1268,4	6,017	1,815	2,420	2,829	3,269
OE-1up-i	1261,0	6,030	1,698	2,414	2,891	3,441
*OE-1up-xi	1257,6	6,034	1,683	2,432	2,929	3,518
OE-2up-i	1263,4	6,026	1,687	2,379	2,844	3,366
*OE-2up-xi	1259,3	6,032	1,666	2,401	2,890	3,461
OE-3up-i	1265,3	6,022	1,706	2,382	2,837	3,340
*OE-3up-xi	1260,8	6,026	1,668	2,389	2,870	3,423
Oval-1dwn	1276,6	6,006	1,898	2,476	2,876	3,270
Oval-1dwn-i	1272,6	6,010	1,688	2,356	2,817	3,287
Oval-1up	1278,6	6,006	1,891	2,459	2,855	3,237
Oval-1up-i	1273,8	6,009	1,673	2,345	2,812	3,280

Çizelge 4.3 Dairesel-Eliptik (O) kesitli yumrubaşların artık direnç katsayıları karşılaştırması (devam)

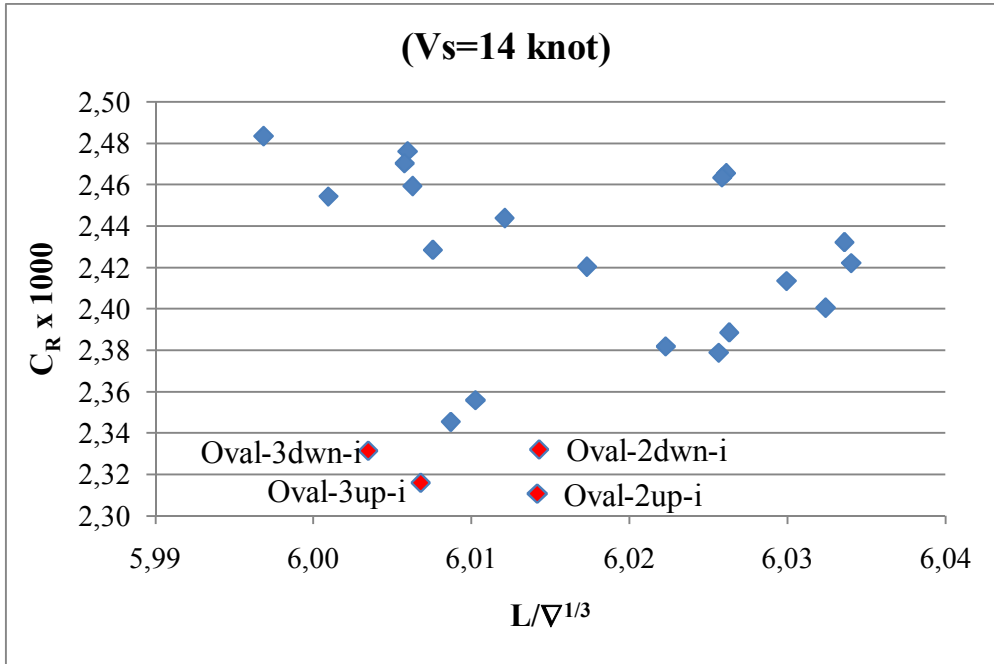
			(12 knot)	(14 knot)	(16 knot)	(18 knot)
Yumrubaş Tipleri	∇	$L/\nabla^{1/3}$	C_R	C_R	C_R	C_R
	(m^3)		(x1000)	(x1000)	(x1000)	(x1000)
Oval-2dwn	1275,0	6,006	1,901	2,470	2,861	3,252
Oval-2dwn-i	1270,8	6,014	1,687	2,332	2,774	3,234
Oval-2up	1275,3	6,008	1,848	2,429	2,828	3,227
*Oval-2up-i	1270,6	6,014	1,643	2,311	2,770	3,246
Oval-3dwn	1280,4	6,001	1,906	2,454	2,838	3,199
*Oval-3dwn-i	1275,9	6,003	1,694	2,331	2,775	3,210
Oval-3up	1281,9	5,997	1,929	2,484	2,873	3,233
*Oval-3up-i	1273,5	6,007	1,644	2,316	2,783	3,251

Etkin yumrubaşların seçiminde, Çizelge 4.3'e ait grafiklerin her hız değerinde gösterimi aşağıdaki şekillerde (Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12) verilmektedir. Bu şekiller içinde; artık direnç yönünden gösterimi kırmızı olarak yapılan formlar dirençleri düşük olanlardır. Artık dirençleri diğerlerine göre düşük olan formlar içinden, etkin yumrubaşlı formlar seçilmiştir.

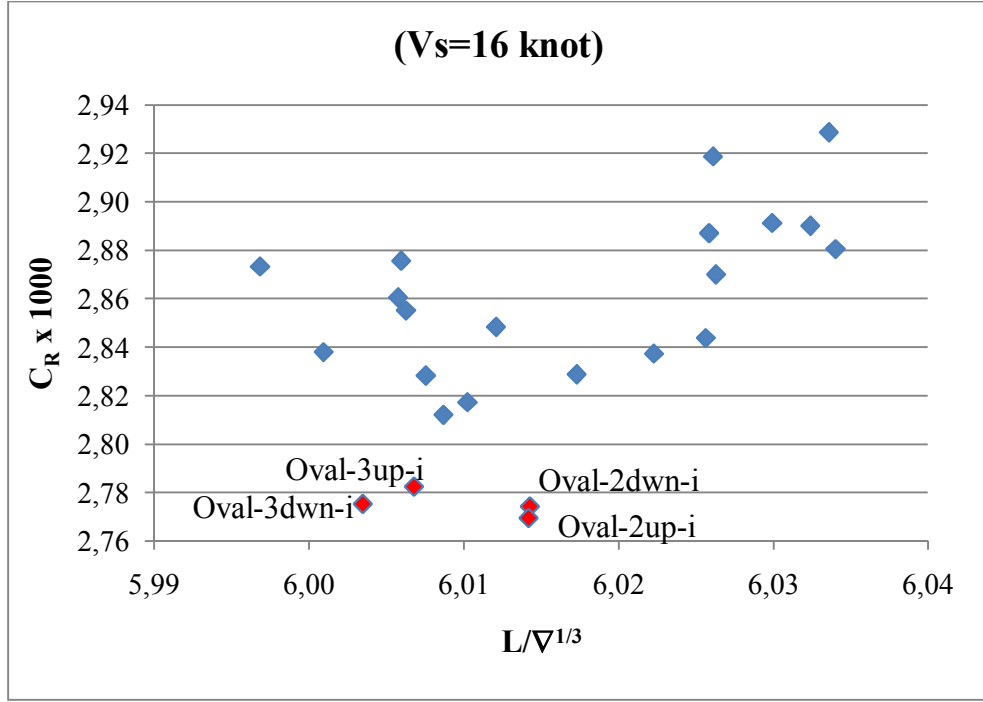
Çizelge 4.3 ve aşağıdaki şekiller (Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12) incelendiğinde; OE-1up-xi, OE-2up-xi ve OE-3up-xi notasyonlu yumrubaş tipleri dairesel kesitli yumrubaş formları içinde direnç açısından etkin gözükmemektedir. İlgili yumrubaş tipleri, kesit tiplerine bakıldığında (Şekil 3.14, Şekil 3.15 ve Şekil 3.16) uçları sivriltilmiş eliptik kesitlerdir. Bu kesitler, ileride denizcilik bölümünde bahsedeceğimiz denizcilik açısından elverişli kesitler içinde yer almaktadır. Ayrıca omurga hattındaki sivri kesitler, nabla (∇) kesitli yumrubaş tiplerini andırmaktadır. Daha sonra göstereceğimiz, direnç mukayeselerinde bazı konumlarda nabla (∇) kesitlerden daha iyi sonuçlar vermiş olup, karşılaştırılmaya tabi tutulmuştur.



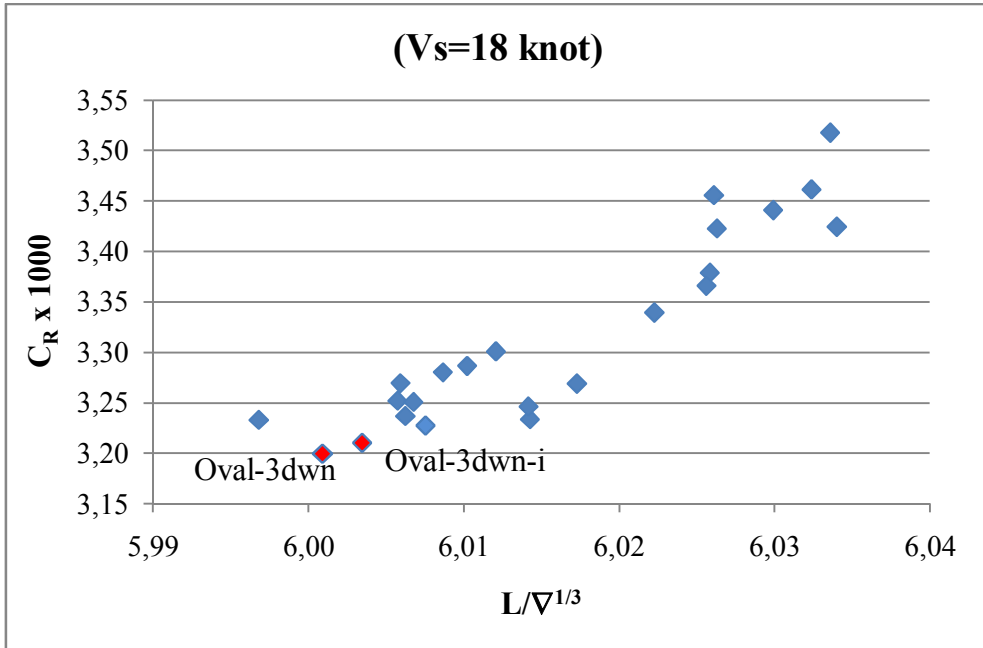
Şekil 4.9 Dairesel-Eliptik (O) kesitli yumrubaş formlarında 12 knot seyir hızında artık direnç katsayıları



Şekil 4.10 Dairesel-Eliptik (O) kesitli yumrubaş formlarında 14 knot seyir hızında artık direnç katsayıları



Şekil 4.11 Dairesel-Eliptik (O) kesitli yumrubaş formlarında 16 knot seyir hızında artık direnç katsayıları



Şekil 4.12 Dairesel-Eliptik (O) kesitli yumrubaş formlarında 18 knot seyir hızında artık direnç katsayıları

4.3 Direnç Açısından Etkin Yumrubaşların Kıyaslanması

Bu bölüm, bir önceki bölümde belirlenen direnç açısından etkin yumrubaş tipleri çizelgelerde sonuçları mevcut olan verilerin grafikler yardımı ile kıyaslanmasından oluşacaktır.

4.3.1 Nabla (∇) Kesitli Etkin Yumrubaşların Kıyaslanması

Nabla (∇) kesitli etkin yumrubaş tiplerinin direnç analiz sonuçları aşağıdaki Çizelge 4.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4 Nabla (∇) kesitli etkin yumrubaş tiplerinde direnç analizi sonuçları

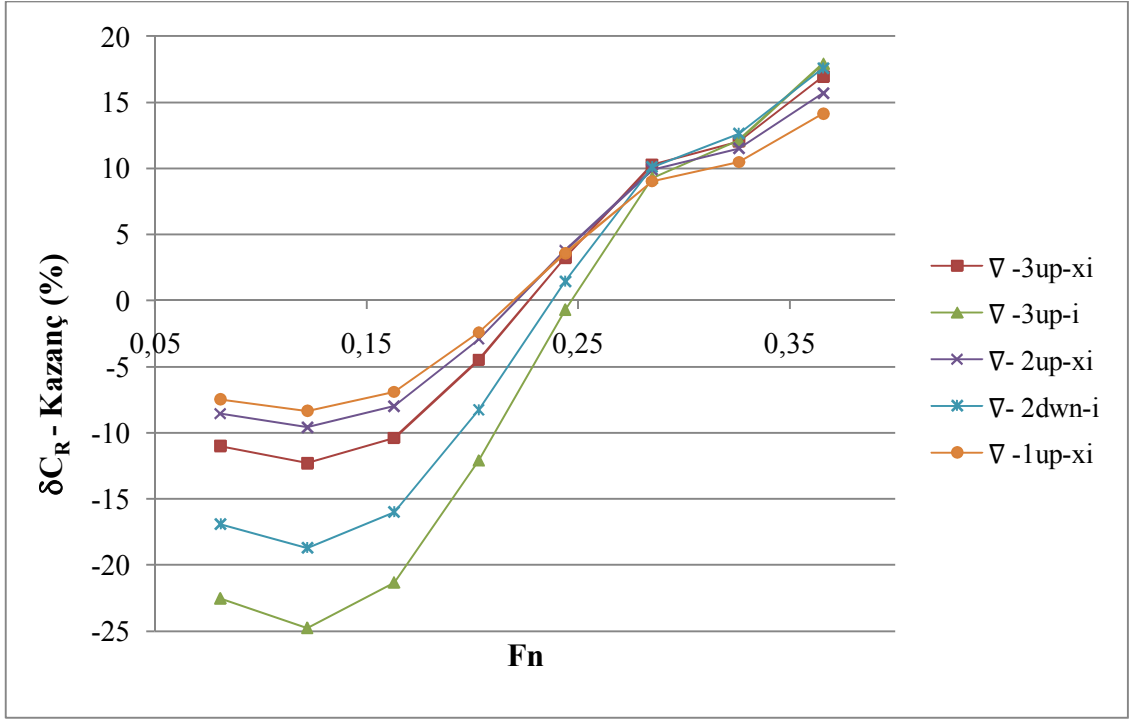
Yumrubaş Tipi	F _n	C _R	C _T	R _T	δC _R	δC _T	δR _T
		(x1000)	(x1000)	kN	%	%	%
<u>Ana Tekne Formu</u> Depl. hacmi:1239,4 m ³ WSA : 805,3 m ² L _B /L _{WL} : % 0,00 B _B /B _{MS} : %0,00 A _{BT} : 0,00 m ²	0,081	1,165	3,212	5,61	-	-	-
	0,122	1,115	3,048	11,98	-	-	-
	0,163	1,141	2,999	20,96	-	-	-
	0,203	1,330	3,133	34,21	-	-	-
	0,244	1,775	3,534	55,57	-	-	-
	0,285	2,662	4,386	93,87	-	-	-
	0,326	3,228	4,922	137,61	-	-	-
	0,366	4,022	5,690	201,33	-	-	-
<u>Nabla(∇)-3up-xi</u> Depl. hacmi:1264,9 m ³ WSA : 841,4 m ² L _B /L _{WL} : % 6,44 B _B /B _{MS} : %10,66 A _{BT} : 2,336 m ²	0,081	1,293	3,341	6,10	-11,00	-3,99	-8,66
	0,122	1,252	3,185	13,08	-12,30	-4,50	-9,19
	0,163	1,260	3,118	22,77	-10,40	-3,96	-8,62
	0,203	1,390	3,193	36,43	-4,49	-1,91	-6,48
	0,244	1,717	3,476	57,12	3,25	1,63	-2,78
	0,285	2,388	4,112	91,96	10,29	6,24	2,04
	0,326	2,840	4,534	132,43	12,04	7,89	3,76
	0,366	3,341	5,009	185,18	16,94	11,98	8,03

Çizelge 4.4 Nabla (∇) kesitli etkin yumrubaş tiplerinde direnç analizi sonuçları (devam)

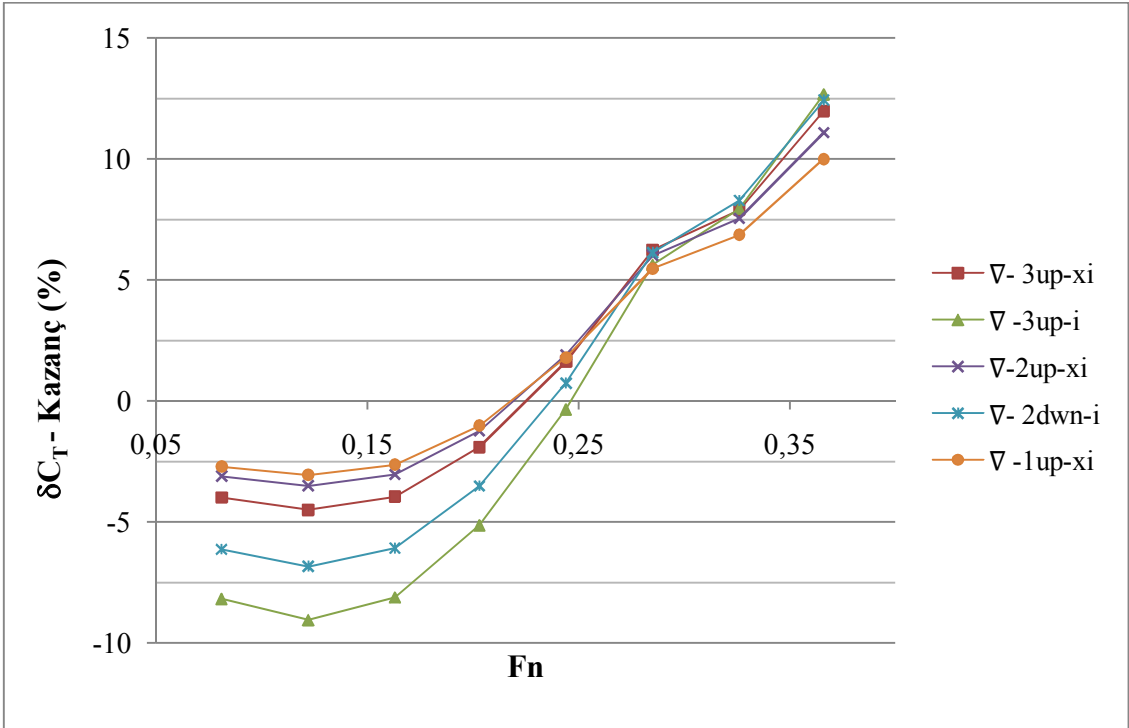
Yumrubaş Tipi	Fn	C _R	C _T	R _T	δC _R	δC _T	δR _T
		(x1000)	(x1000)	kN	%	%	%
<u>Nabla(∇)-3up-i</u> Depl. hacmi:1266,4 m ³ WSA : 842,5 m ² L _B /L _{WL} : % 6,17 B _B /B _{M_S} : %11,83 A _{BT} : 2,65 m ²	0,081	1,427	3,475	6,35	-22,53	-8,17	-13,17
	0,122	1,390	3,324	13,67	-24,75	-9,05	-14,09
	0,163	1,384	3,242	23,71	-21,32	-8,11	-13,11
	0,203	1,491	3,294	37,63	-12,09	-5,13	-9,99
	0,244	1,787	3,546	58,34	-0,70	-0,35	-4,99
	0,285	2,415	4,139	92,68	9,28	5,63	1,27
	0,326	2,837	4,531	132,52	12,12	7,95	3,70
	0,366	3,302	4,970	183,97	17,92	12,66	8,63
<u>Nabla(∇)-2up-xi</u> Depl. hacmi:1260,1 m ³ WSA : 834,3 m ² L _B /L _{WL} : % 4,66 B _B /B _{M_S} : %10,15 A _{BT} : 2,05 m ²	0,081	1,265	3,312	6,00	-8,56	-3,10	-6,82
	0,122	1,221	3,155	12,85	-9,58	-3,50	-7,24
	0,163	1,232	3,090	22,38	-7,98	-3,04	-6,75
	0,204	1,369	3,172	35,89	-2,92	-1,24	-4,89
	0,244	1,707	3,467	56,48	3,80	1,90	-1,63
	0,285	2,398	4,122	91,40	9,92	6,02	2,63
	0,326	2,857	4,551	131,81	11,50	7,54	4,21
	0,366	3,391	5,059	185,45	15,70	11,09	7,89

