

66773

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İKİZ TEKNELERİN TOPLAM DİRENÇ AÇISINDAN
FORM OPTİMİZASYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Devrim Bülent DANIŞMAN**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 9 Haziran 1997

Tezin Savunulduğu Tarih : 27 Haziran 1997

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ömer GÖREN

Ömer Gören

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. A. Yücel ODABAŞI

A. Yücel Odabaşı

Doç. Dr. Aydın Şalçı

Aydın Şalçı

HAZİRAN 1997

ÖNSÖZ

Yüksek süratli teknelerin gelişimi içinde ikiz teknelerin, üretiminin yüksek teknoloji gerektirmemesi ve yüksek süratli teknelerin dizayn kriterlerini kolayca sağlaması bakımından özel bir yeri vardır. Özellikle son yıllarda çeşitli taşımacılık türlerinde; örneğin yolcu taşımacılığı, feribot ve balıkçı gemilerinde olduğu gibi gittikçe yaygınlaşmaktadır. Bu tip teknelerin dirençlerini minimize etmek için bir çok teorik ya da deneysel araştırma yapılmış fakat teorik ve deneysel çalışmayı bir arada içeren bir araştırma yapılmamıştır. Bu çalışma literatürdeki bu eksikliği karşılamak üzere ele alınmıştır.

Bu çalışmanın gerek teorik kısmında gerekse deneysel kısmında umutsuzluğa düştüğüm anlarda bana moral veren ve bana her zaman hocalıktan çok ağabeylik yapan sevgili hocam Prof. Dr. Ömer Gören'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın gerçekleşebilmesi için maddi desteğini esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. A. Yücel Odabaşı'ya, deney sisteminin kurulması ve deneylerin yapılması sırasında canla başla bana yardıma koşan Doç. Dr. Mustafa İnel'e, deneylerin yapılması sırasında moral ve iş gücü desteği veren sevgili arkadaşlarım (harf sırasına göre) Ayhan Menteş, Kaya Tümer ve Seda Kalıpçı'ya gerek model imalatı gerekse deney aşamasında yardımlarını esirgemeyen Ata Nutku Gemi Model Deney Laboratuvarı personeline teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak yüzlerce kilometre öteden bana destek olan sevgili aileme sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa no

ÖNSÖZ	
i	
SEMBOL LİSTESİ	
iii	
ŞEKİL LİSTESİ	
iv	
ÖZET	
vi	
SUMMARY	
vii	
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 İNCE-UZUN GEMİ YAKLAŞIMI İLE DALGA DİRENCİ HESABI	3
2.1 Giriş	3
2.2 Temel Kabüller ve Sınır Koşulları	3
2.3 Akışkan İçinde Hareket Eden Bir Kaynağın Hız Potansiyeli ve Gemi geometrisinin Kaynak Kuyu Dağılımı ile Temsili	5
2.4 İkiz Tekne Dalga Direnci	6
BÖLÜM 3 FORM OPTİMİZASYONU SÜRECİ	8
3.1 Amaç Fonksiyonu	8
3.1.1 Sürtünme Direnci	10
3.1.2 Dalga Direnci	12
3.2 Kuadratik Programlama	15
BÖLÜM 4 SAYISAL HESAPLAMALAR	18
4.1 Sayısal İntegrasyon Algoritması	18
4.2 Optimizasyon Adımları	27
BÖLÜM 5 DENEYSEL ANALİZ	44
5.1 Deneyde Kullanılan Ölçüm Sistemleri	44
5.2 Modellerin Hazırlanması	45
5.3 Deneylerin Yapılışı	46
5.4 Deney sonuçları	48
BÖLÜM 6 SONUÇLAR	63
KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ	67

SEMBOL LİSTESİ

İKİZ TEKNE: İki teknenin su hattı üzerindeki bir platformla bağlanması ile oluşmuş iki tekneli gemi

EŞTEKNE: İki teknenin teknelerinden her biri.

C_T : Toplam Direnç Katsayısı

C_f : Sürtünme Direnci Katsayısı

C_w : Dalga Direnç Katsayısı

L, L_{WL} : Su Hattı Boyu

B : Genişlik

T : Su Çekimi

D : Derinlik

s : Bir İkiz Teknenin Teknelerinin Merkez Düzlemleri Arasındaki Açıklık

C_B : Blok Katsayısı

C_{BF} : Optimizasyon Bölgesinin Blok Katsayısı

C_{WLF} : Optimizasyon Bölgesinin Su Hattı Alan Katsayısı

ζ : Dalga Yüksekliği

V : Gemi Hızı

F_n : Froude Sayısı

Re : Reynolds Sayısı

σ : Kaynağın Şiddeti

K_0 : g/U^2

U : Serbest Akım Hızı

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1	Hareketli eksen takımı	4
Şekil 2.2	Duvara paralel hareket eden gemi ve imajı	6
Şekil 3.1	Koordinat sistemi ve geminin ayrıklaştırılması	8
Şekil 4.1	Hızla salınan direnç integrantı	19
Şekil 4.2	Optimizasyon için belirlenen postalar	27
Şekil 4.3	Optimizasyon için seçilen ana gemi	29
Şekil 4.4	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	30
Şekil 4.5	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	30
Şekil 4.6	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	31
Şekil 4.7	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	31
Şekil 4.8	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	32
Şekil 4.9	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	32
Şekil 4.10	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	33
Şekil 4.11	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	33
Şekil 4.12	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	34
Şekil 4.13	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	34
Şekil 4.14	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	35
Şekil 4.15	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	35
Şekil 4.16	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	36
Şekil 4.17	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	36
Şekil 4.18	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	37
Şekil 4.19	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	37
Şekil 4.20	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	38
Şekil 4.21	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	38
Şekil 4.22	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	39
Şekil 4.23	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	39
Şekil 4.24	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	40
Şekil 4.25	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	40

Şekil 4.26	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	41
Şekil 4.27	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	41
Şekil 4.28	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	42
Şekil 4.29	Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesitleri	42
Şekil 4.30	Optimizasyon sonucu formu düzeltilmiş optimal form	43
Şekil 5.1	İkiz tekne bağlantı şeması	46
Şekil 5.2	Deney esnasında oluşan momentin karşıt ağırlık ile dengelenmesi	47
Şekil 5.3	Ana model	47
Şekil 5.4	Optimal formlar	48
Şekil 5.5	Karşılaştırmalı dalga direnç katsayısı eğrileri	49
Şekil 5.6	Karşılaştırmalı dalga direnç katsayısı eğrileri	50
Şekil 5.7	Karşılaştırmalı dalga direnç katsayısı eğrileri	51
Şekil 5.8	Karşılaştırmalı dalga direnç katsayısı eğrileri	52
Şekil 5.9	Karşılaştırmalı toplam direnç katsayısı eğrileri	53
Şekil 5.10	Karşılaştırmalı toplam direnç katsayısı eğrileri	53
Şekil 5.11	Karşılaştırmalı toplam direnç katsayısı eğrileri	54
Şekil 5.12	Karşılaştırmalı toplam direnç katsayısı eğrileri	54
Şekil 5.13	Karşılaştırmalı dalga form direnç katsayısı eğrileri	55
Şekil 5.14	Karşılaştırmalı dalga form direnç katsayısı eğrileri	55
Şekil 5.15	Karşılaştırmalı dalga form direnç katsayısı eğrileri	56
Şekil 5.16	Karşılaştırmalı dalga form direnç katsayısı eğrileri	56
Şekil 5.17	Karşılaştırmalı dalga form direnç katsayısı eğrileri	57
Şekil 5.18	Karşılaştırmalı dalga form direnç katsayısı eğrileri	57
Şekil 5.19	Karşılaştırmalı dalga form direnç katsayısı eğrileri	58
Şekil 5.20	Karşılaştırmalı dalga form direnç katsayısı eğrileri	58
Şekil 5.21	Karşılaştırmalı dalga form direnç katsayısı eğrileri	59
Şekil 5.22	Karşılaştırmalı girişim direnç oranı eğrileri	59
Şekil 5.23	Karşılaştırmalı girişim direnç oranı eğrileri	60
Şekil 5.24	Karşılaştırmalı girişim direnç oranı eğrileri	60
Şekil 5.25	Tam ölçekli karşılaştırmalı EHP eğrileri	61
Şekil 5.26	Tam ölçekli karşılaştırmalı EHP eğrileri	61
Şekil 5.27	Tam ölçekli karşılaştırmalı EHP eğrileri	62

ÖZET

Son yıllarda büyük güverte alanı gerektiren yüksek süratli deniz taşımacılığı türlerinde -örneğin yolcu taşımacılığı, feribotlar, balıkçı gemileri vs-. ikiz teknelere gittikçe daha çok ilgi duyulmaktadır. Bunun nedeni bu tip teknelerin tekne boyutlarından bağımsız yüksek stabiliteye sahip olmaları ve alışılmadık direnç karakteristiklerinin olmasıdır. Yüksek süratli teknelerde yüksek güç gereksinimi , tekne direncinin ortaya makul bir dizayn koyabilmek için .dizayner tarafından bir iyileştirmeye tabii tutulmasını zorunlu kılar.

Bu çalışmada gittikçe yaygınlaşmakta olan bir yüksek süratli tekne tipi olarak ikiz teknelerin direnç karakteristikleri incelenmiş ve verilen kısıtlar altında minimum toplam dirence sahip formlar matematik programlama yöntemiyle bulunmaya çalışılmıştır. İkiz tekne toplam direnci, sürtünme ve dalga dirençlerinin toplamı olarak modellenmiş ve optimizasyon çalışması için amaç fonksiyonu bu şekilde teşkil edilmiştir. Sürtünme direnci ITTC-1957 formülüyle hesaplanırken dalga direnci, Michell integralinin Lunde(1951) tarafından ikiz tekneler için geliştirilmiş şekliyle hesaplanmaktadır. Bu integralin girişim terimini ifade eden ve integrantı hızla salınan kısmı, tek tekne halinden farklı olarak özel bir algoritma kullanılarak .SIDI(1982), çözülebilmüş ve hesaplara katılmıştır. Optimizasyon çalışmalarında kuadratik programlama kullanılmış Wolfe algoritması uygulanmıştır.

Sayısal hesaplamalar için iki adet bilgisayar programı geliştirilmiştir. Bu programlardan birincisi ikinci programa giriş datası teşkil edecek olan sürtünme ve dalga direnç matrislerini oluşturmaktadır. Formülasyonun ayrıklaştırılmasında; gemi yüzeyi çadır fonksiyonları kullanılarak modellenmiştir.

Form optimizasyonu değişik tekne aralıkları ve Froude sayıları için denenmiştir. Fakat bunların içinde bu tip bir teknenin çalışma rejimine uygun olan Froude sayısı 0.60 ve tekneler arası mesafenin tekne boyuna oranı 0.3 durumu optimizasyon için hedef seçilmiştir.

Optimizasyon sonucunda kayda değer sonuçlar veren formlar incelemeye alınmıştır. Bu inceleme sonucunda elde edilen yeni formun direnci sayısal olarak yeniden hesaplanmış ve böylelikle model imalatı için optimal form belirlenmeye çalışılmıştır. Sayısal ve deneysel inceleme için simetrik ikiztekneler için oldukça uygun olan NPL serisi seçilmiş, başlangıç ve optimal formların modelleri imal edilip direnç deneyleri yapılmıştır. Deneylerin sonucu sayısal çalışma ile bulduğumuz direnç kazançlarını kanıtlamaktadır. Böylelikle bu optimizasyon prosedürünün yüksek süratli ikiz teknelere de başarıyla uygulanabileceği gösterilmiş olur.

SUMMARY

Recently the demand for high-speed ships have increased in passenger boat market. Various hull forms have been tried to satisfy the design criteria of such vessels. But except them catamaran ships should have been taken into consideration because of its large deck area, strong transverse stability, and its unusual resistance characteristics. So these type of ships can be used for passenger ferries, container-carriers, oil-drilling platforms and fishing vessels. Generally the total resistance of catamaran is greater than that of a monohull with the same length draft and displacement. In low Froude number region the frictional resistance is predominant. However in high Froude number region wave resistance becomes more prevailing. Since these ships have been considered as high speed crafts wave resistance becomes more important. Wave resistance can be minimized by well-chosen twin hull spacing which can produce a favorable wave interference effect. The interference effect depends not only on the hull spacing but also on the demihull geometry and Froude number. In this study an analytical procedure was developed to determine optimal hull forms for minimum total resistance by using the quadratic programming method.

Lunde (1951) studied the wave resistance of a ship moving parallel to a rigid wall. It was the basic theoretical approach for catamarans wave resistance. In that study the solution was obtained by distribution of simple sources on the center-plane of demihull and linear wave theory was applied. However if the demihull is sufficiently thin and straight and if the values of the ratio of beam/hull-spacing become sufficiently small the thin-ship approximation with center-plane sources distribution give a useful solution for practical applications.

The general approach in optimization in engineering is to write down a proper objective function and to reduce it into one of the standard forms of mathematical programming. In this study the objective function chosen is the sum of frictional resistance and wave resistance. Frictional resistance is calculated by the ITTC - 1957 formula for equivalent flat plate resistance. Wave resistance calculations are done by utilizing the Michell integral which is developed for catamarans by Lunde(1951). In these calculations the ship hull is characterized by the tent functions.

Following the same formulation given by Hsiung(1981) the coordinate system is chosen as in figure 1 and ship hull function is defined as:

$$\eta = F(\xi, \zeta)$$

The variables ξ , η , and ζ are non dimensionalized by the length L , beam B , and the draft T of the ship to give

$$x = \frac{\xi}{L} \quad , \quad y = \frac{\eta}{(B/2)} \quad , \quad z = \frac{\zeta}{T}$$

Therefore nondimensionalized hull form expressed as:

$$f(x, z) = \frac{2}{B} F(\xi, \zeta)$$

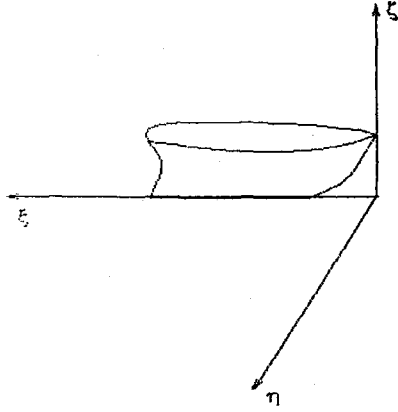


Figure 1

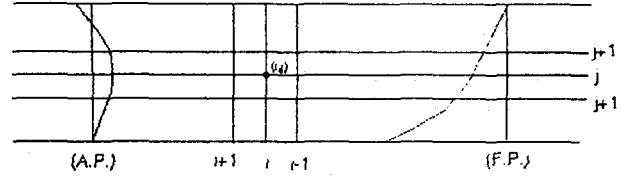


Figure 2

In order to make use of tent functions, the ship's center-plane meshed as shown in figure 2. The first station is the for-perpendicular of the ship and the first waterline is the base line. The last station may be chosen as the aft-perpendicular and the waterline should be loaded waterline. The station and waterlines are not necessarily equally spaced. Then the unit tent function at the grid point (x_i, z_j) is given as:

$$h_{(x,z)}^{(i,j)} = \left\{ \begin{array}{l} \left[1 - \frac{x_i - x}{x_i - x_{i-1}} \right] \left[1 - \frac{z_j - z}{z_j - z_{j-1}} \right] ; x_{i-1} \leq x \leq x_i, z_{j-1} \leq z \leq z_j \\ \left[1 - \frac{x_i - x}{x_i - x_{i-1}} \right] \left[1 - \frac{z_j - z}{z_j - z_{j+1}} \right] ; x_{i-1} \leq x \leq x_i, z_j \leq z \leq z_{j+1} \\ \left[1 - \frac{x_i - x}{x_i - x_{i+1}} \right] \left[1 - \frac{z_j - z}{z_j - z_{j-1}} \right] ; x_i \leq x \leq x_{i+1}, z_{j-1} \leq z \leq z_j \\ \left[1 - \frac{x_i - x}{x_i - x_{i+1}} \right] \left[1 - \frac{z_j - z}{z_j - z_{j+1}} \right] ; x_i \leq x \leq x_{i+1}, z_j \leq z \leq z_{j+1} \\ 0 : \text{out of the rectangular element bounded by} \\ (i+1)\text{th}, (i-1)\text{th}, (j+1)\text{th}, (j-1)\text{th sections} \end{array} \right\}$$

Frictional resistance of a ship is usually given as a function of wetted surface area and the frictional resistance coefficient.

$$R_F = \frac{1}{2} \rho c^2 S C_F$$

where C_F is frictional resistance coefficient which may be given by the ITTC - 1957 formula.

$$C_F = \frac{0.075}{(\log_{10} \text{Re} - 2)^2}$$

and Re is the Reynolds number. To conform with the wave resistance the frictional resistance nondimensionalized again by

$$C_F = R_F / \left[8 \rho g B^2 T^2 / (\pi L) \right] = C_r S F n^2 \left[16 B^2 T^2 / (\pi L^2) \right]$$

Then using the tent functions wetted surface area is expressed as

$$S \cong 2LT \int_0^T \int_0^L \left[1 + \frac{B^2}{8L^2} \hat{h}_x^2(x, z) + \frac{B^2}{8L^2} \hat{h}_z^2(x, z) \right] dx dz$$

$$\hat{h}_x^2 = \left(\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J y_{ij} h_x^{(i,j)}(x, z) \right) \left(\sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L y_{kl} h_x^{(k,l)}(x, z) \right)$$

in matrix form :

$$\begin{aligned} S &= s_0 + s_y y + y^T A y \\ &= 2LT + \sum_i s_i y_i^{(b)} + \sum_i \sum_j a_{ij} y_i y_j \end{aligned}$$

After substitutions of the equations given above the quadratic form of frictional resistance:

$$C_F = c_0 + c_b y + y^T A_F y$$

The well-known Michell integral can be given for a thin ship-catamaran.

$$C_W = \frac{\gamma_0}{2} \int_0^\infty \frac{(u^2 + 1)^2}{(u^2 + 2)^{1/2}} (P^2 + Q^2) \left\{ 1 + \cos \left[4 \frac{b}{L} \gamma_0 u (u^2 + 1) (u^2 + 2)^{1/2} \right] \right\} du$$

$$\left. \begin{matrix} P \\ Q \end{matrix} \right\} = \int_0^1 \int_0^1 \hat{h}_x(x, z) \frac{\cos}{\sin} (2\gamma_0 x) (u^2 + 1) \exp \left[2\gamma_0 \frac{T}{L} (z - 1) (u^2 + 1)^2 \right] dx dz$$

If the integral taken into terms of tent functions , after some calculations CW expressed as.

$$d_{ijkl_0} = \frac{\gamma_0}{2} \int_0^\infty \frac{(u^2 + 1)^2}{(u^2 + 2)^{1/2}} [(C_i C_k + S_i S_k) E_j E_l] du$$

$$d_{ijkl_1} = \frac{\gamma_0}{2} \int_0^\infty \frac{(u^2 + 1)^2}{(u^2 + 2)^{1/2}} [(C_i C_k + S_i S_k) E_j E_l] \cos\left(4\gamma_0 \frac{b}{L} u(u^2 + 1)(u^2 + 2)^{1/2}\right) du$$

$$d_{ijkl} = d_{ijkl_0} + d_{ijkl_1}$$

$$C_W = \sum_i^I \sum_j^J \sum_k^K \sum_l^L d_{ijkl} y_{ij} y_{kl}$$

If we reduce the dimensions employing $m = (i - 1)I + j$ ve $n = (k - 1)J + l$:

$$C_W = \sum_{m=1}^{I \times J} \sum_{n=1}^{I \times J} d_{mn} y_m y_n \quad \text{now we can write down the CW in matrix form.}$$

$$C_W = y^T D y$$

The total resistance coefficient can be expressed in quadratic form as:

$$C_T = C_F + C_W = c_0 + c_b y + y^T C y$$

As mentioned above we write down our objective function in quadratic form. Both objective function and its constraints are obtained in terms of unknown offsets y_{ij} . This is a standard problem in mathematical programming; so called "quadratic programming" which can be stated as:

$$\begin{aligned} &\text{minimize} \quad py + y^T C y \\ &\text{subject to} \quad A y \leq B \quad \text{with } y \geq 0 \end{aligned}$$

Two computer programs are developed. One for calculating wave and frictional resistance and generating the resistance matrix and the other for finding optimum half-breadths by using Wolfe's algorithm with the help of output of first program.

To calculate the wave resistance of catamaran by employing Michell integral a special integration technique ,SIDI (1982), is used because of the highly oscillatory integrant due to the interference effect between demihulls.

In this study a parent catamaran form is generated by using CB=0.40 and L/B=10 of NPL series. Different hull spacings are taken into consideration to find an optimal form which has minimum total resistance.

Constraints mostly used in the present optimization study are :

- I. All the known offsets are less then or equal to the half beam:

$$y_{ij} \leq 1$$

- II The waterline slope is less than or equal to $\tan\theta$, such as;

$$y_{i+1,j} - y_{ij} \leq (x_{i+1} - x_i) \frac{2L}{B} \tan \theta$$

- III The block coefficient of the forebody volume is increased:

$$C_{BF} = m * C_{BF}^{(o)} \quad m \geq 1$$

- IV The waterline area coefficient is kept constant:

$$C_{WL} = C_{WL}^{(o)}$$

- V The origina offsets of the initial ship may be taken as the lower bound for the unknown offsets:

$$y_{ij} \geq y_{ij}^{(o)}$$

Depending on the specific problems of the design procedure, some constraints can be added, and some constraints may be altered to obtain a realistic hull.

The forebody volume of the initial hull to be optimized was chosen as the volume between bow profile and the 8th station. The half-breadths on stations A, 10, 9^{1/2}, 9, 8 being described by 7 waterlines were the unknowns in the optimization study. The resistance matrices were computed different Froude numbers and different twin-hull spacings.

Model tests validated our the theoretical computations which gives 13 percent reduction in total resistance at Froude number 0.425 and 5 percent reduction at Froude number 0.60, for the ratio of twin-hull spacing / length 0.3. By model tests wave pattern resistance is analyzed and effect of protruding bulb on interference wave resistance is observed. The test results shows us the bulbous bow can reduce the interference effect. As well as an observation for the ratio of twin-hull spacing / length 0.2 for Froude number 0.70 a jet-like spray is observed between twin-hulls of parent hull But at the same condition there is no spray observed between twin-hulls of optimal catamaran hulls.

It is shown by the help of the model test mathematical programming with a proper set of constraints can substantially reduce the total resistance of catamarans by using protruding bulbs. The choice of initial hull form and the set of constraints are important for the success of optimization procedure. The procedure removes guess work on hull form improvements even for high-speed catamarans and can find optimum solutions having commercial significance.



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Son yıllarda yolcu taşımacılığında yüksek hızlı teknelere talep gittikçe artmaktadır. Bu tip teknelerin dizayn kriterlerini sağlamak için pek çok tekne formu denenmiştir. Bunların yanında ikiz tekneler sağladığı geniş güverte alanı ve sağlam stabilite karakteristikleri nedeniyle yolcu gemisi, konteyner, feribot ve balıkçı gemisi olarak kullanılmaya uygundur. Nitekim öteden beri yolcu gemisi olarak kullanılmakta ve son yıllarda da balıkçı gemisi olarak yaygınlaşmaktadır. Bu konuda ilk türkçe çalışma Nutku(1968) tarafından verilmiştir.

İkiz tekneler dizaynda tekne şeklinden hemen hemen bağımsız yüksek stabilite varlığı nedeniyle tekne formu ve boyutların seçiminde büyük serbestlik sağlamaktadır. İkizteknelerde deplasman hacminin, direnci optimize etmek için enine ve boyuna dağılımı tektekneye oranla daha rahat yapılabilir. Bu esnek dizayn tarzı ikiz teknelerin teknelerinin kendi merkez düzlemlerine göre asimetrik olmasına izin vermektedir. Bu çalışmada kullanılan teori gereğince simetrik formlu ikiztekneler ele alınmıştır.

Taşımacılık dalı yolcu taşımacılığı olduğunda hız önemli bir faktör haline gelmektedir. Yüksek hızlı teknelerde yüksek güç gereksinimi; makul bir dizayn ortaya koyabilmek için tekne direncinin yeniden gözden geçirilmesini zorunlu kılar. Ne var ki ikiztekne direnci tekneler arasında oluşan girişim etkilerini göz önüne almak bakımından karmaşık bir olaydır. İkizteknelerde girişimin hıza, tekneler arasındaki açıklığa ve form karakteristiklerine bağlı olarak irdelenmesi İNSEL(1990)' in çalışmasında ayrıntılı olarak görülebilir.

Alışlagelmiş deplasman tipi teknelerde hız arttıkça, Froude sayısı 0.4'ün üzerinde dalga direncinin toplam direnç içerisindeki oranı gittikçe artmaktadır. Çünkü dalga direnci serbest yüzey değişiminin karesiyle doğru orantılıdır ve ancak deplasman

hacminin serbest yüzey üzerine çekilmesi-kayıcı teknelerde olduğu gibi- ya da form optimizasyonu ile minimize edilebilir.

Burada form optimizasyonundan amaç verilen kısıtlar altında “dalga direnci + levha sürtünme direnci” açısından en iyi formu matematiksel programlamayla bulmaktır.

İkiz teknelerin form optimizasyonu konusunda Hsiung(1988) tarafından matematik programlama yöntemiyle yapılan çalışmada oldukça çarpıcı neticeler alınmıştır. Fakat bu çalışmanın en büyük eksiği kullanılan formlar ve optimizasyon için seçilen Froude sayısının ikiztekneler için uygun olmayışı ve bulunan sonuçların deneysel irdelenmesinin yapılmamış olmasıdır. Bu konuda Doctors, Renilson(FAST’93) ikizteknelerin aralarındaki mesafeyi değiştirerek direnci optimize etmeye çalışmışlardır. Doctors, Day(1995) nehir ferileri üzerinde yaptıkları optimizasyon çalışmasında yan yumrubaş oluşumu ile direncin minimize edilebileceğini göstermişler ve bu formları ikiz tekneler üzerinde de uygulamışlardır.

Bu çalışmada Hsiung(1987)’ın vermiş olduğu formülasyonun aynısı kullanılmıştır. Fakat dalga direnç matrisi oluşturulması aşamasında girişim dalga direnci de özenli bir sayısal integrasyon çalışması ile hesaba katılmıştır. Ele alınan form simetrik ikiztekneler için oldukça uygun olan NPL serisinin $CB=0.4$ ve $L/B = 10$ oranındaki formudur. Bu ana formun Matematik programlama ile optimizasyonu sayesinde direnç kazancı yüksek ve inşaa edilebilir formlar elde edilmiştir.

Teorik olarak sayısal hesaplama ile bulunan sonuçlar deneysel olarak test edilmiş ve beklenen kazançlar teyid edilmiştir. Teorik ve deneysel sonuçlar karşılaştırmalı olarak verilmiştir..

BÖLÜM 2

İNCE-UZUN GEMİ YAKLAŞIMI İLE DALGA DİRENCİ HESABI

2.1 Giriş

Michell tarafından verilmiş olan lineerleştirilmiş dalga direnci teorisi bu güne değin pek çok tekne formuna uygulanmıştır. Sayısal sonuçları yaklaşık olmakla birlikte pek çok durum için dalga direnci açısından değerli bilgiler sağlamaktadır. Bu metod ikiz teknelere de uygulanmıştır, Lunde (1951).

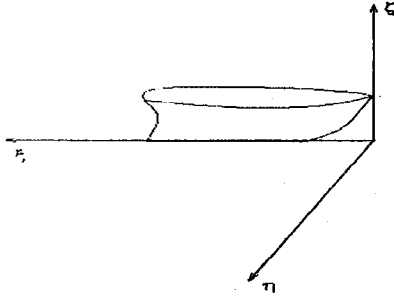
Bu çalışmada ikiz tekneler için Lunde(1951) tarafından geliştirilmiş Michell integrali sayısal olarak hesaplanmıştır. Söz konusu integral ikiz tekneler arasındaki girişim dalga direncini de içermektedir. Bu integralin hesabı için gemi geometrisi çadır fonksiyonları ile temsil edilmiş ve bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Michell integralinde integrantın hızla salınması nedeniyle özel bir sayısal integrasyon tekniği kullanılması gereği açıktır. Bu güçlüğü aşmak için Sidi(1982) tarafından hızla salınan integrant içeren integraller için verilmiş çok hızlı ve duyarlı olarak sonuca ulaşan bir algoritma uygulanmıştır. Geliştirilen bilgisayar programı yardımıyla hızın bağılı olarak ikiz teknelerin birbirine olan mesafesinin dirence etkisi hesap edilmiş ve daha sonra optimizasyon çalışmalarında kullanılmak için giriş datası elde edilmiştir.

2.2 Temel Kabuller ve Sınır Koşulları

Dalga yapma direncinin teorik olarak hesabı için gemi etrafındaki akımın potansiyel akım olarak modellenmesi gerekmektedir. Bu modellemenin geçerli olması için aşağıdaki kabuller yapılmıştır:

1. Akışkan homojen, sıkıştırılamaz ve viskozitesizdir.
2. Akışkan hareketi daimi ve irrotasyoneldir.
3. Yüzey gerilimi ihmal edilebilir.
4. İki noktada lineerleştirme yapılmıştır
 - 4.1. Gemi formu ince-uzun gemi kabulüne uymalıdır.
 - 4.2. Serbest su yüzeyinde oluşan dalgalar küçük genlikli dalgalardır

Hareketli eksen takımı şekilde gösterildiği gibidir:



Şekil 2.1 Hareketli eksen takımı

Model U sabit hızıyla akan düzgün bir akım içindeyse, hız potansiyeli düzgün akım ve kaynak potansiyelinin toplamı olarak yazılabilir.

$$\Phi = Ux + \phi(x, y, z)$$

Serbest yüzeyin $z = \zeta(x, y)$ ve gemi geometrisinin $y = f(x, z)$ ile ifade edildiğini göz önüne alırsak aşağıdaki lineerleştirilmiş sınır değer problemi verilebilir:

1. Akışkan hareketini belirleyen denklem:

$$\nabla^2 \phi = \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0$$

1. Serbest yüzey koşulları (lineerleştirilmiş)

1.1. Dinamik serbest yüzey koşulu:

$$g\zeta + U\phi_x = 0 \quad z = T \text{ iken}$$

1.2. Kinematik serbest yüzey koşulu:

$$U\xi_x - \phi_z = 0 \quad z = T \text{ iken}$$

Her iki koşulun birleştirilmesi ile serbest yüzey koşulu şöyle yazılabilir:

$$\phi_{,xx} + K_0 \phi_z = 0 \quad z = T \text{ iken } K_0 = \frac{g}{U^2}$$

2. Su tabanı koşulu: $\phi_z = 0 \quad z = 0$ da

3. Rijit gemi yüzeyi koşulu:

$$U f_x + \phi_y = 0 \quad y = 0' \text{ da}$$

4. Radyasyon koşulu:

$$\lim_{(x^2+y^2) \rightarrow \infty} \phi = 0$$

2.3 Akışkan İçinde Hareket Eden Kaynağın Hız Potansiyeli ve Gemi Geometrisinin Kaynak-Kuyu Dağılımı ile Temsili

σ şiddetinde ve (h,k,f) noktasına konumlandırılmış kaynağın hız potansiyeli aşağıdaki şekilde verilmektedir:

$$\begin{aligned} \phi = & \int \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \sigma ds - \frac{K_0}{\pi} \int \sigma ds \int_{-p}^p \sec^2 \theta d\theta \times \\ & \int_0^\infty \frac{\exp \{ K[(z-f) + i\bar{w}] \}}{K - K_0 \sec^2 \theta + i\mu \sec \theta} dK \end{aligned} \quad (2.1)$$

$$r_1^2 = (x-h)^2 + (y-k)^2 + (z+f)^2$$

$$r_2^2 = (x-h)^2 + (y-k)^2 + (f-z)^2$$

$$\bar{w} = (x-h)\cos\theta + (y-k)\sin\theta$$

Bir cismin kaynak-kuyu dağılımı ile temsili için pek çok yöntem ortaya konmuştur. En çok kullanılan merkez düzlemi üzerinde kaynak kuyu dağılımıdır. Merkez düzlemi üzerinde kaynak kuyu dağılımı ince uzun tekneli tekne formlarının dalga direncini başarılı olarak modelleyebilmektedir. İkiz teknelerde de genellikle ince uzun formlar tercih edilmektedir. Bu durumda bu çalışmada da sayısal hesaplar için merkez düzlemi üzerinde kaynak kuyu dağılımı kullanılabilir.

