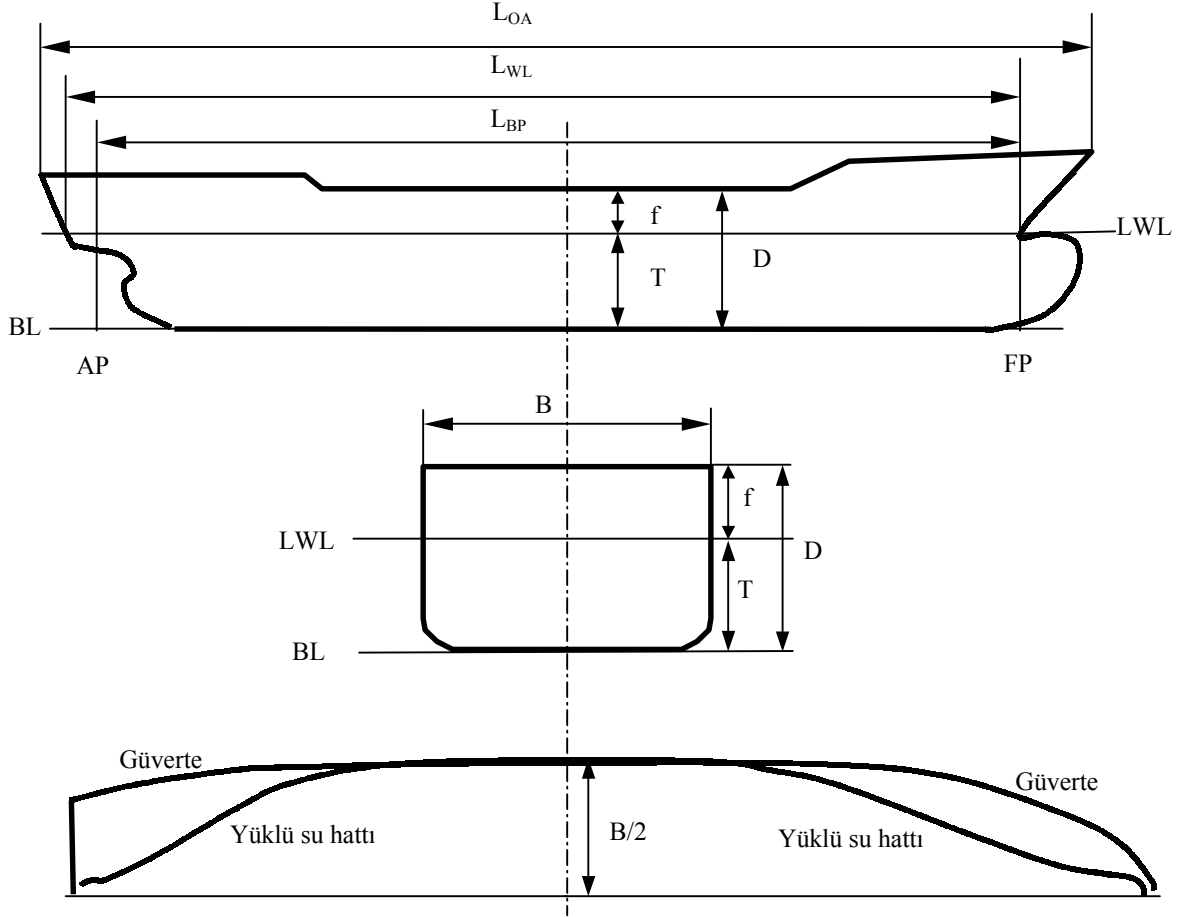


BÖLÜM 4. GEMİ GEOMETRİSİ

4.1. Genel Geometrik Tanımlar

Gemi geometrisini tanımlamada kullanılan genel tanımlar aşağıdaki şekilde görülmektedir.



Şekil 4.1. Genel geometrik tanımlar

Baş Dikey – Baş kaime – Fore Peak (FP) : Gemi baş bodaslaması ile dizayn su hattının kesiştikleri noktadan dizayn su hattına dik olarak geçen düşey doğru.

Kıç Dikey – Kıç kaime – Aft Peak (AP) : Dümen rodu eksenine ile dizayn su hattının kesiştiği noktadan dizayn su hattına dik olarak geçen düşey doğru.

Mastori – Midships (⊗) : Baş ve kıç dikeyler arası uzaklığın ortası.

Orta Simetri Düzlemi – Centreplane (CL) : Gemiye boyuna yönde sancak ve iskele olarak iki simetrik parçaya bölen düzlem.