Çizelge 4.4 Nabla (∇) kesitli etkin yumrubaş tiplerinde direnç analizi sonuçları (devam)

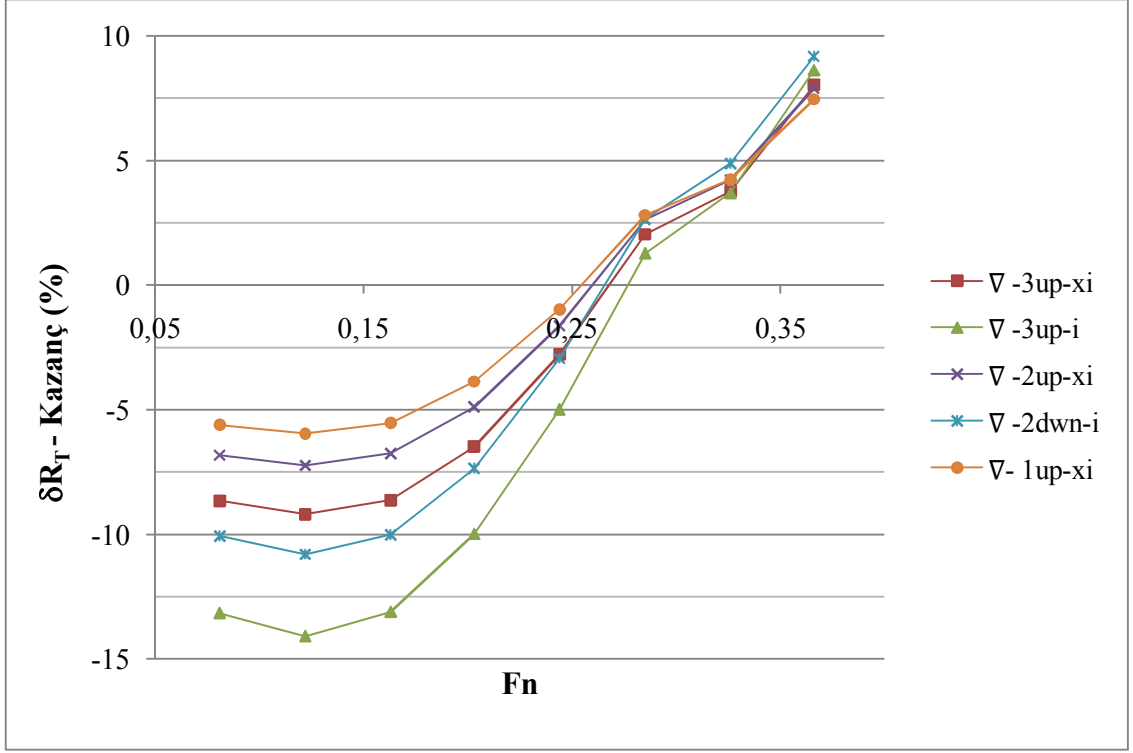
Yumrubaş Tipi	Fn	C _R	C _T	R _T	δC _R	δC _T	δR _T
		(x1000)	(x1000)	kN	%	%	%
<u>Nabla(∇)-2dwn-i</u> Depl. hacmi:1261,5 m ³ WSA : 835,1 m ² L _B /L _{WL} : % 4,24 B _B /B _{MS} : % 10,86 A _{BT} : 2,49 m ²	0,081	1,362	3,409	6,18	-16,91	-6,13	-10,06
	0,122	1,323	3,256	13,28	-18,70	-6,84	-10,80
	0,163	1,324	3,182	23,06	-16,00	-6,09	-10,02
	0,203	1,440	3,243	36,73	-8,28	-3,52	-7,35
	0,244	1,749	3,508	57,21	1,46	0,73	-2,95
	0,285	2,393	4,117	91,38	10,11	6,14	2,66
	0,326	2,821	4,515	130,89	12,62	8,28	4,88
	0,366	3,315	4,983	182,86	17,58	12,43	9,18
<u>Nabla(∇)-1up-xi</u> Depl. hacmi:1256,8m ³ WSA : 828,0 m ² L _B /L _{WL} : % 2,79 B _B /B _{MS} : % 8,6 A _{BT} : 1,72 m ²	0,081	1,252	3,299	5,93	-7,47	-2,71	-5,61
	0,122	1,207	3,141	12,70	-8,34	-3,05	-5,96
	0,163	1,220	3,078	22,12	-6,91	-2,63	-5,53
	0,203	1,362	3,165	35,54	-2,40	-1,02	-3,87
	0,244	1,711	3,470	56,11	3,58	1,80	-0,97
	0,285	2,422	4,146	91,24	9,02	5,48	2,81
	0,326	2,890	4,584	131,78	10,47	6,87	4,24
	0,366	3,454	5,122	186,33	14,14	9,99	7,45



Şekil 4.13 Nbla (∇) kesitli etkin yumrubaşlarda artık direnç katsayısı kazançları (δC_R)



Şekil 4.14 Nbla (∇) kesitli etkin yumrubaşlarda toplam direnç katsayısı kazançları (δC_T)



Şekil 4.15 Nabla (∇) kesitli etkin yumrubaşlarda toplam direnç kazançları (δR_T)

4.3.2 Delta (Δ) Kesitli Etkin Yumrubaşların Kıyaslanması

Delta (Δ) kesitli etkin yumrubaş tiplerinin direnç analiz sonuçları aşağıdaki Çizelge 4.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 Delta(Δ) kesitli etkin yumrubaş tiplerinde direnç analizi sonuçları

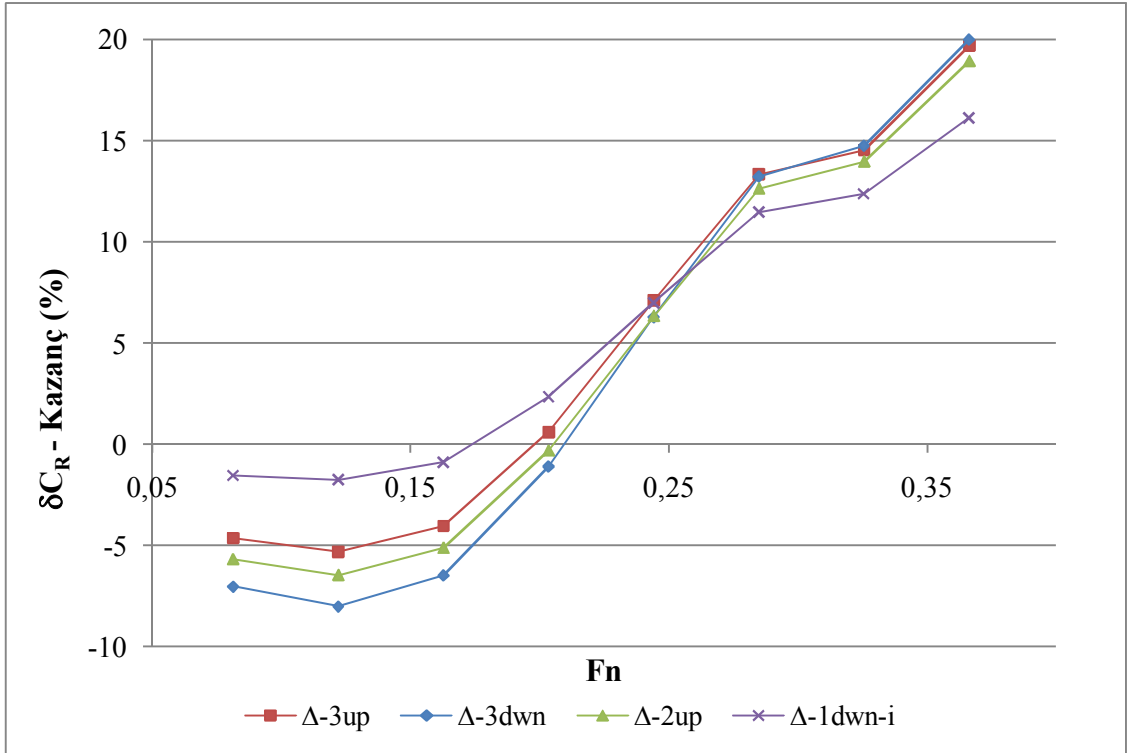
Yumrubaş Tipi	Fn	C _R	C _T	R _T	δC_R	δC_T	δR_T
		(x1000)	(x1000)	kN	%	%	%
<u>Ana Tekne Formu</u> Depl. hacmi:1239,4 m ³ WSA : 805,3 m ² L _B /L _{WL} : % 0,00 B _B /B _{MS} : %0,00 A _{BT} : 0,00 m ²	0,081	1,165	3,212	5,61	-	-	-
	0,122	1,115	3,048	11,98	-	-	-
	0,163	1,141	2,999	20,96	-	-	-
	0,203	1,330	3,133	34,21	-	-	-
	0,244	1,775	3,534	55,57	-	-	-
	0,285	2,662	4,386	93,87	-	-	-
	0,326	3,228	4,922	137,61	-	-	-
	0,366	4,022	5,690	201,33	-	-	-
<u>Delta(Δ)-3up</u> Depl. hacmi:1270,5 m ³ WSA : 847,2 m ² L _B /L _{WL} : % 6,90 B _B /B _{MS} : %13,82 A _{BT} : 2,97 m ²	0,081	1,219	3,267	6,00	-4,646	-1,686	-6,979
	0,122	1,174	3,107	12,85	-5,320	-1,947	-7,254
	0,163	1,187	3,045	22,39	-4,045	-1,540	-6,826
	0,203	1,322	3,125	35,90	0,595	0,252	-4,941
	0,244	1,648	3,408	56,38	7,111	3,570	-1,450
	0,285	2,307	4,031	90,77	13,337	8,095	3,310
	0,326	2,759	4,453	130,97	14,532	9,531	4,821
	0,366	3,230	4,898	182,32	19,699	13,924	9,443

Çizelge 4.5 Delta(Δ) kesitli etkin yumrubaş tiplerinde direnç analizi sonuçları (devam)

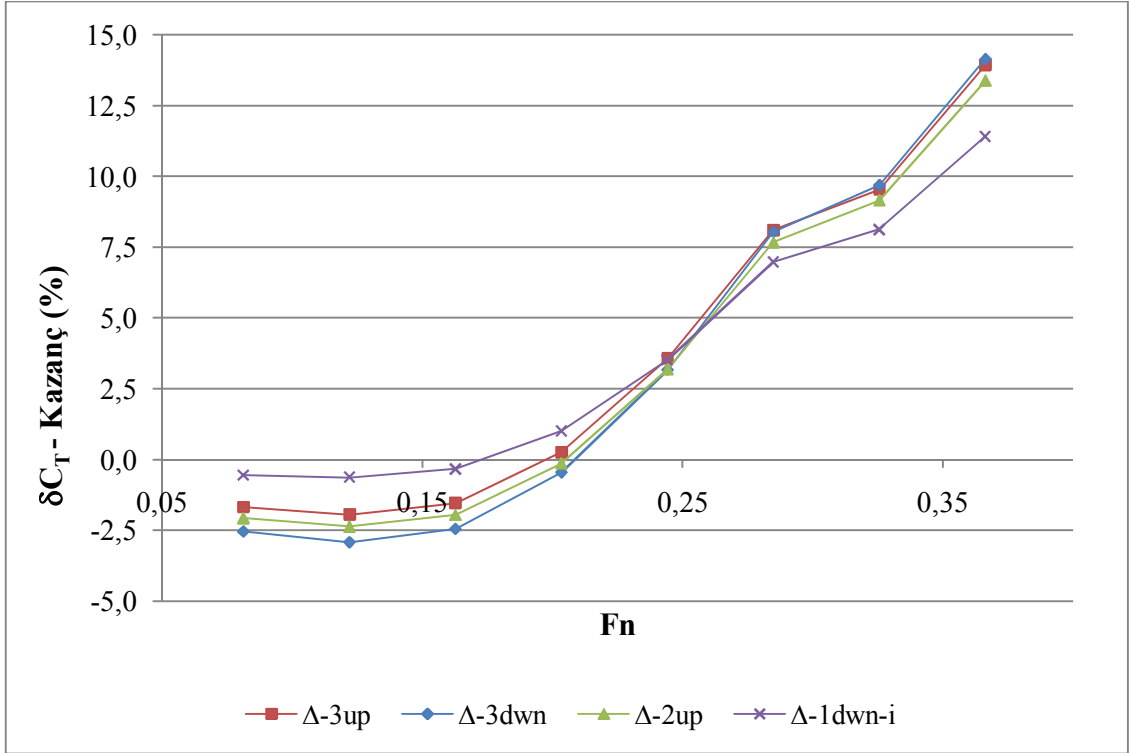
Yumrubaş Tipi	Fn	C _R	C _T	R _T	δC_R	δC_T	δR_T
		(x1000)	(x1000)	kN	%	%	%
<u>Delta(Δ)-3dwn</u> Depl. hacmi:1269,5 m ³ WSA : 844,3 m ² L _B /L _{WL} : % 6,24 B _B /B _{MS} : %14,01 A _{BT} : 3,10 m ²	0,081	1,247	3,294	6,04	-7,025	-2,547	-7,521
	0,122	1,204	3,137	12,93	-8,000	-2,925	-7,917
	0,163	1,215	3,073	22,52	-6,463	-2,459	-7,428
	0,203	1,345	3,147	36,04	-1,087	-0,461	-5,333
	0,244	1,663	3,422	56,42	6,294	3,161	-1,535
	0,285	2,310	4,033	90,52	13,235	8,033	3,573
	0,326	2,752	4,446	130,32	14,757	9,679	5,299
	0,366	3,218	4,886	181,26	19,998	14,136	9,972
<u>Delta(Δ)-2up</u> Depl. hacmi:1268,0 m ³ WSA : 838,0 m ² L _B /L _{WL} : % 4,35 B _B /B _{MS} : %13,20 A _{BT} : 2,866 m ²	0,081	1,231	3,279	5,96	-5,694	-2,067	-6,215
	0,122	1,187	3,120	12,76	-6,479	-2,371	-6,531
	0,163	1,200	3,058	22,24	-5,126	-1,953	-6,096
	0,204	1,335	3,137	35,65	-0,322	-0,139	-4,208
	0,244	1,662	3,421	55,99	6,340	3,182	-0,752
	0,285	2,326	4,050	90,20	12,630	7,665	3,913
	0,326	2,778	4,472	130,09	13,959	9,155	5,463
	0,366	3,261	4,929	181,48	18,932	13,381	9,862

Çizelge 4.5 Delta(Δ) kesitli etkin yumrubaş tiplerinde direnç analizi sonuçları (devam)

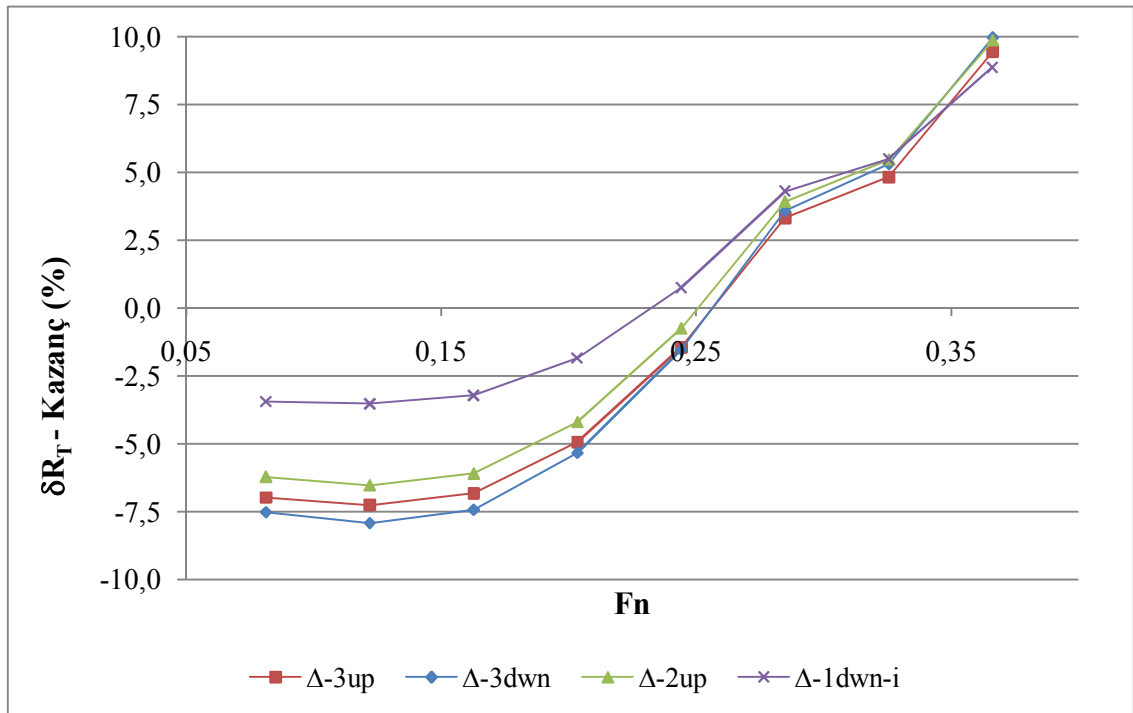
Yumrubaş Tipi	F_n	C_R	C_T	R_T	δC_R	δC_T	δR_T
		(x1000)	(x1000)	kN	%	%	%
<u>Delta(Δ)-1dwn-i</u> Depl. hacmi:1260,6m ³ WSA : 828,4 m ² L _B /L _{WL} : % 2,40 B _B /B _{MS} : %9,77 A _{BT} : 1,924 m ²	0,081	1,183	3,230	5,81	-1,539	-0,553	-3,441
	0,122	1,134	3,067	12,40	-1,751	-0,636	-3,526
	0,163	1,151	3,009	21,64	-0,883	-0,332	-3,213
	0,203	1,299	3,102	34,84	2,343	0,999	-1,844
	0,244	1,651	3,410	55,16	6,992	3,515	0,744
	0,285	2,357	4,080	89,84	11,471	6,966	4,294
	0,325	2,829	4,522	130,06	12,381	8,123	5,484
	0,366	3,374	5,041	183,50	16,126	11,401	8,857



Şekil 4.16 Delta (Δ) kesitli etkin yumrubaşlarda artık direnç katsayısı kazançları (δC_R)