Lineerleştirilmiş tekne yüzey koşulunu yeniden yazacak olursak:

$$Uf_x + \phi_y = 0$$

Bu arada merkez düzleminde y doğrultusunda hız:

$$\phi_y = 2\pi\sigma$$

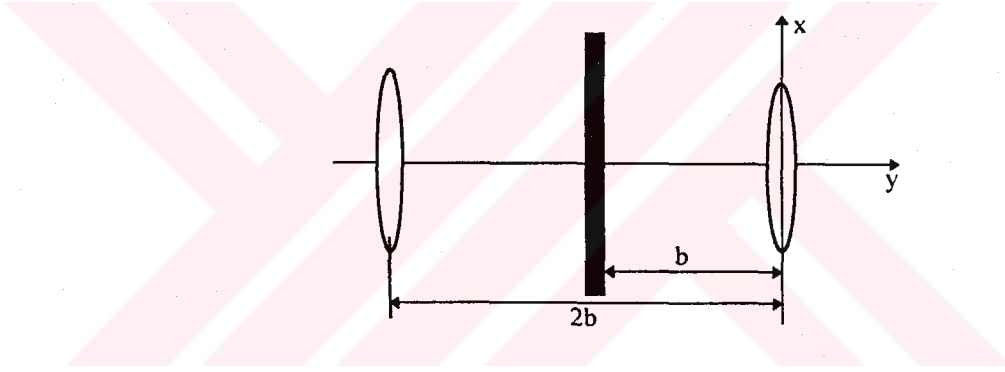
Bu ifadeyi tekne yüzey koşulunda yerine koyarsak:

$$\sigma = -\frac{u}{2\pi} f_x$$

merkez düzlemine dağılı kaynak şiddetini buluruz.

2.4 İkiz Tekne Dalga Direnci

Teorik olarak ikiz tekne dalga direnci hesabında ikiz tekne bir duvara paralel hareket eden bir gemi şeklinde modellenenebilir, Şekil 2.2



Şekil 2.2 Duvara paralel hareket eden gemi ve duvarın diğer tarafında oluşan imajı

Duvara "b" uzaklıkta paralel olarak hareket eden geminin çıkardığı dalgalarla bu dalgaların duvardan yansımalarının girişimi, aralarında 2b uzaklık olan iki adet eş geminin çıkardıkları dalgaların girişimine eşdeğerdir.

Teorik olarak $\sigma'(h', k', -f') ds'$ şiddetindeki bir kaynağın maruz kaldığı direnç $4\pi\rho\sigma'(h', k', -f')u' ds'$ ' dir. Burada $u' ; (h', k', -f')$ noktasındaki akışkan hızının x bileşenidir. Bu durumda geminin maruz kaldığı toplam dalga direnci;

$$P_l = 4\pi\rho \int \sigma' u' ds' = -4\pi\sigma \int \sigma' \phi_x ds' ' \text{ dir.}$$

Bizim gemimizin maruz kaldığı dalga direnci imaj geminin hız potansiyeli ve Denklem 2.1 'in son teriminin x türevinin katkısıyla şöyle ifade edilebilir:

$$R = i4\rho K_0 \int \int \sigma' dh' df' \int \int \alpha dh df \int_{-\pi}^{\pi} \sec \theta d\theta \int_0^{\infty} \exp\{K[i(h' - h)\cos\theta - (f' + f)]\} \times \\ \times [1 + \exp(i2Kb\sin\theta)] \frac{KdK}{K - K_0 \sec^2 \theta + i\mu \sec \theta}$$

K' ya göre integrasyonların yeniden düzenlenmesiyle;

$$R = 16\pi\rho K_0^2 \int \int \sigma' dh' df' \int \int \alpha dh df \times \int_0^{\pi/2} \cos[K_0(h' - h)\sec\theta] \times \\ [1 + \cos 2K_0 b \sec^2 \theta \sin\theta] \exp[-K_0(f' + f)\sec^2 \theta] \sec^3 \theta$$

Toplam dalga direncini tek tekneni yalın dalga direnci (R_0) ve girişim dalga direncinin (R_1) toplamı olarak yazıp ($R = R_0 + R_1$), cosinüslü terimleri açarsak;

$$R_0 = 16\pi\rho K_0 \int_0^{\pi/2} (P^2 + Q^2) \sec^3 \theta d\theta \quad (\text{duvarın olmadığı durumdaki yalın dalga direnci})$$

$$R_1 = 16\pi\rho K_0 \int_0^{\pi/2} (P^2 + Q^2) \cos(2K_0 b \sec^3 \theta \sec\theta) \sec^3 \theta d\theta \quad (\text{duvarın}$$

varlığından dolayı gelen ek dalga direnci) R_0 ve R_1 için;

$$\left. \begin{matrix} P \\ Q \end{matrix} \right\} = \int \int F_x \frac{\cos}{\sin} (K_0 x \sec^2 \theta) \exp(K_0 z \sec^2 \theta) dx dz \quad (h, -f) ; (x, z) \text{ koordinatları}$$

yer değiştirmiştir.

BÖLÜM 3

FORM OPTİMİZASYON SÜRECİ

3.1 Amaç Fonksiyonu

Mühendislikte optimizasyon için genel yaklaşım , ortaya bir amaç fonksiyonu koyup bunu matematiksel programlamanın standart formlarından birini kullanarak minimize/maksimize etmektir. Bu çalışmada amaç fonksiyonu sürtünme ve dalga direncinin toplamı olarak ele alınmıştır. Sürtünme direnci ITTC 1957 formülü ile hesaplanırken dalga direnci ise ince-uzun gemi yaklaşımına dayanan Michell integralinin sayısal olarak hesabı sonucu elde edilmiştir. Bu hesaplarda gemi geometrisi çadır fonksiyonları yardımıyla elde edilmiştir. Hsiung(1981) tarafından tek gövdeli gemiler için verilmiş olan formülasyonun aynısı kullanılmış ve koordinat sistemi Şekil(3.1) ' de gösterilmiştir.

Gemi yüzeyinin ifadesi ;

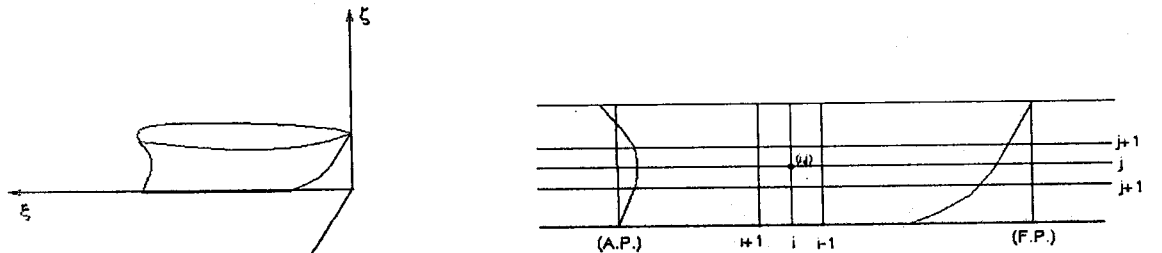
$$\eta = F(\xi, \zeta) \quad (3.1)$$

ξ , η , ζ ise gemi boyu L , genişlik B , ve draft T , ile boyutsuzlaştırılmıştır. O halde ;

$$x = \frac{\xi}{L}, \quad y = \frac{\eta}{(B/2)}, \quad z = \frac{\zeta}{T} \quad (3.2)$$

o halde boyutsuz tekne fonksiyonu ;

$$f(x, z) = \frac{2}{B} F(\xi, \zeta) \quad (3.3)$$



Şekil 3.1 Koordinat sistemi ve geminin ayrıklaştırılması

Çadır fonksiyonlarının kullanılabilmesi için gemi merkez-düzlemi Şekil 3.2' deki gibi ayrıştırılmıştır. Burada su hatları ve kesitlerin eşit aralıklı olması gerekmez. Herhangi bir (x_i, y_j) noktası için çadır fonksiyonu şu şekilde verilebilir.

$$h_{(x,z)}^{(i,j)} = \left\{ \begin{array}{l} \left[1 - \frac{x_i - x}{x_i - x_{i-1}} \right] \left[1 - \frac{z_j - z}{z_j - z_{j-1}} \right] ; x_{i-1} \leq x \leq x_i, z_{j-1} \leq z \leq z_j \\ \left[1 - \frac{x_i - x}{x_i - x_{i-1}} \right] \left[1 - \frac{z_j - z}{z_j - z_{j+1}} \right] ; x_{i-1} \leq x \leq x_i, z_j \leq z \leq z_{j+1} \\ \left[1 - \frac{x_i - x}{x_i - x_{i+1}} \right] \left[1 - \frac{z_j - z}{z_j - z_{j-1}} \right] ; x_i \leq x \leq x_{i+1}, z_{j-1} \leq z \leq z_j \\ \left[1 - \frac{x_i - x}{x_i - x_{i+1}} \right] \left[1 - \frac{z_j - z}{z_j - z_{j+1}} \right] ; x_i \leq x \leq x_{i+1}, z_j \leq z \leq z_{j+1} \end{array} \right. \quad (3.4)$$

0 ; (i + 1)'inci, (i - 1)'inci, (j + 1)'inci, (j - 1)'inci kesitlerle sınırlanmış dikdörtgensel elemanın dışı için.

Denklem 3.4'ü kullanarak yaklaşık tekne fonksiyonunu şöyle verebiliriz ;

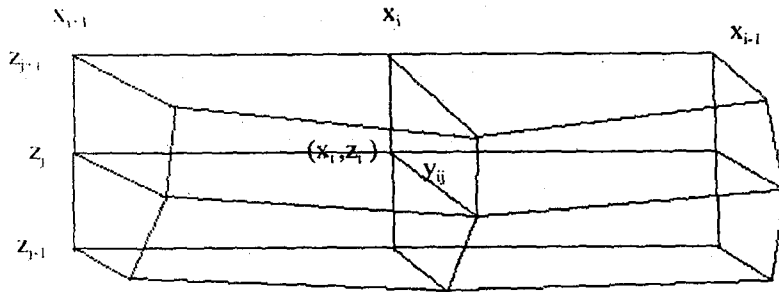
$$f(x, z) \cong \hat{h}(x, z) = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J y_{ij} h^{(i,j)}(x, z) \quad (3.5)$$

Burada y_{ij} teknenin (i,j) noktasındaki yarı genişliğidir. (Şekil 3.2)

Boyutsuz tekne fonksiyonu ise ;

$$\hat{H}(x, z) = \frac{B}{2} \hat{h}(x, z) \text{ ve boyutsuz formdaki türevleri şöyle verilebilir ;}$$

$$\hat{h}_x(x, z) = \frac{L}{(B/2)} \hat{H}(\xi, \zeta), \quad \hat{h}_z(x, z) = \frac{T}{(B/2)} \hat{H}(\xi, \zeta) \quad (3.6)$$



Şekil 3.2

3.1.1 Sürtünme Direnci

Sürtünme direnci ıslak yüzey alanı ve sürtünme direnci katsayısının fonksiyonu olarak ifade edilmektedir.

$$R_F = \frac{1}{2} \rho c^2 S C_F \quad (3.7)$$

C_F ITTC 1957 formülüyle şöyle ifade edilir;

$$C_F = \frac{0.075}{(\log_{10} Re - 2)^2} \quad (3.8)$$

Boyutsuzlaştırılmış sürtünme direnç katsayısı ;

$$C_F = R_F / \left[8 \rho g B^2 T^2 / (\pi L) \right] = C_F S F n^2 \left[16 B^2 T^2 / (\pi L^2) \right] \quad (3.9)$$

Şeklinde verilebilir ve geminin yüzey alanı da şöyle ifade edilebilir ;

$$S = 2 \iint_{S_0} \left[1 + F_{\xi}^2(\xi, \zeta) + F_{\zeta}^2(\xi, \zeta) \right]^{1/2} d\xi d\zeta \quad (3.10)$$

Burada F_{ξ} ve F_{ζ} gemi fonksiyonu F 'in ξ ve ζ ' ya göre türevleridir. Denklem 3. 10'un integrantını $F_{\xi} = 0$ ve $F_{\zeta} = 0$ civarında Taylor serisine açarsak ilk iki terim alınarak bu açılım şöyle lineerleştirilebilir.

$$S \cong 2 \iint_{S_0} \left[1 + \frac{1}{2} F_{\xi}^2(\xi, \zeta) + \frac{1}{2} F_{\zeta}^2(\xi, \zeta) \right] d\xi d\zeta \quad (3.11)$$

Boyutsuz çadır fonksiyonlarını kullanmak yoluyla ;

$$S \cong 2 L T \int_0^T \int_0^L \left[1 + \frac{B^2}{8 L^2} \hat{h}_x^2(x, z) + \frac{B^2}{8 L^2} \hat{h}_z^2(x, z) \right] dx dz \quad (3.12)$$

$$\hat{h}_x^2 = \left(\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J y_{ij} h_x^{(i,j)}(x, z) \right) \left(\sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L y_{kl} h_x^{(k,l)}(x, z) \right) \quad (3.13)$$

Denklem 3.13 'de çadır fonksiyonlarının tanımı dolayısı ile ;

$$i - 1 \leq k \leq i + 1, \quad j - 1 \leq l \leq j + 1$$

Denlem 3.12 'de gerekli integrasyonların yapılmasından sonra gemi yarı geniş-
liklerin bağılısı olarak ıslak yüzey alanı şöyle verilebilir ;

$$\begin{aligned}
 S = & 2LT + \frac{LT}{24} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J Y_{ij} \left\{ 2Y_{ij} \left[\frac{B^2}{L^2} (z_{j+1} - z_{j-1}) \left(\frac{1}{x_{i+1} - x_i} + \frac{1}{x_i - x_{i-1}} \right) \right. \right. \\
 & + \left. \left. \frac{B^2}{T^2} (x_{i+1} - x_{i-1}) \left(\frac{1}{z_{j+1} - z_j} + \frac{1}{z_j - z_{j-1}} \right) \right] + \right. \\
 & + Y_{i+1,j} \left[\frac{B^2}{T^2} (x_{i+1} - x_i) \left(\frac{1}{z_{j+1} - z_j} + \frac{1}{z_j - z_{j-1}} \right) - \frac{2B^2}{L^2} \frac{z_{j+1} - z_{j-1}}{x_{i+1} - x_i} \right] + \\
 & + Y_{i-1,j} \left[\frac{B^2}{T^2} (x_i - x_{i-1}) \left(\frac{1}{z_{j+1} - z_j} + \frac{1}{z_j - z_{j-1}} \right) - \frac{2B^2}{L^2} \frac{z_{j+1} - z_{j-1}}{x_i - x_{i-1}} \right] + \\
 & + Y_{i,j+1} \left[\frac{B^2}{T^2} (z_{j+1} - z_j) \left(\frac{1}{x_{i+1} - x_i} + \frac{1}{x_i - x_{i-1}} \right) - \frac{2B^2}{T^2} \frac{x_{i+1} - x_{i-1}}{z_{j+1} - z_j} \right] + \\
 & + Y_{i,j-1} \left[\frac{B^2}{T^2} (z_j - z_{j-1}) \left(\frac{1}{x_{i+1} - x_i} + \frac{1}{x_i - x_{i-1}} \right) - \frac{2B^2}{T^2} \frac{x_{i+1} - x_{i-1}}{z_j - z_{j-1}} \right] - \\
 & - Y_{i+1,j+1} \left[\frac{B^2}{L^2} \frac{z_{j+1} - z_j}{x_{i+1} - x_i} - \frac{B^2}{T^2} \frac{x_{i+1} - x_i}{z_{j+1} - z_j} \right] - \\
 & - Y_{i-1,j+1} \left[\frac{B^2}{L^2} \frac{z_{j+1} - z_j}{x_i - x_{i-1}} - \frac{B^2}{T^2} \frac{x_i - x_{i-1}}{z_{j+1} - z_j} \right] - \\
 & - Y_{i+1,j-1} \left[\frac{B^2}{L^2} \frac{z_j - z_{j-1}}{x_{i+1} - x_i} - \frac{B^2}{T^2} \frac{x_{i+1} - x_i}{z_j - z_{j-1}} \right] - \\
 & - Y_{i-1,j-1} \left[\frac{B^2}{L^2} \frac{z_j - z_{j-1}}{x_i - x_{i-1}} - \frac{B^2}{T^2} \frac{x_i - x_{i-1}}{z_j - z_{j-1}} \right] -
 \end{aligned} \tag{3.14}$$

Yarı genişlik y_i 'leri kolon vektörü olarak ifade edip Denklem 3.14'ü yeniden yazarsak ;

$$\begin{aligned}
 S = & s_0 + s_b Y + Y^T A Y \\
 = & 2LT + \sum_i S_i Y_i^{(b)} + \sum_i \sum_j a_{ij} Y_i Y_j
 \end{aligned} \tag{3.15}$$

Burada s_i sayısal integral sabitini ve a_{ij} ıslak yüzey alanı matrisinin katsayılarını göstermektedir. Denklem 3.15 'deki ikinci terim tekne düz-dip olduğu zaman 0'dan farklı bir değer alır. Eğer Denklem 3.15'i Denklem 3.9 'da yerine koyarsak sürtünme direncini gemi yarı genişliklerinin kuadratik bir ifadesi olarak verebiliriz.

$$C_F = c_0 + c_b y + y^T A_F y \quad (3.16)$$

3.1.2 Dalga Direnci

İkiz tekneler için geliştirilmiş Michel integrali Lunde(1951) tarafından verilmiş ve 2. bölümde kısaca anlatılmıştır. İnce-uzun gemi yaklaşımı ve sabit hız kabulüyle dalga direnci R_W şöyle verilebilir.

$$R_W = R_{W0} + R_{W1}$$

$$R_{W0} = 16\pi\rho K_0 \int_0^{\pi/2} (P^2 + Q^2) \sec^3 \theta d\theta$$

$$R_{W1} = 16\pi\rho K_0 \int_0^{\pi/2} (P^2 + Q^2) \cos(2K_0 \sec^3 \theta \sin \theta) \sec^3 \theta d\theta$$

$$\left. \begin{matrix} P \\ Q \end{matrix} \right\} = \iint f_x \frac{\cos}{\sin} (K_{0x} \sec^2 \theta) \exp(K_{0z} \sec^2 \theta) dx dz$$

R_W boyutsuzlaştırılıp, çadır fonksiyonları cinsinden verilebilir.

$$C_W = \frac{R_W}{\left[8\rho g B^2 T^2 / (\pi L) \right]} \quad (3.17a)$$

$$C_W = \frac{\gamma_0}{2} \int_0^\infty \frac{(u^2 + 1)^2}{(u^2 + 2)^{1/2}} (P^2 + Q^2) \left\{ 1 + \cos \left[4 \frac{b}{L} \gamma_0 u (u^2 + 1) (u^2 + 2)^{1/2} \right] \right\} du$$

$$\left. \begin{matrix} P \\ Q \end{matrix} \right\} = \int_0^1 \int_0^1 \hat{h}_x(x, z) \frac{\cos}{\sin} (2\gamma_0 x) (u^2 + 1) \exp \left[2\gamma_0 \frac{T}{L} (z - 1) (u^2 + 1)^2 \right] dx dz \quad (3.17b)$$

$$\gamma_0 = \frac{1}{2Fn^2} \text{ ve } Fn = \frac{c}{\sqrt{gL}}$$

Şimdi dalga direnç katsayısını şöyle ifade edebiliriz ;

$$C_W = C_{W0} + C_{W1}$$

$$C_{w0} = \frac{\gamma_0}{2} \sum_i^I \sum_i^J \sum_i^I \sum_i^J \gamma_{ij} \gamma_{kl} \int_0^\infty \frac{(u^2 + 1)^2}{(u^2 + 2)^2} [(C_i C_k + S_i S_k) E_j E_l] du \quad (3.18)$$

$$C_{w1} = \frac{\gamma_0}{2} \int_0^\infty \frac{(u^2 + 1)^2}{(u^2 + 2)^{1/2}} (P^2 + Q^2) \cos \left[4 \frac{b}{L} \gamma_0 u (u^2 + 1) (u^2 + 2)^{1/2} \right] du$$

Burada C_{w1} ikiz tekneler arasındaki girişim dalga direnci katsayısını göstermektedir.

Formulasyondaki integral integrantında bulunan cosinüslü terimden dolayı hızla salınmaktadır. Bu yüzden bu integralin sayısal eldesi özel bir yöntemle yapılmak zorundadır. Bu yöntem Sayısal Analiz kısmında tanıtılacaktır.

$$C_i(u) = \frac{1}{2\gamma_0(u^2 + 1)} \left\{ \frac{(\sin 2(u^2 + 1)\gamma_0 x_i - \sin 2(u^2 + 1)\gamma_0 x_{i-1})}{x_i - x_{i-1}} - \frac{(\sin 2(u^2 + 1)\gamma_0 x_{i+1} - \sin 2(u^2 + 1)\gamma_0 x_i)}{x_{i+1} - x_i} \right\} \quad (3.19)$$

$$S_i(u) = \frac{1}{2\gamma_0(u^2 + 1)} \left\{ \frac{(\cos 2(u^2 + 1)\gamma_0 x_{i+1} - \cos 2(u^2 + 1)\gamma_0 x_i)}{x_{i+1} - x_i} - \frac{(\cos 2(u^2 + 1)\gamma_0 x_i - \sin 2(u^2 + 1)\gamma_0 x_{i-1})}{x_i - x_{i-1}} \right\} \quad (3.20)$$

$$E_j(u) = \left\{ \frac{1}{z_{j+1} - z_j} \left(\exp \left[-2\gamma_0(u^2 + 1)(1 - z_{j+1}) \frac{T}{L} \right] - \exp \left[-2\gamma_0(u^2 + 1)(1 - z_j) \frac{T}{L} \right] \right) - \frac{1}{z_j - z_{j-1}} \left(\exp \left[-2\gamma_0(u^2 + 1)(1 - z_j) \frac{T}{L} \right] - \exp \left[-2\gamma_0(u^2 + 1)(1 - z_{j-1}) \frac{T}{L} \right] \right) \right\} \frac{1}{\left[2\gamma_0(u^2 + 1)^2 \frac{T}{L} \right]^2} \quad (3.21)$$

$$d_{ijkl_0} = \frac{\gamma_o}{2} \int_0^\infty \frac{(u^2 + 1)^2}{(u^2 + 2)^{1/2}} [(C_i C_k + S_i S_k) E_j E_l] du \quad (3.22a)$$

Aynı işlemler girişim terimi için de yapılırsa ,

$$d_{ijkl_1} = \frac{\gamma_o}{2} \int_0^\infty \frac{(u^2 + 1)^2}{(u^2 + 2)^{1/2}} [(C_i C_k + S_i S_k) E_j E_l] \cos\left(4\gamma_o \frac{b}{L} u(u^2 + 1)(u^2 + 2)^{1/2}\right) du \quad (3.22b)$$

$$d_{ijkl} = d_{ijkl_0} + d_{ijkl_1} \quad (3.22c)$$

$$C_W = \sum_i^I \sum_j^J \sum_k^K \sum_l^L d_{ijkl} y_{ij} y_{kl} \quad (3.23)$$

Denklem 3.22c kolayca sayısal olarak hesaplanabilir ve Denklem 3.23'e göre dizinin boyutlarını şu şekilde düşünebiliriz.

$$m = (i - 1)I + j \quad \text{ve} \quad n = (k - 1)J + l$$

O halde Denklem 3.23 şu hale gelir;

$$C_W = \sum_{m=1}^{I \times J} \sum_{n=1}^{I \times J} d_{mn} y_m y_n$$

matris formda yazılırsa;

$$C_W = y^T D y$$

Toplam direnç katsayısı ise;

$$C_T = C_F + C_W = c_0 + c_b y + y^T C y$$

Burada c_0 sabit terim, c_b lineer terimin katsayılar vektörü ve C ise kuadratik terimin simetrik katsayılar matrisidir. Bu formülasyonda viskoz basınç direnci hesaplara katılmamıştır.

3.2 Kuadratik Programlama

Yukarıda kuadratik amaç fonksiyonu oluşturulmuştur. Amaç fonksiyonu ve kısıtları bilinmeyen yarı genişlikler (y_{ij}) cinsinden elde edilebilir. Daha önce belirtildiği gibi bu standart matematiksel programlama problemidir. Kuadratik programlama şu şekilde ifade edilir;

Amaç fonksiyonu $py + y^T Cy$ minimum yapılacak

Kısıtlar ise : $Ay \leq B$ formunda olacaktır

Programlama metodunun başarısı için amaç fonksiyonu yakınsak olmalı ve simetrik bir matris olan C pozitif yarı tanımlı olmalıdır. Bu koşulla programlama boyunca hesaplanan yerel minimumların global minimum olması gerektiğinden emin olabiliriz, Wolfe(1959). C için pozitif yarı tanımlılık şöyle ifade edilir:

Bütün y ' ler için $y^T Cy \geq 0$

Kuhn-Tucker(1950) koşullarına bağlı olarak kuadratik programlamanın lineer formülasyonu şöyle ifade edilebilir:

$$Ay + s = B$$

$$2Cy + A^T u - v = -P$$

$$\text{ve } y, u, v, s \geq 0$$

Burada s gevşek değişkenlerin m bileşen vektörü, ayrıca u ve v Lagrange çarpanlarının m ve n bileşen vektörleridir.

1959 'da Wofe tarafından simpleks metoda dayalı bir algoritma verilmiştir. Wolfe algoritmasına göre hesaplar aşağıdaki ilinti setiyle başlar;

$$Ay + s = B$$

$$2Cy + A^T u - v + z = -P$$

$$y, u, v, z, s \geq 0$$

Burada z suni değişkenlerin n bileşenli vektörüdür. Bizim problemimizde z vektörünün bazı bileşenleri negatif olduğu için algoritmaya bir ek yapılmalıdır. Bunun için B 'nin bileşenlerinin negatif olduğu satırlara yeni suni değişkenler (z')

eklenmelidir. O halde bu sistem için başlangıç durumu z , z' ve s 'e göre şekillendirilebilir. Simpleks methodun hesaplamalarını yaparak s elemine edilir ve aşağıdaki sistem elde edilebilir.

$$Ay + ez' = B$$

$$2Cy + A^T u - v + Ez = -P$$

$$y, u, v, z, z' \geq 0$$

Bu aşamada aşağıdaki formu minimize etmek için Simpleks algoritmasında değişiklik yaratacak bir ara işlem yer alır.

$$\sum_{i=1}^{n+n^*} Z_i \text{ yan koşullar altında;}$$

Eğer y_i temelde ise; v_i kabul edilmez

Eğer v_i temelde ise; x_i kabul edilmez

Burada n^* B vektörünün negatif bileşenlerinin sayısıdır. Yok etme aşamasında yukarıdaki form pozitif ise ara adım tekrarlanır. Ana terminal ana çözüm vektörünün y kısmı kuadratik programlama probleminin çözümüdür. Pratik olması açısından biz kendimizi geminin sadece baş tarafının optimizasyonu ile sınırlandırıyoruz. Bu yüzden y içindeki değişkenleri bilinmeyen ve geri kalan (s) değişkenleri de bilinen olarak varsayabiliriz. Bu durumda amaç fonksiyonunu şöyle ifade edebiliriz:

$$C_T = c_0 + \sum_{i=1}^l c_{bi} y_i^{(b)} + \sum_{i=1}^{r+s} \sum_{j=1}^{r+s} c_{ij} y_i y_j$$

İlk iki terim tarafımızdan bilindiği için;

$$\begin{aligned} C_T &= c_c + \sum_{i=1}^{r+s} \sum_{j=r+1}^{r+s} c_{ij} y_i y_j + \sum_{i=1}^{r+s} \sum_{j=1}^r c_{ij} y_i y_j \\ &= c_c + \sum_{i=1}^{r+s} y_i \left(\sum_{j=1}^{r+s} c_{ij} y_j \right) + \sum_{j=1}^r y_j \left(\sum_{i=1}^{r+s} c_{ij} y_i \right) \end{aligned}$$

c_c bilinen sabit terim iken;

$$P'_i = \sum_{j=r+1}^{r+s} c_{ij} y_j$$

$$C_T = c_c + \left\{ \sum_{i=1}^r P'_i y_i + \sum_{i=r+1}^{r+s} P'_i y_i + \sum_{j=1}^r P'_j y_j + \sum_{j=1}^r y_i \left(\sum_{i=1}^r c_{ij} y_i \right) \right\}$$

Parantez içindeki ikinci terim bilinen olduğu için;

$$C_T = c'_c + \left(\sum_{i=1}^r (2P'_i) y_i + \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r c_{ij} y_i y_j \right) \text{ elde edilir}$$

Bundan sonra son denklem standart formda yazılabilir.

$$C_T = c'_c + Py + y^T Cy \quad \text{Burada "y" r bileşenli bilinmeyen vektördür.}$$

3.3 Dizayn Kısıtları

Optimizasyon prosedürü içerisinde dizayn kısıtları aşağıdaki formatta ele alınmıştır:

- A. $y_{ij} \leq 1$ (yarı genişlikler en büyük yarı genişlikten küçük veya eşit olabilir)
- B. $y_{ij} \geq k \cdot y_{ij}^{(0)}$ (yarı genişlikler o noktada verilen orjinal yarı genişliğin k katından daha küçük olamaz “ $k \leq 1$ ”)
- C. Su hattı giriş açısı θ^* dan büyük olamaz
- D. $C_{BF} = n \cdot C_{BF}^{(0)}$ (optimizasyon bölgesinin blok katsayısı orjinal blok katsayısının bir yüzdesi kadar büyük olabilir)
- E. $C_{BF} = \text{sabit}$ (optimizasyon bölgesinin su hattı alan katsayısı sabit kabul edilmiştir.)