Şekil 4.17 Delta (Δ) kesitli etkin yumrubaşlarda toplam direnç katsayısı kazançları (δC_T)



Şekil 4.18 Delta (Δ) kesitli etkin yumrubaşlarda toplam direnç katsayısı kazançları (δR_T)

4.3.3 Dairesel-Eliptik (O) Kesitli Etkin YumruBaşların Kıyaslanması

Dairesel-eliptik (O) kesitli etkin yumruBaş tiplerinin direnç analiz sonuçları aşağıdaki Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6 Dairesel-Eliptik (O) kesitli etkin yumruBaş tiplerinde direnç analizi sonuçları

YumruBaş Tipi	F_n	C_R	C_T	R_T	δC_R	δC_T	δR_T
		(x1000)	(x1000)	kN	%	%	%
<u>Ana Tekne formu</u> Depl. hacmi: 1239,4m ³ WSA : 805,3m ² L _B /L _{WL} : % 0,00 B _B /B _{MS} : %0,00 A _{BT} : 0,00 m ²	0,081	1,165	3,212	5,61	-	-	-
	0,122	1,115	3,048	11,98	-	-	-
	0,163	1,141	2,999	20,96	-	-	-
	0,203	1,330	3,133	34,21	-	-	-
	0,244	1,775	3,534	55,57	-	-	-
	0,285	2,662	4,386	93,87	-	-	-
	0,326	3,228	4,922	137,61	-	-	-
	0,366	4,022	5,690	201,33	-	-	-
<u>Oval 3-up-i</u> Depl. hacmi: 1273,5 m ³ WSA : 844,5 m ² L _B /L _{WL} : % 6,22 B _B /B _{MS} : %14,61 A _{BT} : 2,965 m ²	0,081	1,200	3,248	5,95	-3,04	-1,11	-6,03
	0,122	1,153	3,087	12,73	-3,48	-1,28	-6,21
	0,163	1,169	3,027	22,19	-2,41	-0,92	-5,84
	0,204	1,309	3,112	35,63	1,61	0,68	-4,16
	0,244	1,644	3,403	56,12	7,38	3,70	-0,98
	0,285	2,316	4,040	90,68	13,00	7,89	3,40
	0,326	2,783	4,476	131,24	13,81	9,06	4,63
	0,366	3,251	4,919	182,52	19,18	13,55	9,34

Çizelge 4.6 Dairesel-Eliptik (O) kesitli etkin yumrubaş tiplerinde direnç analizi sonuçları (devam)

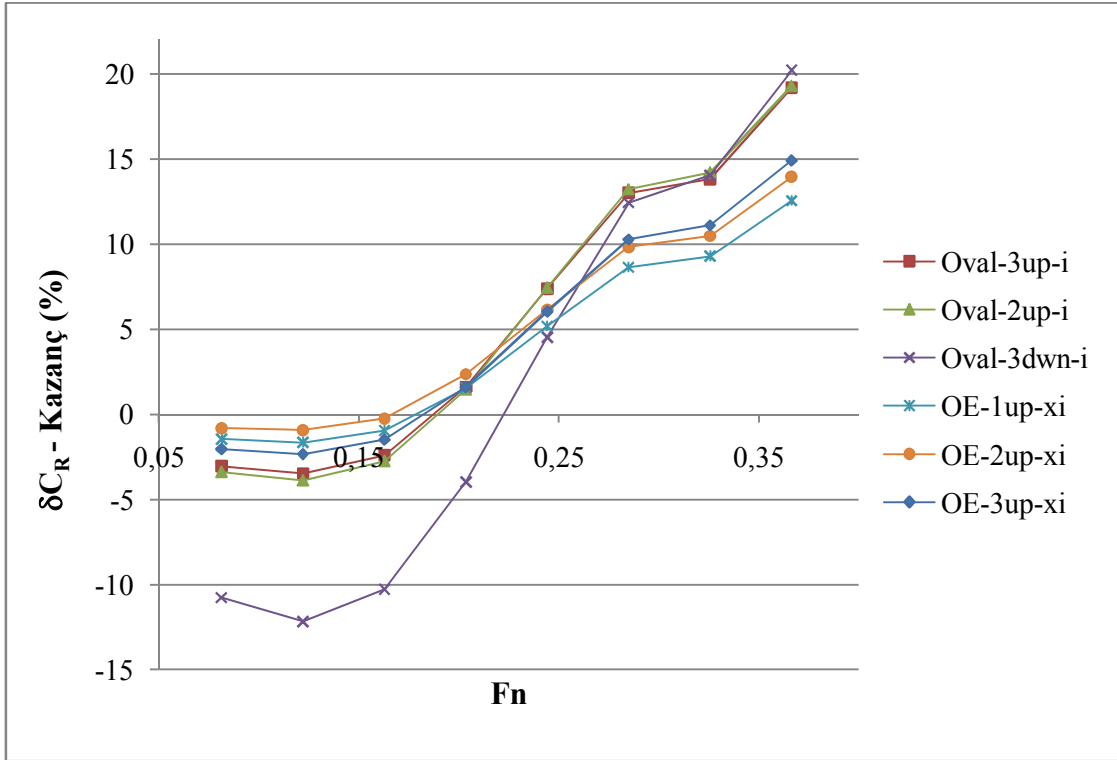
Yumrubaş Tipi	F_n	C_R	C_T	R_T	δC_R	δC_T	δR_T
		(x1000)	(x1000)	kN	%	%	%
<u>Oval 2-up-i</u> Depl. hacmi: 1270,6 m ³ WSA : 837,8 m ² L _B /L _{WL} : % 4,365 B _B /B _{MS} : %14,75 A _{BT} : 3,024 m ²	0,081	1,205	3,252	5,91	-3,41	-1,24	-5,32
	0,122	1,158	3,091	12,64	-3,89	-1,42	-5,52
	0,163	1,173	3,031	22,04	-2,76	-1,05	-5,13
	0,203	1,311	3,114	35,38	1,44	0,61	-3,40
	0,244	1,643	3,402	55,66	7,43	3,73	-0,16
	0,285	2,311	4,034	89,84	13,20	8,01	4,30
	0,326	2,770	4,463	129,82	14,21	9,32	5,66
	0,366	3,246	4,914	180,91	19,29	13,63	10,15
<u>Oval-3dwn-i</u> Depl. hacmi: 1275,9 m ³ WSA : 845,7 m ² L _B /L _{WL} : %6,226 B _B /B _{MS} : %15,27 A _{BT} : 3,449 m ²	0,081	1,290	3,338	6,13	-10,77	-3,91	-9,13
	0,122	1,250	3,184	13,15	-12,18	-4,46	-9,70
	0,163	1,259	3,117	22,88	-10,30	-3,92	-9,14
	0,204	1,383	3,186	36,54	-3,97	-1,69	-6,80
	0,244	1,694	3,454	57,04	4,52	2,27	-2,64
	0,285	2,331	4,055	91,16	12,43	7,54	2,90
	0,326	2,775	4,469	131,22	14,04	9,20	4,64
	0,366	3,210	4,878	181,28	20,18	14,27	9,96

Çizelge 4.6 Dairesel-Eliptik (O) kesitli etkin yumrubaş tiplerinde direnç analizi sonuçları (devam)

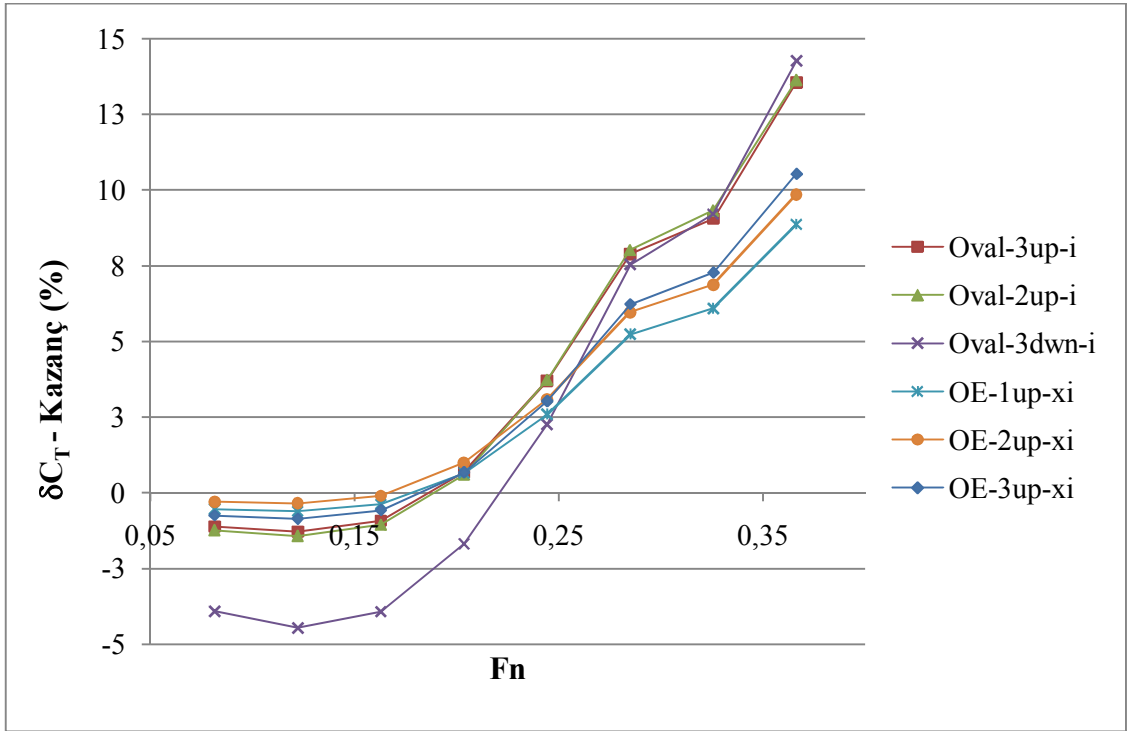
Yumrubaş Tipi	F_n	C_R	C_T	R_T	δC_R	δC_T	δR_T
		(x1000)	(x1000)	kN	%	%	%
<u>OE-1up-xi</u> Depl. hacmi:1257,6 m ³ WSA : 827,4 m ² L _B /L _{WL} : %2,82 B _B /B _{MS} : %8,05 A _{BT} : 1,372 m ²	0,081	1,182	3,230	5,80	-1,46	-0,53	-3,29
	0,122	1,133	3,066	12,39	-1,65	-0,61	-3,37
	0,163	1,152	3,010	21,62	-0,97	-0,37	-3,13
	0,204	1,310	3,112	34,92	1,54	0,65	-2,08
	0,244	1,683	3,442	55,62	5,17	2,59	-0,08
	0,285	2,432	4,156	91,40	8,63	5,24	2,64
	0,326	2,929	4,623	132,78	9,28	6,09	3,51
	0,366	3,518	5,186	188,51	12,55	8,87	6,37
<u>OE-2up-xi</u> Depl. hacmi:1259,3m ³ WSA : 832,9 m ² L _B /L _{WL} : %4,64 B _B /B _{MS} : %8,15 A _{BT} : 1,548 m ²	0,081	1,174	3,222	5,82	-0,82	-0,30	-3,74
	0,122	1,125	3,058	12,44	-0,94	-0,34	-3,78
	0,163	1,144	3,002	21,70	-0,25	-0,10	-3,53
	0,203	1,299	3,102	35,03	2,35	1,00	-2,40
	0,244	1,666	3,425	55,70	6,15	3,09	-0,23
	0,285	2,401	4,124	91,30	9,82	5,96	2,74
	0,326	2,890	4,584	132,54	10,48	6,87	3,68
	0,366	3,461	5,129	187,71	13,94	9,86	6,77

Çizelge 4.6 Dairesel-Eliptik (O) kesitli etkin yumrubaş tiplerinde direnç analizi sonuçları (devam)

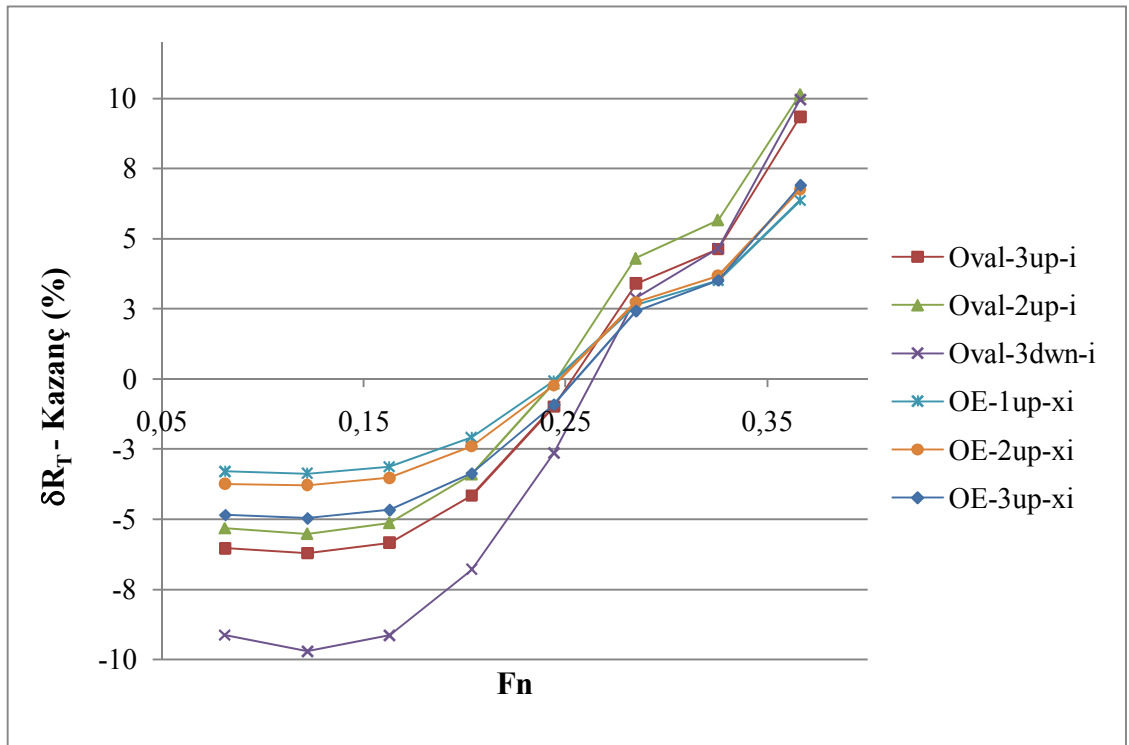
Yumrubaş Tipi	Fn	C _R	C _T	R _T	δC _R	δC _T	δR _T
		(x1000)	(x1000)	kN	%	%	%
OE-3up-xi Depl. hacmi: 1260,8m ³ WSA : 838,0 m ² L _B /L _{WL} : %6,338 B _B /B _M S : %8,35 A _{BT} : 1,739m ²	0,081	1,189	3,236	5,88	-2,04	-0,75	-4,85
	0,122	1,141	3,074	12,58	-2,33	-0,86	-4,96
	0,163	1,158	3,016	21,94	-1,49	-0,57	-4,67
	0,204	1,309	3,112	35,36	1,60	0,67	-3,37
	0,244	1,668	3,427	56,08	6,04	3,03	-0,92
	0,285	2,389	4,112	91,60	10,27	6,23	2,42
	0,326	2,870	4,564	132,78	11,10	7,28	3,51
	0,366	3,423	5,091	187,45	14,91	10,53	6,89



Şekil 4.19 Dairesel-Eliptik (O) kesitli etkin yumrubaşlarda artık direnç katsayısı kazançları (δC_R)



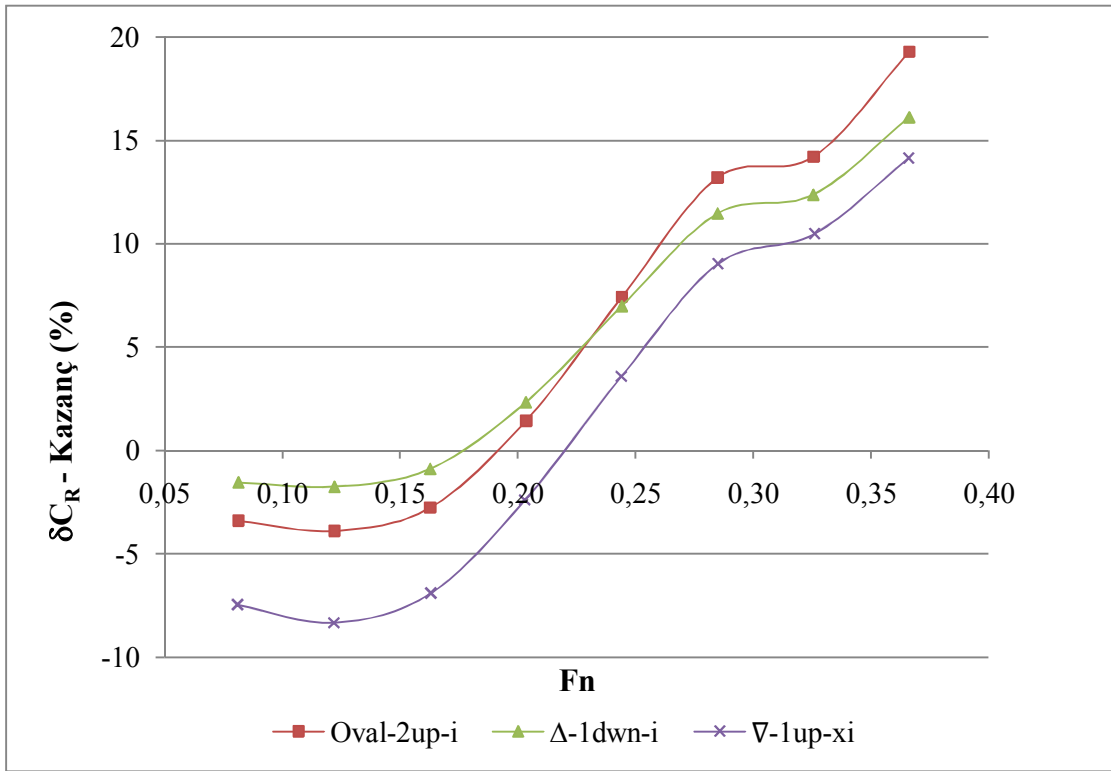
Şekil 4.20 Dairesel-Eliptik (O) kesitli etkin yumrubaşlarda toplam direnç katsayısı kazançları (δC_T)