BÖLÜM 4

SAYISAL HESAPLAMALAR

4.1 Sayısal İntegrasyon Algoritması

Sayısal hesaplamalar için iki adet program geliştirilmiştir. Bunlardan birincisi sürtünme ve dalga dirençlerini hesaplayıp, form optimizasyonunda kullanılan ikinci program için giriş datası üretmektedir. Birinci program temel olarak ikiz tekneler için verilmiş olan Michell integralini Gauss - İntegrasyonu yöntemiyle sayısal olarak hesaplamaktadır. Burada sayısal integrasyon almak tek tekneli durum için nispeten basit olsa da; girişim direncinden gelen ve integrantın hızla salınmasına yol açan cosinüs'lü terim integralin tek tekneli halde kullanılan yöntemlerle alınmasını olanaksız kılmaktadır. (Şekil 4.1) Bu güçlüğü aşmak için Sidi (1982) tarafından verilen ve hızla salınan integranta sahip integrallerde oldukça çabuk ve duyarlı sonuçlar veren bir algoritma kullanılmıştır. Bu algoritma kısaca şöyle özetlenebilir:

$I[f] = \int_a^{\infty} f(t) dt$ şeklinde verilen ve hızla salındığı bilinen bir integral için integrantın:

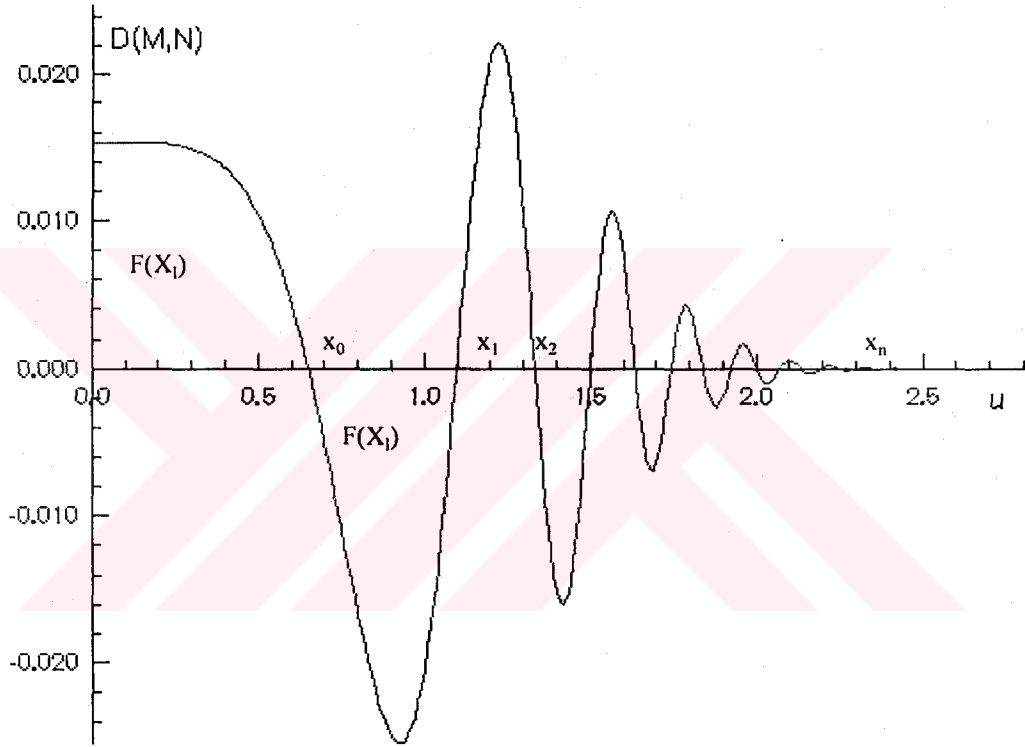
$f(x) = u(\theta(x)) e^{\phi(x)} h(x)$ şekilde verilebildiğini düşünerek integrant içinde geçen terimleri şu şekilde açıklayabiliriz.

- trigonometrik terim $u(t) : \cos t$ ya da $\sin t$
- trigonometrik terimin argümanı $\theta(x) : \theta \in A^{(m)}$
- exponansiyel terim $\phi(x) : \phi \in A^{(k)}$
- polinom $h(x) : h \in A^{(r)}$

W - Dönüşümü

$$W_n^{(0)} = F(x_l) + \psi(x_l) \sum_{i=0}^n \left(\frac{\bar{B}_i}{x_l^i} \right) \quad , \quad l = 0, 1, 2, \dots, n+1$$

burada x_l integrantı sıfır yapan x değerleridir ve “n” adet kökün hesaplandığı varsayılmaktadır. $F(x_l)$ ise integrantın her bir kök arasındaki integralidir.



Şekil 4.1.) Hızla salınan direnç integrantının gemi üzerinde herhangi bir noktadaki grafiği.

Bizim problemimiz için;

$$u(\theta(x)) = \cos(\theta(x))$$

$\theta(x) = \left(q + l + \frac{1}{2} \right) \pi$ 1 değerleri için bu denklemin çözümü bize x_l değerlerini verecektir.

Bu kabüllere göre:

$$\int_x^t g(t) dt = x^\sigma g(x) \beta(x) = x^{\sigma+\gamma} e^{\phi(x)} \left\{ \cos(\bar{\theta}(x)) b_1 + \sin(\bar{\theta}(x)) b_2 \right\}$$

O halde:

$$\psi(x) = \sin[\bar{\theta}(x_0)] (-1)^l x_l^{\sigma+\gamma} e^{\phi(x_l)}$$

$j = s = 0$ için W-algoritması şöyle ifade edilebilir:

$$M_{-1}^{(s)} = \frac{F(x_s)}{\psi(x_s)} \quad (s = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

$$N_{-1}^{(s)} = \frac{1}{\psi(x_s)}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} M_k^{(0)} = \left(M_{k-1}^{(0)} - M_{k-1}^{(1)} \right) / \left(x_0^{-1} - x_{k+1}^{-1} \right) \\ N_k^{(0)} = \left(N_{k-1}^{(0)} - N_{k-1}^{(1)} \right) / \left(x_0^{-1} - x_{k+1}^{-1} \right) \quad (k = 0, 1, 2, \dots) \\ W_k^{(0)} = \frac{M_k^{(0)}}{N_k^{(0)}} \end{array} \right\}$$

Bu çevrimi $k_{\max}$ kök sayısı olmak üzere $s = 0, 1, 2, \dots, k_{\max} + 1$ ve $k = 0, 1, 2, \dots, k_{\max}$

için yaparsak en son bulacağımız W_k değeri bize integralin sonucunu verecektir.

Bu algoritma bizim problemimizin çözümü gibi görünse de integrale baktığımız zaman algoritmada tanımlanan integrale tam olarak uymadığını görüyoruz.

$$C_{u^1} = \int_0^\infty \frac{(u^2 + 2)^2}{(u^2 + 1)^{\frac{1}{2}}} (P^2 + Q^2) \cos\left(4\gamma_0 \frac{b}{L} u(u^2 + 1)(u^2 + 2)^{\frac{1}{2}}\right)$$

Bizim problemimiz için;

$$f(u) = \int_0^\infty \frac{(u^2 + 2)^2}{(u^2 + 1)^{\frac{1}{2}}} (P^2 + Q^2) \cos\left(4g_0 \frac{b}{L} u(u^2 + 1)(u^2 + 2)^{\frac{1}{2}}\right)$$

şeklinde olmalıdır. Burada trigonometrik terim $u(t) = \cos(t)$ ve trigonometrik terimin argümanı $\phi(u) = 4 \frac{b}{L} u(u^2 + 1)(u^2 + 2)^{\frac{1}{2}}$ şeklinde verilebilir. Fakat eksponansiyel terim ve polinom tamamen birbirinin içerisine girmiş durumdadır. Bu iki terime birden $G(u)$ dersek $G(u)$ terimi şu şekilde ifade edilebilir :

$$G(u) = \frac{(u^2 + 2)^2}{(u^2 + 1)^{\frac{1}{2}}} (P^2 + Q^2)$$

$$\left. \begin{matrix} P \\ Q \end{matrix} \right\} = \int_0^1 \int_0^1 \hat{h}_x(x, z) \frac{\cos}{\sin} \left(2\gamma_0 x(u^2 + 1) \right) \exp \left[2\gamma_0 \frac{T}{L} (z - 1)(u^2 + 1)^2 \right] dx dz$$

Burada P ve Q içinde hem üstel hem de polinom terimler vardır. P ve Q 'nun karelerinin de alındığı göz önüne alınırsa bu terimlerin ayrıştırılması oldukça zor olacaktır. Bu uzun ve karmaşık matematiksel işlemlerden kurtulmak için $G(u)$ terimine çok terimli bir eğri uydurmak yeterlidir. Fakat bu durumda eğrinin derecesini belirlemek gerekmektedir. Bu işlem için $G(u)$ 'nun sayısal değerleri hesaplanıp en küçük kareler metoduyla eğri uydurulmuştur. Eğri uydurma işlemi

sonucu elde edilen yeni eğrinin noktaları ile orjinal eğrinin noktalarının standart sapmaları alındığında en uygun polinomun üçüncü derece olacağı görülmüştür.

Algoritmayı uygulayacak olursak:

trigonometrik terim : $u(t) = \cos(t)$

trigonometrik terimin argümanı : $\theta(u) = 4 \frac{b}{L} u(u^2 + 1)(u^2 + 2)^{\frac{1}{2}} \quad m = 4$

eksponansiyel terim : $\phi(x) = 0 \quad k = 0$

polynomial terim : $h(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d \quad \gamma = 3$

$$\sigma = \min(-m + 1, -k + 1) = -3$$

$\psi(x_l) = \sin[\bar{\theta}(x_0)](-1)^l x_l^{\sigma+\gamma} e^{\phi(x)}$ ve ardından algoritmayı uygulayarak çözüm elde edilir.

Tüm bu hesaplamaların yapılabilmesi için ana program içine SIDI rutini yerleştirilmiştir. Adi integrasyon işlemlerinde C_{w0} 'ın hesabında 24 noktalı C_{w1} 'in hesabında 10 noktalı Gauss-Quadrature yöntemi kullanılmıştır. İntegrasyonların çeşitli nokta sayıları için duyarlılık analizi bir tablo halinde verilmiştir. Cosinüslü terimin köklerini Regula-Falsi yöntemiyle hesaplayan bir rutin de ana program içinde yer almaktadır.

Form optimizasyonu için Gören (1987) tarafından geliştirilmiş ve Wolfe algoritmasıyla çalışan Opti2.for isimli program kullanılmıştır. Bu program yardımıyla baş gövde blok katsayısı ve yumru baş çıkıntı boyunun direnç açısından optimal form üzerindeki etkisi gözlenmiştir. Bu program direnç hesaplama programı Opcat1n.for tarafından üretilen sürtünme ve dalga direnç matrislerini giriş datası kabul ederek minumum toplam direnci verecek şekilde yeni bir form üretmektedir. Bu programın kullanılışı 'Optimizasyon Adımları' kısmında ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Programlar için minumum kapasite gereksinimi :

CPU : 386 DX ve yukarısı ve

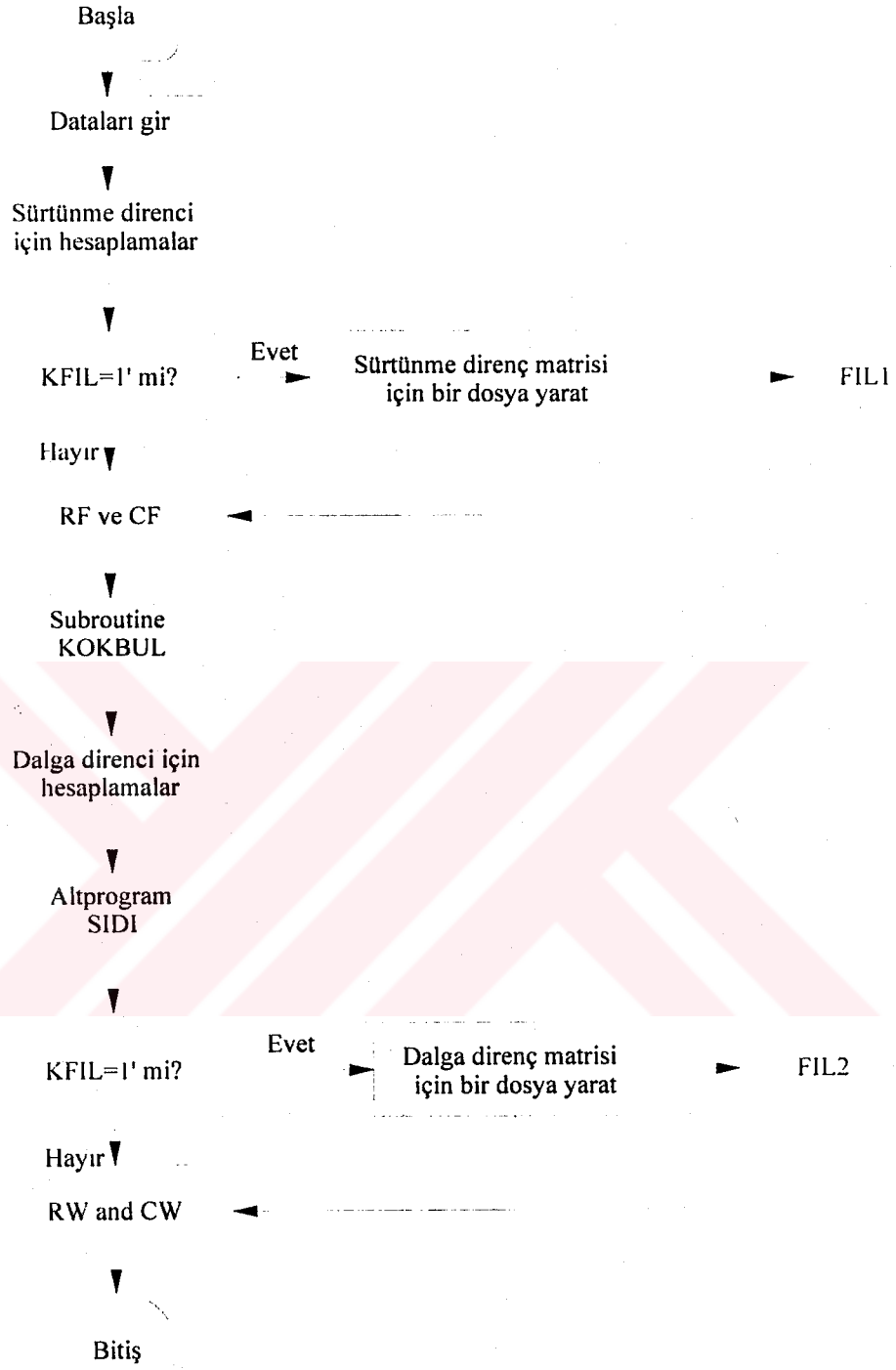
Bellek : 8 Mb ‘ tan fazla

Kullanılan derleyici : University of Salford FTN77 compiler 1994

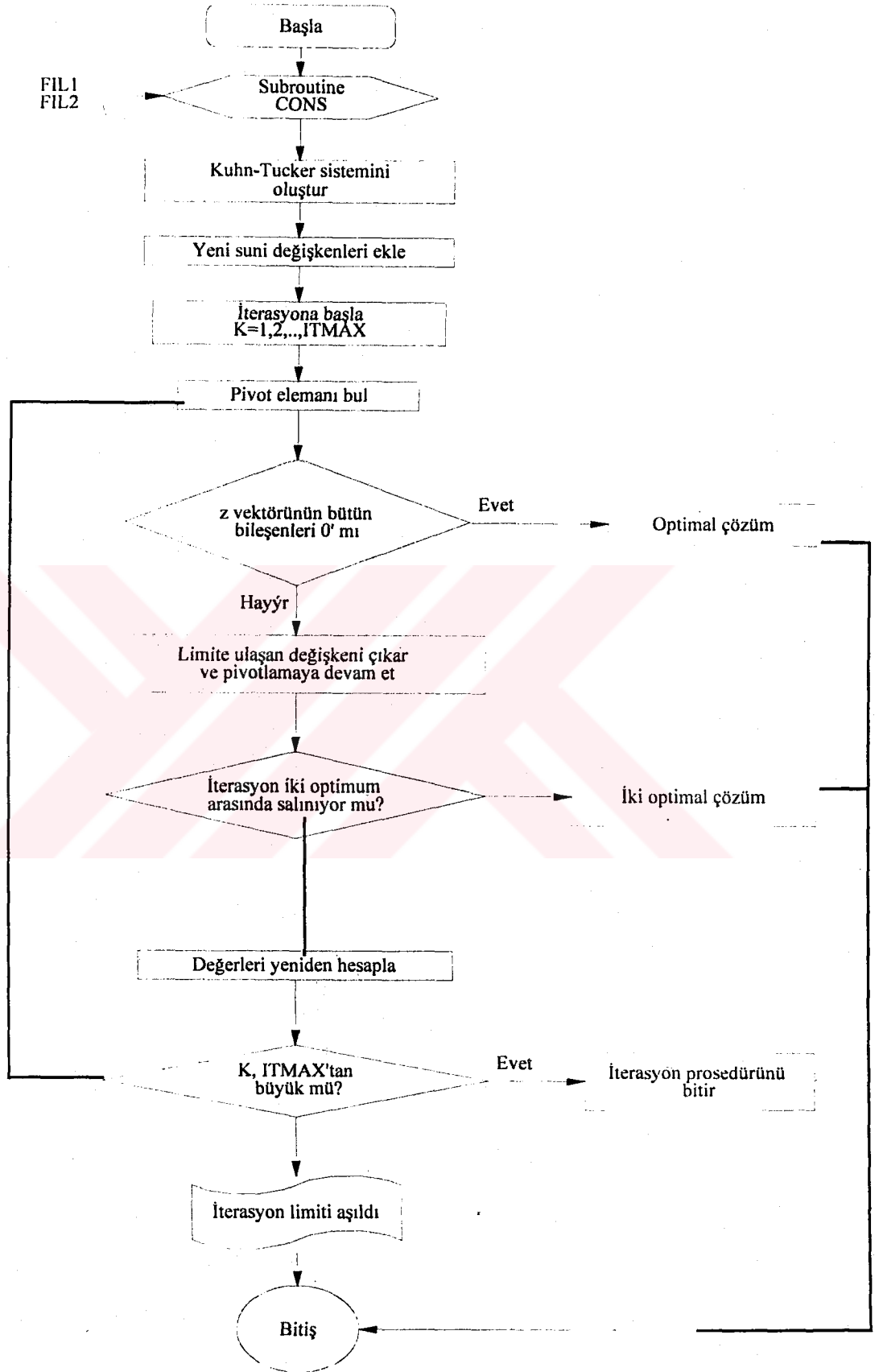
Eldeki donanımlar ile programların çalışma süreleri:

Donanım	Nokta Sayısı	Çalışma süresi Opcat1n.for	Çalışma süresi Opti2.for
Pentium 133 16Mb Ram	91	30 sn	20 sn
Pentium 100 32 Mb Ram	91	35 sn	25 sn
Pentium 75 16 Mb Ram	91	55 sn	45 sn
486 DX2 50 8 Mb Ram	91	480 sn	360 sn

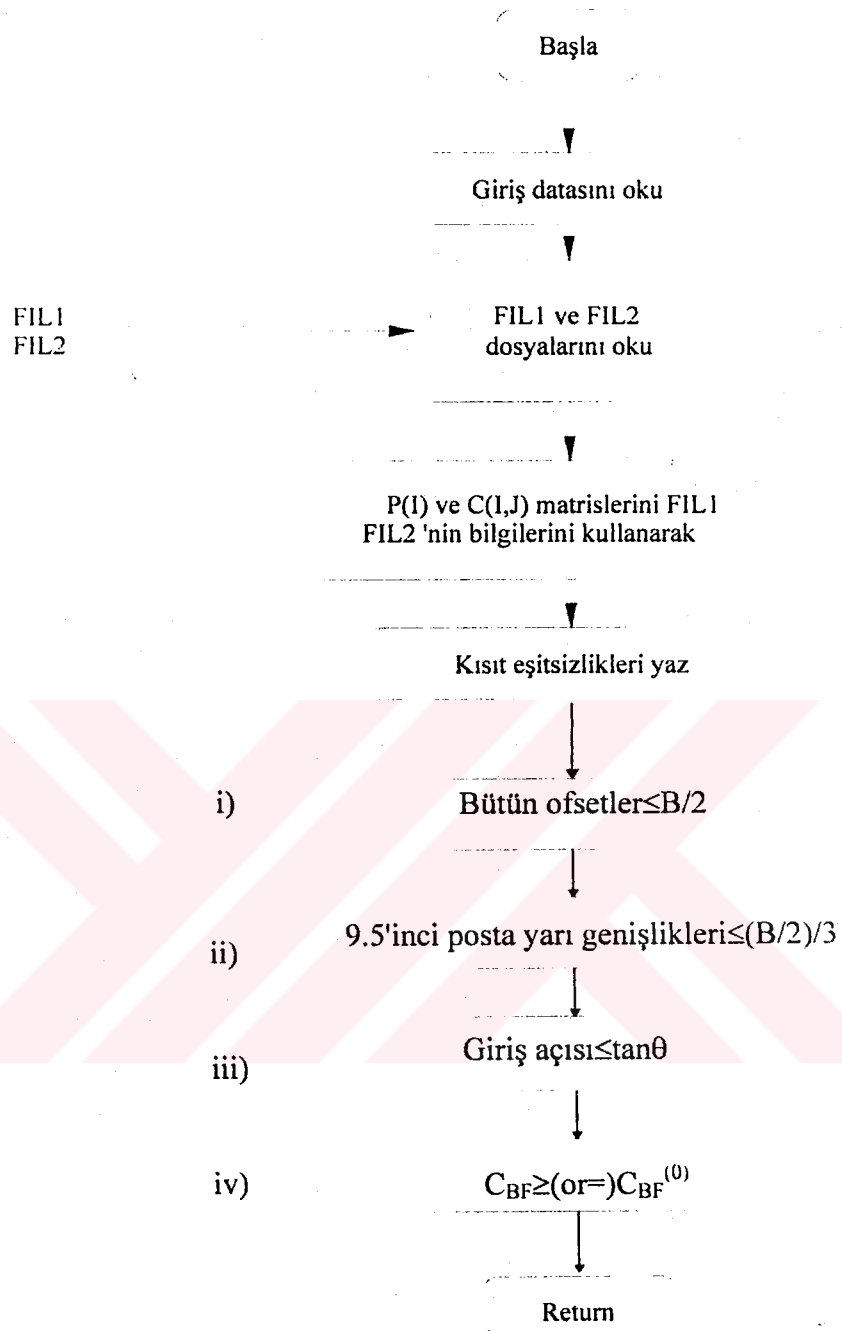
OPCATI İÇİN AKIŞ DİAGRAMI



OPTİ2 için akış diagramı

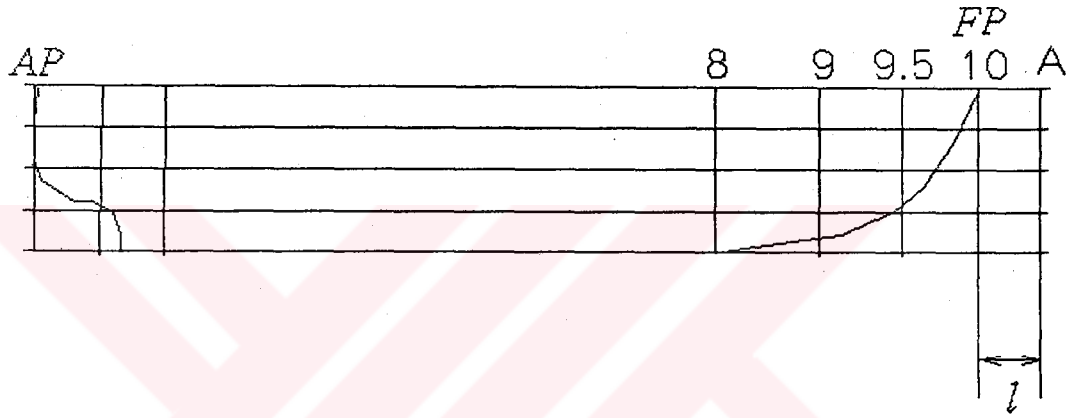


Altprogram CONS için akış diagramı



4.2 Optimizasyon Adımları

Optimizasyona başlarken oluşacak optimum formun yumrubaşlı bir form olacağı ve bu yumrubaşın da teknenin baş dikeyinden belirli bir mesafe kadar öne uzayacağı düşüncesiyle tekne baş dikeyinden l mesafesi kadar önde yeni bir posta olduğu varsayılarak gemi şekilde görüldüğü gibi ağ noktalarıyla ayrıklaştırıldı.



Şekil 4.2

Optimize edilecek bölge olarak gerek pratik uygulamalar gerekse bilgisayar kapasitemiz göz önüne alınarak sekizinci posta ve ilerisi yani toplam beş posta alınmıştır.

Optimizasyon sırasıyla s / L (eş teknelerin merkez düzlemleri arasındaki mesafenin tekne boyuna oranı) oranları 0.4 ,0.3 ,0.2 için ve l ; 1 ve 1.5 m ; Froude sayısı 0.60 ve 0.45 için yapıldı. Bunlar arasında teknenin çalışma rejimine en uygun olan Froude sayısı 0.60 ve s / L oranı 0.3 durumu optimum dizayn için temel hedef seçildi.

Optimizasyona ilk önce teknenin baş tarafına yumrubaştan dolayı yeni bir hacim ekleneceği düşüncesiyle optimizasyon bölgesinin blok katsayısını belirli miktarlarda arttırarak başlandı.

Optimizasyon bölgesinin blok katsayısı (C_{BF}) her bir s / L ve Fn sayısı için ana geminin C_{BF} 'inin 1.7 katına kadar artırıldı. Her deneme için yaklaşık on adet C_{BF} kullanıldı. Bu durumda optimizasyon sonucu bulunan yeni form sayısı yaklaşık olarak ; s / L sayısı* Fn sayısı* C_{BF} sayısı * l sayısı = $3*2*10*2 = 120$ adet yeni form belirlenmiş oldu. Bu işlem için harcanan bilgisayar zamanı yaklaşık olarak 1000 dakikadır. Bunların yanında dikkate değer sonuçlar veren ve uygulanabilir optimal formların en başarılıları incelemeye alınıp form düzeltmesine tabi tutulmuştur.

Yukarıdaki denemelerden optimizasyonla sağlanan direnç düşümünün, Froude sayısı arttıkça azaldığı ve (s / L) 'e ise bağlı olmadığı görülmüştür.

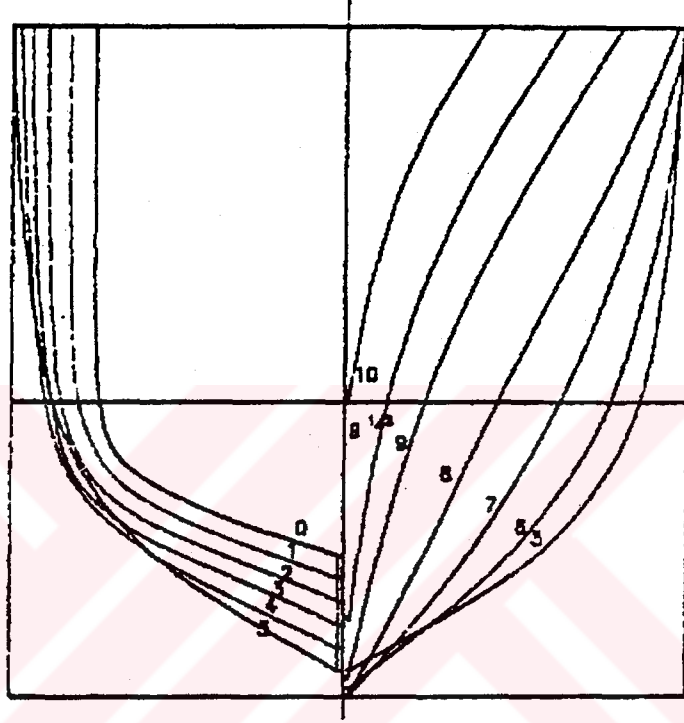
Aşağıda yapılan sayısal optimizasyon denemelerinden bazıları C_{BF} artırımının dirence etkisi ile birlikte görülebilir. Görüldüğü gibi C_{BF} belirli bir değerin üzerine çıktığı zaman sürtünme direnci yüksek bir değere ulaşmakta ve dalga direncinin düşmesinden gelen direnç kazanımını yok etmektedir. C_{BF} 'in bu eşik değeri her bir s / L sayısına göre farklılık göstermektedir. Bu değer sırasıyla s / L ; 0.2, 0.3, 0.4 için, sırasıyla, $1.7* C_{BF}$, $1.5* C_{BF}$, $1.35* C_{BF}$ olmaktadır.

Blok katsayısının her değeri için bulunan yeni formun direnci hesaplanarak kazancı tartışıldı. Blok katsayısı değiştirme işlemi $l = 1$ ve $l=1.5$ değeri için ayrı ayrı yapıldığında en uygun formların $l = 1.5$ değerinde karşımıza çıktığı görüldü. Bulunan en iyi formların s / L ve Froude sayısı için direnç kazanımları Opcat1 programı yardımıyla hesaplanarak aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

s / L	Fn	Toplam direnç kazanımı(%)
0.2	0.425	16
0.2	0.60	3
0.3	0.425	17
0.3	0.60	4
0.4	0.425	10
0.4	0.60	3.5

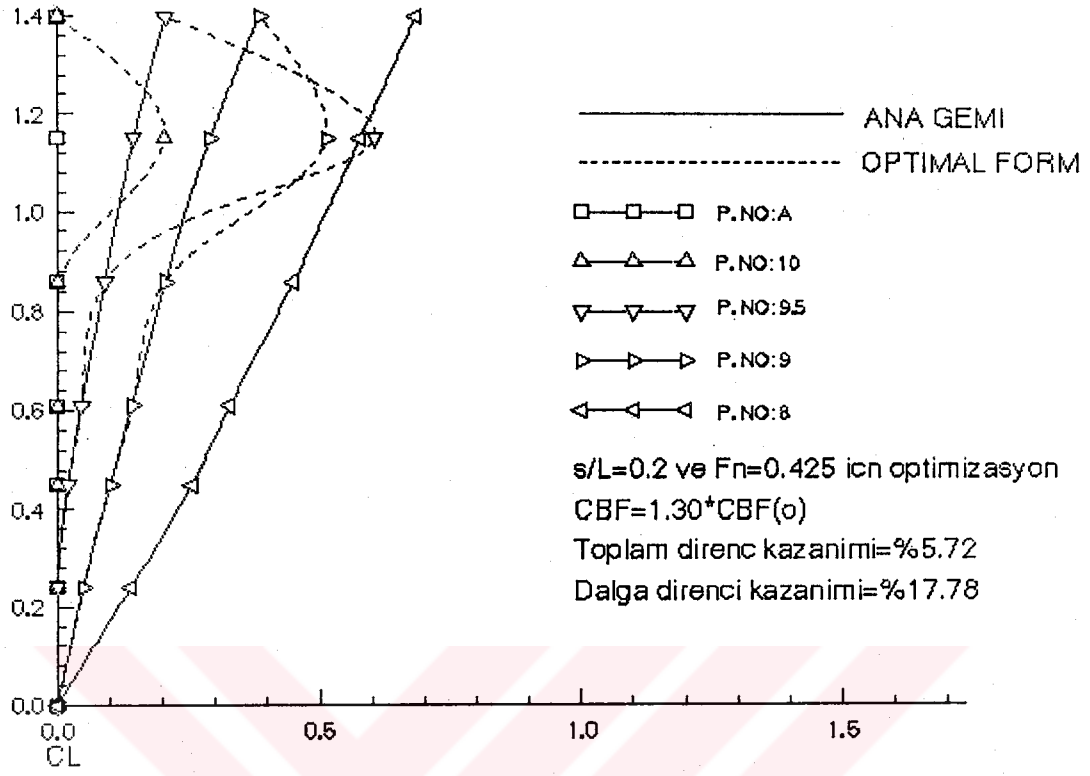
Yukarıdaki tabloda da görüldüğü gibi optimum dizayn için temel kriter seçtiğimiz $s/L = 0.3$ oranında, $Fn = 0.425$ için %17 ve $Fn = 0.60$ için %4 toplam direnç düşümü elde edileceği hesaplanmıştır.

Bu çalışmada ele alınan ana gemi formu aşağıda gösterilmiştir.