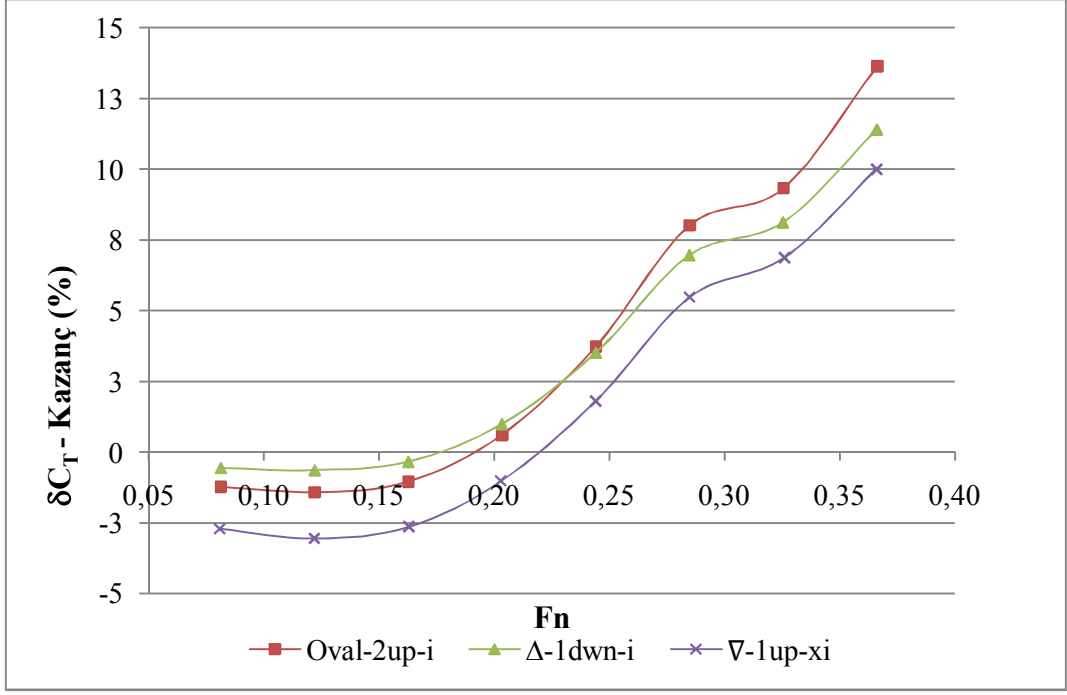
Şekil 4.21 Dairesel-Eliptik (O) kesitli etkin yumrubaşlarda toplam direnç kazançları (δR_T)

4.4 Servis Hızında Etkin Olan Yumrubaşların Kıyaslanması

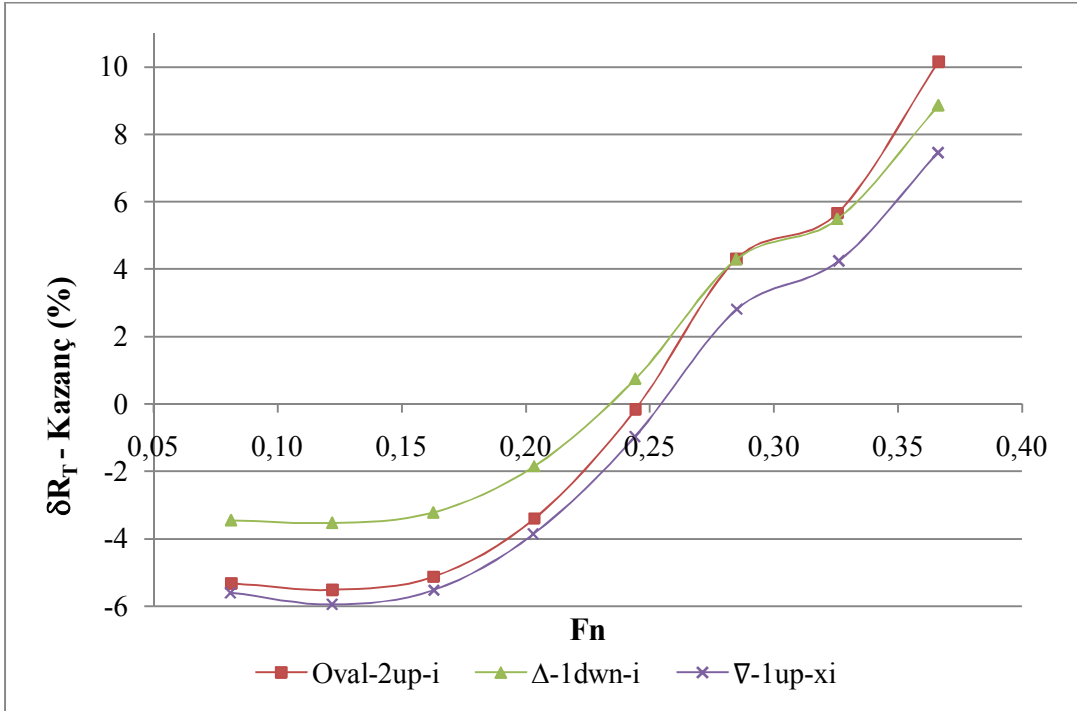
Bu bölümde servis hızı olan 14 knot değerinde, her üç kesit (Δ ,O, ∇) tipinde toplam dirençte maksimum kazanç sağlayan yumrubaş tipleri belirlenmiştir. Böylece, sakin suda direnç analizleri neticesinde hangi tip yumrubaş kesitinin direnç açısından daha etkin olacağı belirlenmiş olacaktır. Çizelge 4.4, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6 incelendiğinde; her bir çizelgede yani her bir kesit tipi için ayrı olarak servis hızında maksimum kazanç sağlayan yumrubaş tipleri belirlenmiştir. Belirleme neticesinde; 14 knot servis hızı değeri ($F_n=0,285$) için maksimum kazanç sağlayan yumrubaş tipleri Nabl(∇)-1up-xi, Delta(Δ)-1dwn-i ve Oval(O)-2up-i notasyonlu yumrubaş tipleri olduğu tespit edilmiştir. Aynı çizelgelerden ilgili yumrubaş tipleri için elde edilen verilerden aşağıdaki şekillerde (Şekil 4.22, Şekil 4.23, Şekil 4.24) gösterilen kazanç eğrileri oluşturulmuştur:



Şekil 4.22 Seyir hızında etkin olan yumrubaşlarda artık direnç katsayısı kazançları (δC_R)



Şekil 4.23 Seyir hızında etkin olan yumrubaşlarda toplam direnç katsayısı kazançları (δC_T)



Şekil 4.24 Seyir hızında etkin olan yumrubaşlarda toplam direnç kazançları (δR_T)

Seyir hızında etkin olan yumrubaşlar incelendiğinde, kesit tipleri açısından en olumlu direnç sonuçlarını oval kesitler vermiştir. Genel itibari ile çalışmaya bakıldığında; oval kesitlerin diğer kesitlere oranla direnç açısından daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

52 adet yumrubaşı form içinden, servis hızında en iyi sonucu ‘Oval-2up-i’ notasyonlu yumrubaş formu göstermiştir. Seyir hızında (14 knot) toplam dirençte yaklaşık %4,30 kazanç sağlanmıştır. Maksimum seyir hızında (16 knot) ise; aynı yumrubaş tipi en iyi sonucu göstermiş olup; toplam dirençte yaklaşık %5,66 kazanç sağlamıştır. Artık direnç katsayısında olan kazançlar iredelendiğinde, oval kesitli yumrubaş seyir hızında yaklaşık %13,20, maksimum seyir hızında ise yaklaşık %14,21 kazanç sağlamıştır. Hız bakımından en erken kazanca geçen yumrubaş tipi ise, yaklaşık $F_n=0,233$ değerinde yani 11,45 knot seyir hızında kazanca geçmeye başlayan ‘delta(Δ)-1dwn-i’ notasyonlu yumrubaş olmuştur. Nabla kesitler ise genel itibari ile, dairesel-eliptik ve delta kesitlere oranla daha az kazanç sağlamışlardır. Denizcilik açısından daha sonra bahsedileceği üzere; mega yat formlarına daha uygun olan kesit tipleri nabla (∇) kesitli yumrubaş tipleridir. ‘Nabla(∇)-1up-xi’ notasyonlu yumrubaş; seyir hızında yaklaşık %2,8 kazanç sağlarken; maksimum seyir hızında ise %4,24 kazanç sağlamıştır.

4.5 Yumrubaş Boyunun Direnç Üzerindeki Etkisi

Tez çalışmasında daha öncede belirtildiği gibi, belirli bir formasyonda yumrubaşların boy parametreleri değiştirilmiştir. Boy parametresi verilmesindeki esas amaç, yumrubaş boyunun direnç üzerinde ne gibi etkileri olacağının gösterilmesidir. Bu bölümde, etkin yumrubaş tipleri içinden, her boy aralığında etkin sonuç veren yumrubaş tipi seçilerek yumrubaş boyunun direnç üzerindeki etkileri gösterilecektir. Kıyaslamada dikkat edilmesi gereken nokta, kesit genişliği sabit olup sadece boyların azalıp artması sonucu direnç üzerindeki etkileşimdir.

Bu çerçevede; etkin yumrubaş tipleri içinden, her boy tipinde de iyi sonuçlar elde edilmiş olan nabla (∇) kesitli yumrubaş formlarını incelemenin doğru olacağı düşünülmüştür. Üç boy tipinde etkin sonuç vermiş, kesit genişliği %20 azaltılmış olan ; ‘Nabla(∇)-3up-xi, Nabla(∇)-2up-xi Nabla(∇)-1up-xi’ notasyonlu yumrubaş formlarının boya bağlı direnç üzerindeki etkileri incelenecektir. İlgili yumrubaş serisi, her boy tipinde aynı kesit genişliğine sahiptir, dolayısıyla yumrubaş boyunun dirence olan etkisini inceleme açısından elverişlidir. Bu yumrubaş formlarına ilaveten, analiz aralığını genişletmek maksadıyla, ‘Nabla(∇)-3up-xi’ yumrubaş tipine yaklaşık 2 metre daha boy verilerek; ‘Nabla(∇)-4up-xi’ notasyonlu yeni bir yumrubaş tipi sadece bu bölüme özel olarak türetilmiştir. Bu boy tipinin pratikte uygulanması güç olsa da, bu

çalışmada elde edilen direnç verilerinin aralığı genişlemesi sonucu, yumrubaş boyuna bağlı direnç değerlerinin lineer bir doğru üzerinde hareket etmediğinin göstergesi olacaktır.

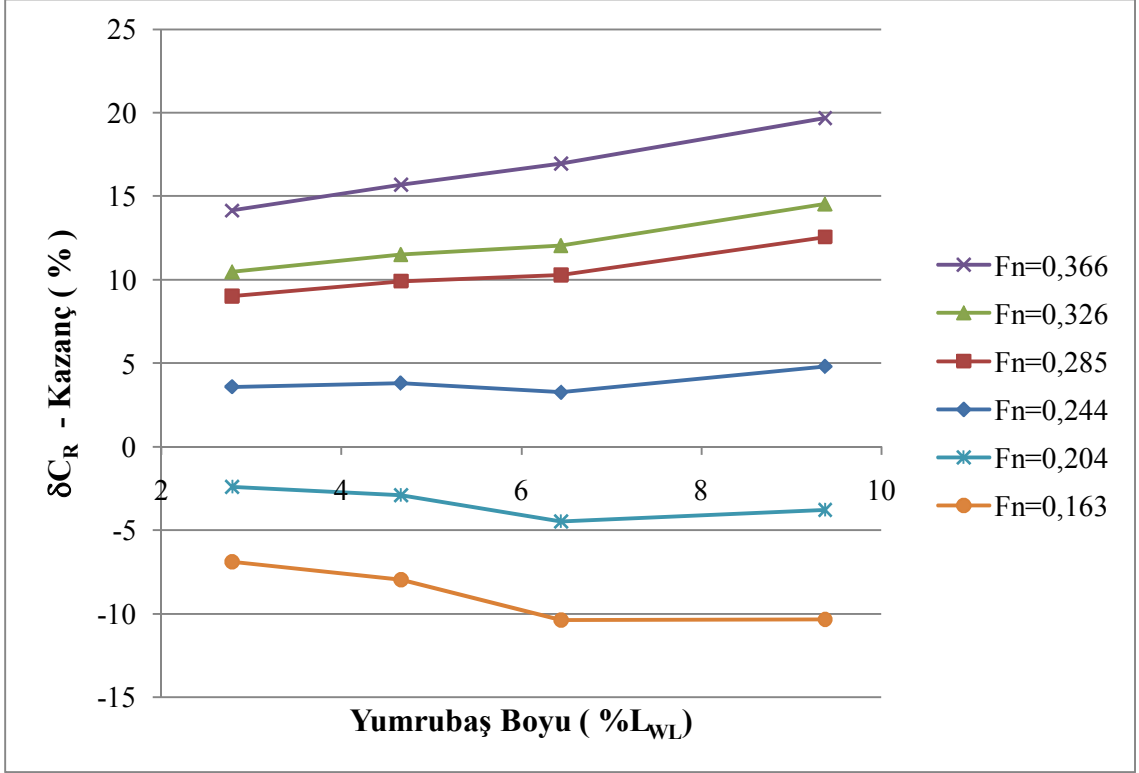
Kıyaslamanın temelini direnç kazançları oluşturmuştur. Direnç kazançları, ana mega yat formunun gösterdiği dirençlere göre yumrubaşlı formların gösterdiği direnç kazanımlarıdır. Yukarıda bahsi geçen dört adet yumrubaş boy tipi için artık direnç katsayıları (C_R , C_T) ve toplam direnç (R_T) değerleri ile birlikte; direnç katsayılarında (δC_R , δC_T) ve toplam dirençte (δR_T) olan kazançlar Çizelge 4.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7 Yumrubaş boylarına göre direnç değerleri ve direnç kazançları

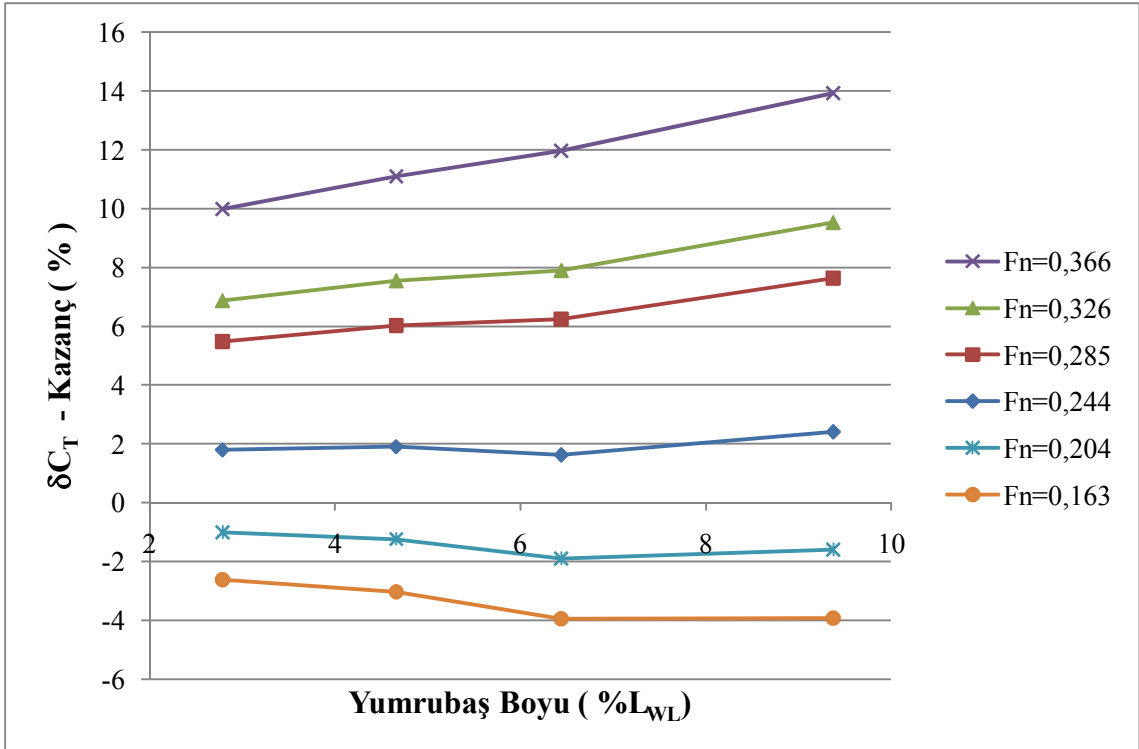
Yumrubaş Tipi	F_n	C_R	C_T	R_T	δC_R	δC_T	δR_T
		(x1000)	(x1000)	kN	%	%	%
<u>Ana Form</u> B _B =0,00 m L _B = 0 m L _B /L _{WL} =%0	0,163	1,141	2,999	20,962	-	-	-
	0,203	1,330	3,133	34,213	-	-	-
	0,244	1,775	3,534	55,571	-	-	-
	0,285	2,662	4,386	93,874	-	-	-
	0,326	3,228	4,922	137,608	-	-	-
	0,366	4,022	5,690	201,335	-	-	-
<u>Nabla(∇)-4up-xi</u> B _B =1,22 m L _B = 6,111 m L _B /L _{WL} =%9,37	0,163	1,259	3,117	23,030	-10,34	-3,93	-9,87
	0,203	1,380	3,183	36,745	-3,77	-1,60	-7,40
	0,244	1,690	3,449	57,332	4,79	2,41	-3,17
	0,285	2,328	4,051	91,667	12,56	7,63	2,35
	0,326	2,759	4,453	131,599	14,53	9,54	4,37
	0,366	3,230	4,898	183,208	19,69	13,92	9,00

Çizelge 4.7 Yumrubaş boylarına göre direnç değerleri ve direnç kazançları (devam)

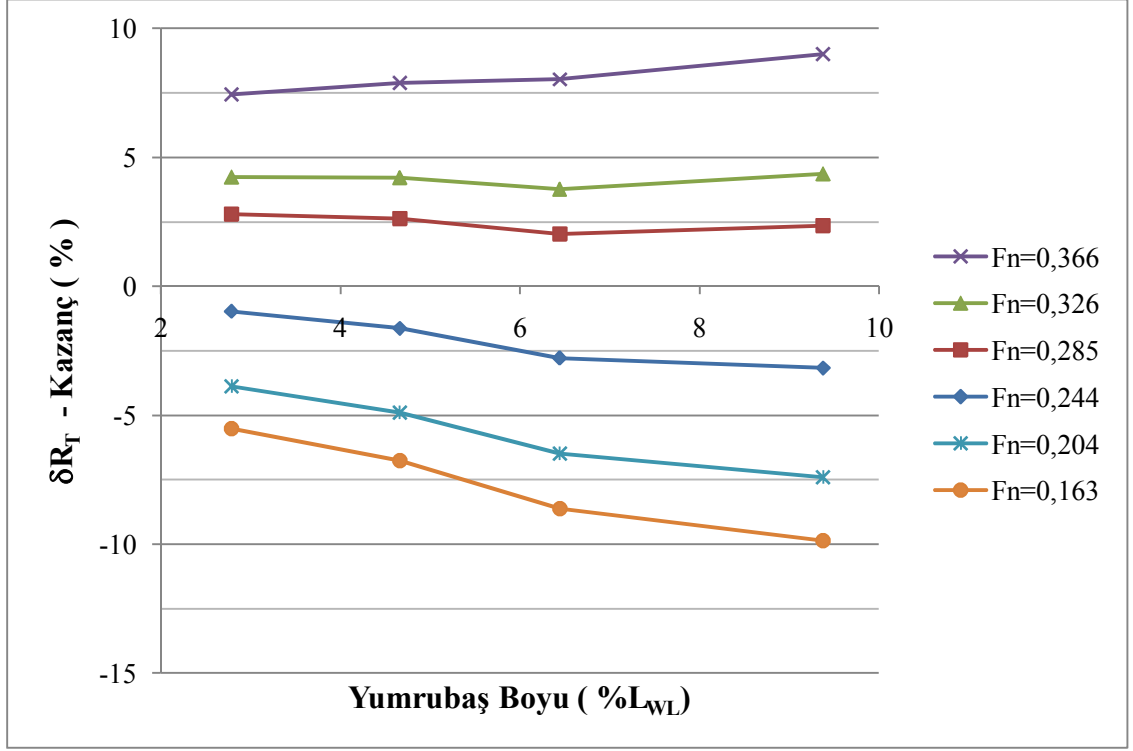
Yumrubaş Tipi	F _n	C _R	C _T	R _T	δC _R	δC _T	δR _T
		(x1000)	(x1000)	kN	%	%	%
<u>Nabla(∇)-3up-xi</u> B _B =1,22 m L _B = 4,195 m L _B /L _{WL} =%6,44	0,163	1,260	3,118	22,770	-10,40	-3,96	-8,62
	0,203	1,390	3,193	36,430	-4,49	-1,91	-6,48
	0,244	1,717	3,476	57,118	3,25	1,63	-2,78
	0,285	2,388	4,112	91,963	10,29	6,24	2,04
	0,326	2,840	4,534	132,435	12,04	7,89	3,76
	0,366	3,341	5,009	185,176	16,94	11,98	8,03
<u>Nabla(∇)-2up-xi</u> B _B =1,22 m L _B = 3,035 m L _B /L _{WL} =%4,66	0,163	1,232	3,090	22,377	-7,98	-3,04	-6,75
	0,204	1,369	3,172	35,885	-2,92	-1,24	-4,89
	0,244	1,707	3,467	56,478	3,79	1,90	-1,63
	0,285	2,398	4,122	91,404	9,92	6,02	2,63
	0,326	2,857	4,551	131,811	11,50	7,54	4,21
	0,366	3,391	5,059	185,451	15,69	11,09	7,89
<u>Nabla(∇)-1up-xi</u> B _B =1,22 m L _B = 1,815 m L _B /L _{WL} =%2,79	0,163	1,220	3,078	22,120	-6,91	-2,63	-5,53
	0,203	1,362	3,165	35,537	-2,39	-1,02	-3,87
	0,244	1,711	3,470	56,113	3,58	1,80	-0,97
	0,285	2,422	4,146	91,238	9,02	5,48	2,81
	0,326	2,890	4,584	131,775	10,47	6,87	4,24
	0,366	3,454	5,122	186,331	14,14	9,99	7,45



Şekil 4.25 Nabla (∇) kesitli yumrubaşlarda, yumrubaş boyuna bağlı artık direnç katsayısı kazançları (δC_R)



Şekil 4.26 Nabla (∇) kesitli yumrubaşlarda, yumrubaş boyuna bağlı toplam direnç katsayısı kazançları (δC_T)



Şekil 4.27 Nabla (∇) kesitli yumrubaşlarda, yumrubaş boyuna bağlı toplam dirençte kazançlar (δR_T)

Şekil 4.25, Şekil 4.26 ve Şekil 4.27’de belirtildiği üzere, sanıldığı gibi en uzun yumrubaş boyunun en az direnç göstereceği her zaman için geçerli bir tanı değildir. Örneğin $Fn=0,366$ için toplam direnç, artık direnç katsayısı, toplam direnç ve toplam direnç katsayısında kazançlar sürekli artarken, $Fn=0,285$ için artık direnç katsayılarındaki kazançlar boy arttıkça artarken, toplam direnç üzerinde dalgalanmalar gözlenmektedir.

Yukarıda yer alan şekillerde grafikleri doğru yorumlamak önemlidir. Her hız değeri için maksimum kazanç getirecek yumrubaş boyu farklıdır. Gereğinden fazla uzun yumrubaş boyları ise; yüksek hızlarda kazanç getirisi yüksek iken, düşük hızlarda kazanç yerine dirençte bir artış olarak bir handicap oluşturabilmektedir. Ayrıca yumrubaş sisteminin konstrüktif yapısı düşünüldüğünde, uzun boya sahip yumrubaş tiplerinin inşası güçtür.

Yukarıda verilen şekillerde yer alan çözümlerlerin, ana mega yat formuna benzer form parametrelerine sahip mega yat formlarında ve nabla (∇) kesitli yumrubaş tipleri için kullanılması uygundur. Benzer bir çalışma diğer kesit tiplerinde de yapıldığında; benzer sonuçlar elde edilmektedir. Her üç tip (∇,Δ,O) kesit için de, toplam dirençte kazanç geçiş Froude aralığı, yumrubaş boyunun düşmesiyle düşmüştür. Bunun nedeni

ise; düşük yumrubaş boylarında düşük ıslak alanların oluşmasıdır. Yüksek Froude değerleri için ise, her üç tip (∇, Δ, O) kesit için de, yumrubaş boyu arttıkça toplam ve artık dirençlerde kazançlar artmıştır. Kısaca bu bölümü özetlemek gerekirse; düşük hızlarda (düşük Froude değerlerinde) dirençte kazanca erken geçiş için yumrubaş boyu az olan yumrubaş tipleri tercih edilirken, yüksek Froude değerlerinde dirençte kazanca geçiş için nispeten daha uzun yumrubaş boyları tercih edilmelidir. Gereğinden fazla uzun yumrubaş boyunun ise ara geçiş hızlarında ve liman kullanımlarında daha düşük kazançlar göstereceği gibi; dirençte bir artışa da neden olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

4.6 Yumrubaş Kesit Genişliğinin Direnç Üzerindeki Etkisi

Tez çalışmasında daha öncede belirtildiği gibi, belirli bir formasyonda yumrubaşların kesit genişlikleri değiştirilmiştir. Şekil 3.3'te görülebileceği gibi 3 farklı tipte yumrubaş kesit genişliği oluşturulmuştur. Bu bölümde ise oluşturulan üç farklı kesit tiplerinin direnç üzerindeki etkileri incelenecektir. Bu incelemenin çok daha detaylı olabilmesi mümkündür ancak tez çalışmasının çerçevesini genişlettiğinden aynı boya ve burun konumuna sahip bir yumrubaş tipinde karar kılınarak inceleme yapılacaktır. Bu bağlamda; nabla(∇)-3up serisinin (Nabla(∇)-3up, nabla(∇)-3up-i ve nabla(∇)-3up-xi) incelenmesinin ana formumuza muhtemel en uygun yumrubaş serilerinden biri olması nedeniyle uygun olacağı düşünülmüştür.

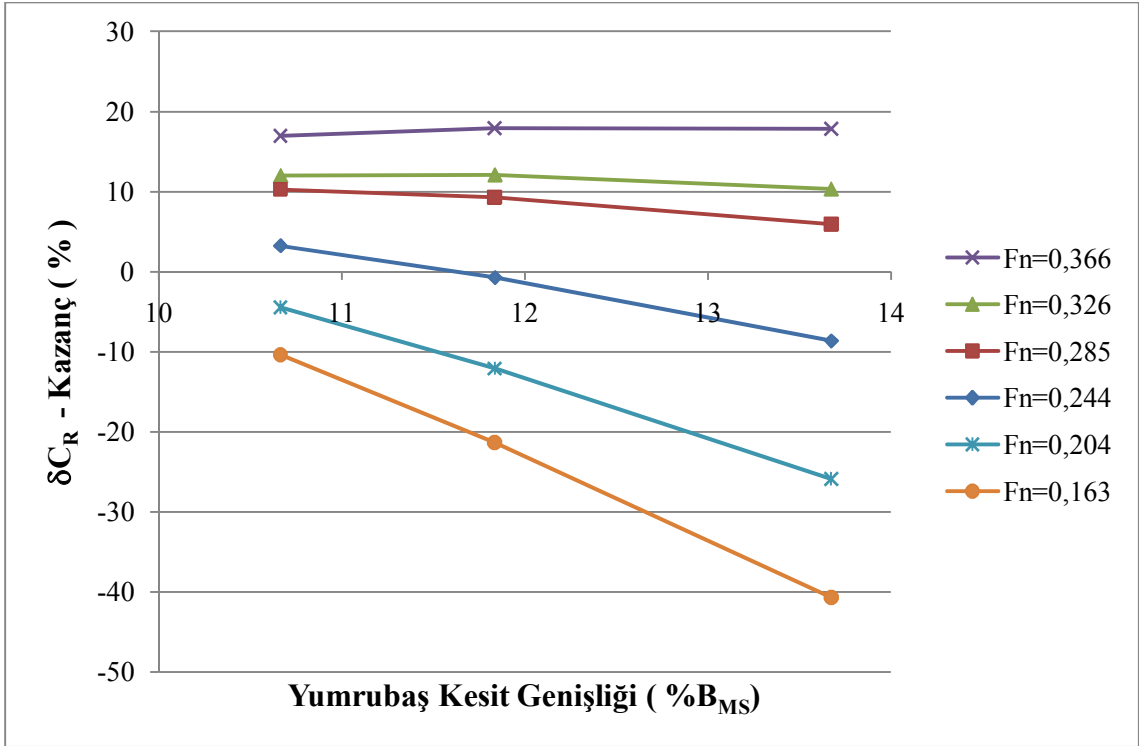
Kıyaslamanın temelini, yumrubaş boylarında olduğu gibi direnç kazançları oluşturmuştur. Yukarıda bahsi geçen aynı boya sahip, üç adet yumrubaş kesit tipi için artık direnç katsayıları (C_R , C_T) ve toplam direnç (R_T) değerleri ile birlikte; direnç katsayılarında (δC_R , δC_T) ve toplam dirençte (δR_T) olan kazançlar Çizelge 4.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8 Yumrubaş kesit genişliklerine göre direnç değerleri ve direnç kazançları

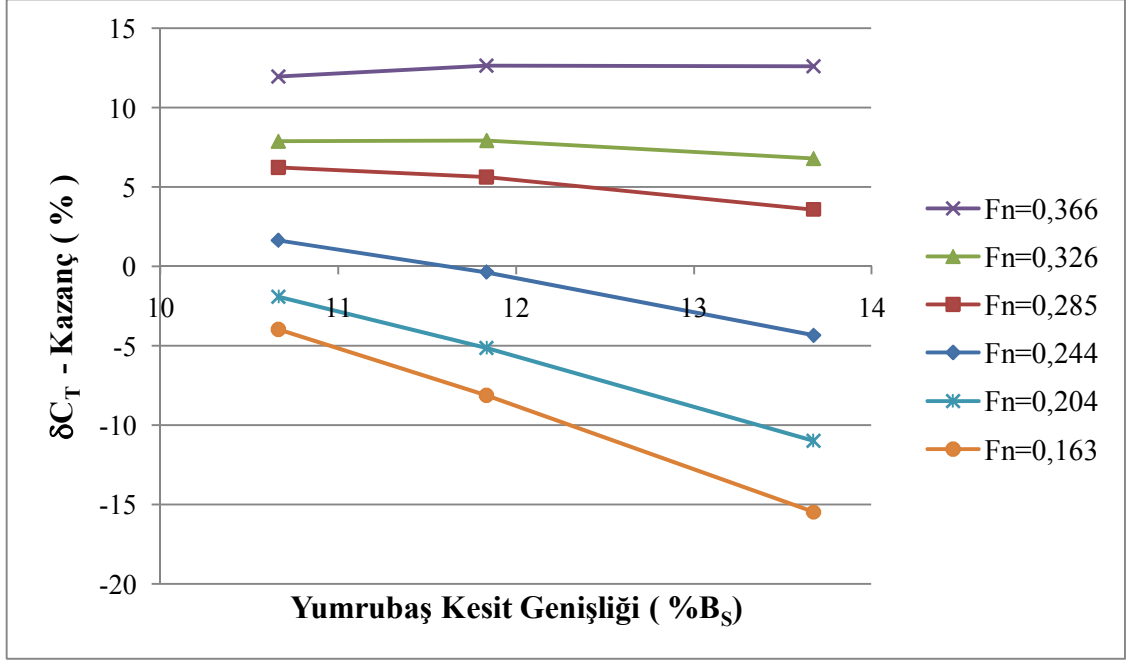
Yumrubaş Tipi	F _n	C _R	C _T	R _T	δC _R	δC _T	δR _T
		(x1000)	(x1000)	kN	%	%	%
<u>Ana Form</u> L _B =0,000 m B _B =0,0 m B _B /B _{MS} =%0	0,163	1,141	2,999	20,962	-	-	-
	0,203	1,330	3,133	34,213	-	-	-
	0,244	1,775	3,534	55,571	-	-	-
	0,285	2,662	4,386	93,874	-	-	-
	0,326	3,228	4,922	137,608	-	-	-
	0,366	4,022	5,690	201,335	-	-	-
<u>Nabla(V) 3-up</u> L _B =4,195 m B _B =1,56 m B _B /B _{MS} =%13,67	0,163	1,605	3,463	25,414	-40,65	-15,47	-21,24
	0,203	1,674	3,477	39,866	-25,85	-10,98	-16,52
	0,244	1,928	3,687	60,876	-8,62	-4,33	-9,54
	0,285	2,504	4,228	95,014	5,94	3,60	-1,21
	0,326	2,894	4,588	134,666	10,36	6,80	2,14
	0,366	3,305	4,973	184,752	17,83	12,60	8,24
<u>Nabla(V) 3-up-i</u> L _B =4,195 m B _B =1,35 m B _B /B _{MS} =%11,83	0,163	1,384	3,242	23,710	-21,32	-8,11	-13,11
	0,204	1,491	3,294	37,631	-12,09	-5,13	-9,99
	0,244	1,787	3,546	58,345	-0,70	-0,35	-4,99
	0,285	2,415	4,139	92,680	9,28	5,63	1,27
	0,326	2,837	4,531	132,522	12,12	7,95	3,70
	0,366	3,302	4,970	183,967	17,91	12,66	8,63

Çizelge 4.8 Yumrubaş kesit genişliklerine göre direnç değerleri ve direnç kazançları (devam)

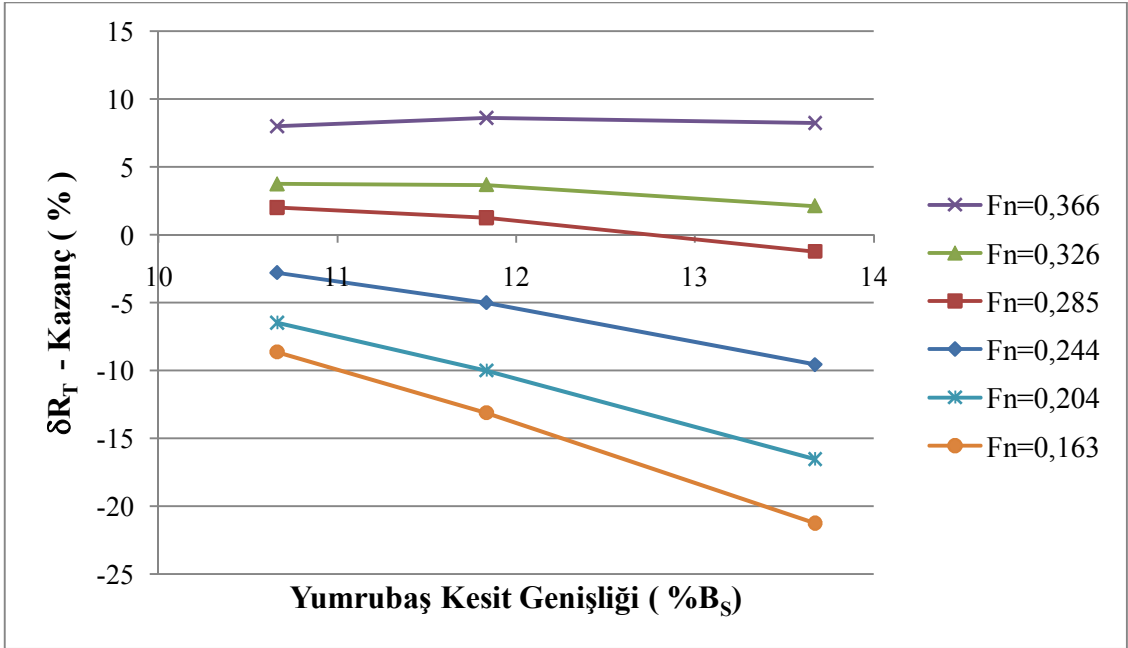
Yumrubaş Tipi	F _n	C _R	C _T	R _T	δC _R	δC _T	δR _T
		(x1000)	(x1000)	kN	%	%	%
<u>Nabla(∇)3-up-xi</u> L _B =4,195 m B _B =1,22 m B _B /B _{MS} =%10,66	0,163	1,260	3,118	22,770	-10,10	-3,96	-8,62
	0,203	1,390	3,193	36,430	-4,49	-1,91	-6,48
	0,244	1,717	3,476	57,118	3,25	1,63	-2,78
	0,285	2,388	4,112	91,963	10,29	6,24	2,04
	0,326	2,840	4,534	132,435	12,04	7,89	3,76
	0,366	3,341	5,009	185,176	16,94	11,98	8,03



Şekil 4.28 Yumrubaş kesit genişliğine bağlı artık direnç katsayısı kazançları (δC_R)



Şekil 4.29 Yumrubaş kesit genişliğine bağlı toplam direnç katsayısı kazançları (δC_T)



Şekil 4.30 Yumrubaş kesit genişliğine bağlı toplam direnç kazançları (δR_T)

Şekil 4.28, Şekil 4.29 ve Şekil 4.30 incelendiğinde; direnç kazançları düşük Froude değerlerinde yumrubaş kesit genişliği arttıkça düşmüştür. Froude değerleri yükseldikçe kalın yumrubaş yani kesit genişliği büyük olan yumrubaş tipinin kazanç değerleri de yükselmiştir. Bu çalışmada yer alan mega yat ana formunun servis hızı 14 knot ve maksimum seyir hızı 16 knot olarak belirlendiğinden, bu hızlara karşılık gelen $Fn=0,326$ ve $Fn=0,285$ değerlerindeki direnç kazançlarına bakıldığında, en ince kesidin

çok daha kazançlı olduğu gözlenmiştir. Ayrıca düşük Froude değerlerinin ($F_n \leq 0,244$) tamamında en ince kesit en fazla kazancı göstermiştir. Dolayısıyla, nabla (∇) kesitli yumrubaş serilerinde ağırlıklı olarak ince kesitler kalın kesitlere göre daha fazla kazanç göstermişlerdir. Sadece $F_n=0,366$ ($V=18$ knot) için, orta kalınlıktaki yumrubaş tipi daha kalın ve daha ince olan yumrubaş tipine oranla daha kazançlı gözükmektedir.