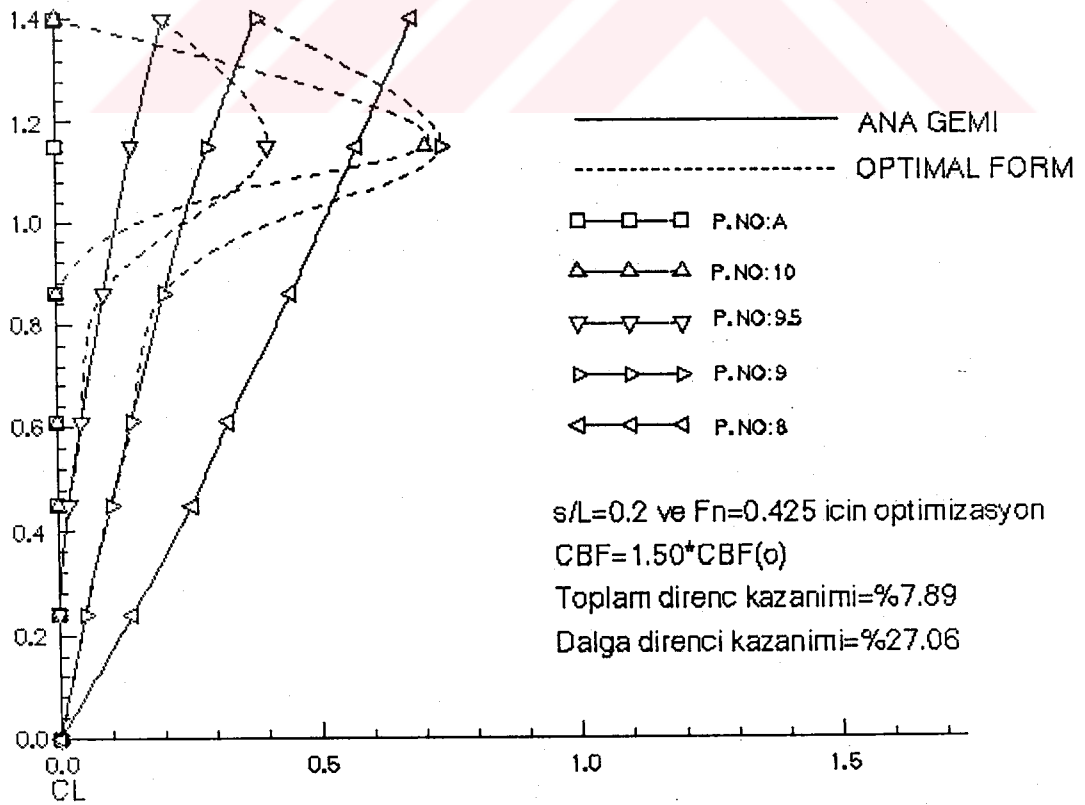


Şekil 4.3 Optimizasyon için seçilen ana gemi

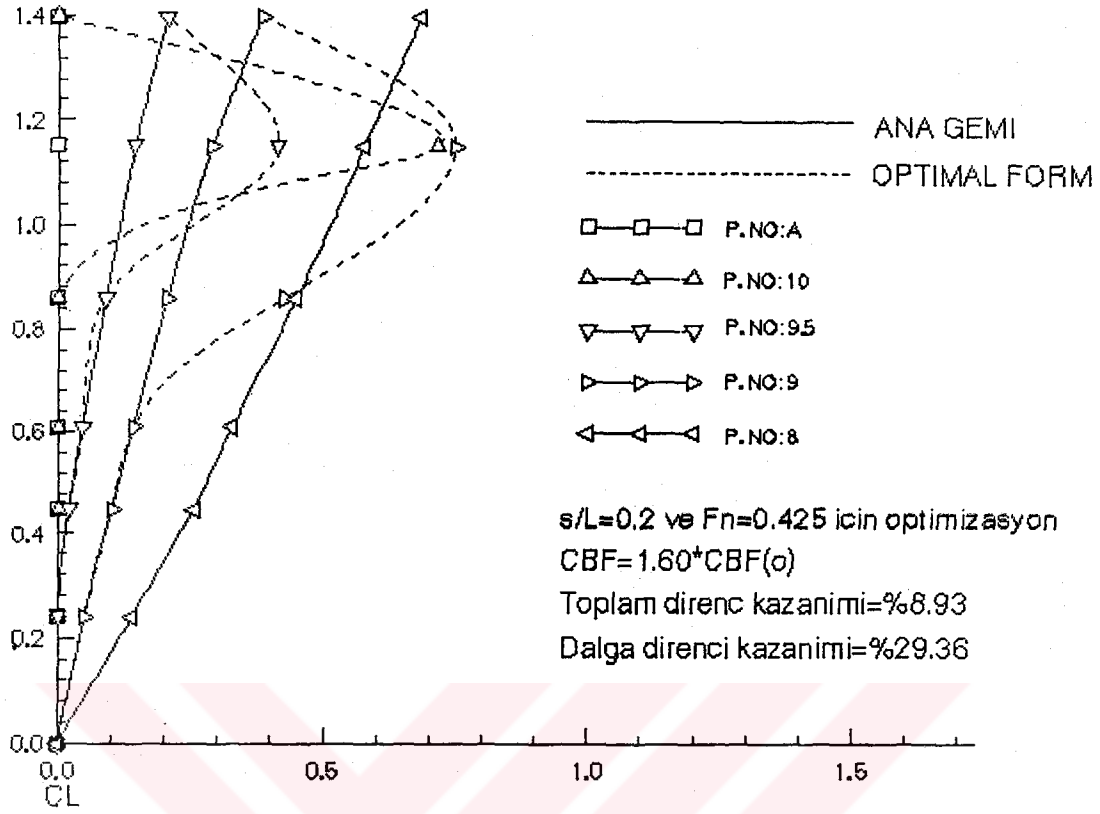
Yapılan optimizasyon denemelerinden elde edilen gemi formlarının bazıları aşağıda gösterilmiştir. Bu şekiller üzerinde belirtilen direnç kazanımları formlar üzerinde hiçbir düzeltme yapılmadan elde edilmiş sonuçlardır.



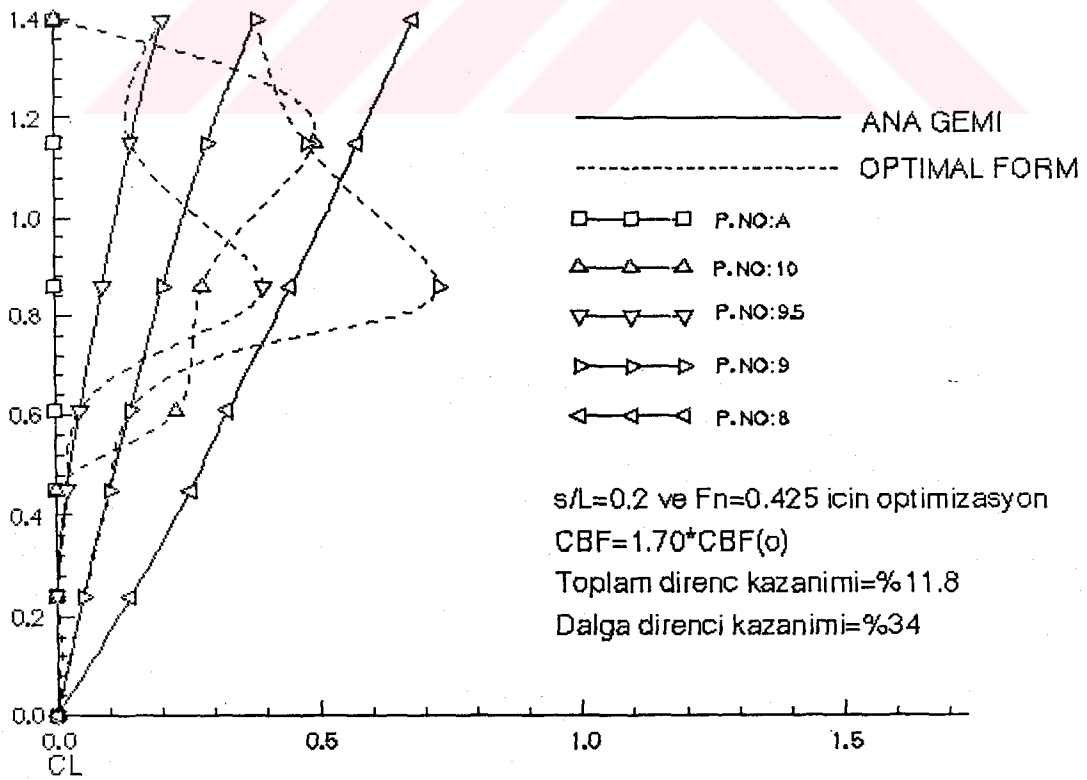
Şekil 4.4 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnç kazanımları



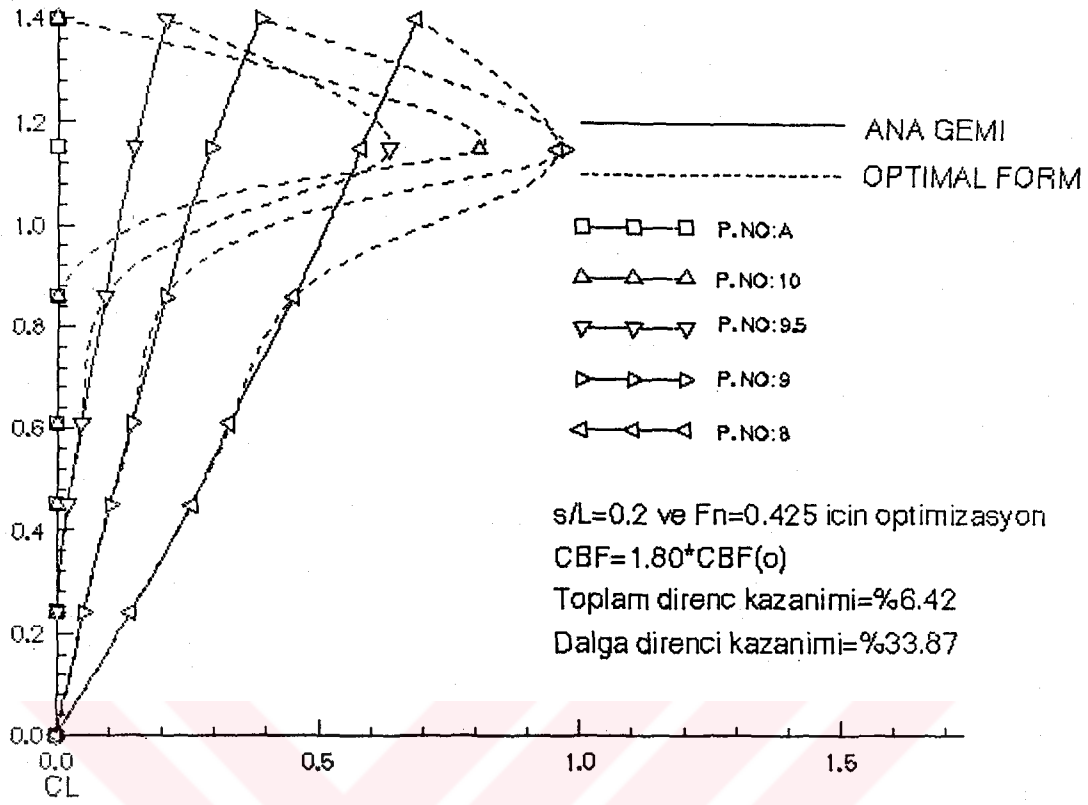
Şekil 4.5 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnç kazanımları



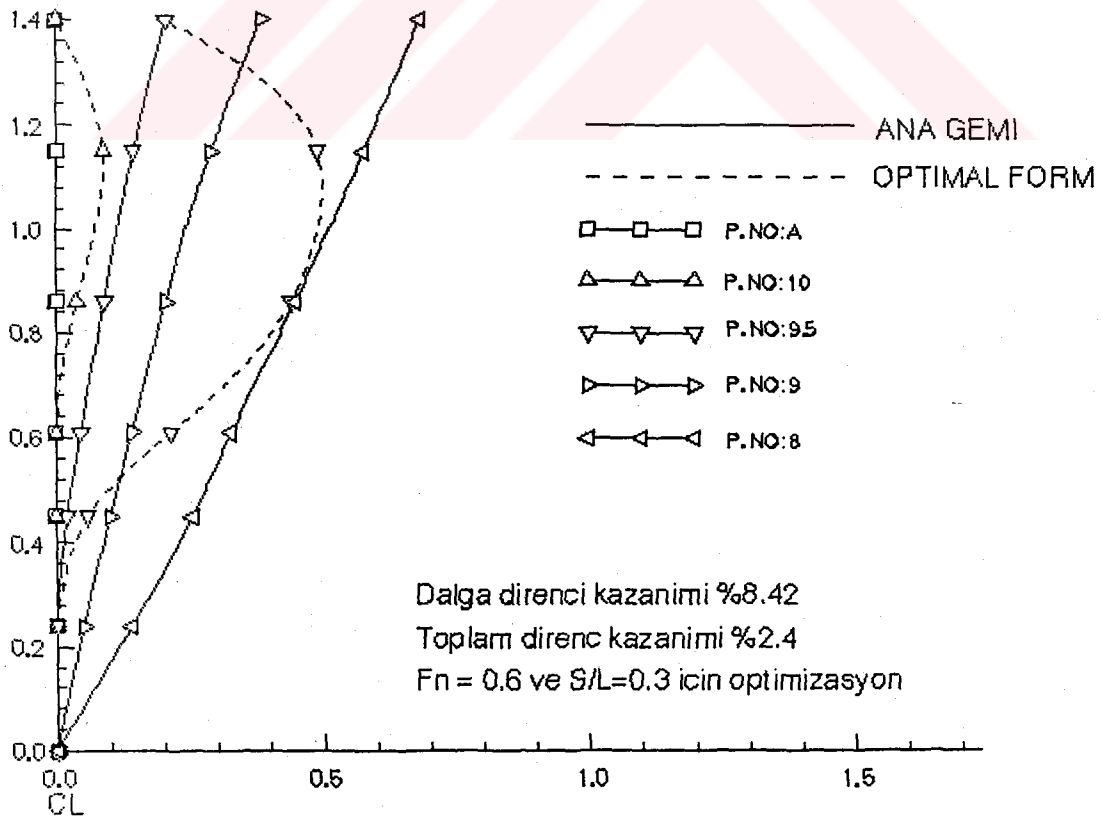
Şekil 4.6 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnç kazanımları



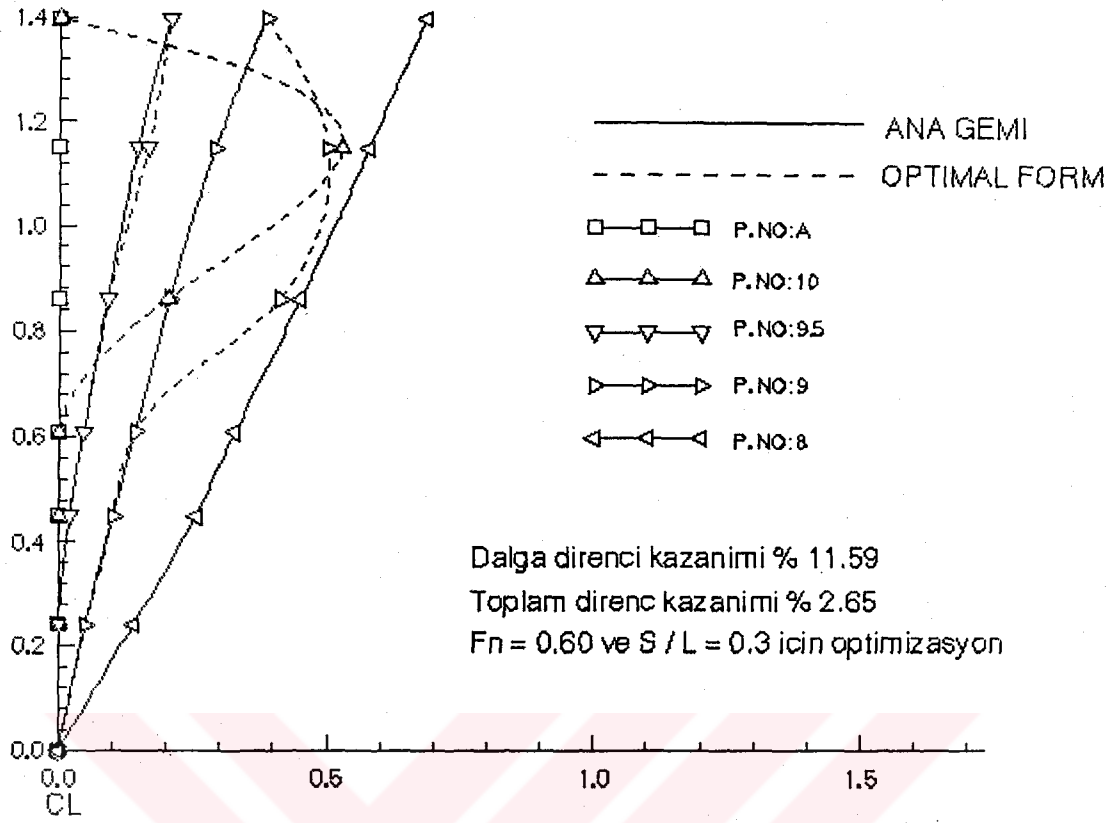
Şekil 4.7 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnç kazanımları



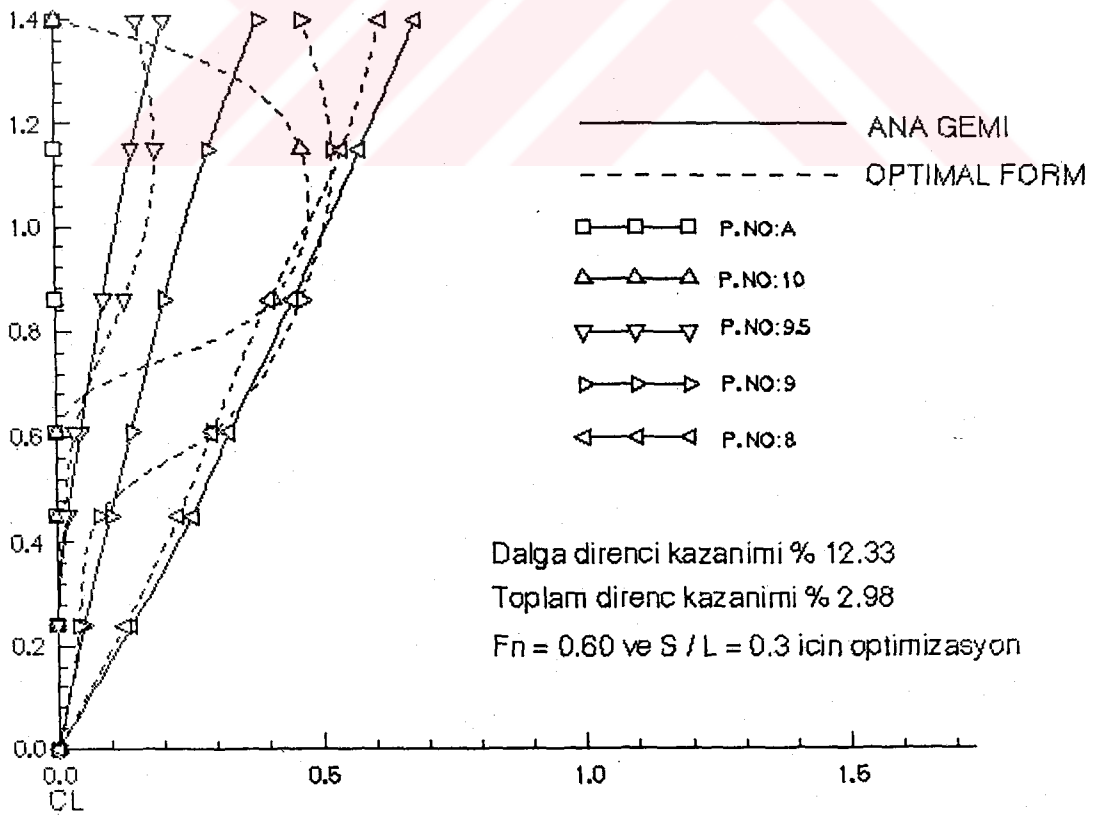
Şekil 4.8 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnç kazanımları



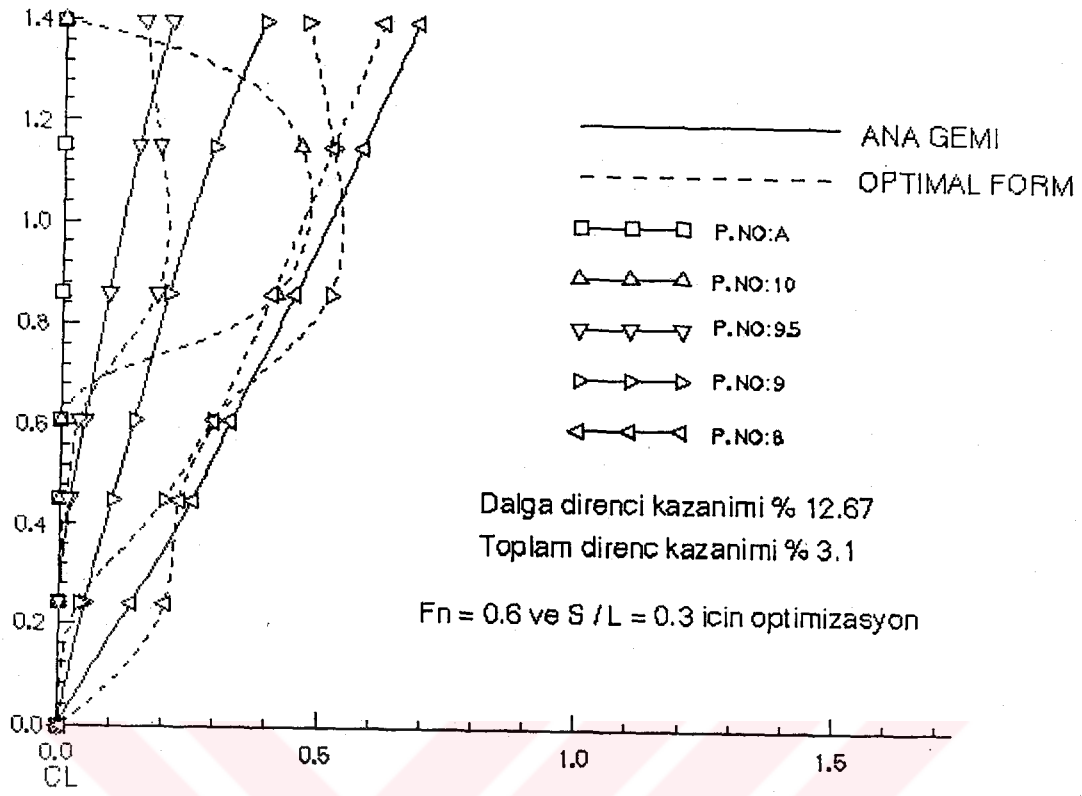
Şekil 4.9 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnç kazanımları



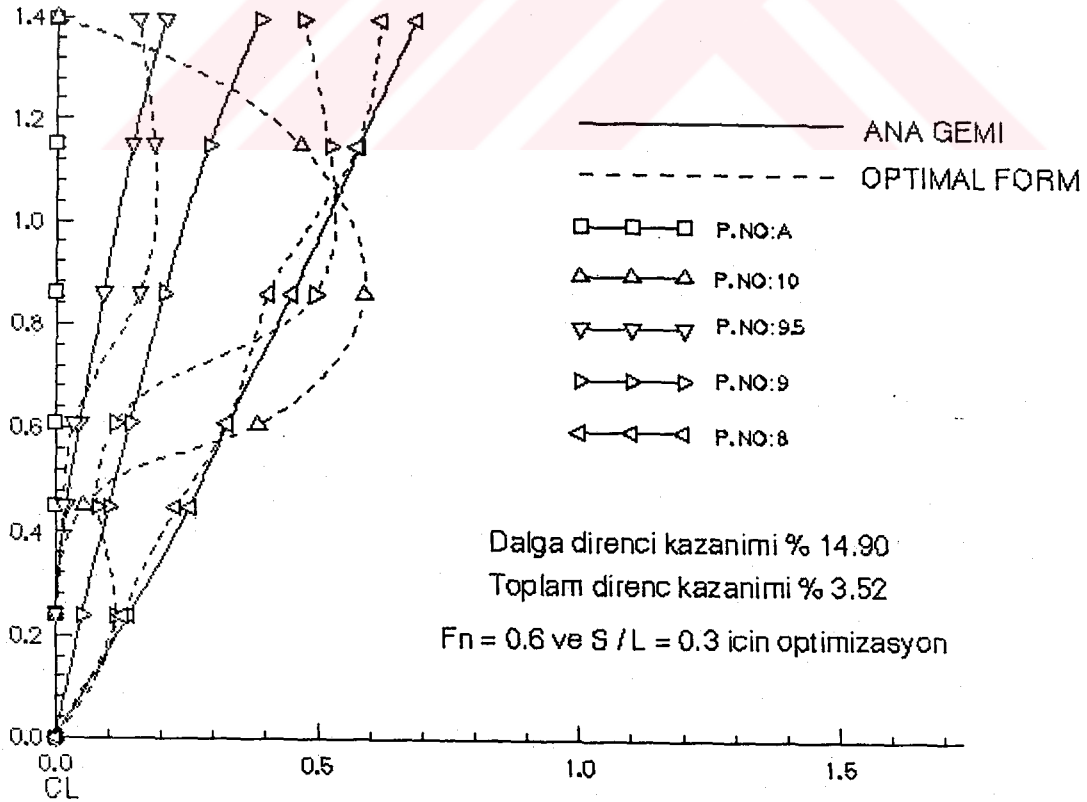
Şekil 4.10 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnç kazanımları



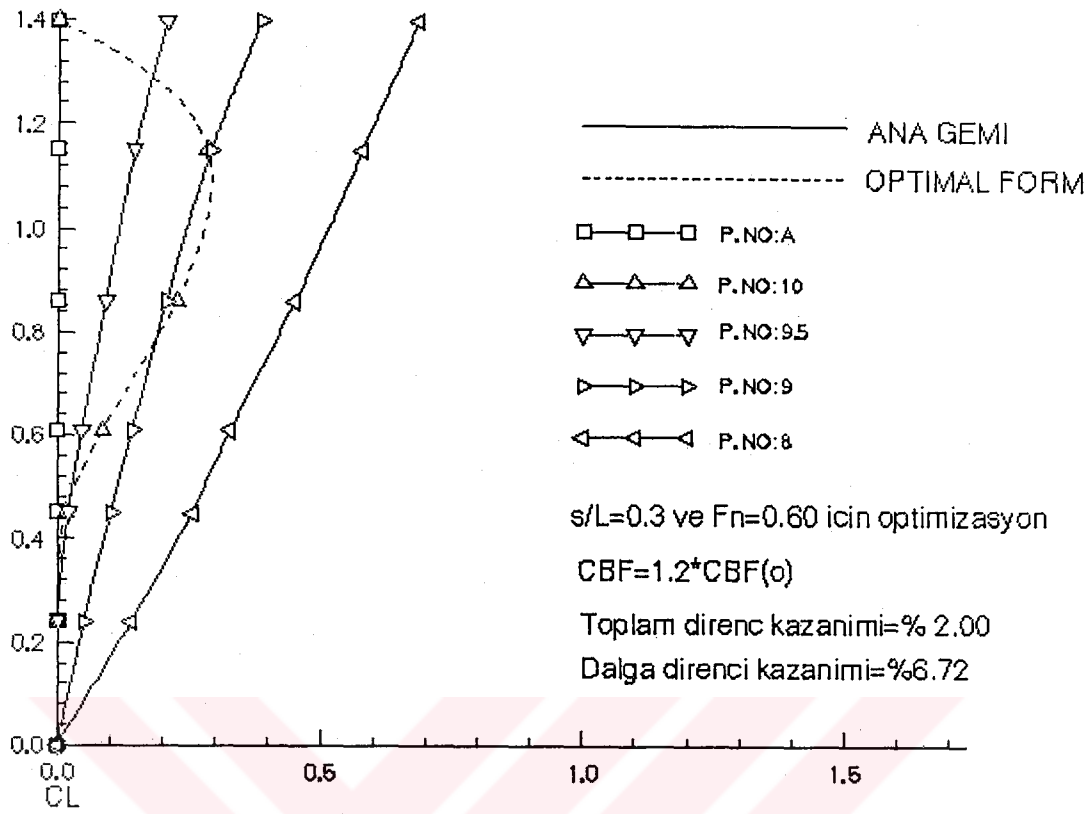
Şekil 4.11 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnç kazanımları



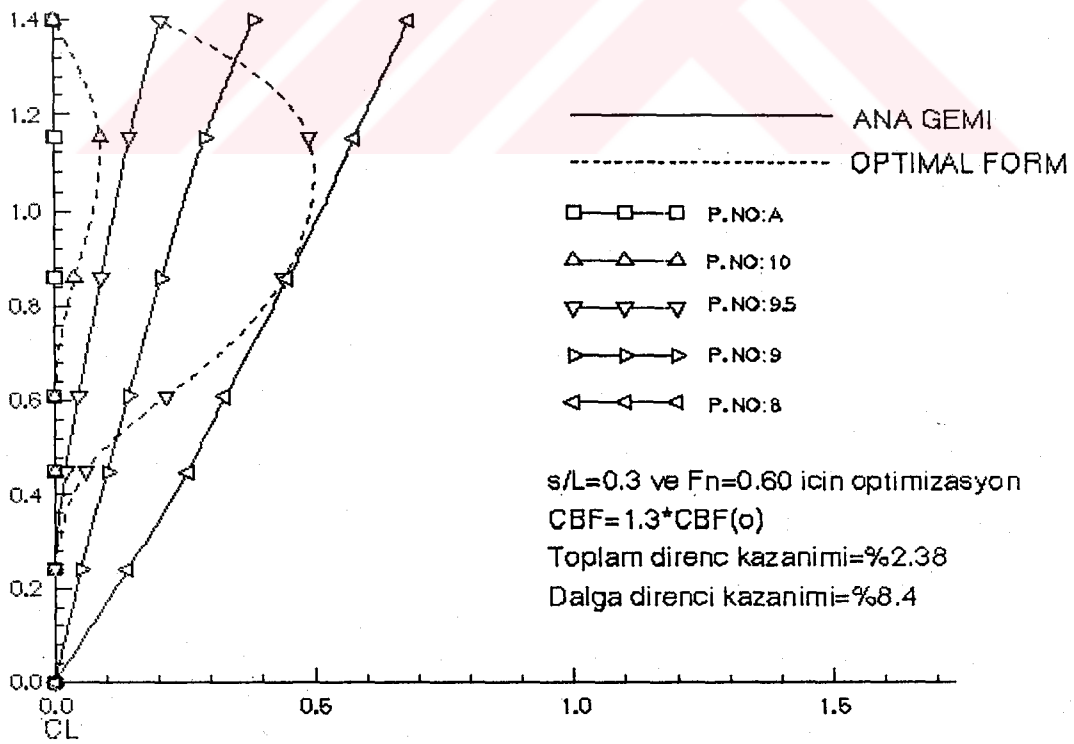
Şekil 4.12 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnç kazanımları



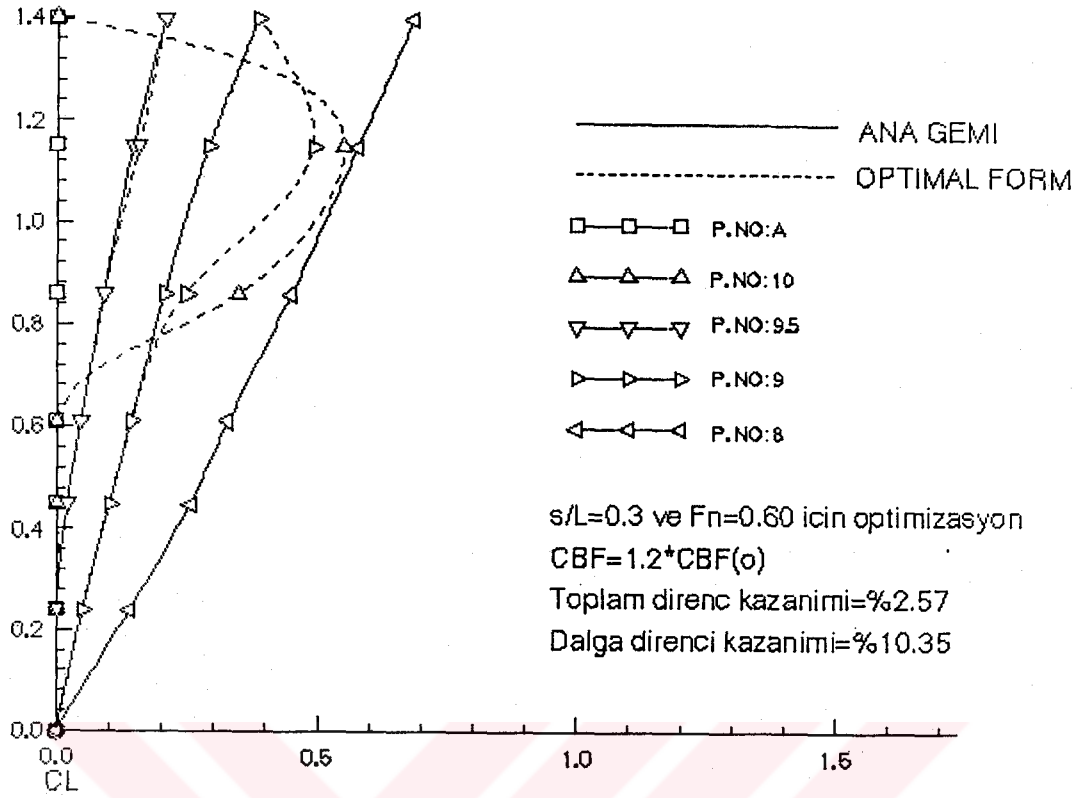
Şekil 4.13 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnç kazanımları



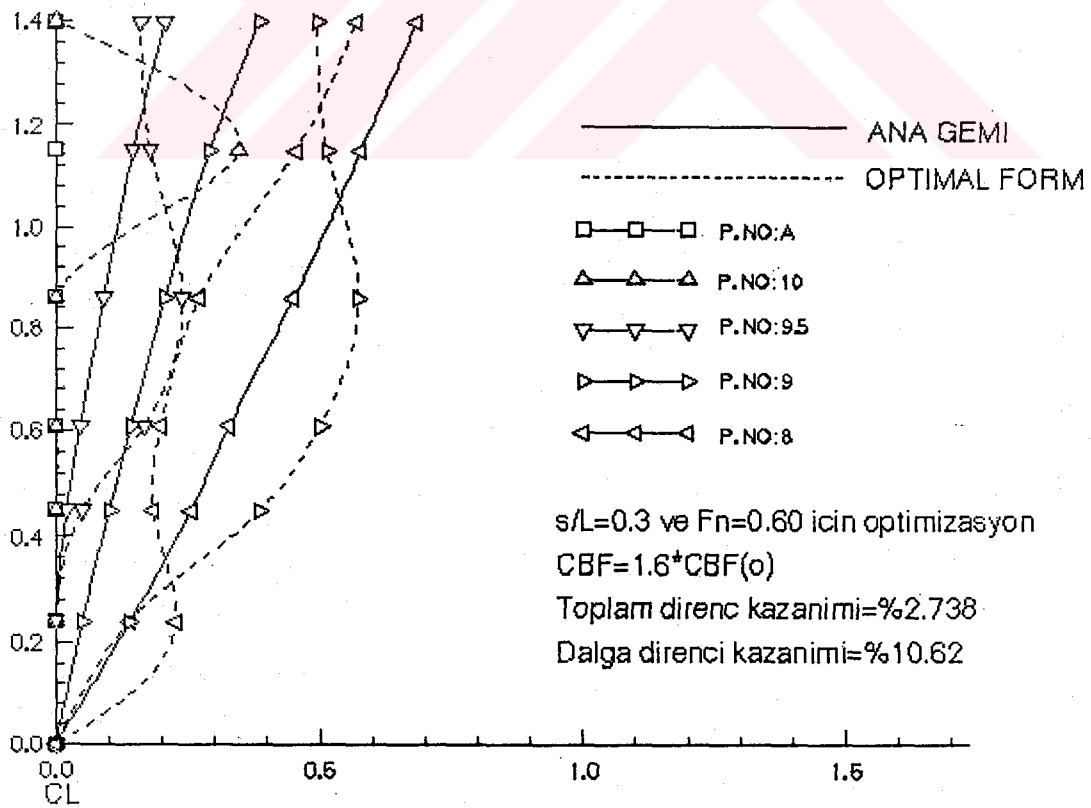
Şekil 4.14 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnç kazanımları



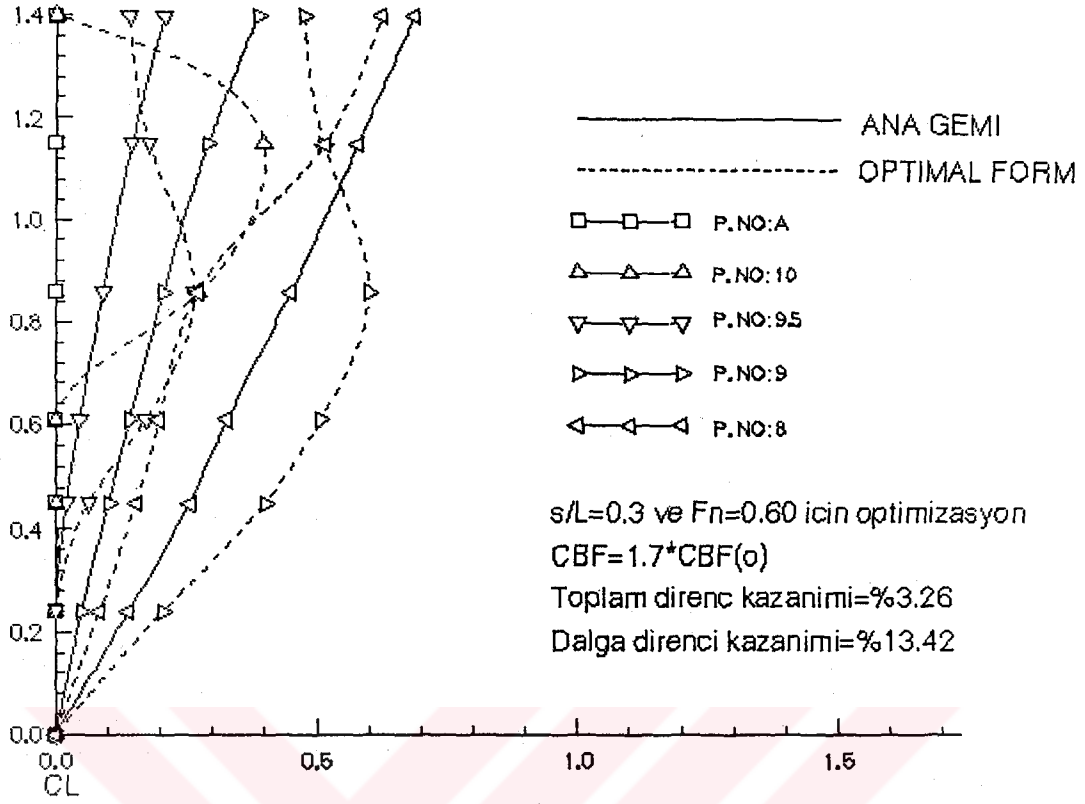
Şekil 4.15 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnç kazanımları



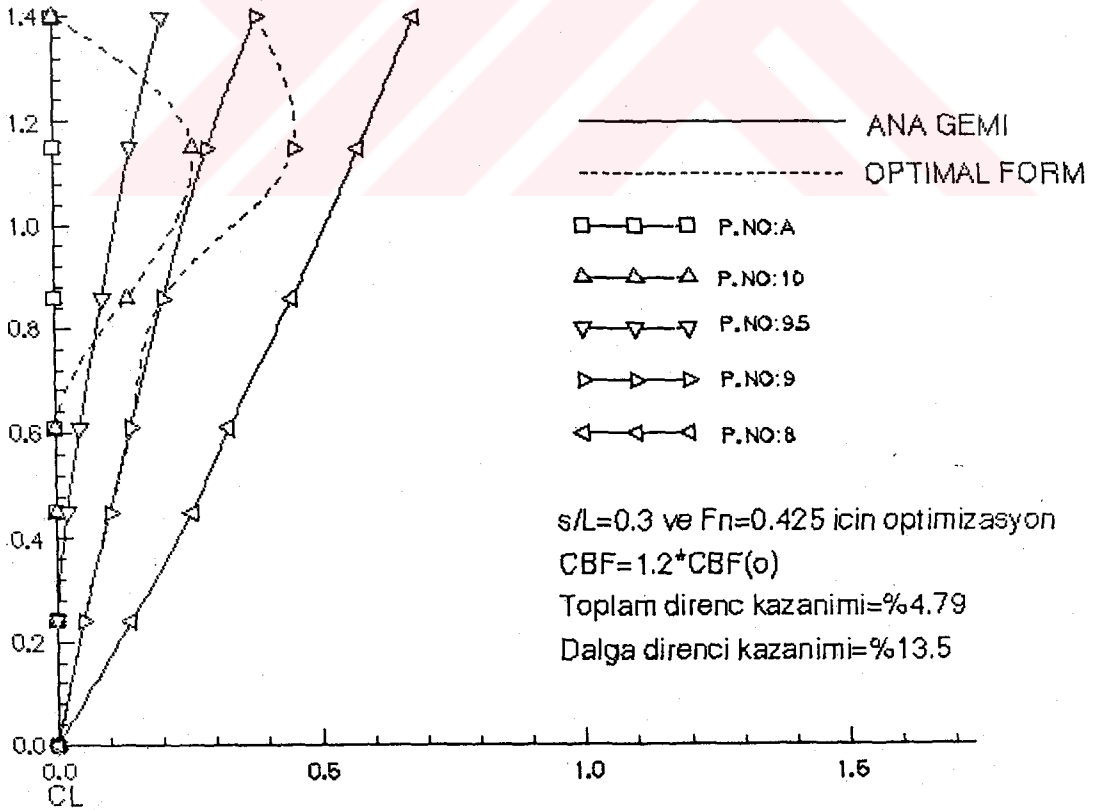
Şekil 4.16 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnç kazanımları



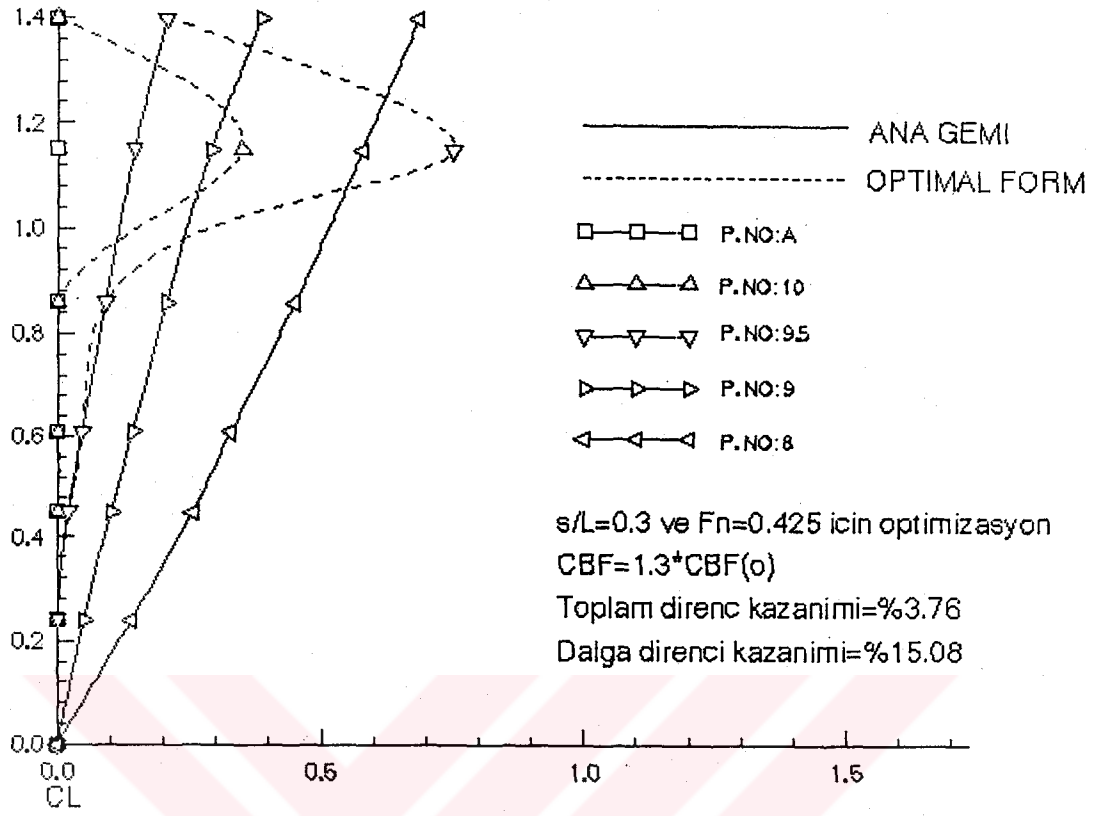
Şekil 4.17 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnç kazanımları



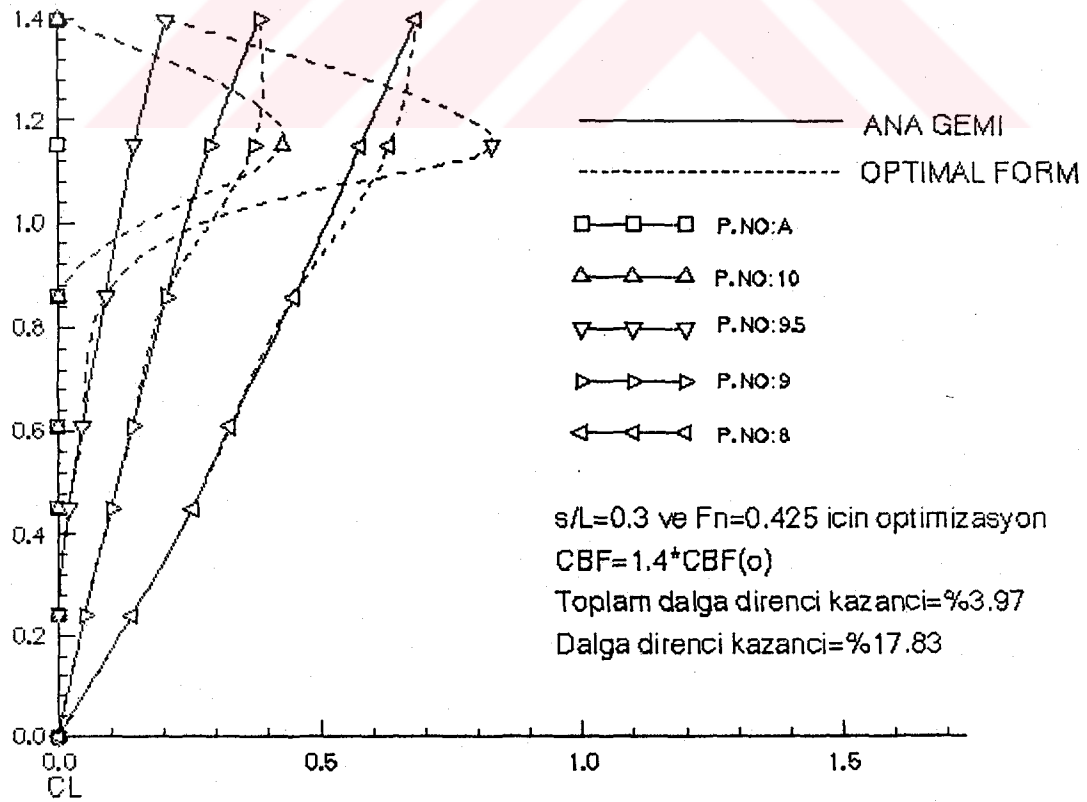
Şekil 4.18 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnç kazanımları



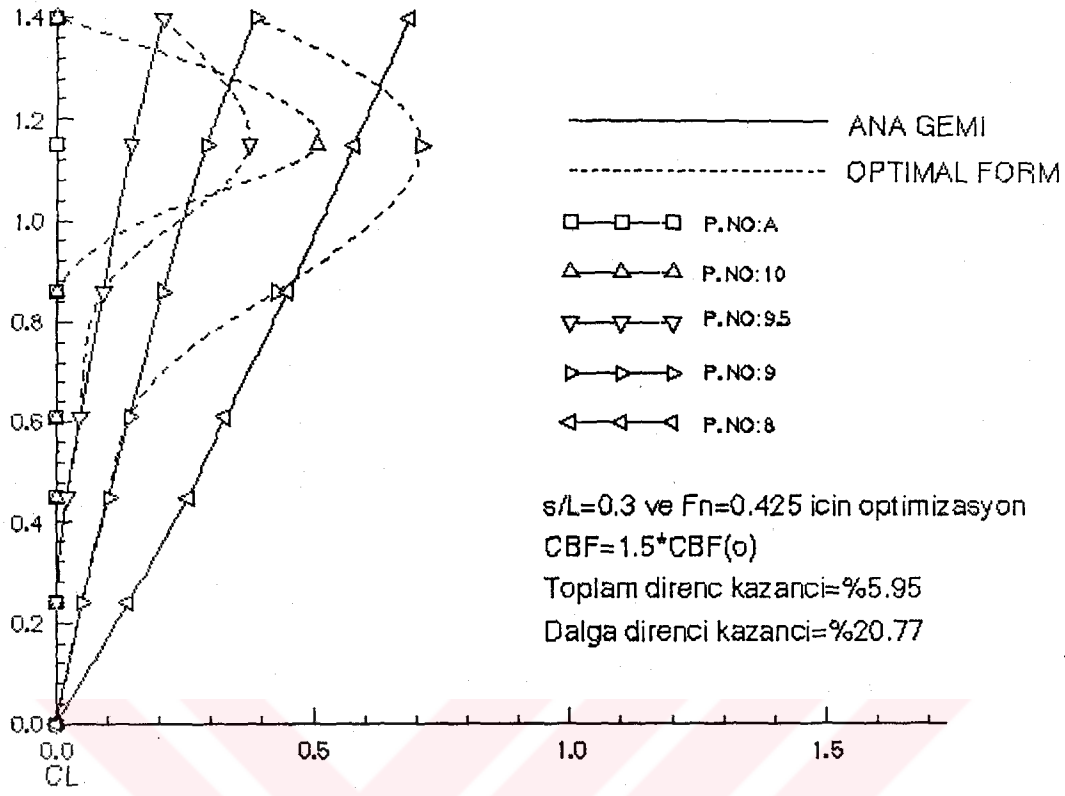
Şekil 4.19 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnç kazanımları



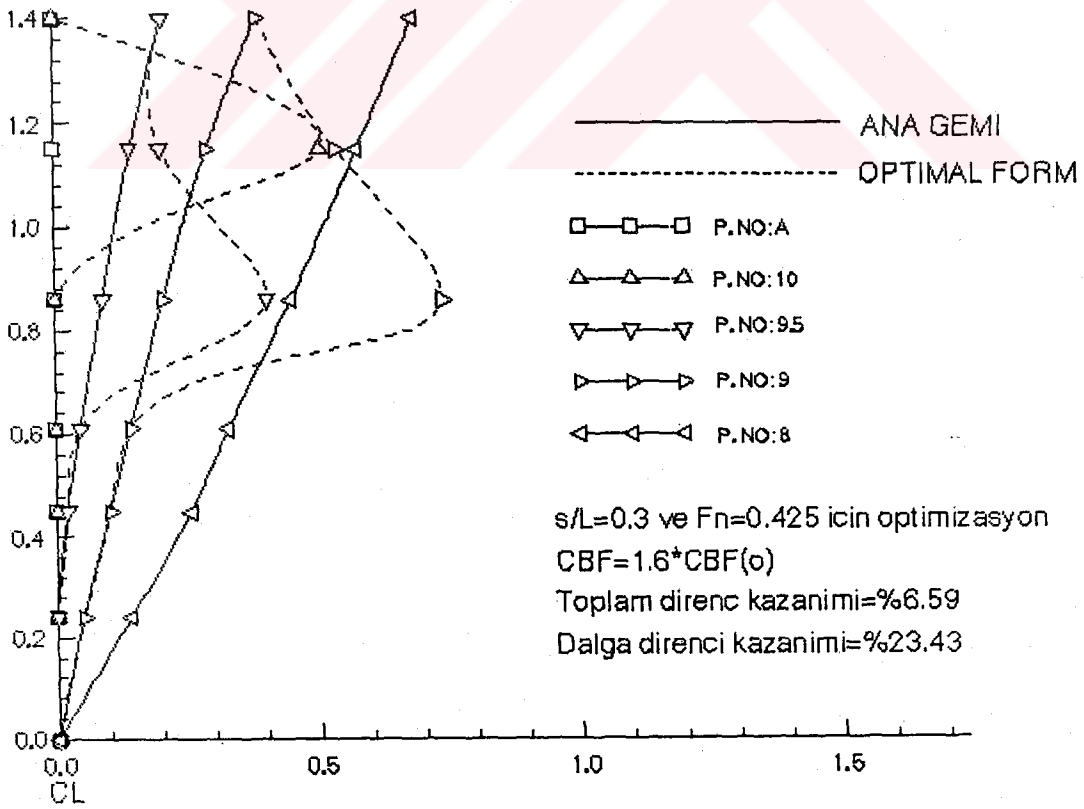
Şekil 4.20 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnç kazanımları



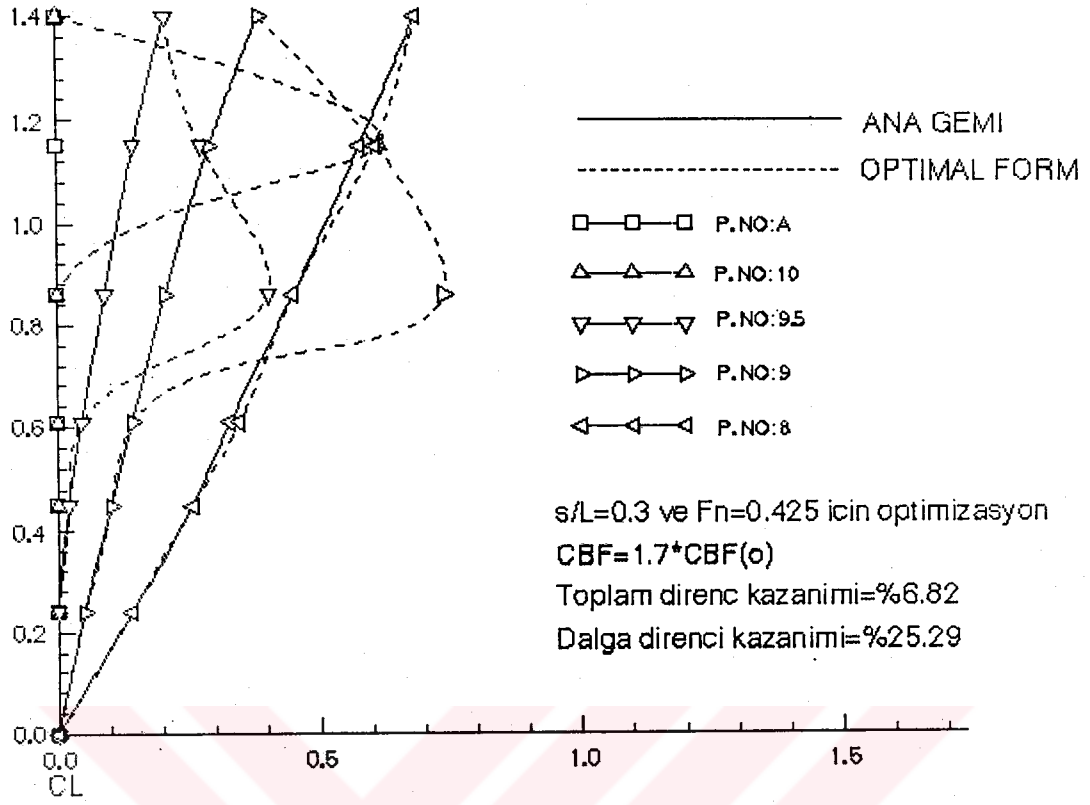
Şekil 4.21 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnç kazanımları



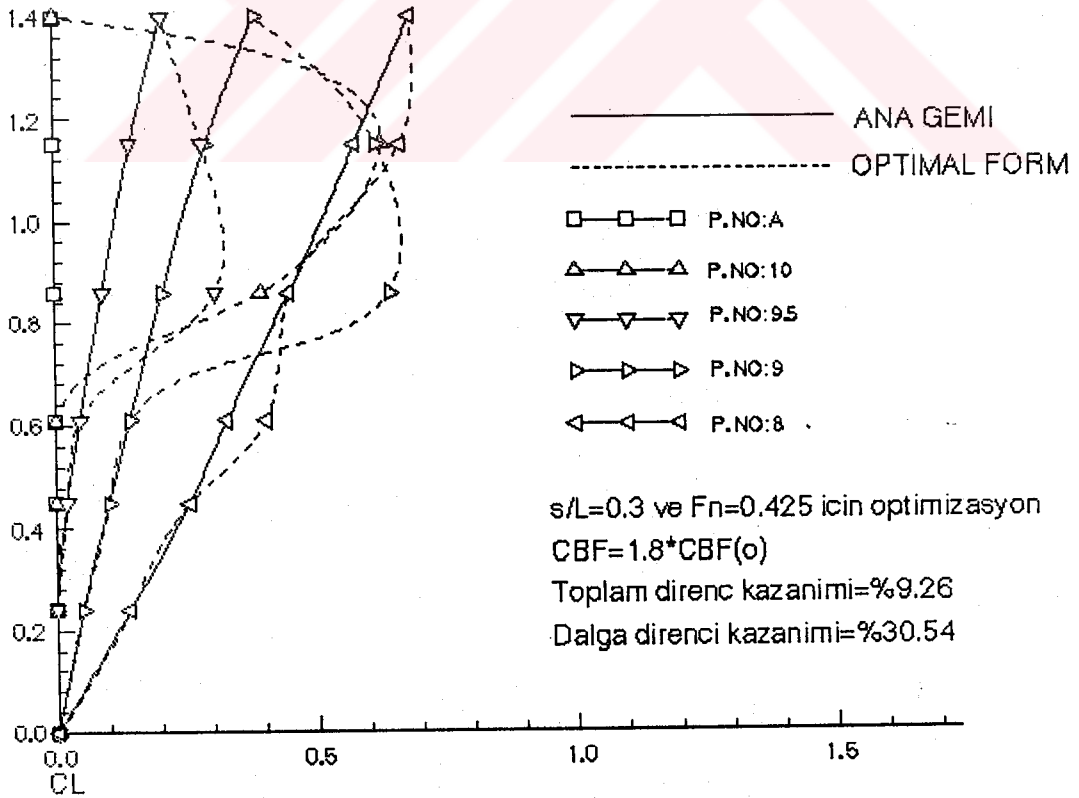
Şekil 4.22 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnç kazanımları



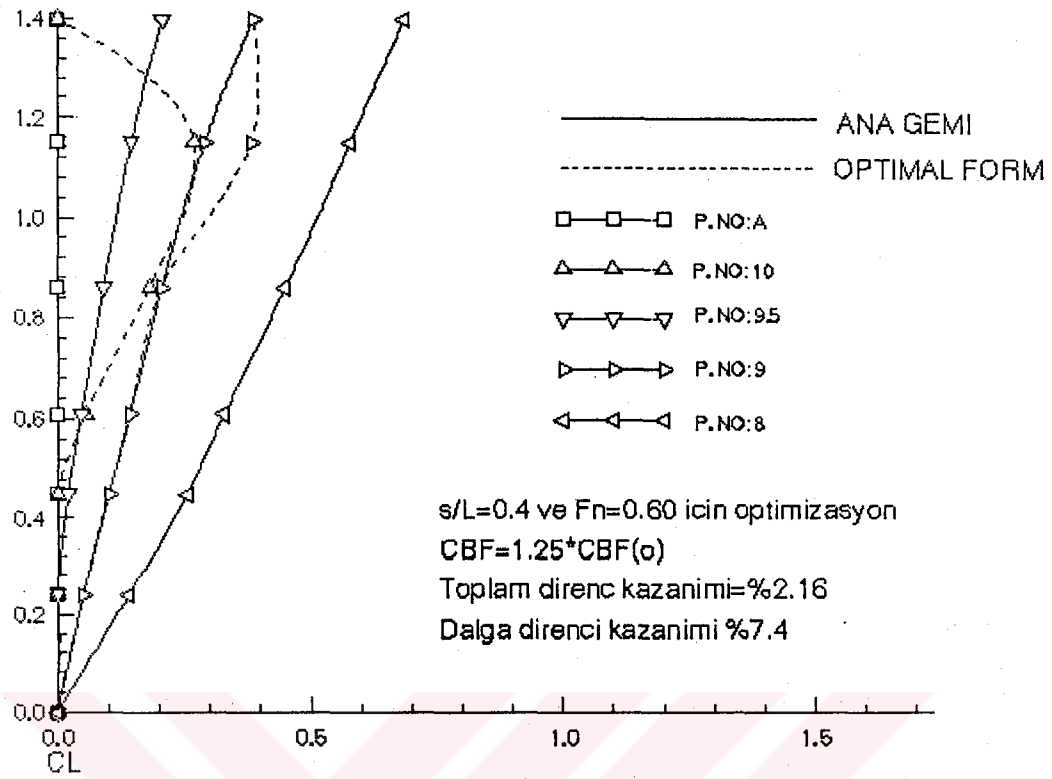
Şekil 4.23 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnç kazanımları