Bu çalışmada mega yat formlarına ileride anlatılacağı üzere daha çok nabla (∇) kesitli yumrubaş tipleri uygun olduğundan, bu tip kesitlere yoğunluk verilmiştir. Diğer kesit tipleri için yumrubaş genişliğinin direnç üzerindeki etkisi incelendiğinde, oval (O) kesitlerde, nabla (∇) kesitlerde olduğu gibi genişlik azaldıkça direnç kazançlarında artış gözlenmiştir. Delta (Δ) kesitlerde ise durum tam tersi çıkmıştır. Yani genişliğin azalması ile direnç kazançlarında bir azalma gözlenmiştir. Bu durumun nedeni ise, genişliğin azalması sonucu, baş kaimedeki yumrubaş kesit alan merkezinin yüksekliğinin (h_B), temel hattına yaklaşması sonucu oluşturduğu ilave basınç artışıdır.

YUMRUBAŞIN STABİLİTEYE ETKİSİ

5.1 Yumrubaşın Enine Stabiliteye Etkisi

Dünya geneline bakıldığında, en saygın liman devletleri limanlarına bağlanacak olan ister mega yat olsun ister herhangi bir ticari gemi olsun, mega yat veya gemi tarafından bazı hükümlülükleri yerine getirmelerini isterler. Bu hükümlülükler arasında hiç kuşkusuz en başında yatın güvenli seyrini sağlayacak, gerek hasarsız gerekse de yaralı durumda dahi yatın yüzmesini ve güvenlik açısından gerekli stabilite şartlarını sağlamasını garanti edecek belirli birtakım stabilite kriterlerini sağlaması istenecek ve beklenecektir.

Bu çalışmada bahsi geçen mega yatın, gerekli stabiliteye uygunluğu MCA (Maritime and Coastguard Agency) tarafından belirlenmiş, LY2 (Large Commercial Yacht Code) stabilite kriterlerine göre belirlenecektir. Bu kriterler, klas kuruluşuna bakılmaksızın dünyada hemen hemen her liman devleti tarafından kabul görmüş kriterlerdir. Çalışmanın bu bölümünün daha iyi anlaşılması açısından; bu kriterlerin kısaca özeti verilecektir. Yaralı durumda stabilite kriterleri çalışmamızda incelenmeyecektir çünkü yaralı durumda gerekli hesapların yapılması için ilgili kompartman tanımlamalarının yapılması gerekmektedir. Bu durum ise esas konunun kısmen dışına çıkmaktadır. Ancak yaralı durumda, yumrubaşın stabiliteye ne gibi katkılarının olacağına ilerleyen evrelerde değinilecektir. LY2'ye ait okyanus aşırı denizlerde gidebilen mega yatların sağlaması gereken stabilite kriterleri aşağıdaki gibidir [22] :

- 1- Doğrultma kolu (GZ) eğrisi altında kalan alanlar için ;
 - a. 0° - 30° arasında kalan alan $0,055$ mrad değerinden büyük olmalıdır.

- b. 0° ile 40° arasında kalan alan veya 0° ile su alma açısı arasında kalan alandan hangisi küçükse ; 0,09 mrad lık alan değerini sağlamalıdır.
- 2- 30° ile 40° arasında veya 30° ile su alma açısı (su alma açısı 40° den küçük ise) arasında; GZ eğrisi altında kalan alan 0,03 mrad değerinden büyük olmalıdır.
- 3- 30° veya daha yukarıdaki bir açıda GZ minimum 0,20 metre olma şartını sağlamalıdır.
- 4- Maksimum GZ tercihen 30° den yukarıda bir açıda ancak hiçbir şekilde 25° den az bir değerde oluşmamalıdır.
- 5- Serbest su yüzeyi düzeltilmesi yapılmış halde, başlangıç metasantr yüksekliği (GM) 0,15 metreden az olmamalıdır.
- 6- Eğer mega yatın yukarıdaki 5 stabilite kriterinden herhangi birini sağlamakta problem yaşarsa, mega yatın bağlı olduğu liman devleti tarafından mega yat başka denk bir kriter tabii tutulabilir.

Yumrubaşın yukarıda sayılan kriterlere göre stabiliteye nasıl bir etki yaptığı yumrubaşlı ve yumrubaşsız forma ait hasarsız durumdaki limit(sınır) KG değerlerinin saptanmasıyla anlaşılabilir.

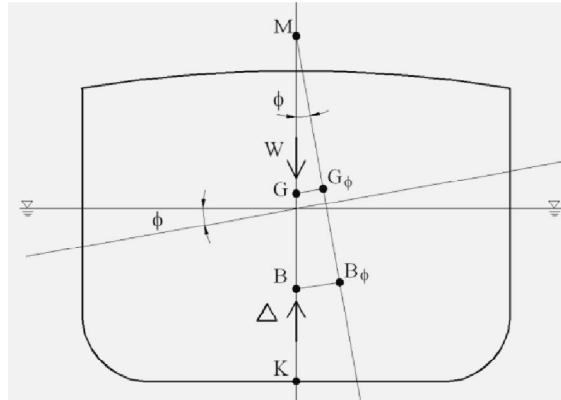
Yumrubaşın başlangıç stabilitesine (GM) olan etkisi incelendiğinde, statik ve dinamik stabiliteye olan etkisinin tahmini kolaylaşabilir.

Başlangıç stabilitesini (GM) veren ifade (5.1) de verilmektedir.

$$KB + BM = KM ,$$

$$BM = I_T / \nabla ,$$

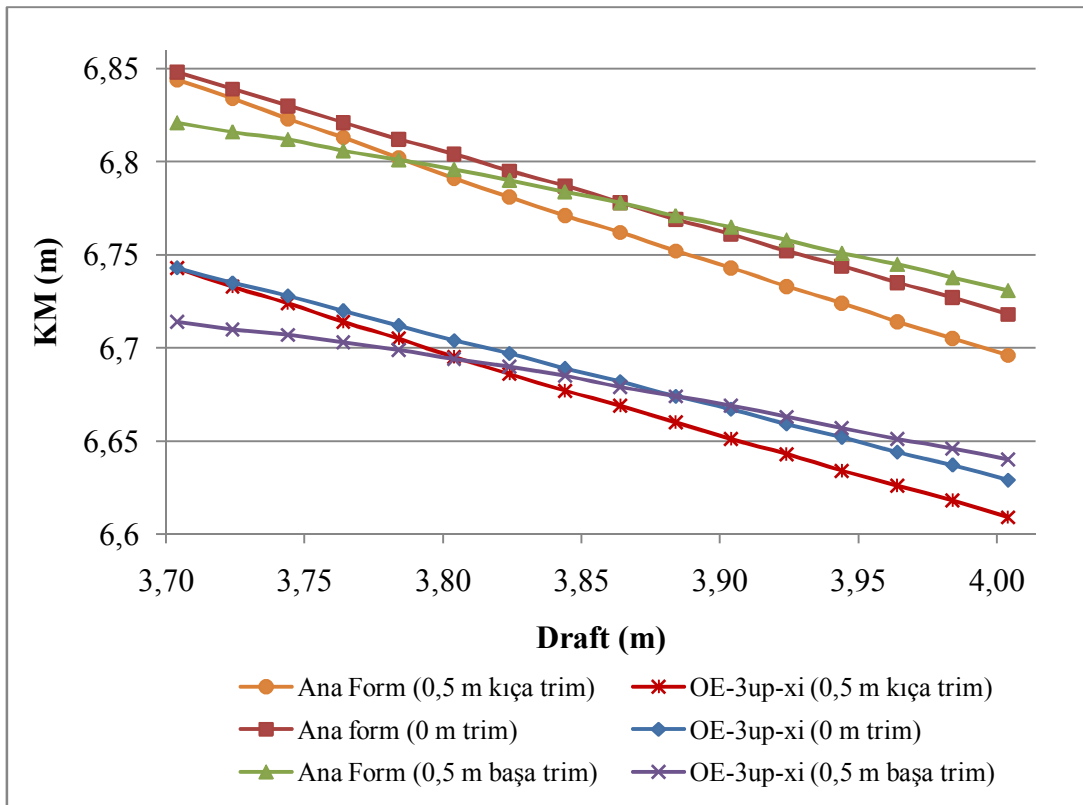
$$GM = KB + BM - KG = KM - KG \quad (5.1)$$



Şekil 5.1 Pozitif başlangıç stabilitesinin en kesit üzerinde gösterimi

GM ifadesini veren parametreleri teker teker incelediğimizde :

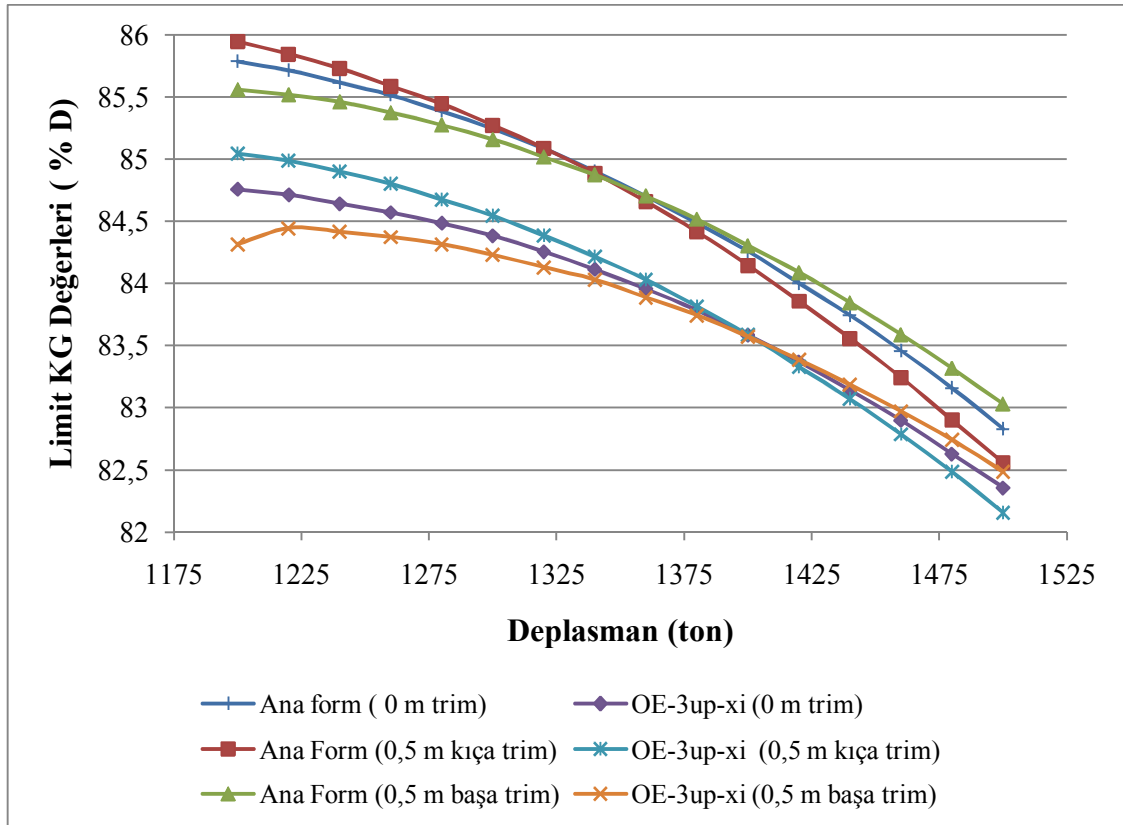
- *Sephiye Merkezinin Dikey Konumu (KB)* : Eklenen yumrubaş kesit tipine bağlı olarak, genellikle KB değeri 1-2 cm mertebelerinde azaldığı gözlenmiştir.
- *Metasantr Yarıçapı (BM)* : Metasantr yarıçapının büyüklüğü; meyil eksenine göre su hattı alanının atalet momentinin deplasman hacmine oranıdır. Yumrubaş su hattı alanına (su üstüne çıkmadığı varsayılacaktır) etki etmemektedir. Ancak yumrubaşlı tekne formları deplasman değerini artırdığından; BM değerleri düşmektedir. Eklenen yumrubaş tipine bağlı olarak, 5-10 cm aralarında değişen değerler de düşmektedir.
- *Tekne Ağırlık Merkezi Dikey Konumu (KG)*: Ana mega yat formumuza ait ağırlık merkezi hesaplaması mevcut olup, projenin ticari boyutu sebebiyle bu çalışmada verilmeyecektir. Ancak uygulanacak olan yumrubaş formları, ana mega yat formumuza ait olan ağırlık merkezi yüksekliğini, %1 den daha fazla düşüremeyeceği öngörülmüştür.



Şekil 5.2 Omurga hattından itibaren metasantr yüksekliklerinin (KM), ana tekne formu ve eliptik kesitli yumrubaş formu için (OE-3up-xi) trimli ve trimsiz durumlarda değişimi

Yukarıdaki Şekil 5.2’de, omurgadan itibaren metasantr yüksekliğinin (KM), eliptik kesitli bir yumrubaş formu ile ana tekne formu için değişimi gösterilmiştir. Görüleceği gibi her 3 durumda (başa trim, kıça trim ve trimsiz durumlar) ana tekne formuna ait KM değerleri daha yüksek değerlere sahiptir. KM değerini kıyaslanmasındaki neden, metasantr yarıçapı (BM) ve sephiye merkezinin dikey konumunun (KB) toplamlarını veren değerdir. Dolayısıyla buradan GM değerine geçiş için, KM değerinden sadece ağırlık merkezinin dikey konumu (KG) çıkartılması yeterlidir. Başlangıç stabilitesinin iyi olması için, genellikle KM değerlerinin yüksek olması beklenir. Dolayısıyla başlangıç stabilitesi açısından; yumrubaşsız form daha iyi sonuç vermektedir.

Bölümün başında bahsedilen mega yatların sağlaması gerekli MCA LY2 stabilite kriterlerine göre, Maxsurf 15’e ait Hydromax Ultimate modülünde alınan sınır (limit) KG değerleri aşağıdaki Şekil 5.3’de mevcuttur. Görüleceği gibi, limit KG değerleri başlangıç stabilitesini doğrular nitelikte olup, yumrubaşlı formda daha düşük sınır KG değerleri gözükmektedir. Dolayısıyla yumrubaşlı formlarda yumrubaşsız ana forma göre stabilite açısından az da olsa kötü sonuç görülmektedir.



Şekil 5.3 1200-1500 ton deplasman aralığında hasarsız durum limit (sınır) KG değerleri

Bahsettiğimiz kriterler daha önceden belirttiğimiz gibi hasarsız duruma ait stabilite kriterleridir. Yaralı durumda ise işler değişmektedir. Mega yatlarda çok rahat ve geniş kompartmanlar istendiğinden, özellikle su hattı üstündeki kompartmanların yaralanması sonucu, ciddi problemler ortaya çıkmaktadır. Su hattı üstündeki yaralanmalarda yeterli doğrultma kolu (GZ) elde etmek için genellikle su altındaki başka bir kompartmanla ilgili kompartman beraber yaralandırılır. Bu durumda yeterli GZ elde edilmeye çalışılır. Yumrubaşın olduğu bölge de, özellikle baş taraf yaralanmalarında bu bağlam da kullanılabilir. Ancak kesin sonuçlar için, bu konu üzerinde önemle çalışılmalıdır. Bu sebeple, yumrubaşın enine stabiliteye etkisi denildiğinde; sadece hasarsız durumda değil yaralı durumda da olası etkileri düşünülmelidir.

Yukarıda bahsedilenlere ilave olarak, yumrubaş formunun eklenmesi ile tekne ağırlık merkezinin yüksekliği de bir miktar omurga hattına doğru kayacağı unutulmamalıdır. Ancak bu miktar yukarıda sözü edilen formdan kaynaklı kayıpları muhtemelen karşılamayacaktır. Daha önce bahsettiğimiz gibi, yumrubaş formu ilavesi ile beklenen ağırlık merkezi yüksekliğindeki düşüş %1'i geçmez iken, formdan kaynaklı KM değerlerindeki düşüş %1,5 civarlarında gözlenmektedir. Bu durumda, metasantr yüksekliğinde (GM), yumrubaş tipine bağlı olarak 5-10 cm civarı bir düşüşe sebebiyet vermektedir.

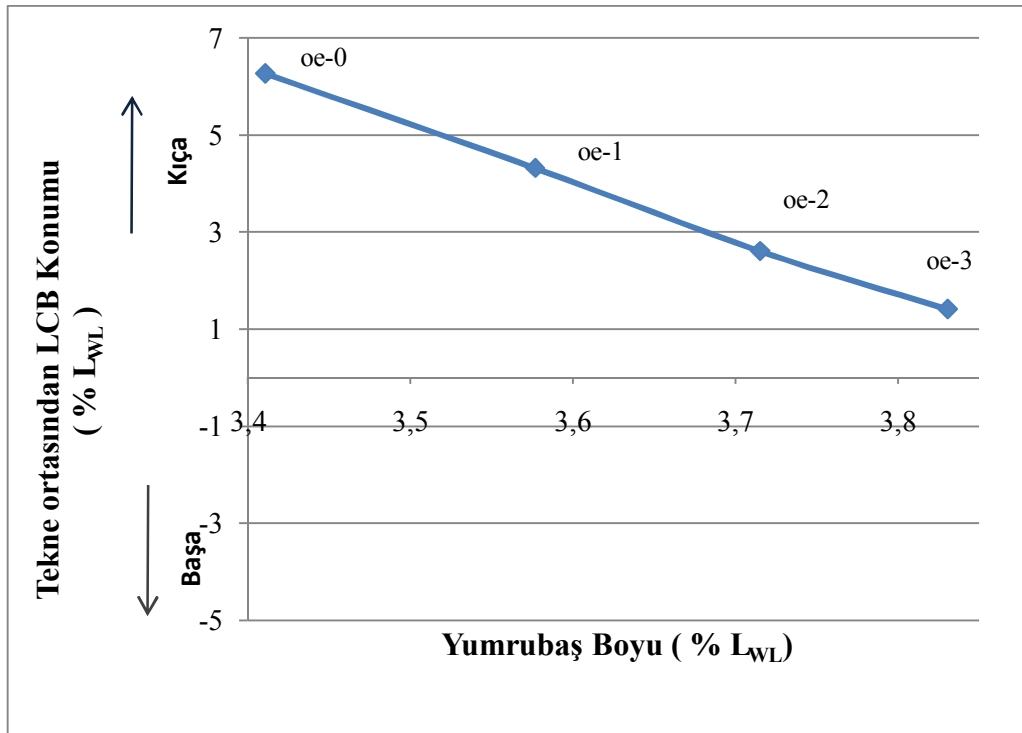
5.2 Yumrubaşın Boyuna Stabiliteye Etkisi (Trim)

Yumrubaş tasarımında karşılaşılabilecek en büyük hataların başında; yumrubaşın boyuna stabiliteye yani trime olan etkisinin göz ardı edilmesidir. Pek çok tasarımcı durumun yüzeysel olarak farkındadır ancak oluşacak fazla trimin ne gibi etkiler oluşturacağı dikkatlice incelenmelidir.