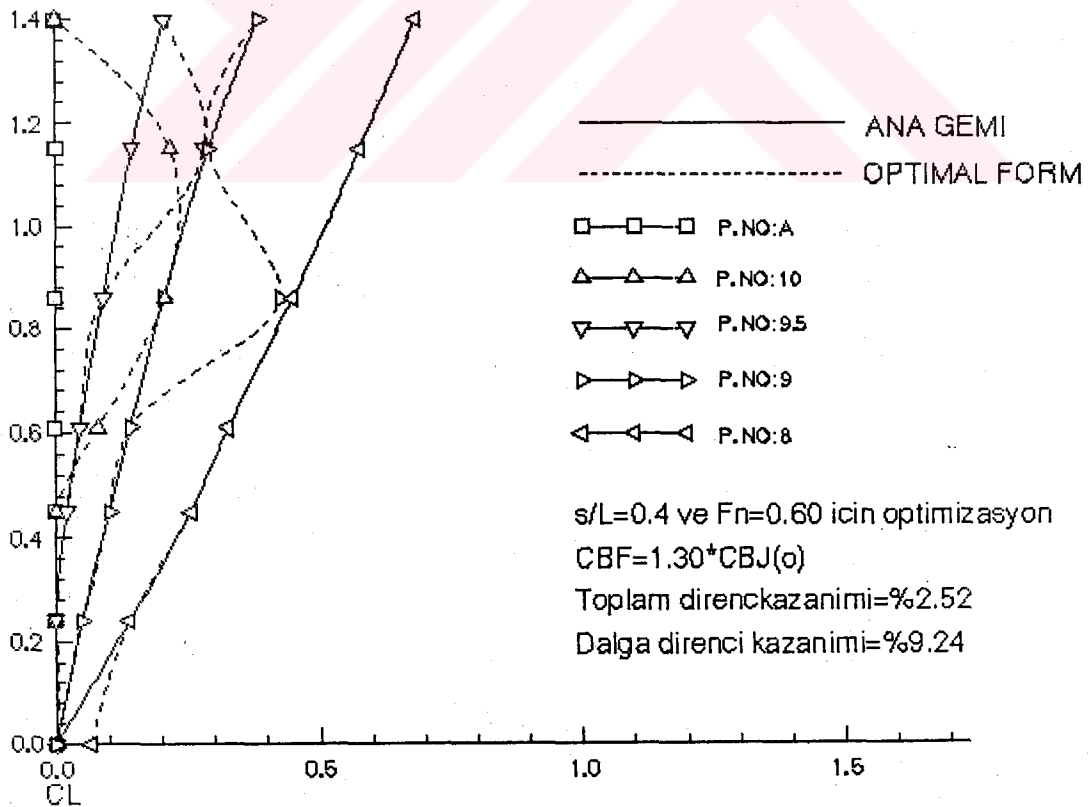
Şekil 4.24 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnç kazanımları



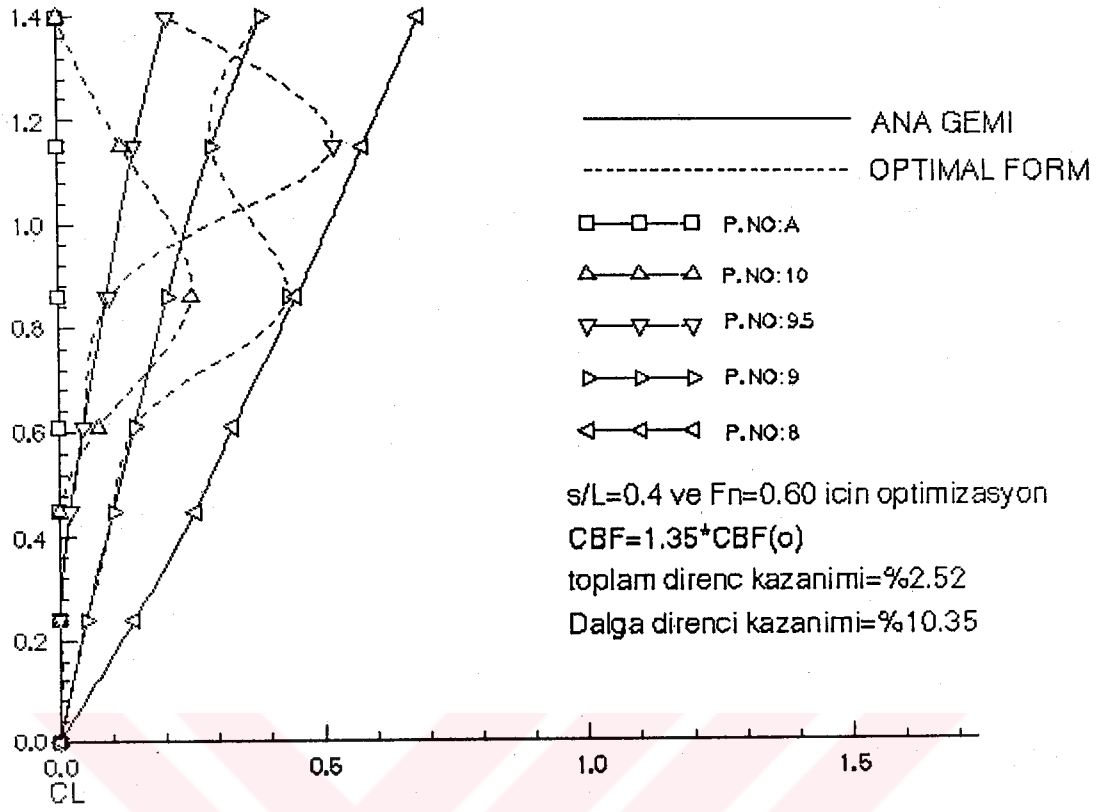
Şekil 4.25 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnç kazanımları



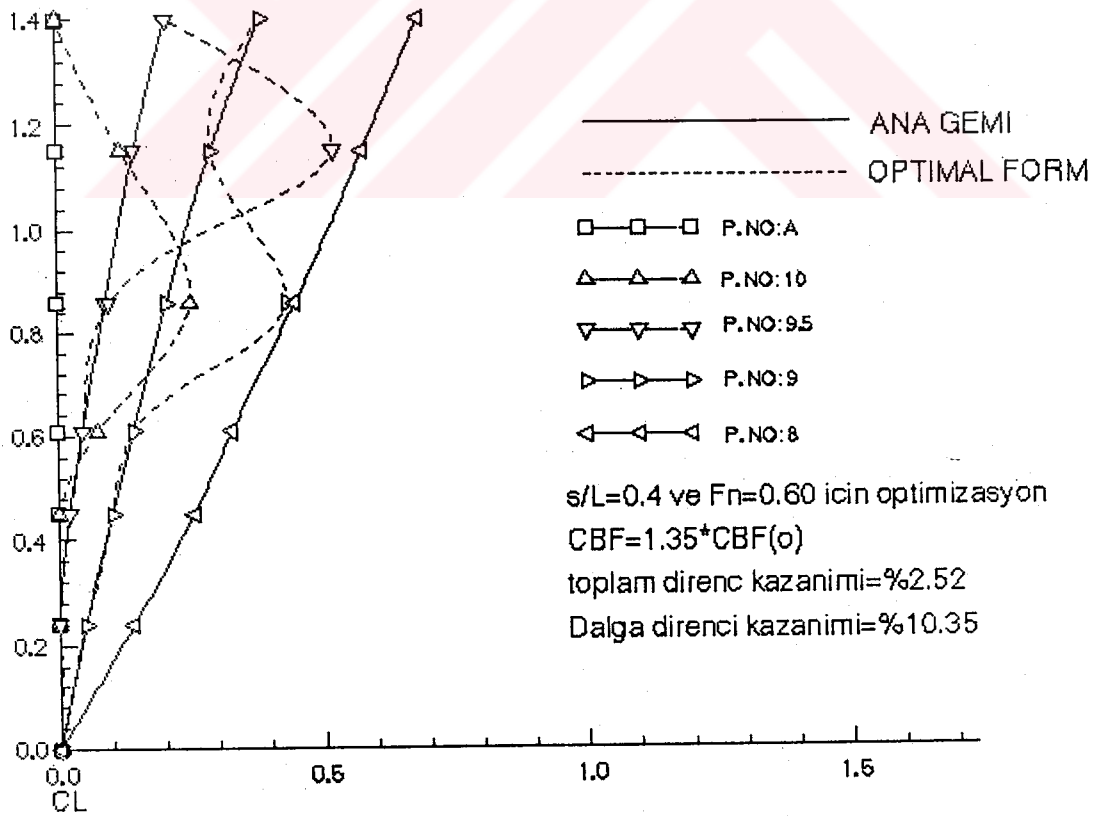
Şekil 4.26 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnc kazanımları



Şekil 4.27 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnc kazanımları

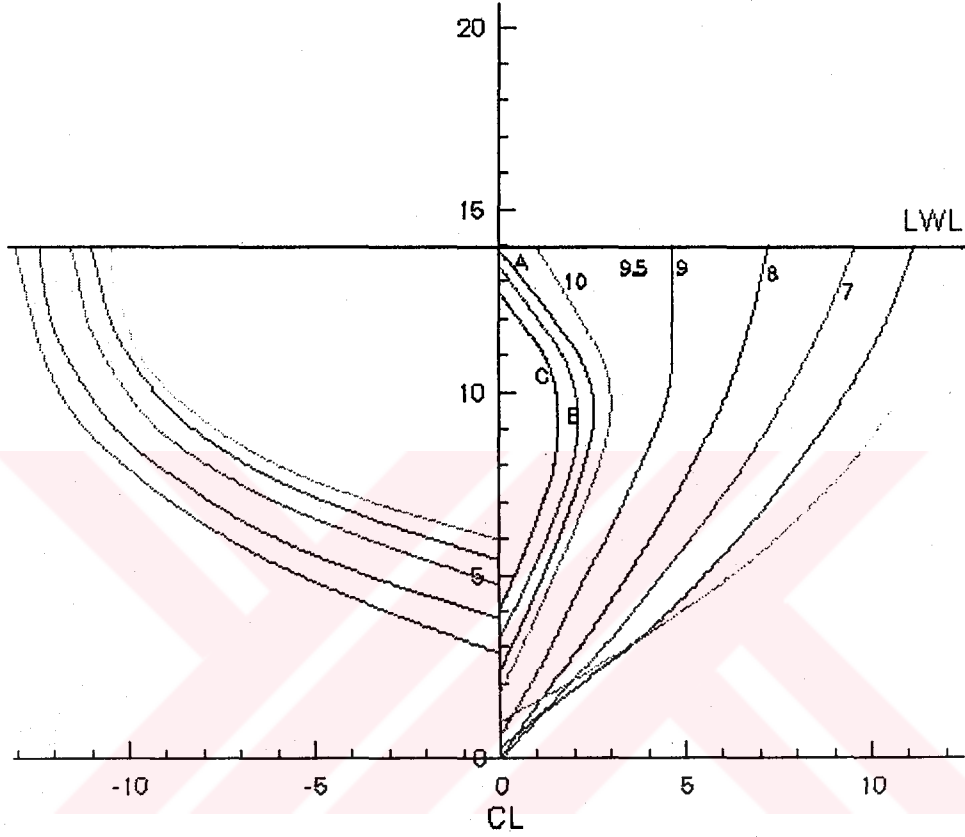


Şekil 4.28 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnç kazanımları



Şekil 4.29 Ana ve optimal formların karşılaştırmalı en kesit eğrileri ve direnç kazanımları

Şekil 4.13' ün ele alınıp yeniden ikinci bir kısıt seti ile optimizasyona tabii tutulup su hatlarının düzgünleştirilmesiyle model deneylerinde kullanılmak üzere aşağıdaki form elde edilmiştir.



Şekil 4.30 Optimizasyon sonucu elde edilen ve su hatları düzgünleştirilen optimal form

BÖLÜM 5

DENEYSEL ANALİZ

5.1 Deneyde Kullanılan Ölçüm Sistemleri

Deneyler Ata Nutku Gemi Model Laboratuvarı Büyük Deney Tankında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kullanılan teçhizat şunlardır.

- Dalgalı su direnç dinamometresi :

Bu cihaz modelin toplam direnç trim ve dalma miktarlarını ölçmek için kullanılmaktadır. Cihazın gönderdiği analog sinyaller bir mikrokompüter aracılığıyla dijitalle çevrilmekte ve İnsel(1990) tarafından geliştirilmiş olan ANLAB4.0 isimli program aracılığıyla analiz edilmektedir. Bu sistem çekme platformunun üzerine monte edilmiş olup modelle birlikte hareket etmektedir.

- Wave - cut sistemi :

Bu sistem havuzun, modelin sabit hıza ulaşabileceği bir noktasına sabit olarak yerleştirilmiştir. Bu sistem model belirli bir hızla geçerken çıkarmış olduğu dalga izini dalga problemleri yardımıyla ölçmektedir. Daha sonra bu iz analiz edilerek teknenin dalga form direnci hesap edilmektedir. Teorik olarak dalga form direnci şöyle ifade edilebilir;

$$R_w = \frac{Wfg}{4} \left\{ \left(\xi_0^2 + \eta_0^2 \right) \left(1 - \frac{2K_0H}{\sin(2K_0H)} \right) + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\xi_n^2 + \eta_n^2 \right) \left[1 - 0.5 \cos^2 \theta_n \left(1 + \frac{2K_0H}{\sin(2K_0H)} \right) \right] \right\}$$

Simetrik teknelere sahip bir ikiz teknenin dalga formu şöyle ifade edilir;

$$\zeta = \sum_{n=1}^{\infty} \left[(2\xi_n C_s) \cos(w_n x) + (2\xi_n C_s) \sin(w_n x) \right] \cos(2n\pi y/W)$$

$$C_s = \cos(K_n S/2 \sin \theta_n) = \cos(n\pi S/W)$$

Bu durumda dalga direnci de şöyle olur;

$$R_W = \frac{Wfg}{4} \left\{ \left((2\xi_0)^2 + (2\eta_0)^2 \right) \left(1 - \frac{2K_0 H}{\sin(2K_0 H)} \right) + \sum_{n=1}^{\infty} \left((2\xi_n C_s)^2 + (2\eta_n C_s)^2 \right) \left[1 - 0.5 \cos^2 \theta_n \left(1 + \frac{2K_0 H}{\sin(2K_0 H)} \right) \right] \right\}$$

Burada ξ_n ve η_n dalga form analizi ile bulunan dalga katsayılarıdır. Bu metodun en önemli avantajı gemi modelinden bağımsız olarak herhangi bir modele ya da çok sayıda fiziksel cisme uygulanabilir olmasıdır.

Direnç dalga problemleri, boyuna dalga izini ölçmekte kullanılan ve bir bilgisayar ile kontrol edilen bilgi toplama sistemine bağlıdır. Problemler 1.5 mm çapında, 12.5 mm aralıklı, izole edilmiş iki paslanmaz çelik çubuk içermektedir. Bu problemler bilgi toplama sistemine bilgi gönderen dalga monitörüne bağlıdır. Problemlerin hassasiyeti yaklaşık olarak ± 0.05 mm'dir.

Dalga form analizi için bilgisayar kontrollü bilgi toplama sistemi geliştirilmiştir. Dalga yükseklik sinyalleri dalga monitörleri tarafından bilgi toplama sistemine iletilir. Bu izler ANLAB4 bilgi toplama programı tarafından toplanmıştır. Dalga izlerinin toplanması modelin başı problemlerin hizasına geldiği zaman başlamakta ve modelin hızına bağlı olarak 15 m boyunca kaydedilmektedir. Dalga formu her deneyden sonra program yardımıyla grafik olarak kontrol edilmektedir.

5.2 Modellerin Hazırlanması

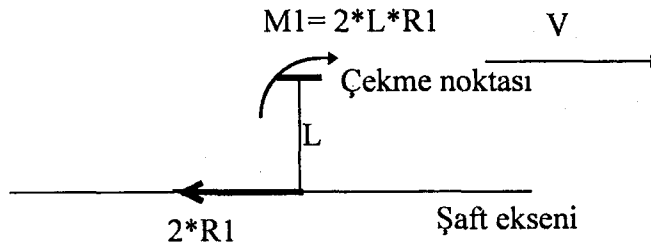
Çalışmanın yapılacağı tekne türü olarak simetrik ikiz tekne formlarına uygunluğu nedeniyle NPL serisinin $\frac{L}{B} = 10$ ve $C_B = 0.40$ olan tipi seçilmiştir. Bu modelin L_{pp} si 2.5 metredir. Benzerlik oranı ise 10 olarak belirlenmiştir. Yukarıda tanımlanan ana

modeller ve sayısal çalışma sonucu bulunan optimal modeller Ata Nutku Gemi Model Deney Laboratuvarı personeli tarafından titizlikle imal edilmiştir. Daha sonra bu modeller şekilde görüldüğü gibi birbirine bağlanarak ikiz tekne oluşturulmuştur.

5.3 Deneylerin Yapılışı

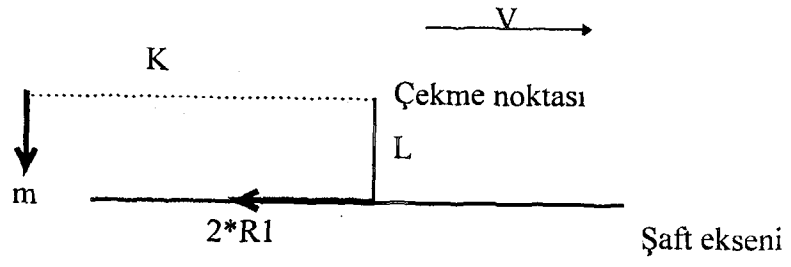
Deneyler ana ve optimal modellerin sırasıyla tek tekne, 0.2, 0.3, 0.4 s / L oranlarında ve $F_n = 0.2$ den $F_n = 0.7$ ' ye kadar 20 değişik hızda çekilerek yapıldı. Deneylerin yapılması toplam 10 gün sürdü. Deneylerin yapıldığı her gün sabah Elektronik Dalgalı Su Direnç Dinamometresi ve Wave - cut sistemi kalibre edildi. Deneyler yapılırken her hızda modelin çıkarmış olduğu dalgaların sönümlenmesi için 20 - 25 dakika kadar beklendi.

Şekilde görüldüğü gibi ikiz tekne durumunda modeller şaft eksenin üzerinde bir noktadan çekilmektedir, Şekil 5.3. Bu da modelin trim yapmasına neden olacak bir moment doğuracaktır. Bu trim de direnç değerlerinin yanlış ölçülmesine yol açacaktır. Bu durumu ortadan kaldırmak için oluşacak momenti karşıt ağırlık koyarak dengelememiz gerekmektedir. Tek teknenin belirli bir 'V' hızında ölçülen toplam direnci R_1 olsun. Bu durumda ikiz tekne yaklaşık olarak $2 \cdot L \cdot R_1$ 'lik bir trim momentine maruz kalır. Şekil 5.2

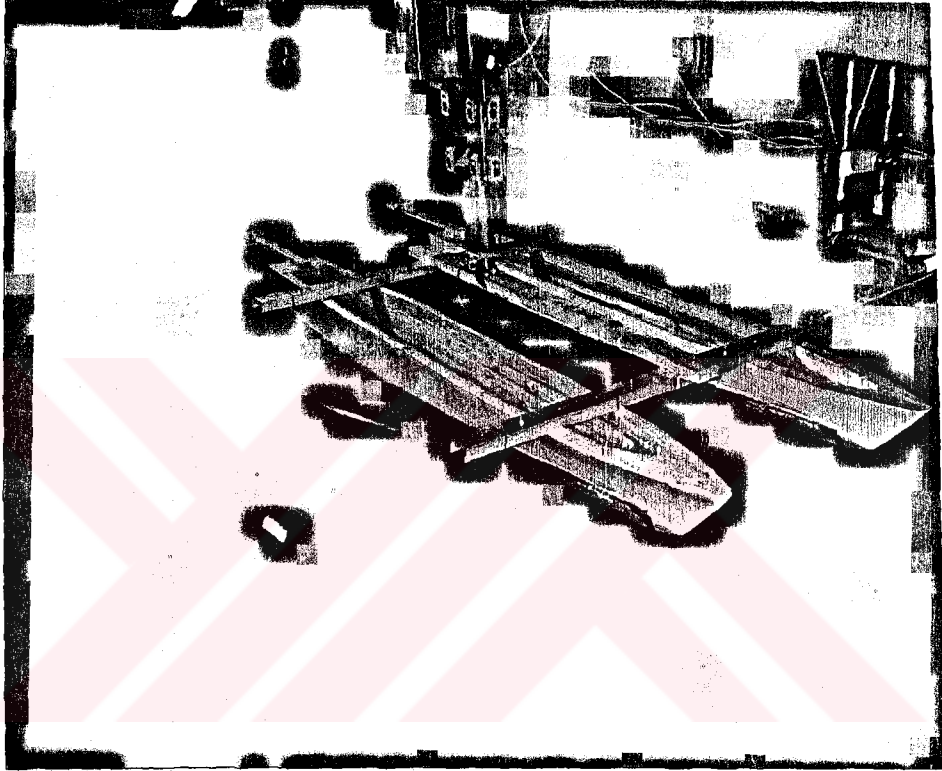


Şekil 5.1 İkiz tekne deneyi bağlantı şeması

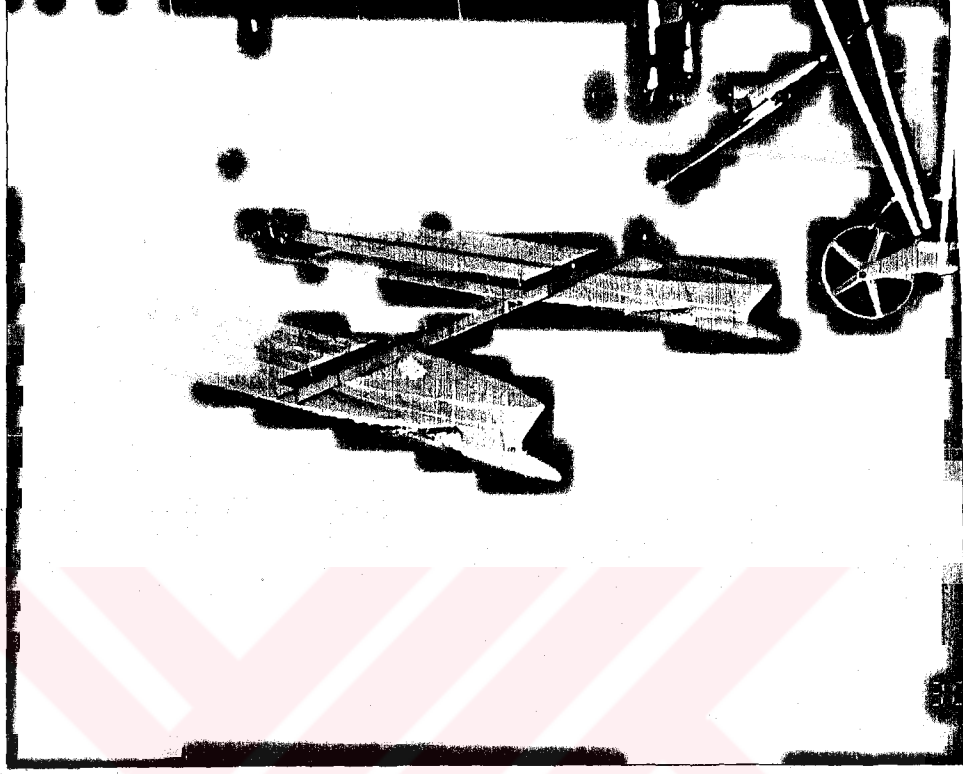
Bu momentin 'm' kadarlık bilinen bir ağırlığın 'K' mesafesine konması ile dengelenmesi durumunda ağırlığın konacağı 'K' mesafesi : $K = \frac{2 \cdot R_1 \cdot L}{m}$ olacaktır.



Şekil 5.2 Deney esnasında oluşan momentin karşıt ağırlık konarak dengelenmesi



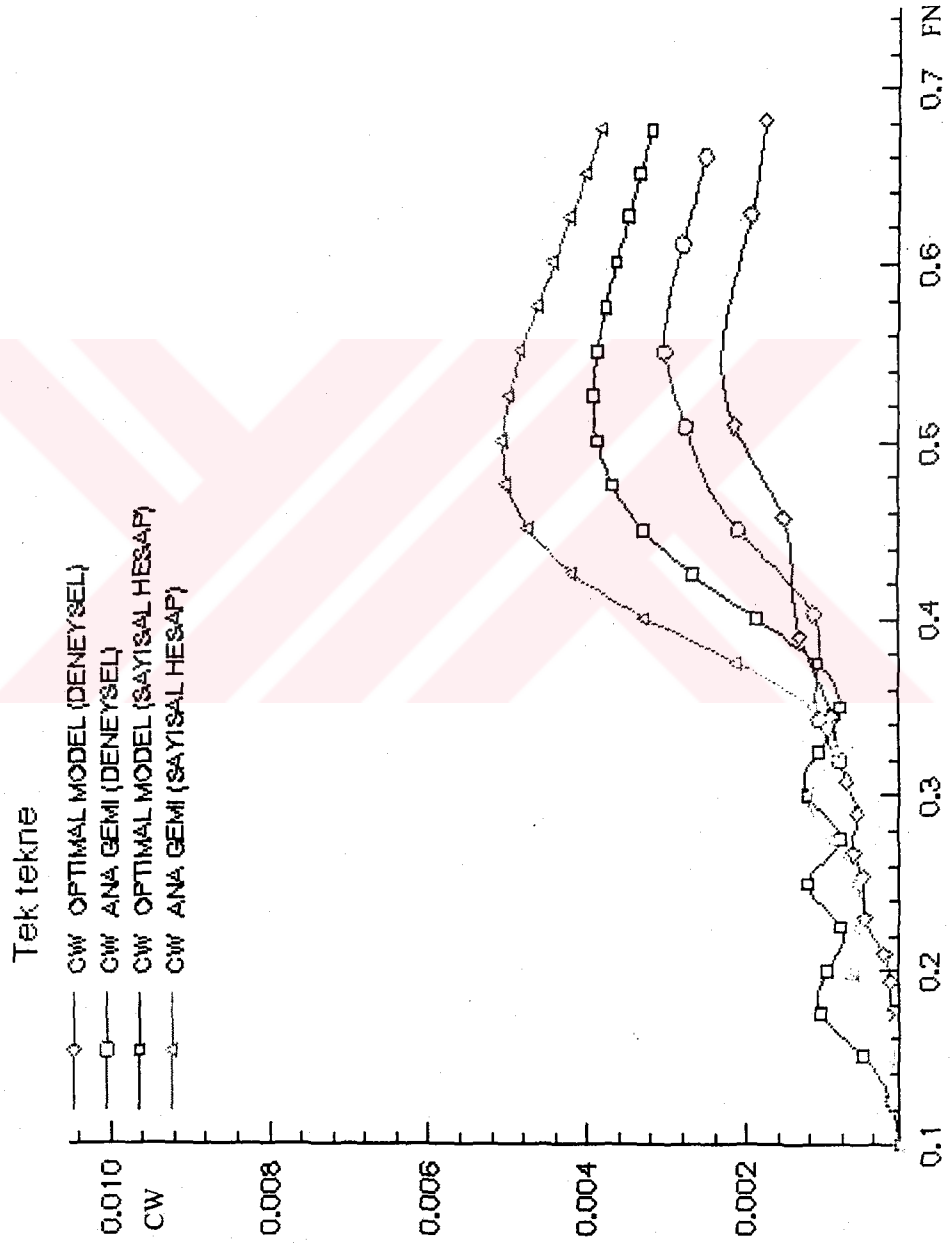
Şekil 5.3 Ana modeller



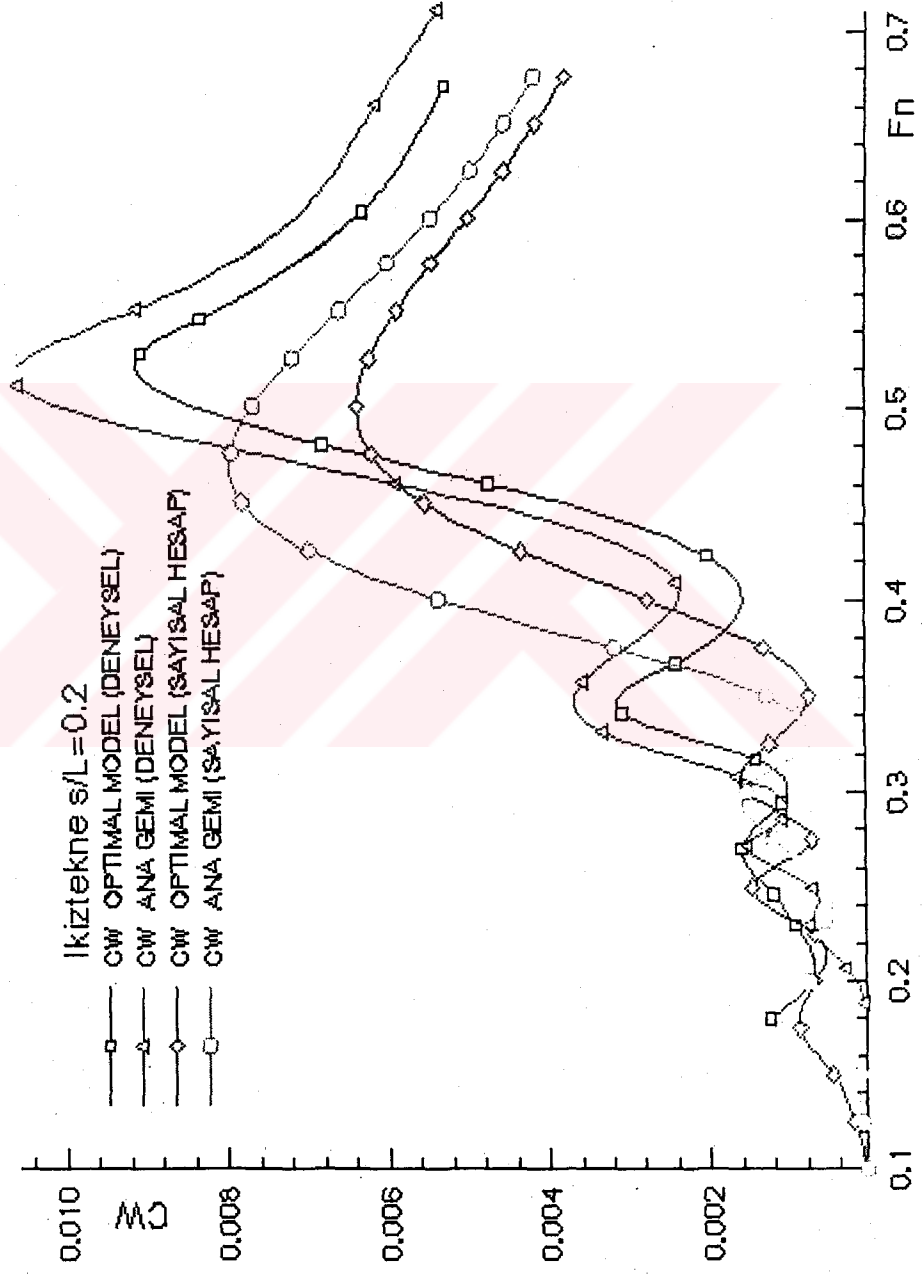
Şekil 5.4 Optimal formlar

5.4 Deney Sonuçları

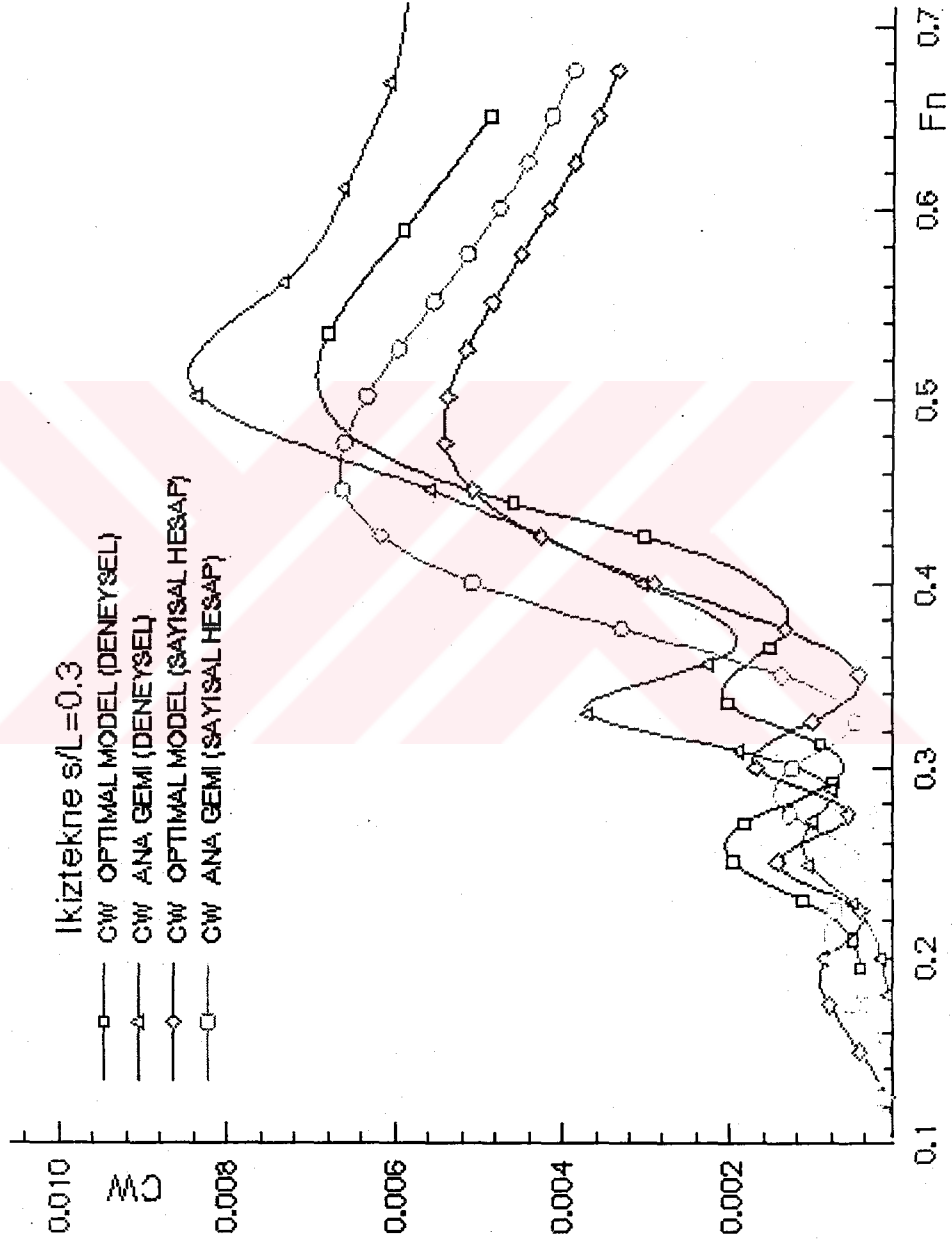
Deneylerden elde edilen sonuçlar optimal model ve ana gemi için karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Şekil 5.5'ten 5.8' e kadar karşılaştırmalı dalga form direnç katsayıları ve sayısal hesapla bulunan dalga direnç katsayıları verilmektedir. Bu grafiklerden, sayısal hesapla bulunan dalga direnci azaltımı ile deneysel analizlerle bulunan dalga direnci azaltımının birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Bu da optimizasyon prosedürünün deneysel olarak teyit edildiğini göstermektedir. Şekil 5.9' dan 5.12' ye kadar optimal form ve ana model için toplam direnç katsayıları karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Şekil 5.13'ten 5.21'e kadar karşılaştırmalı dalga form direnç katsayıları, dalga açısına bağlı olarak belirli froude sayılarında ve açıklık oranlarında verilmiştir. Şekil 5.22'den 5.25'e kadar girişim direnç katsayısı oranları verilmiştir. Şekil 5.26'dan 5.27'e kadar EHP grafikleri karşılaştırmalı ve tam ölçekli olarak verilmiştir.



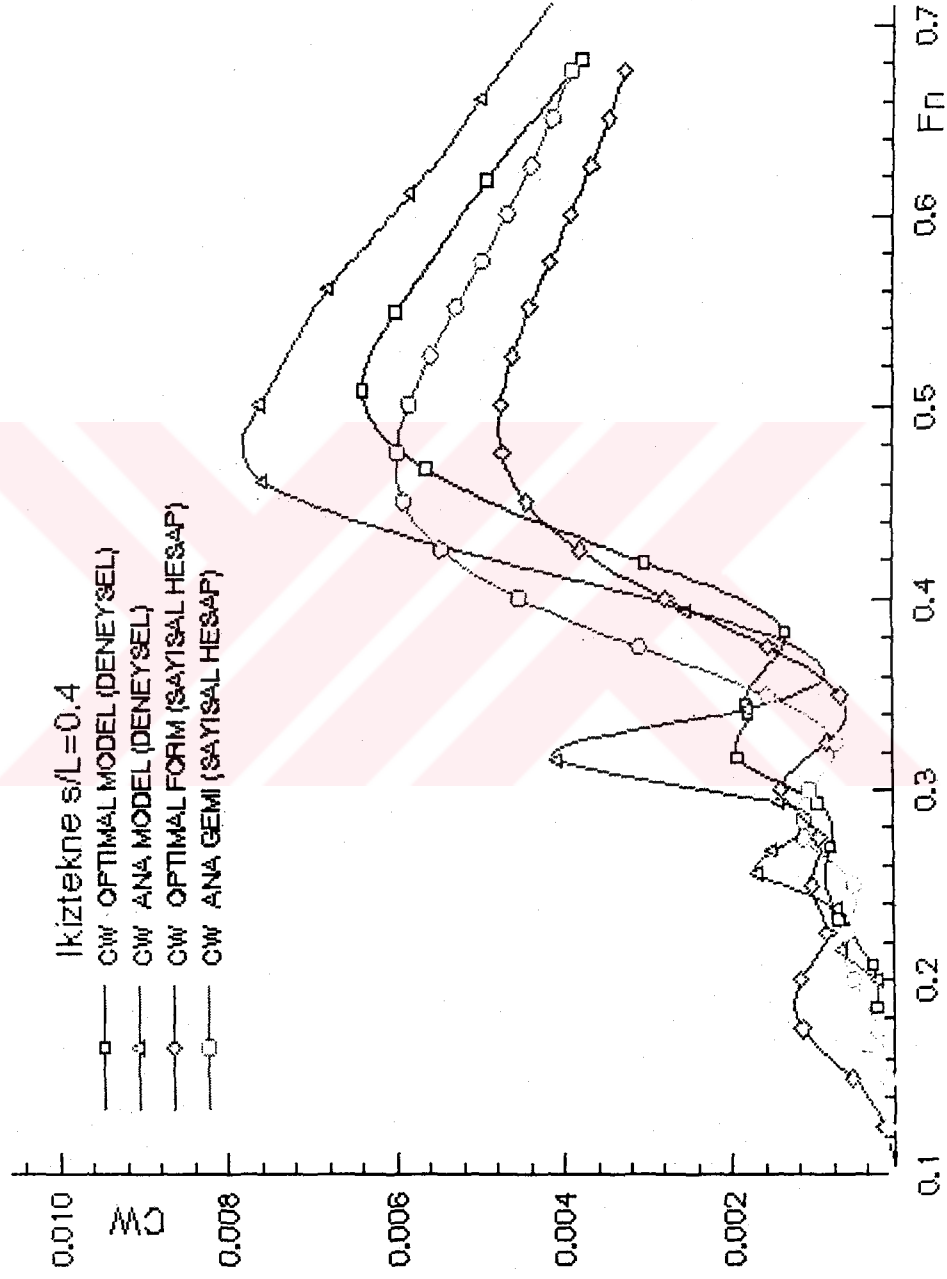
Şekil 5.5 Karşılaştırmalı dalga direnc katsayısı eğrileri



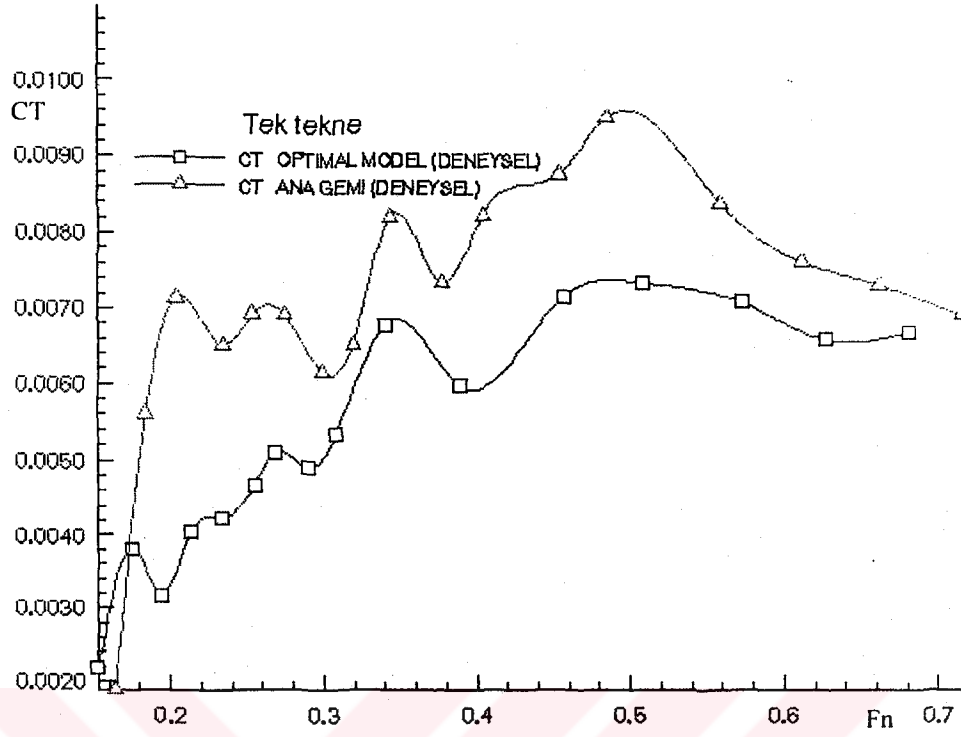
Şekil 5.6 Karşılaştırmalı dalga direnc katsayısı eğrileri



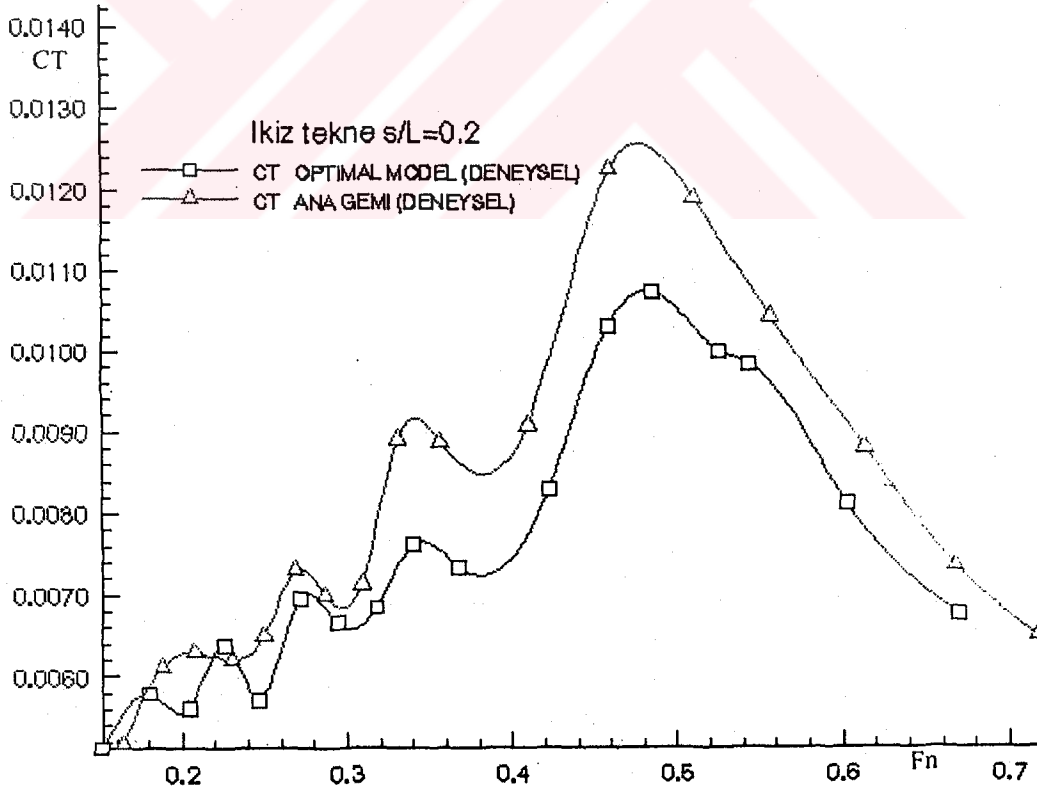
Şekil 5.7 Karşılaştırmalı dalga direnc katsayısı eğrileri



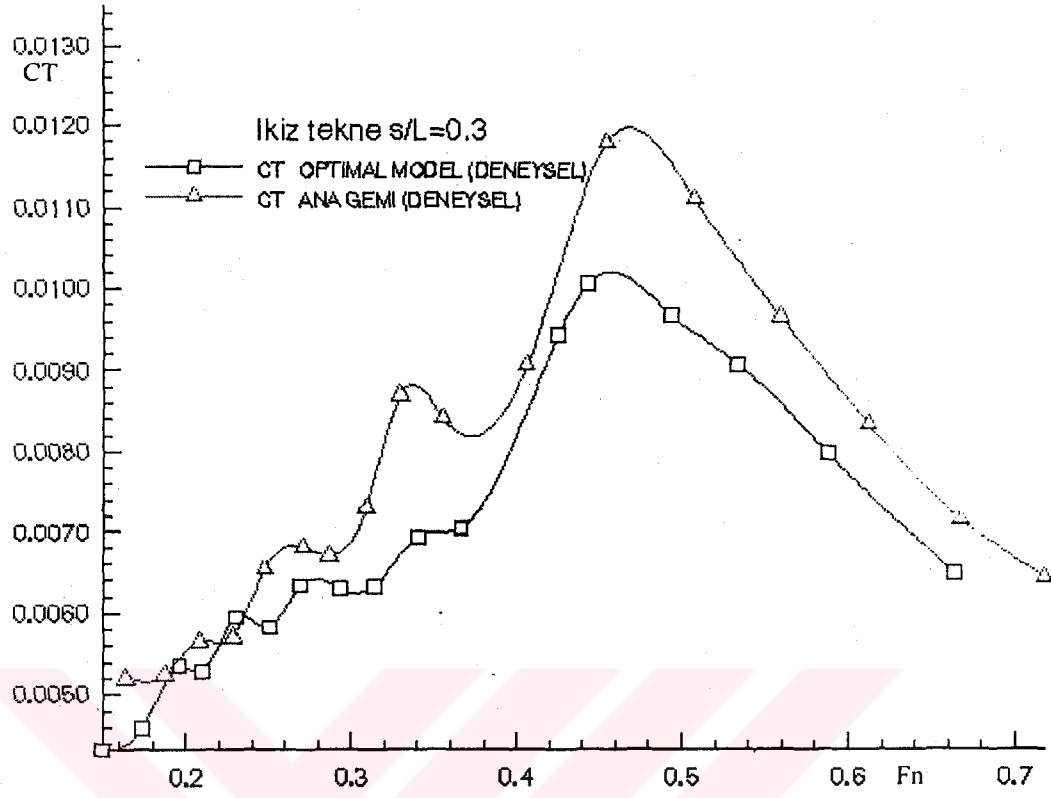
Şekil 5.8 Karşılaştırmalı dalga direnc katsayısı eğrileri



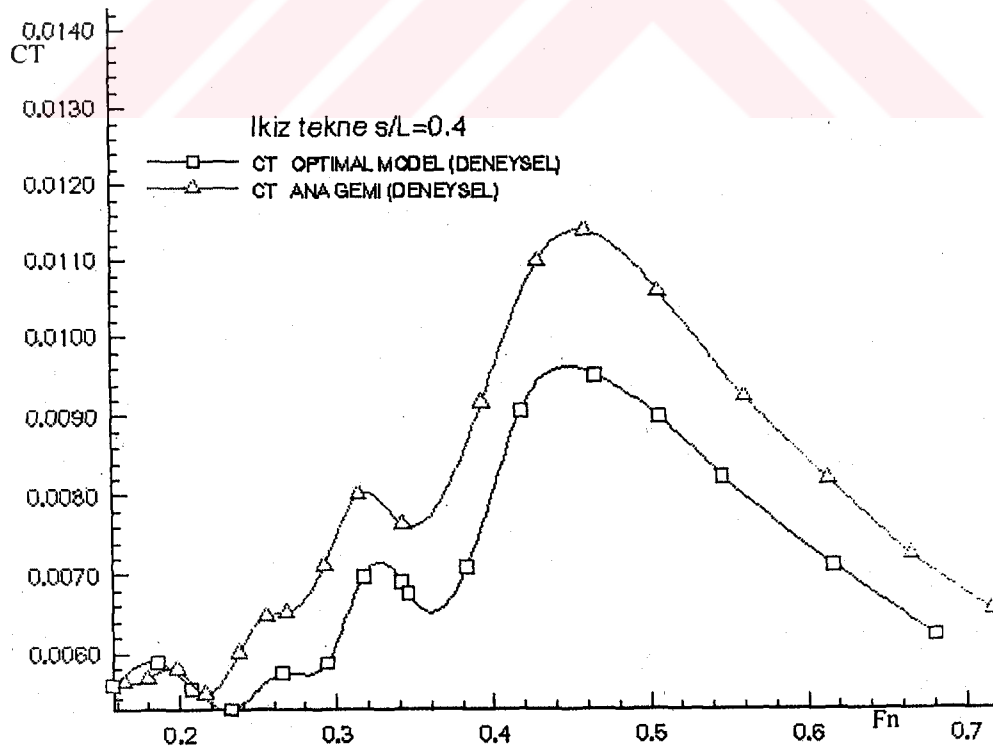
Şekil 5.9 Karşılaştırmalı toplam direnç katsayısı eğrileri



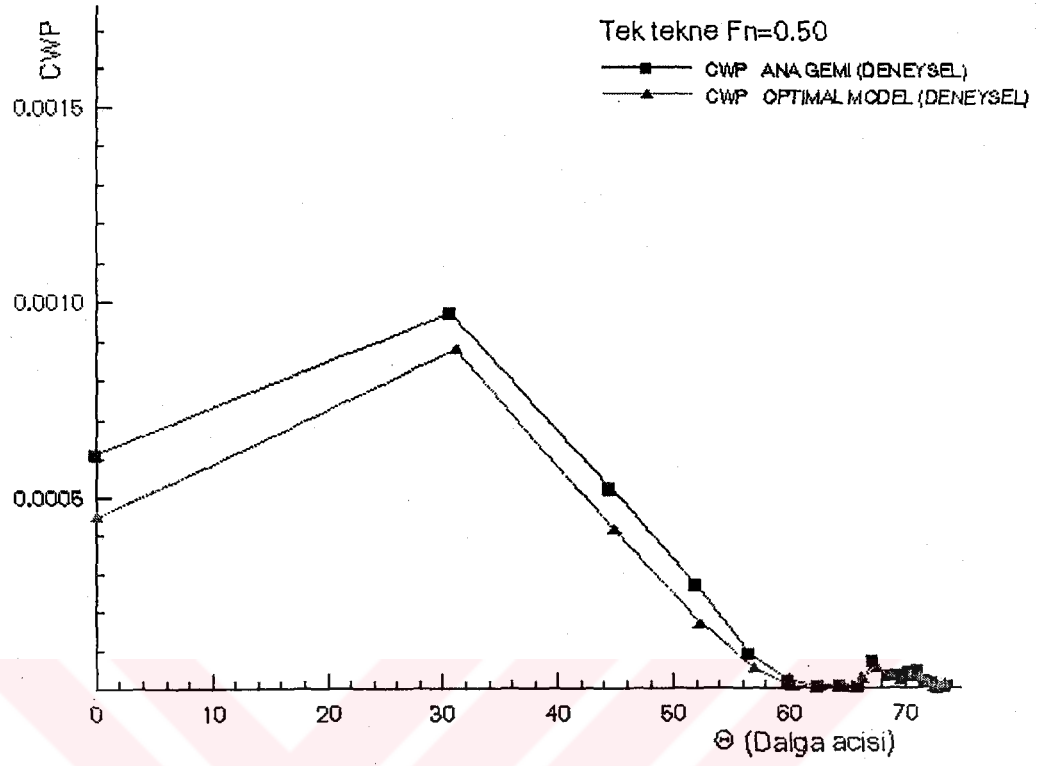
Şekil 5.10 Karşılaştırmalı toplam direnç katsayısı eğrileri



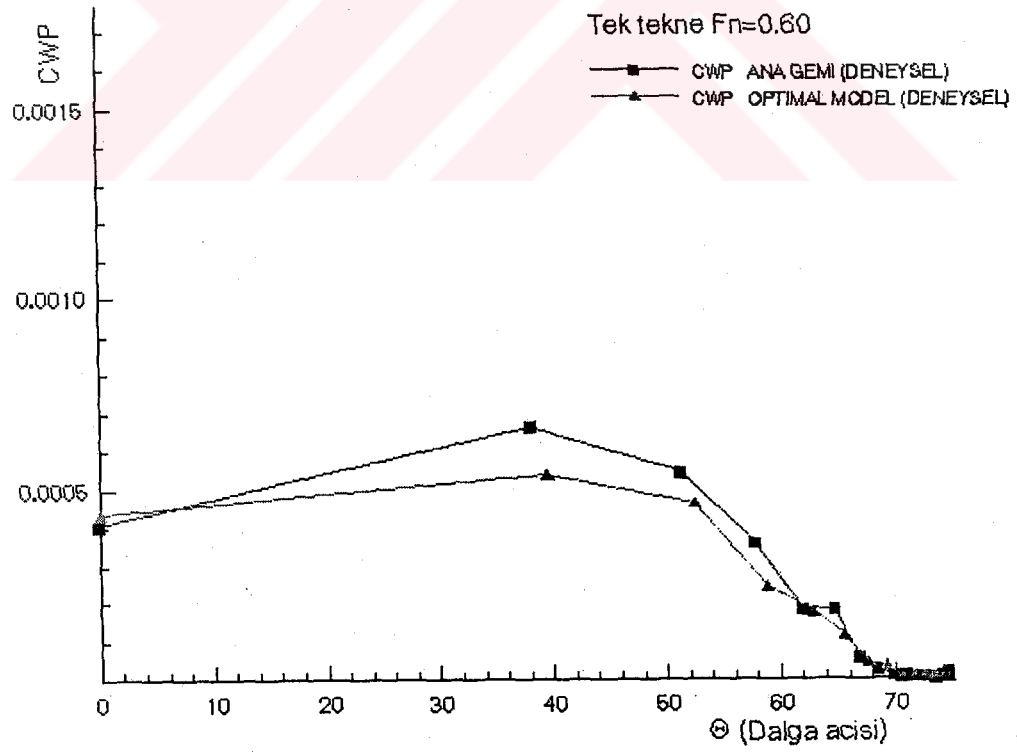
Şekil 5.11 Karşılaştırmalı toplam direnç katsayısı eğrileri



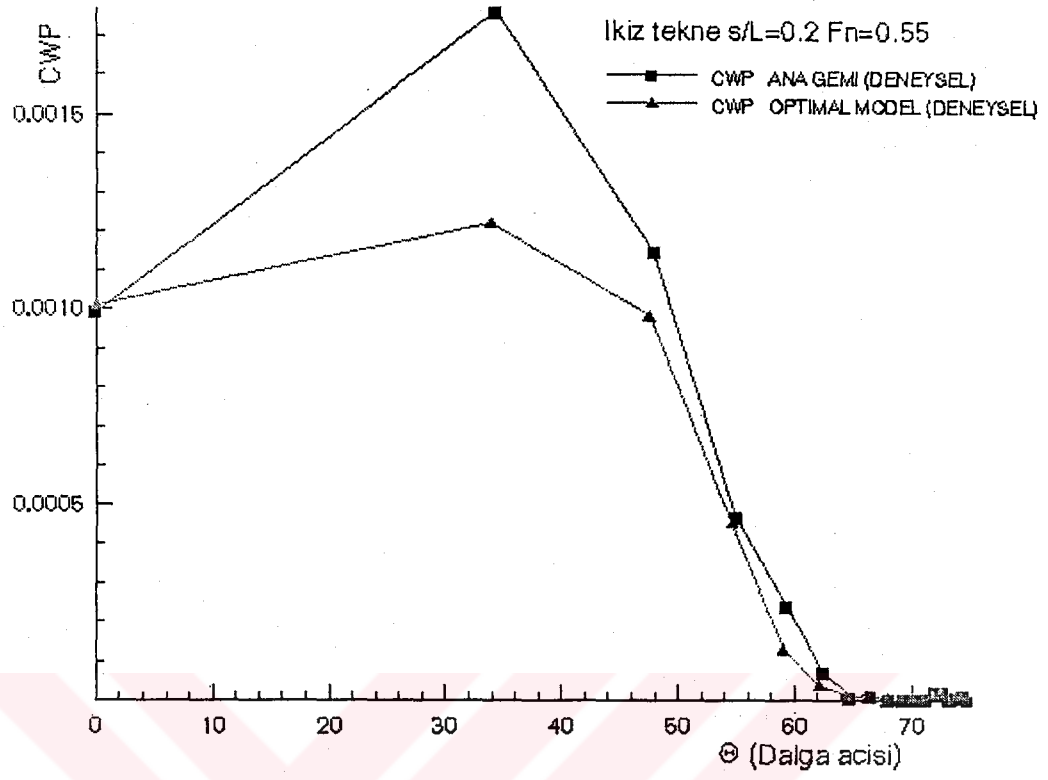
Şekil 5.12 Karşılaştırmalı toplam direnç katsayısı eğrileri



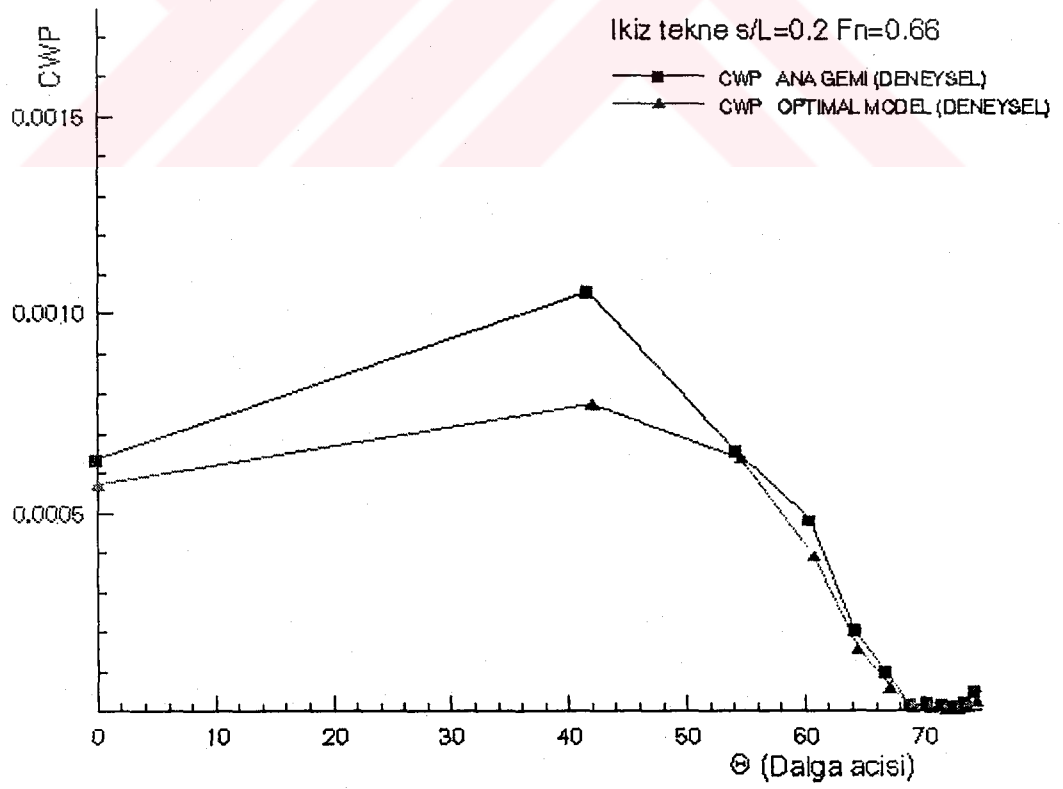
Şekil 5.13 Karşılaştırmalı Dalga form direnç katsayısı eğrileri



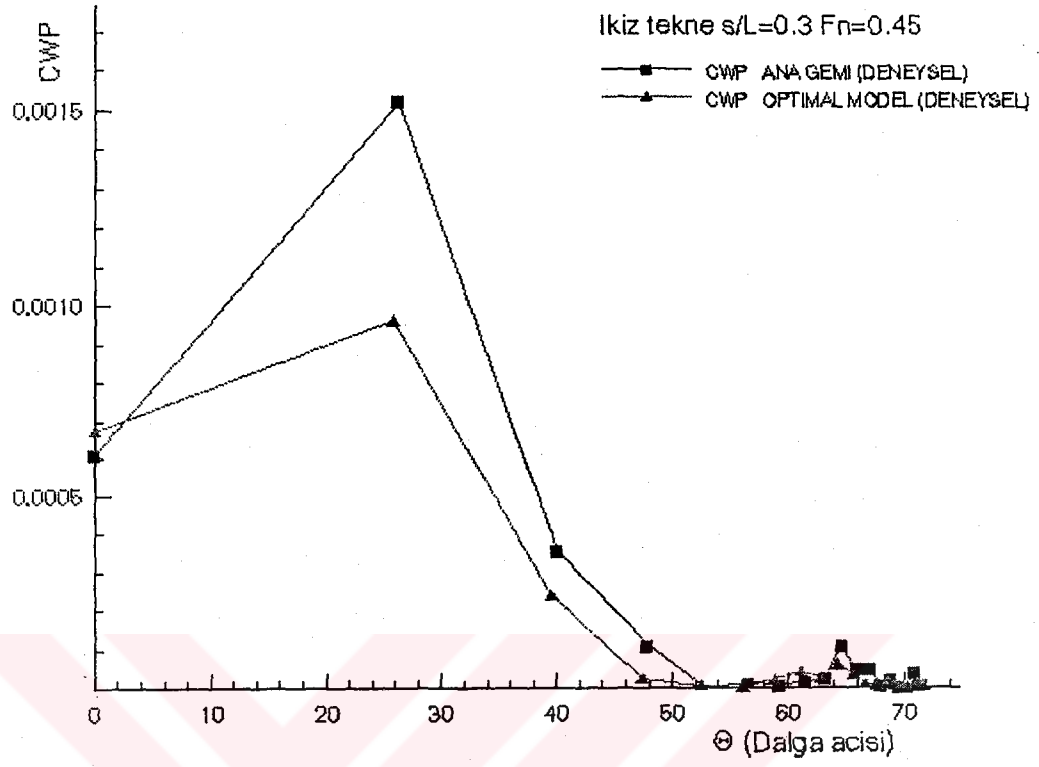
Şekil 5.14 Karşılaştırmalı Dalga form direnç katsayısı eğrileri