Yumrubaşın trime olan etkisini en iyi şekilde LCB'nin (boyuna sephiye merkezi) yerinde ne kadar bir değişim yaptığı gözlemlenerek anlaşılabilir. Ancak bu LCB değişiminin ne gibi sonuçlar doğuracağı çok önemlidir. Bunları gemi inşaa mühendisinin önceden sezmesi çok önemlidir. Şekil 5.4'de eliptik kesitli bir yumrubaşın sabit kesitte boy değişimine bağlı olarak, teknenin boyuna sephiye merkezi üzerindeki değişimi görülmektedir. Doğal olarak sabit kesitte yumrubaş boyu uzadıkça, LCB başa kayacak ve tekne kıça trim edecektir.

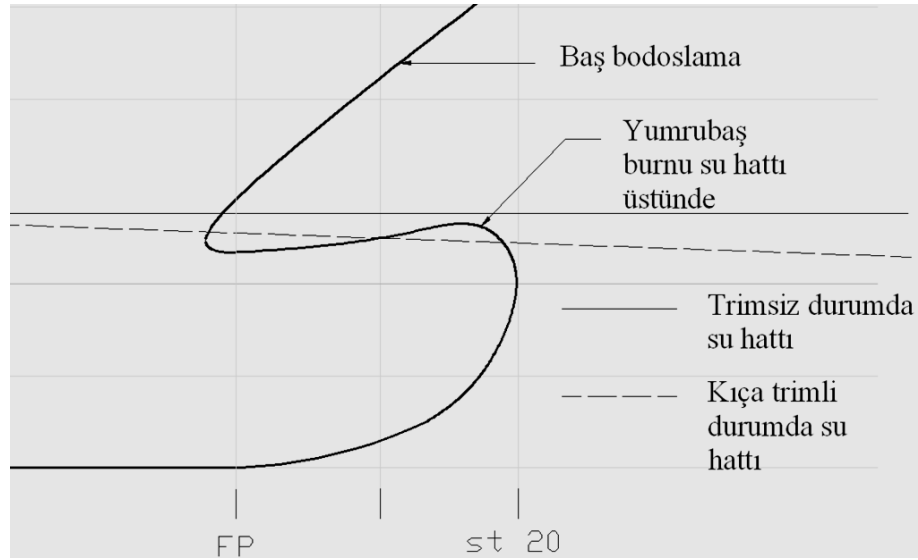
Yumrubaş uygulamalarına bir örnek de, direnç hususu dışında trim amaçlı kullanımları verilebilir. Örneğin, başa trimli çoğu teknede, trim dengesi açısından baş tarafa yumrubaş formu eklendiği bilinmektedir. Bu gibi durumlarda da yapılması gereken en önemli şey, yumrubaş formunun ana gövdeye olabildiğince düzgün bir halde yerleştirilmiş olmasıdır. Tekneye verdirilecek fazla kıça trim, ileride bahsedeceğimiz yumrubaşın su üstüne çıkmasına neden olabilmektedir.

Teknede oluşacak trimle, teknenin yüzme durumu tamamiyle değişmiş olacaktır. Trimli durumda, mega yatın suya karşı göstereceği direnç az da olsa değişecektir. Direncin yanı sıra, stabilite ve denizcilik davranışları açısından da bir takım farklılıklar gözlemlenebilmektedir. Genellikle kıça trimli durumlarda, mega yatlar da diğer tip gemiler gibi daha az direnç gösterirler. Kemal Kafalı yük gemileri için, bu duruma verilen referans kaynaklarımızda değinmiştir. O kaynaklarda açıklanan model deneylerine dayalı sonuçlardan da görülebileceği gibi, genellikle kıça trimli durumlarda yük gemilerinde direnç yönünden önemli kazanç oluşmaktadır (Kafalı [2]). Bu sebeple kıça trimli durumlarda mega yatların da, daha az direnç göstereceği çıkarımı yapılması gayet doğaldır.



Şekil 5.4 Eliptik kesitli bir yumrubaşın boyuna bağlı olarak mega yat formuna ait LCB değeri üzerindeki etkisi

Trim konusunda ise ; mega yatlarda, yük gemilerinden farklı bir durum söz konusudur. Yük gemilerinde balastlı durumlarda yani herhangi bir yük taşınmadığı durumlarda, yumrubaşlar su üstüne çıkmaktadırlar. Yumrubaşın su üstüne çıkması daha önceki bölümlerde bahsettiğimiz gibi istenmeyen bir durumdur. Yük gemilerinde bu durum çok tartışma yaratmaktadır. Genellikle balastlı durumlarda, yük gemileri yavaş seyir ederek yumrubaş çıkıntısından oluşacak dalga direncini minimize etmektedirler. Ancak bir mega yatta bu durum bu şekilde düşünülemez. Bir mega yatta hiç bir şekilde yumrubaşın su üstüne çıkması istenmez. Yumrubaşın su üstüne çıkması direnç açısından olumsuz bir tablo ortaya koyduğu gibi; görüntü açısından da çirkin gelmektedir. Ayrıca bir mega yatta, yük gemisi gibi tam yüklü durumla balastlı durum arasındaki draftlarda metrelerce fark yoktur. Boyu 75-80 metreyi geçmeyen mega yatlarda kalkış durumu (tam yüklü durum) ile varış durumu (yakıt ve temiz suyun minimum olduğu yükleme durumu) arasında 20-30 cm aralarında draft farklılıkları vardır. Dolayısıyla dizayn aşamasında, yumrubaşın su yüzeyi ile arasında kalacak mesafenin tayininde bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 5.5 Kıça trimli durumda yumrubaşın su üstüne çıkması

Yukarıda bahsi geçen draft konusuna ilave olarak, bu bölümün esas konusu olan trime bir bağlama yapılabilir. Yumrubaşlı bir mega yat formunda, LCB doğal olarak baş tarafa doğru kayacaktır. Bu durum da teknenin, baş formunun dolgunlaşması sonucu kıça trim etmesine olanak sağlayacaktır. Öyle ki; gereğinden fazla kıça trimli durumlarda yumrubaşın su yüzeyine çıkması söz konusudur. Kıça trim yüzünden, yumrubaşın su üstüne çıkması daha çok burnu yukarı yönde bakan yumrubaşlarda

gözlenmektedir. Şekil 5.5'te bu durum gösterilmiştir. Yumrubaşın su üstüne çıkması ekstra bir dalga formu oluşturacağından direnç yönünden olumsuz sonuçlanacaktır. Dolayısıyla dizayn aşamasında, dikkat edilmesi gereken diğer husus da budur. Mega yatlarda trimin, genellikle kaimeler arası boyun (L_{BP}) $\pm\%1$ değerinden fazla olması kabul edilmez.

YUMRUBAŞIN DENİZCİLİĞE ETKİSİ

Yumrubaşlar üzerine yapılan çoğu çalışmada, yumrubaşların direnci azaltması veya sevk için gerekli gücü düşürmeleri üzerine incelemeler yapılmıştır. Yumrubaşlı gemilerin denizciliği üzerine yapılan çalışmalar ise pek azdır. Zira; bir mega yatın sakin suda gösterdiği direnç kadar, deniz şiddetinin yüksek olduğu durumlarda göstereceği direnç te önemlidir. Denizli havalarda direncin yanı sıra; baş-kıç vurma, dövünme (slamming), titreşim vb. durumlar açısından da özellikle mega yat, yolcu gemisi vb. tipte yolcu taşıyan gemilerin incelenmesi gerekmektedir.

Yumrubaşların mega yatlarda veya genel anlamda yatlarda kullanımı pek yaygın olmadığından bu konuda çalışmalara pek az rastlanmaktadır. Kısıtlı sayıdaki çalışmalarda ise; denizcilikten hemen hemen hiç bahsedilmemiştir. Bu durumun esas nedeni ise, genellikle yumrubaşın kullanım amacının teknenin trim durumunu düzeltme amaçlı olmasıdır. Bu çalışmada ise; zaman yetersizliğinden dolayı denizcilik konusunda analizler yapılamamıştır. Ancak, bu çalışma yapılırken yapılan araştırmalar sonucu bulunan belli başlı bazı yaklaşımlara değinmekte ve bu yaklaşımları derlemekte yarar görülmektedir.

Bir yumrubaşlı geminin dalgalı sulardaki performansını inceleyen ilk çalışma, Dillon ve Lewis tarafından gerçekleştirilmiştir (Dillon ve Lewis [23]). İlgili çalışmada 4 adet sistematik yolcu gemisi yumrubaş kesit alanının (A_{BT}) gemi orta kesit alanı %0 - %13,5 oranlı aralıklarında aldığı değerlere tekabül edecek şekilde hem sakin su hem de dalgalı suda model deneyine tabi tutulmuştur. Deney sonuçlarına göre; $F_n > 0,245$ değerlerinde sakin suda dirençte önemli düşüşler gözlenmiştir. Baş dalgalarında ise, yumrubaşın hız ve hareketlere ufak da olsa olumsuz tesiri gözlenmiştir.

1965 yılında, Wahab 500 feet boya sahip bir kargo gemisi üzerinde model deneyi çalışmaları yapmıştır (Kyriazis [17]). Deney, hem yumrubaşsız durum için hem de gemi boyunun %2'si kadar yarıçapa sahip bir silindirik kesitli yumrubaş formlu olarak yapılmıştır. Yumrubaşlı durumdaki baş-kıç vurmada ve baş taraf bağıl hareketlerindeki düşüş, gemi hızına bağlı oluşan dalga boyları ile sınırlandırılmıştır. Önceki bölümlerde işlediğimiz üzere, yumrubaşın gemi dalga sistemini değiştirdiğini ve direnç yönünden bu dalga sistemine bağlı belirli bir Froude değerinden itibaren kazanç sağladığı belirtilmiştir. Ayrıca bu çalışmaya göre, 8 şiddetli ve üzerindeki denizlerde yumrubaşın direnç üzerindeki olumlu etkisi giderek azalmaktadır.

Van Lameren ve Pangalila, 24.000 DWT kapasiteye sahip bir kuru yük gemisinde, baş kısma su hattının %9 büyüklüğünde boya sahip bir yumrubaş ekleyerek, yumrubaşsız form ile kıyaslamışlardır (Kyriazis [17]). Baş-kıç vurmada ve dalgalı durumda gemiye etki eden eğilme momentlerinde ciddi bir farklılık gözlemlenmiştir. Deniz şiddeti 6 iken bile, yumrubaşlı form 13 knot ve üzeri hızlarda daha az güç gereksinimi duymuştur. Daha da fazlası; yumrubaşın baş taraftaki bağıl hareketleri düşürdüğü gözlenmiştir.

1970 yılında Smith ve Salvesen, Korvin-Kroukovsky dilim teorisinin destroyer tarzı yumrubaşlı formlarda etkinliğini keşfetmişlerdir (Kyriazis [17]). Etkin kesitler ile, dilim teorisinin konvansiyonel başlı gemilerin yanı sıra; yumrubaşlı ve sonar domlu gemilerde kullanılabilmesi sonucuna varmışlardır.

Yumrubaşların ticari gemilerde kullanım amacı genellikle belirli bir hızdan sonra ana makina gücünden tasarruf etmek yada aynı güçte daha hızlı gidebilmektir. Ancak yolcu taşıyan gemilerde bu durum biraz daha karmaşıktır çünkü bu tarz gemilerde yumrubaş kullanımı hem sakin suda oluşacak dirençten kazanç amaçlı olmalı hem de birazdan bahsedilecek olan denizcilik koşullarını iyileştirme ya da koruma amaçlı olmalıdır.

Baş taraftan gelen dalgalar bir geminin karşılaçağı en kötü dalgalar olarak bilinmektedir. Baş taraftan alınan dalgalar sonucu, ister mega yat formu olsun ya da başka tipte bir form olsun; mega yatın hızında belirli bir düşüş gözlenmesi gayet normaldir. Deniz şiddetine bağlı bu düşüşler her tip gemi için kaçınılmazdır. Ancak seçilecek olan yumrubaş formunun bu durumu da düşünülerek değerlendirilmesi esastır.

Hız kayıplarının yanı sıra; mega yatlar yüksek konfor gerektiren gemi tipleridir. Daha öncede bahsedildiği gibi, ciddi maliyetlerle inşa edilen ve lüksün sınırını zorlayan bu tip

deniz taşıtlarında, konforu azaltacak herhangi bir durum hiç bir şekilde istenmez. Bu tip olumsuz şartların oluşması istenmese de, oluşması kaçınılmaz bir gerçektir. Açık denizlerde sakin deniz şartlarının oluşması çok nadir görülmektedir.

Konforu etkileyen ve her ilgili kaynakta bulunabilecek altı serbest dereceli hareketler (baş-kıç vurma, yalpalama, savrulma, dalıp-çıkma, ileri-geri öteleme ve yanal öteleme) içinden; baştan veya baş omuzluktan gelen dalgalar neticesinde en etkin hareketin baş-kıç vurma hareketi olduğu bilinmektedir. Yumrubaşların varlığı, baş-kıç vurma hareketini dizayna bağlı olarak iyi veya kötü etkilemiş örnekleri mevcuttur. Önceki paragraflarda bahsettiğimiz, Dillon ve Lewis'in çalışmalarında ufak ta olsa baş taraf hareketlerinde olumsuz tesirler gözlenirken; Van Lamaren ve Pangalila'ya ait çalışmada olumlu etkiler gözlenmiştir. Ayrıca güncel olarak bakabileceğimiz, 45 feet boya sahip ufak bir trawler da denenmiş çeşitli kesitteki yumrubaş tipleri içinden baş-kıç vurma açısından etkin olanlar tespit edilmiştir (Lane [3]). Dolayısıyla yumrubaşın varlığı sonucu, denizcilik hareketlerinde olumsuz veya olumlu neticeler hakkında iki durum da mümkün görünmekte olup, kesin bilgi ancak analizlerle doğrulanabilmektedir.

Baş-kıç vurma hareketinin fonksiyonları olarak; dikey durumdaki bağıl hareketler, dövünme, güverte ıslanması ve orta kesitte oluşan eğilme momentleri gösterilmektedir. Dövünme etkisinin azaltılması bakımından omurga hattına yakın bölgelerde baş kesimlerde daha sivri kesitler kullanılmalıdır (Kafalı [2], Kracht [15]). Bu tip V kesitler, suya dalma işlemini sönmüleyerek kolaylaştıracaktır. Kracht yumrubaşlarının denizcilik açısından üstünlükleri de dip kesitlerinin sivri olmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla, bu çalışmada gösterilen yumrubaş tipleri içinden mega yat formlarında en uygun olanlarının nabla (∇) kesit tipli yumrubaşlar olduğunu söylemek uygundur. Nabla (∇) kesitlerin yanı sıra, uçları sivrileştirilmiş eliptik kesitlerin de uygun olacağı düşünülmektedir. Güverte ıslanması ile görüş alanının daralması söz konusu olabilmektedir. Bu durum genellikle; baş taraf su üstü kesitlerinde kaşık-kepçe eğriliği şeklinde düzenlemeler ile giderilebilmektedir (Kafalı [2]). Aşırı olarak verilecek bu eğrilik ise, dövünme ve titreşim olayına sebebiyet verebilmektedir. Ayrıca güverte ıslanması için alınacak diğer önlem yeterli fribord değerinin sağlanmasıdır fakat bu durum yumrubaşla ilgili değildir.

Baş-kıç vurma hareketi sonucu oluşan düşey yöndeki bağıl hareketler ise yolcular ve mürettebat açısından en olumsuz konfor durumlarını oluşturabilmektedir. Konfor

açısından diğ er olumsuz hareket ise bilindiğ i gibi yatay yönde oluş an yalpalama hareketidir fakat yalpalama hareketi geliş en stabilite finleri ile bu olumsuz durumun etkileri ciddi derecelerde sönümlendirilebilmektedir. Ayrıca yumrubaş ların yalpalama hareketlerine etkisi yok denecek kadar azdır. Düş ey ivmelenmelerde oluş an en önemli olumsuzluk, yolcular ve mürettebatları deniz tutması olayıdır. Deniz tutulması genellikle yerçekimi ivmesi cinsinden (0.1g, 0.25g vb. gibi) ifade edilmektedir. Düş ey ivmelenme açısından en çok etkilenen bölgeler dövünme durumundan dolayı baş kısımlar olduğ undan; mega yatlarda daha çok bu bölgelerde mürettebat yaşam mahalleri olması neticesinde mürettebatları deniz tutması durumu söz konusu olabilmektedir. Ayrıca; kimi mega yatlarda tekne sahibi kendi kabinlerini özellikle baş gölgelerde oluşturulmasını isteyebilmektedir. Bu ve benzeri durumlarda yumrubaş uygulanması ile baş-kıç vurma hareketini iyi bir dizayn ile azaltabilmek mümkün görünmektedir.

Baş-kıç vurma hareketi ile baş tarafta oluş an (genellikle baş tarafta L/4'lük kısımda) dövünmeler sonucunda yine aynı bölgelerde bünyesel titreşimler meydana gelmektedir. Bu titreşimler zamanla, yapıda lokal olarak deformasyonlara sebebiyet verebilmektedir. Diğ er taraftan baş-kıç vurma hareketi sonucu dalga formuna bağ lı oluş acak eğilme momenti dağılımı da büyük önem teşkil etmektedir. Geminin boyuna mukavemeti açısından yapılan hesaplamalarda bilindiğ i gibi genellikle trokoidal dalga formu kabulü yapılmaktadır fakat gerçek deniz koşullarında bu durum farklıdır.

Yumrubaş ın kesit şekline bağ lı olarak baş-kıç vurma ve dövünme hareketlerinde sönümleyici bir etkisi olduğ u bilinmekte olup; ayrıca dövünmede oluş an konstrüktif titreşimleri kısmen bertaraf etmektedir. Özellikle nabla (∇) kesitli yumrubaş ların, temel hattı bölgesindeki sivri kesitleri dalgalı denizlerde suya yumuşak giriş yaparak; dövünme etkisini azaltmakta ve konstrüktif titreşimleri azaltabilmekte veya bertaraf edebilmektedir.

Genel anlamda yumrubaş ların denizciliğ i kötü etkilediğ i kanısı yapılan araştırmalar sonucu etkinliğ ini yitirmektedir. Özellikle nabla (∇) tipi yumrubaş lar denizcilik açısından literatürde geniş yankı uyandırmıştır [2], [15], [24], [25].

YUMRUBAŞIN TEKNE FORMUNA DİĞER ETKİLERİ

Mega yatlarda az da olsa kullanım alanı bulan yumrubaşlar, forma çeşitli faydalar sağlamaktadırlar. Bu faydaların en başında geleni hiç kuşkusuz daha önce belirtilen dirençte kazanç etkisidir. Dirençte olan kazanç; paralel olarak güç sarfiyatında ve yakıt tüketiminde tasarruflara neden olmaktadır. Bunun yanı sıra, önceki bölümlerde boyuna (trim) ve enine stabiliteye olan etkileri ile denizciliğe olan etkileri de incelenmiştir. Bu bölümde ise, önceki bölümlerde değinilmemiş etkiler yer alacaktır.