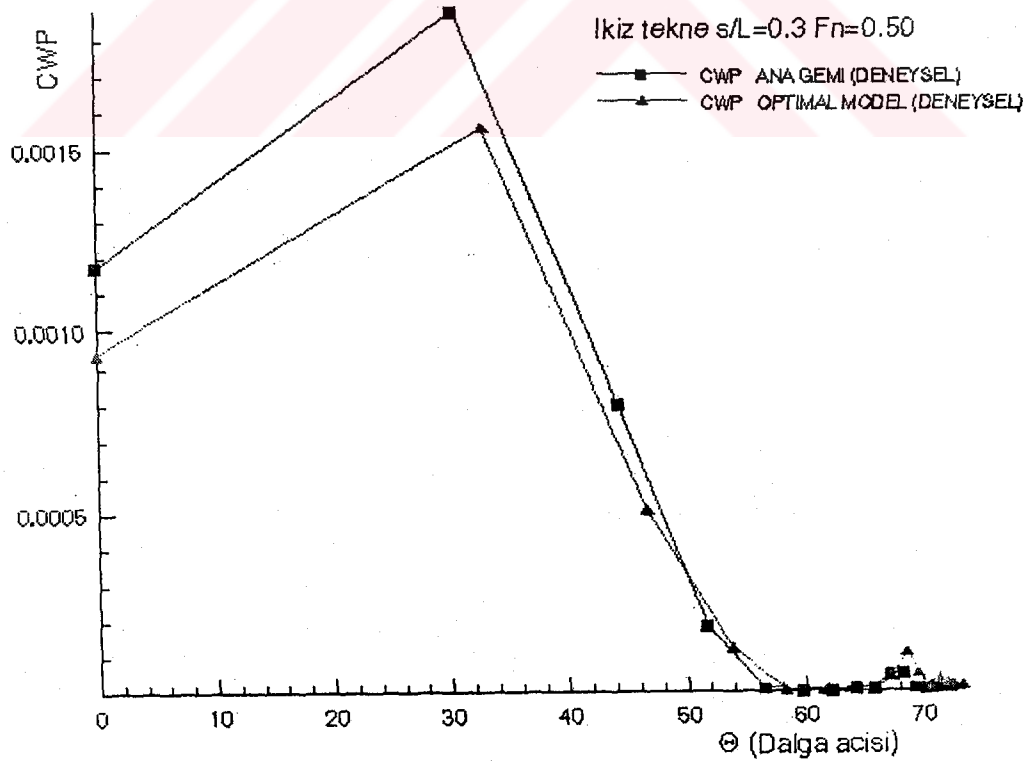
Şekil 5.15 Karşılaştırmalı Dalga form direnç katsayısı eğrileri



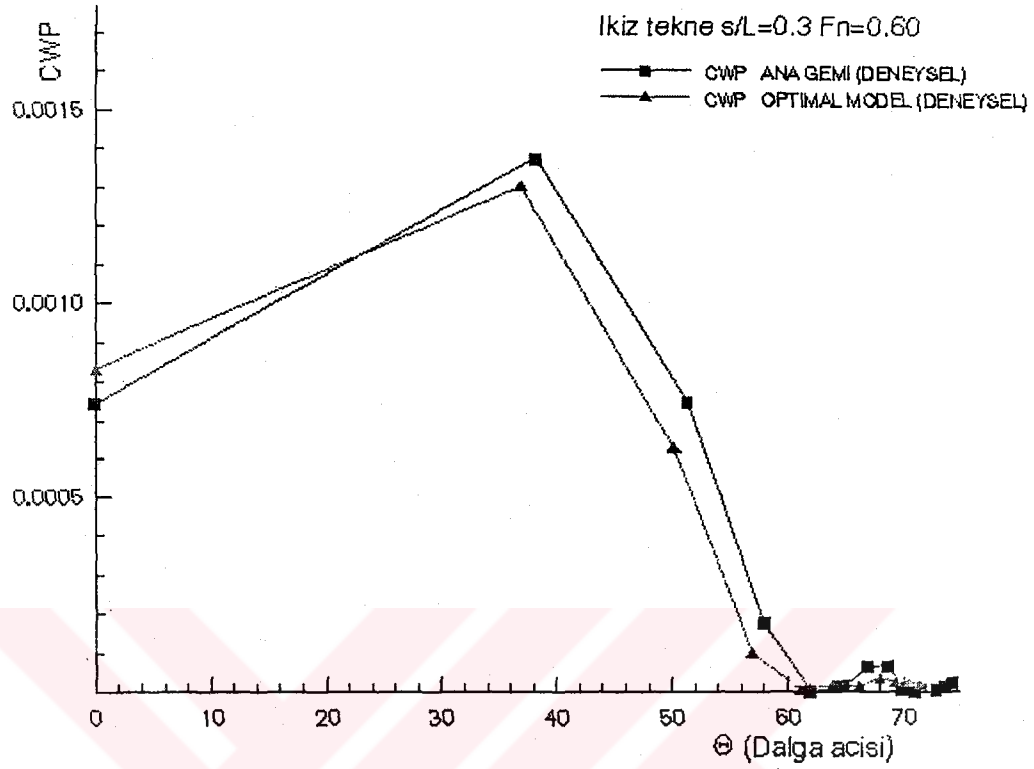
Şekil 5.16 Karşılaştırmalı Dalga form direnç katsayısı eğrileri



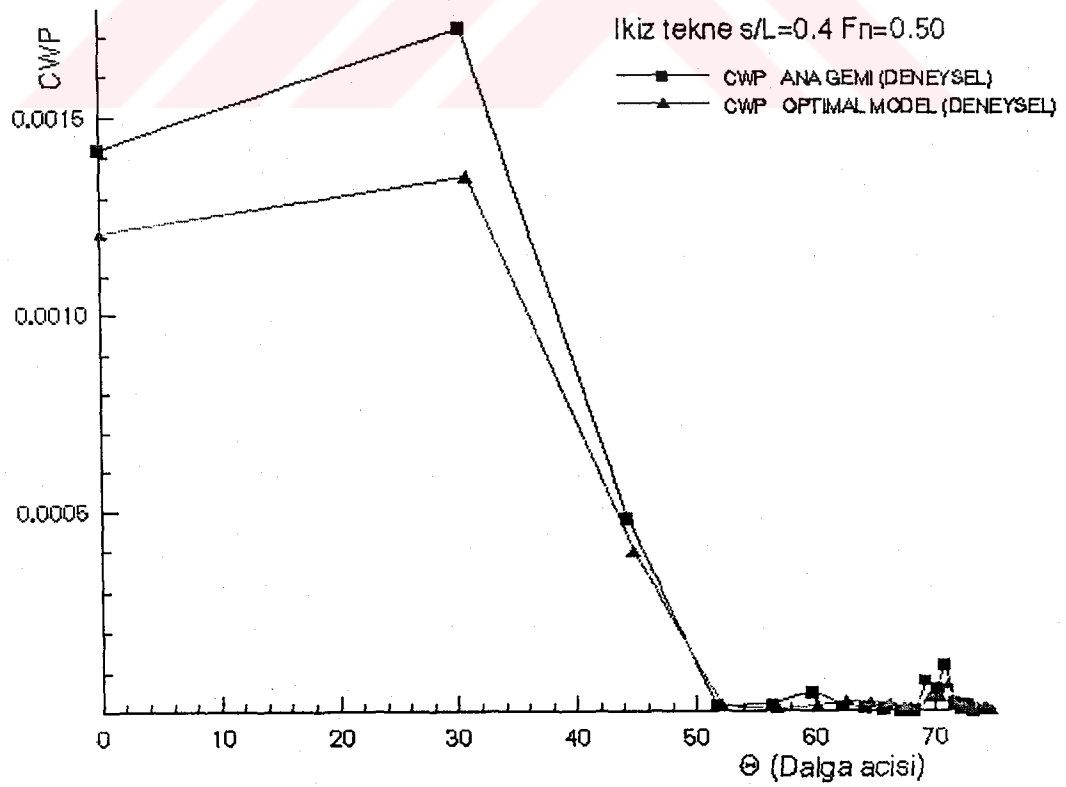
Şekil 5.17 Karşılaştırmalı Dalga form direnç katsayısı eğrileri



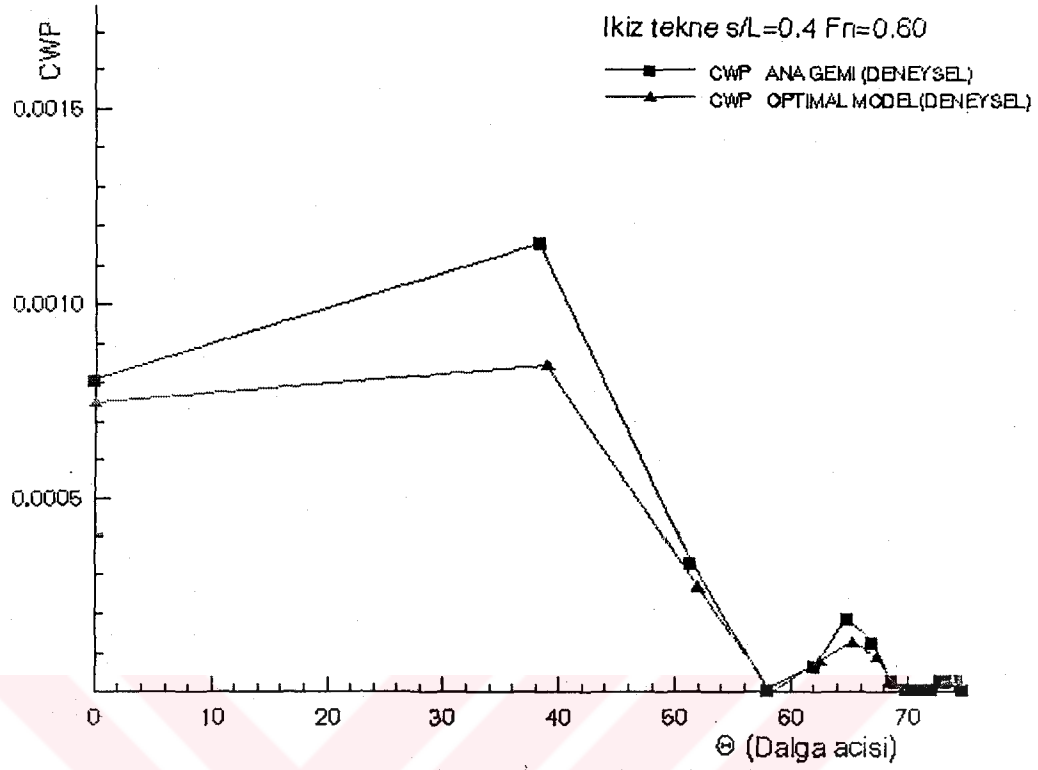
Şekil 5.18 Karşılaştırmalı Dalga form direnç katsayısı eğrileri



Şekil 5.19 Karşılaştırmalı Dalgı form direnç katsayısı eğrileri

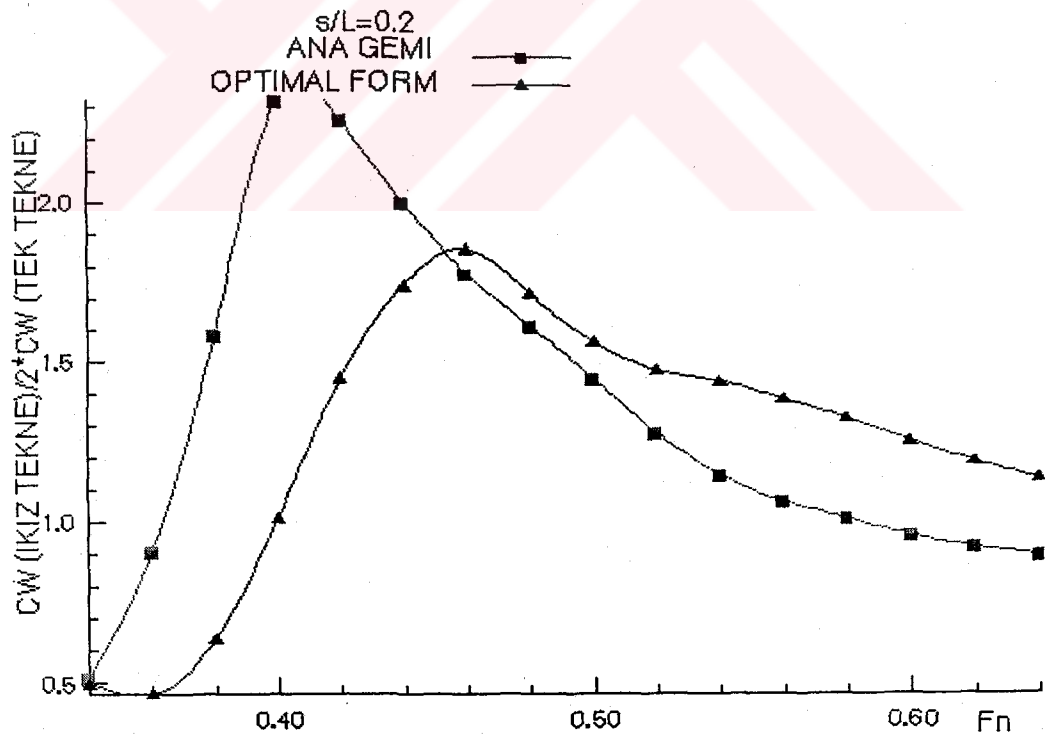


Şekil 5.20 Karşılaştırmalı Dalgı form direnç katsayısı eğrileri

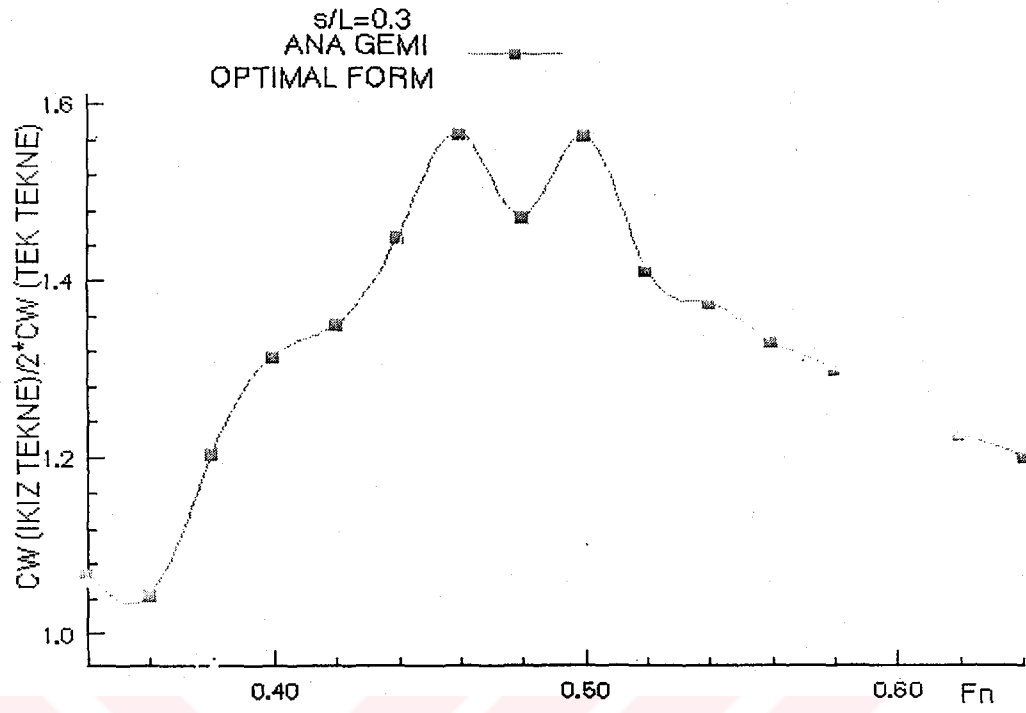


Şekil 5.21 Karşılaştırmalı Dalga form direnç katsayısı

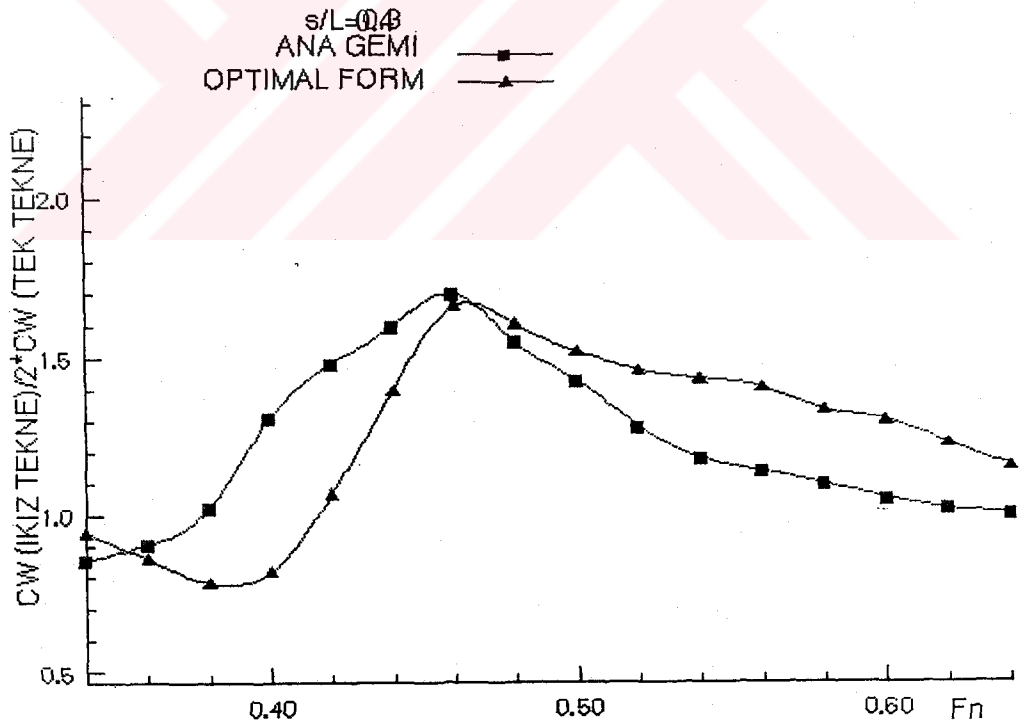
eğrileri



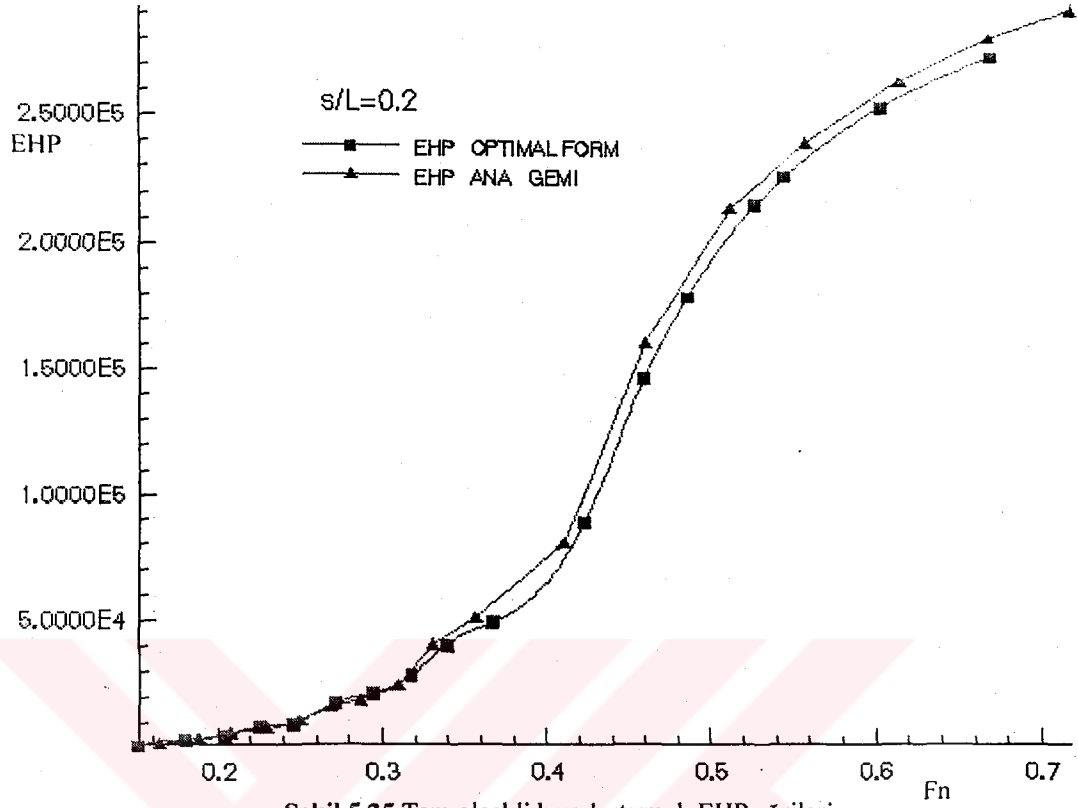
Şekil 5.22 Karşılaştırmalı Girişim Direnç oranı eğrileri



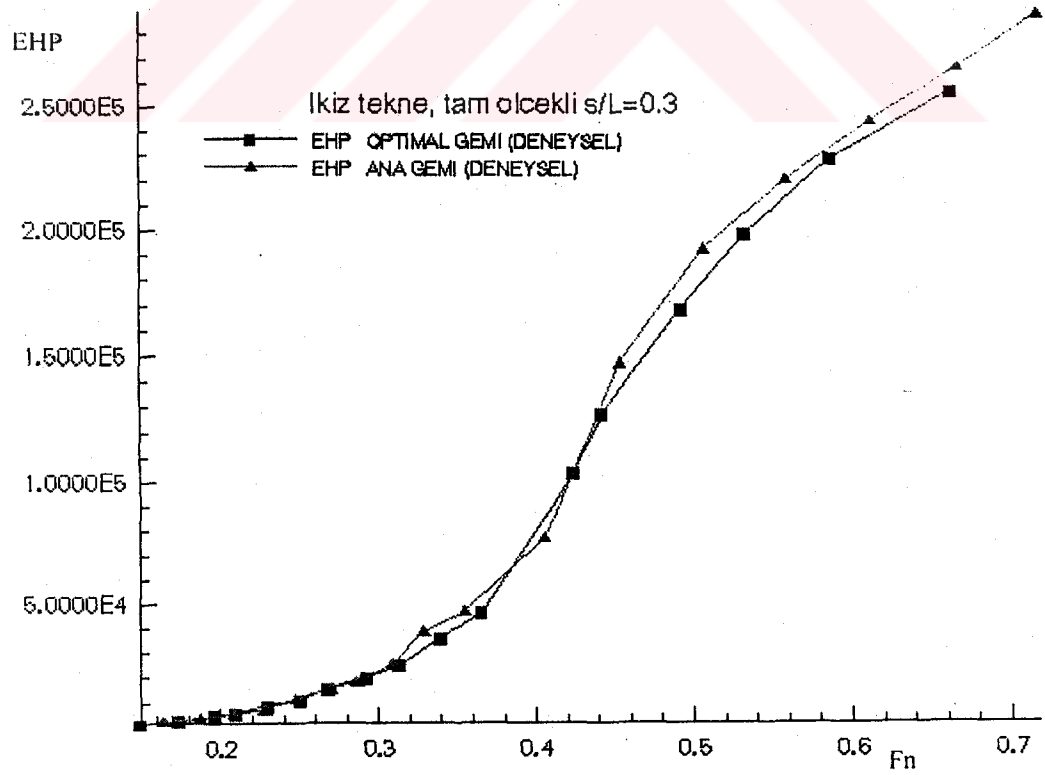
Şekil 5.23 Karşılaştırmalı Girişim Direnç oranı eğrileri



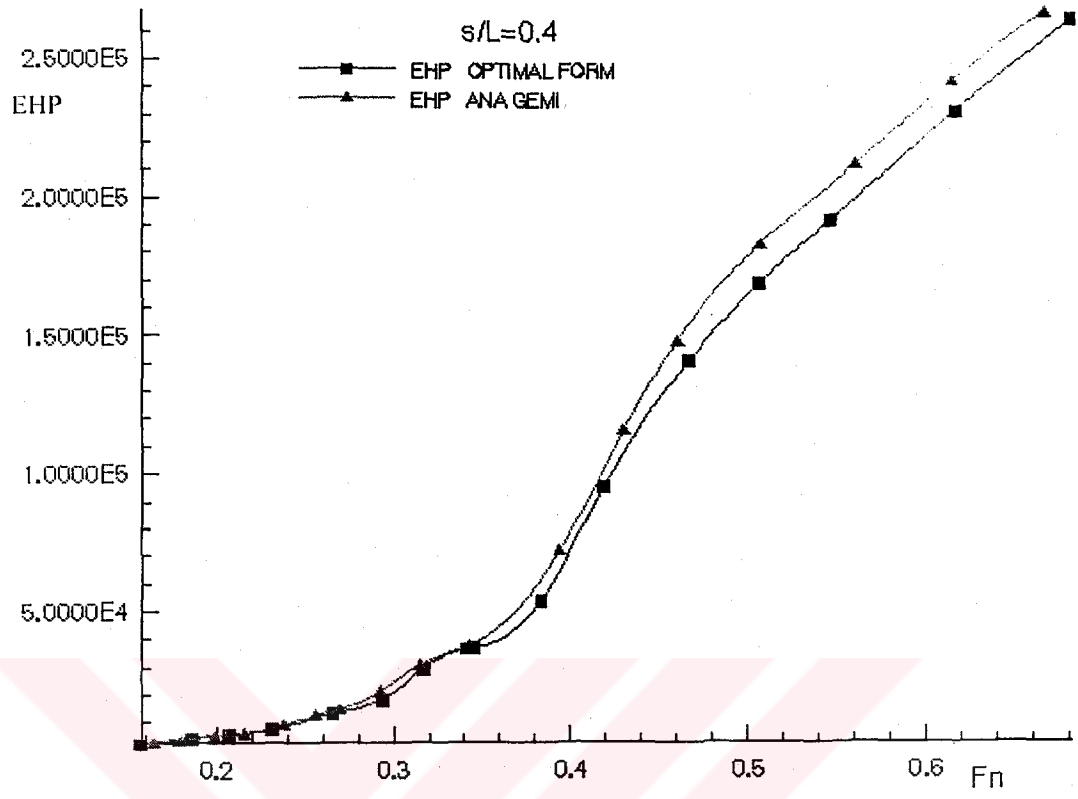
Şekil 5.24 Karşılaştırmalı Girişim Direnç oranı eğrileri



Şekil 5.25 Tam ölçekli karşılaştırmalı EHP eğrileri



Şekil 5.26 Tam ölçekli karşılaştırmalı EHP eğrileri



Şekil 5.27 Tam ölçekli karşılaştırmalı EHP eğrileri

BÖLÜM 6

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada ikiz teknelerin direnç karakteristikleri incelenmiş ve toplam direnci minimize etmeye yönelik bir prosedür ortaya konmuştur. Matematiksel programlama ile yapılan optimizasyondan elde edilen direnç azaltımı sayısal olarak hesap edilmiş ve bunu kanıtlamaya yönelik ikiz tekne direnç deneyleri yapılmıştır.

Deney sonuçları ve sayısal sonuçlar karşılaştırmalı olarak Bölüm 5'te grafik olarak verilmiştir. Bu grafiklere bakarak sayısal hesapta beklenen direnç indirgenmesinin bütün s/L oranları için yaklaşık olarak deneylerle kanıtlandığı söylenebilir. Geliştirilen yöntemle elde edilen yeni formun deneysel analizlerinden, bu formun girişim direncini istenildiği kadar düşürmediği söylenebilir (Şekil 5.13-5.21). Fakat bunun yanında deneysel bir gözlem olarak da şu irdeleme yapılabilir; en dar aralık olan s/L oranı 0.2 için 0.70 Froude sayısında ana gemide eş tekneler arasında jet akımı oluşurken aynı koşullar arasında optimal modellerde görülmemiştir. Bu da göstermektedir ki oluşan girişim dalgasının yüksekliği optimal modelde ana gemiye göre daha düşüktür ve bu yüzden jet akımı oluşmamaktadır. En temel yaklaşımla dalga direncinin, dalga yüksekliğinin karesiyle doğru orantılı olduğu düşünülürse girişim dalga direncinin düştüğü söylenebilir. Bu da deney sonuçlarına, dalga formu direncinin düşmesi ve böylelikle toplam direncin de azalması olarak yansımıştır. Optimizasyon çalışması ile $s/L=0.2$ ve $Fn=0.6$ için elde edilen %4 lük toplam direnç düşümü deneylerle kanıtlanmıştır. Bu hal için direnç düşüm oranı $Fn=0.425$ 'te %13'lere çıkmaktadır. Bu da bize göstermektedir ki Froude sayısı arttıkça optimizasyon ile sağlanan direnç düşümü azalmaktadır. Ama yüksek süratli teknelerde yakıt tüketimi hız arttıkça çok yüksek bir mertebeye ulaştığı için yüksek süratlerde %5'lik bir direnç düşümü teknenin ekonomikliği açısından başarı sayılabilir.

Sonuç olarak teorik ikiz tekne form optimizasyonu ile elde edilen sonuçların deneysel olarak da gösterilmesi sayesinde, ortaya konulan bu çalışma, matematiksel

programlama yöntemiyle form optimizasyonu prosedürünün yüksek süratli ikiz teknelere de uygulanabileceğini ve form optimizsyon sürecinin dizayn aşamalarından biri olarak kabul edilebileceğini göstermiştir.



KAYNAKLAR

- DAY,A.H.,DOCTORS,L.J.(1996)**, “Minimal-Resistance Hullforms for High-Speed Craft”,The Royal Istitution of Naval Architects, Australia, pp1-17.
- DOCTORS,L.J., DAY,A.H.(1995)**, Hydrodynamically Optimal Forms for River Ferries, International Symposium on High-Speed Vessels for Transport and Defence, Australia, pp 1-20.
- DOCTORS, L.J.,RENILSON,M.R.(1993)**, The Influence of Demihull Separation and River Banks on the Resistance of a Catamaran, FAST’ 93, Australia, pp 1-14.
- .HSIUNG,C.C., XU,H.(1989)**, Determining Optimal Forms of a Catamaran for Minumum Resistance by the Mathematical Programming Method, Schiffsteknik Bd. 35.
- İNSEL,M.(1990)**, An Investigation into the Resistance Components of High Speed Displacement Catamarans, PhD thesis of Universty of Southhampton, Faculty of Engineering and Applied Science, Department of Ship Science, England
- LUNDE,J.K.(1951)**, On the Linearized Theory of Wave Resistance for Displacement Ships in Steady and Accelerated Motion, SNAME Transactions, Vol 59, pp 25-76
- CALISAL,S.M.,GÖREN,Ö.,ROHLING.F.G(1987)**, A Study of the Feasibility of Side Bulbs for the Pacific Fishing Fleet, U.B.C. report , Canada.
- GÖREN,Ö., CALISAL,S.M.(1988)**, Optimal Hull Forms for Fishing Vessels, SNAME, Spring Meeting, Star Symposium, Pittsburgh, pp 41-54.

GÖREN,Ö.,HELVACIOĞLU,Ş.,İNSEL,M.(1997), Bow Form Optimization of Displacement Ships by Mathematical Programming, Ship Technology Research, pp 80-87, Hamburg.

SIDI,A.(1982), The Numerical Evaluation of Very Oscillating Infinte Integrals by Extrapolation, Mathematics of Computation, Volume 38, Number 158, pp 517-529

Nutku,A(1968), Katamaran Otomobil Ferisi, Gemi Mecmuası, sayı 30.



ÖZGEÇMİŞ

18 Eylül 1973 tarihinde Mardin-Ömerli’de doğan D. Bülent DANIŞMAN ilk ve orta öğrenimine Türkiye’nin çeşitli bölgelerinde devam ettikten sonra lise öğrenimini 1990 yılında Antalya Lisesi’nde tamamlamış ve aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, Gemi İnşaatı Bölümünü kazanmıştır. Bu bölümden 1995 Haziran’ da mezun olup yine aynı yılın Aralık ayında mezun olduğu bölümün Gemi Hidromekaniği anabilimdalında araştırma görevlisi olarak çalışmaya başlamıştır. Aynı yıl başladığı yüksek lisans eğitimi tamamlanmak üzeredir.