Yukarıda bahsi geçen etkileri dışında; yumrubaşın en belirgin etkisi yerleşim açısından getirdiği olumlu etkilerdir. Mega yatlarda baş bölgelerde özellikle mürettebat kamaralarında olan dar yerleşim alanları ufak bir mertebede olsa da ferahlayabilmektedir. Ayrıca baş pervane (bowthruster) bölmesi yumrubaş içine kaydırılabilmektedir. Böylece boşalan bölgelerde daha etkin kullanım alanları oluşturulabilmektedir. Bunun yanı sıra; ILO (Uluslararası Çalışma Örgütü) ya ait MLC'nin (Denizcilik Çalışanları Anlaşması) belirlemiş olduğu tekne mürettebat için gerekli olan minimum yaşam alanı kriterlerini sağlamada açılan ufak bir alanın önemi şüphesiz çok yüksektir.

Yumrubaşların bu etkilerine ek olarak, kullanım amacı içerisinde buzlu denizlerdeki seyirlerinde kullanımları mevcuttur. Kutup bölgelerine yakın yerlerde seyir edecek olan mega yatlarda kullanılacak olan yumrubaşlar, baştan buz ile gelen darbeleri azaltmak ve titreşimi sönmölemek amacıyla kullanıldığı gibi ayrıca buna ek olarak buz seyirinde yumrubaşların dirence olan etkileri de olumlu olarak bilinmektedir (Kyriazis [17]).

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sunulan bu çalışmada mega yatlarda yumrubaş kullanımı incelenmiştir. Yumrubaşların mega yatlarda kullanımının çok yaygın olmadığı tespit edilmiştir. Geniş bir literatür araştırması sonucu, çeşitli tipte yumrubaş formları belirlenmiş olup, bu formlar belirlenmiş olan ana mega yat formumuza eklenmiştir. Yumrubaş formlarının tasarlanmasında MAXSURF programı kullanılmıştır. Direnç analizlerinin yapılması esnasında ise aynı programın Hullspeed modülü kullanılmıştır.

Yumrubaş formlarının tasarlanmasında kullanılan Yim ve Kracht yöntemleri incelenmiştir. Bu yöntemlerden Yim'e ait olanının uygulama alanı teoriye dayalı olduğundan bulunamamıştır. Kracht yöntemi ise, daha güncel ve geniş uygulama alanı bulmuş bir yöntemdir. Ancak mega yatların form parametreleri Kracht'ın sunduğu yöntemdeki parametrelerin dışında kalmaktadır. Kracht'ın sunduğu yöntemin, dolgun forma sahip gemiler için uygun olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla sunulan bu çalışmada, türetilen yumrubaş formları inceleme ve gözlemlere dayalı olarak türetilmiştir. Sakin suda göstermiş olduğu direncin tespitinde ise, Holtrop-Mennen güç tahmin yöntemi kullanılmıştır. Yumrubaşların dirence olan etkisini içeren ve kullanım alanı yaygın olan ve güvenilirliği ispatlanmış bir yöntem olmasından tercih edilmiştir. Çalışmanın temel kısmını da bu direnç değerleri oluşturmuştur.

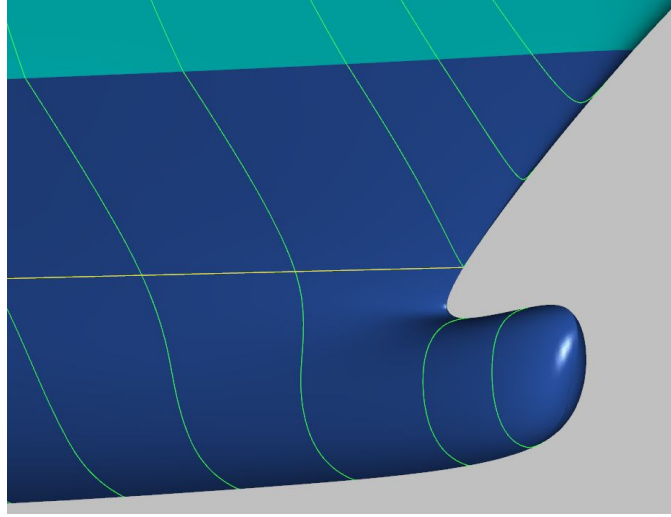
Çalışmada kullanılan ana form, 75 m tam boya sahip, blok katsayısı 0,417 olan bir mega yat formudur. Mega yat formlarının dolgunlukları dizayn gereksinimlerine göre değişmekte olup; ağırlıklı olarak $C_B=0,4-0,5$ değerleri arasındadır.

Yumrubaş boyunun direnç üzerindeki etkisi incelendiğinde, düşük Froude değerlerinde ($F_n < 0,25$), üç kesit tipi için de yumrubaş boyunun artması direncin artışına sebebiyet

verdiği görülmüştür. Yüksek Froude değerlerinde ($F_n > 0,30$) az da olsa dalgalanmalar oluşsa da; yumrubaş boyunun artması toplam direncin dolayısıyla sevk için gerekli efektif gücün düşüşüne sebebiyet vermiştir. Yapılan çalışmada Froude çözüm aralığının $0,0 < F_n < 0,366$ olduğu ise unutulmamalıdır. Daha yüksek Froude değerleri için özel çözümler türetilmesinde yarar görülmüştür. Yumrubaş boyu hakkında ek olarak; gereğinden fazla yumrubaş boyunun artan ıslak yüzeyi alanından ötürü direnç artışına sebebiyet verdiği bulunmuştur. Ayrıca uzun yumrubaş boylarının, konstrüksiyon açısından üretim zorluklarına sahip olduğu da unutulmamalıdır.

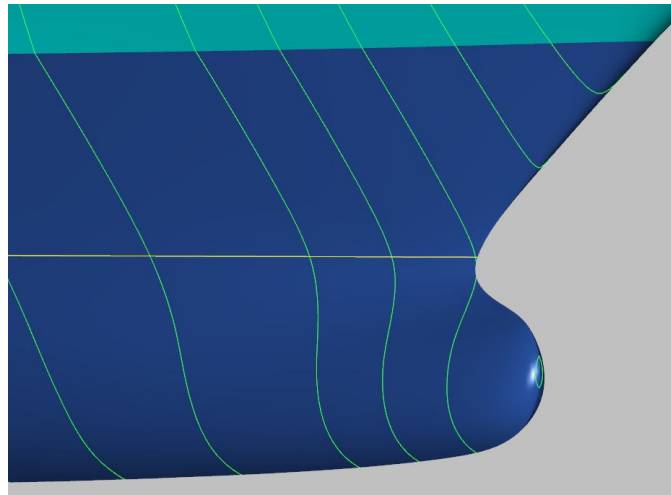
Yumrubaş kesit genişliğinin (Baş kaime üzerinde) direnç üzerindeki etkisi incelendiğinde, Silindirik kesitler ve nabla (∇) kesitlerde; kesit genişliğinin incelmesinin toplam direncin düşüşüne sebebiyet verdiği gözlenmiştir. Delta (Δ) kesitlerde ise durum tam tersi olmuştur. Kesit genişliğinin artması yani kalınlaşması sonucu toplam direncin düşüşüne sebebiyet vermiştir. Bu durumun nedeni ise, geometrik olarak kesitin kalınlaşması sonucu kesit alan merkezinin (h_B) serbest yüzeye yakınlaşmış olmasıdır.

Yumrubaş kesit tipleri incelendiğinde (delta, nabla ve silindirik-eliptik); sakin sudaki direnç açısından en etkin olanının silindirik kesitler olduğu saptanmıştır. Ana mega yat formunun seyir hızı olan 14 knot değerinde ($F_n = 0,285$) ve maksimum seyir hızı olan 16 knot değerinde ($F_n = 0,326$); türetilen yumrubaş tipleri içinden sakin suda gösterdiği direnç açısından en etkin yumrubaş tipi olan ‘Oval(O)-2up-i’ notasyonlu silindirik kesitli yumrubaş tipidir. İlgili yumrubaş tipinin kesitleri Şekil 3.17’de mevcuttur. İlgili yumrubaş tipi $F_n = 0,285$ iken efektif güçte %4,30 kazanç sağlarken; maksimum seyir hızında ($F_n = 0,326$) ise efektif güçte %5,66 kazanç sağlamıştır. Delta kesitlerden ‘ Δ -1dwn-i’ notasyonlu yumrubaş tipi efektif güçte, seyir hızında ($F_n = 0,285$) %4,294 kazanç sağlarken; maksimum seyir hızında ($F_n = 0,326$) %5,484 kazanç sağlamıştır. Nabla kesitlerden ‘ Δ -1up-xi’ notasyonlu yumrubaş tipi efektif güçte, seyir hızında ($F_n = 0,285$) %2,81 kazanç elde ederken; maksimum seyir hızında ($F_n = 0,326$) %4,24 kazanç sağlamıştır.



Şekil 8.1 Direnç açısından en fazla kazanç gösteren yumrubaş tipi – ‘Oval-2up-i’

Yumrubaş tipleri içinden, en erken kazanca geçen yumrubaş tipi ise delta kesitlerden ‘ Δ -1dwn-i’ notasyonlu yumrubaş tipi olup,; yaklaşık 11,55 knot seyir hızından itibaren efektif güçte kazanca geçmiştir. Silindirik kesitlerden ‘Oval(O)-2up-i’ notasyonlu yumrubaş tipi yaklaşık 12 knot seyir hızından itibaren efektif güçte kazançlı olmaya başlamıştır. Yumrubaş tipleri içinden en geç kazanca geçen yumrubaş kesitleri ise nabla (∇) kesitleri olarak gözükmemektedir. ‘ ∇ -1up-xi’ notasyonlu nabla kesitli yumrubaş tipi, yaklaşık 12,5 knot seyir hızından itibaren efektif güçte kazanca geçmeye başlamıştır. Bu sıralama daha düşük Froude sayılarında da değişmemiş olup, $F_n < 0,244$ iken delta kesitler en az direnç gösteren kesit tipleri olmuşlardır.



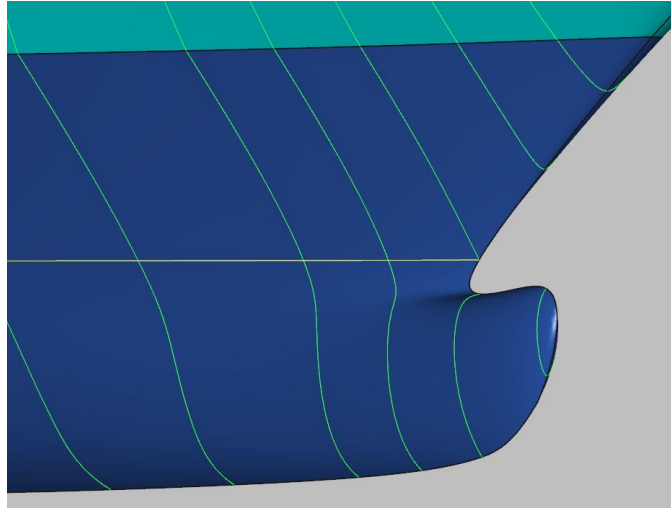
Şekil 8.2 Hız bakımından en erken kazanca geçen yumrubaş tipi – ‘Delta(Δ)-1dwn-i’

Yumrubaş tiplerini burun konumlarına göre incelediğimizde; silindirik ve nabla (∇) kesitlerde burun ucu serbest yüzeye yakın olan (up) yumrubaş tipleri sakin suda direnç

açısından biraz daha baskın görünmektedir. Delta (Δ) kesitlerde ise burun ucu omurga hattına yakın olan yumrubaş tipleri biraz daha baskın durmaktadır. Günümüzde modern uygulamalarda, yumrubaş burunlarının serbest yüzeye daha yakın konumlandırıldığı da dikkate alınmalıdır.

Yumrubaş formlarının stabiliteye etkisi incelendiğinde; enine stabiliteye çok ciddi bir etkisi söz konusu olmadığı belirlenmiştir. Çok düşük mertebelerde ağırlık başlangıç stabilite değeri GM'i bir miktar aşağı çektiği saptanmıştır. Fakat düşük mertebelerdeki bu düşüş göz ardı edilebilmektedir.

Yumrubaş formlarının boyuna stabiliteye yani trime olan etkisi incelendiğinde; açıkça görülmüştür ki ülkemizde ve dünyada yapılan yumrubaş uygulamalarının esas amacı, sevk için gerekli güçte düşüşün yanı sıra teknelerin trim durumunu dengeleme amaçlı olduğu saptanmıştır. Başa trimli çoğu mega yat veya gemide, trimi dengeleme amaçlı yumrubaş formlarının uygulandığı görülmüştür. Ancak trim hususunda dikkat edilecek nokta; herhangi bir kıç trim durumunda yumrubaşın su üstüne çıkma durumudur. Bu durumda su üstüne çıkan formun ekstra bir dalga formu oluşturacağı ve direnci artıracığı hususuna dikkat edilmelidir.



Şekil 8.3 Denizcilik açısından mega yatlara uygun yumrubaş tipi – ‘Nabla(∇)-1up-xi’

Yumrubaş formlarının denizciliğe olan etkileri hususunda herhangi bir analiz çalışması yapılmamış olsa da, yapılan literatür araştırması sonucu omurga hattında keskin-sivri kesitlerin denizciliğe olumlu katkıları olduğu saptanmıştır. Öyle ki, denizli havalarda nabla (∇) kesitlerin diğer kesit tiplerine göre gerek direnç gerekse de denizcilik (dövünme, baş-kıç vurma vb.) açısından etkin olduğu bilinmektedir. Mega yat gibi

yolcu taşıyan gemi tiplerinde, nabla (∇) kesitli yumrubaşların daha uygun olacağı düşünülmüştür.

Yapılan incelemelerde, mega yatlarda yumrubaş kullanımının esas amacı, güç sarfiyatında bir düşüş gerçekleştirmenin yanı sıra boyuna stabiliteyi (trim) dengelemesi olduğu görülmüştür. Bunlara ilave olarak, yumrubaşların denizciliğe olan etkisi hususunda gerek literatürde gerekse dizayn anlamında çok geniş çözüm alanları bulmadığı görülmüştür. İleriki çalışmaların yumrubaşların denizciliğe olan etkisi hususunda yapılmasının uygun olacağı düşünülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] Ünlüsü, C., (2004) “ Türkiye’de Mega Yat Yapımı ”, Gemi Mühendisliği ve Sanayimiz Sempozyumu, 24-25 Aralık 2004, İstanbul.
- [2] Kafalı, K., (1999), “Gemi Formunun Hidrodinamik Dizaynı”, İTÜ Vakfı Yayınları No:37, İstanbul.
- [3] Lane, E. L., (2010),“ The Effect of Bulbous Bows On Resistance and Powering Performance of a Forty-Five Foot Trawler Yacht”,Master Thesis, Faculty of Engineering and Applied Science Memorial University of Newfoundland, Canada.
- [4] The-Blueprints.com, Battleships (United States), USS BB-28 Delaware, http://www.the-blueprints.com/blueprints/ships/battleships-us/6821/view/uss_bb-28_delaware/ , 21 Nisan 2011.
- [5] Schneekluth, H. ve Bertram,V., (1998), “Ship Design for Efficiency and Economy”, Butterworth-Heinemann, Second Edition, Woburn.
- [6] Sabuncu, T.,(1962), “Gemilerin Dalga Direnci Teorisi”, İTÜ Gemi Enstitüsü Bülteni, No:12, İstanbul.
- [7] Van Oossanen, P., Heimann, J., Henrichs, J. ve Hochkirch, K., (2009), “Motor Yacht Hull Form Design For The Displacement To Semi-Displacement Speed Range”, 10th International Conference on Fast Sea Transportation FAST, 629-643, Athens, Greece.
- [8] Kafalı, K., (1972), “Gemi Formunun Statik ve Dinamik Esasları”, Cilt 2, İtü Sayı 887,İstanbul.
- [9] Bertram, V., (2000), “Practical Ship Hydrodynamics”, Butterworth-Heinemann, Woburn.
- [10] Baykal, R. ve Dikilli, C., (2002), “Gemilerin Direnci ve Makina Gücü”, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul.
- [11] Carlton, J.S., (2007) “Marine Propellers and Propulsion ”, Oxford : Elsevier Butterworth-Heinemann, Amsterdam.
- [12] Lewis, E., V., (1988), “Principles of Naval Architecture”, Second Revision-II, SNAME, Jersey City, New Jersey.

- [13] Yılmaz, T., (2008), “Gemi Mühendisliği El Kitabı”, Gemi Mühendisleri Odası Yayınları, İstanbul.
- [14] Rawson, K. ve J.,Tupper,E.,J., (2001), “Basic Ship Theory”, Butterworth-Heinemann, Fifth Edition, Woburn.
- [15] Kracht, A. M., (1978), “Design of Bulbous Bows”, SNAME Transactions, 86:197-217.
- [16] Dudzus, A. ve Danckwardt, E., (1982), “Schiffstechnik”, Vebs Verlag Technik, 1982, Berlin
- [17] Kyriazis, G., (1996), “Bulbous Bow Optimisation For Fast Ships”, Master Thesis, Department of Ocean Engineering at Massachusetts Institute of Technology,USA.
- [18] Holtrop, J. ve Mennen, G.,G.,J., (1982), “An Approximate Power Prediction Method”,International Shipbuilding Progress, 89.
- [19] Holtrop, J. ve Mennen, G.,G.,J., (1984), “A Statistical Reanalysis of Resistance and Propulsion Data”, International Shipbuilding Progress, 31.
- [20] Moody, D., Robert, (1996), “ Preliminary Power Prediction During Early Design Stages of a Ship ”, Thesis&Dissertations, Mechanical Engineering School at Cape Peninsula University of Technology, Cape Town, South Africa.
- [21] Watson, D.,G.,M., (1998), “Practical Ship Design”, Elsevier Ocean Engineering Book Series, Kidlington-UK.
- [22] Maritime and Coastguard Agency, (2007), “The Large Commercial Yacht Code”, 11, Southampton, UK.
- [23] Dillon, E., S., Lewis E., V., (1955), “Ships with Bulbous Bows in Smooth Water and Waves”, Transactions SNAME, 63.
- [24] Kafalı, K., (1995), “Gemilerde Yumrubaş Uygulaması ve Yumrubaşın Seçimi”, Gemi İnş. ve Denizcilik Teknolojisi Teknik Kongresi, İstanbul.
- [25] Kafalı, K., (1999), “Yumrubaşlı Gemilerde Karşılaşılan Hidrodinamik Sorunlar”, Gemi İnş. ve Denizcilik Teknolojisi Teknik Kongresi, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Murat KARABULUT
Doğum Tarihi ve Yeri : 26/06/1984 Bulgaristan-Kırcaali
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : mrtkrblt@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Gemi İnş.ve Gemi Mak. Müh.	Yıldız Teknik Üniversitesi	2009
Lise	Fen - Matematik	Kadıköy Anadolu Lisesi	2004

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
- 2010(Ekim)	Proteksan-Turkuaz Yat San. A.Ş.	Yat Dizayn Mühendisi
2009 (Kasım) 2010 (Nisan)	Suntay Proje San. Tic. Ltd. Şti.	Yat Dizayn Mühendisi
2008 (Kasım) 2009 (Nisan)	Dearsan Gemi İnşaat San. A.Ş.	Askeri Projeler Dizayn Mühendisi