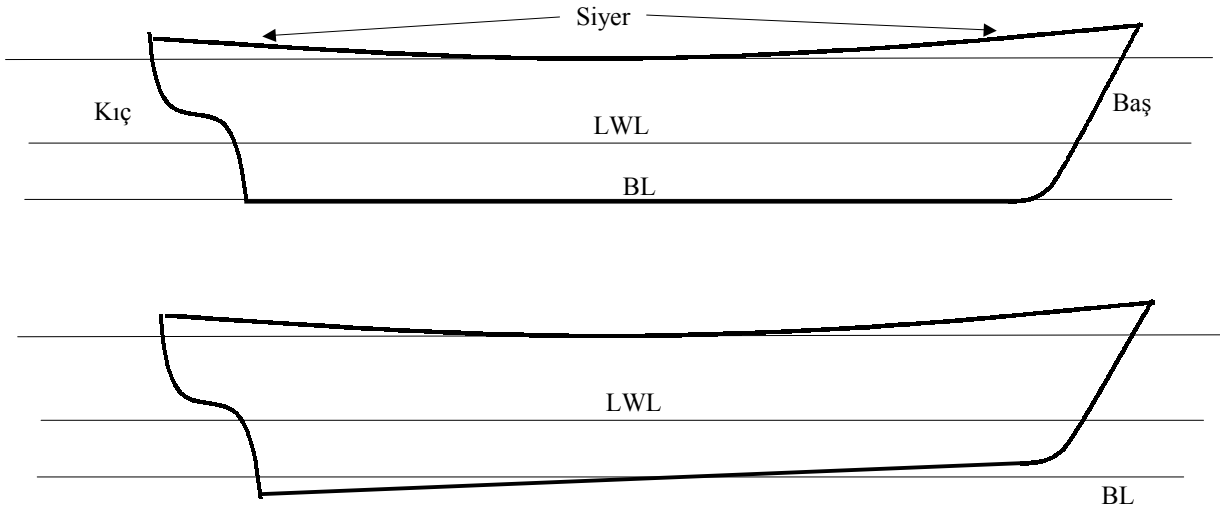
Temel Hattı – Kaide Hattı – Baseline (BL) : Gemi boyunca dip kaplaması ile simetri düzleminin kesiştiği hat. Bu genellikle yatay bir doğru olmakla birlikte balıkçı gemisi veya romorkör gibi kıçta büyük bir pervane yuvasına sahip olması gereken gemi tiplerinde kıçta eğimli olabilir.

Orta Kesit - Midship Section : Gemi boyunca en büyük alana sahip kesittir. Genellikle bu kesit gemi ortasında yani mastoride yer alır ancak bazı hallerde daha kıçta veya çok daha nadir olarak başa kaymış olabilir.

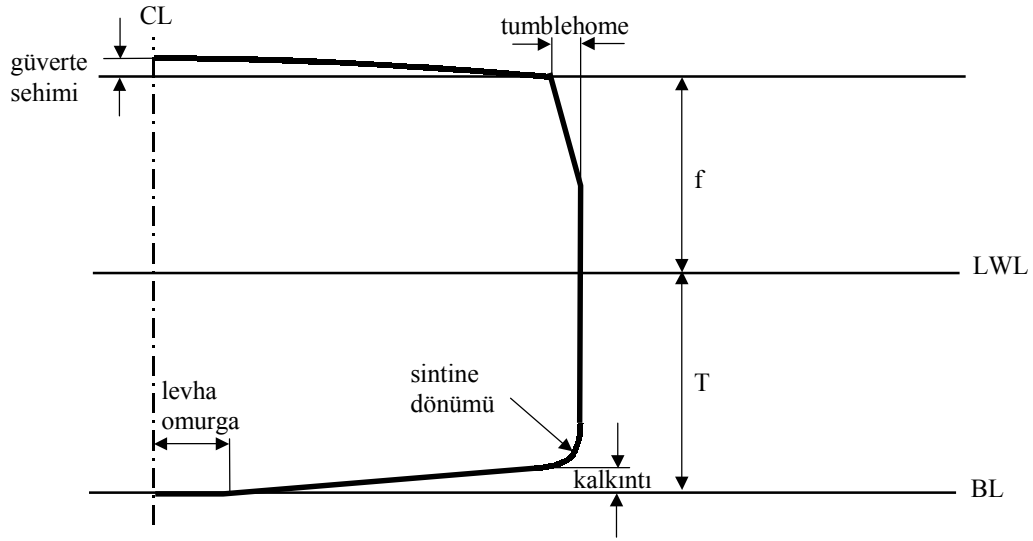
Şiyer Hattı – Sheer Line : Gemi ana güverte profilinin orta simetri düzlemi üzerindeki izdüşümüdür. Şiyerin en düşük noktası genellikle mastoridedir ve özellikle başa doğru şiyer profili artar. Modern gemilerde şiyer hattı daha nadir olarak kullanılmaktadır.

Güverte Sehimisi – Deck Camber : Gemi ana güvertesi üzerinde bordadan orta simetri düzlemine doğru ölçülen yükseklik farkıdır. Standard bir değer olarak gemi genişliğinin 1/50'si alınabilir.

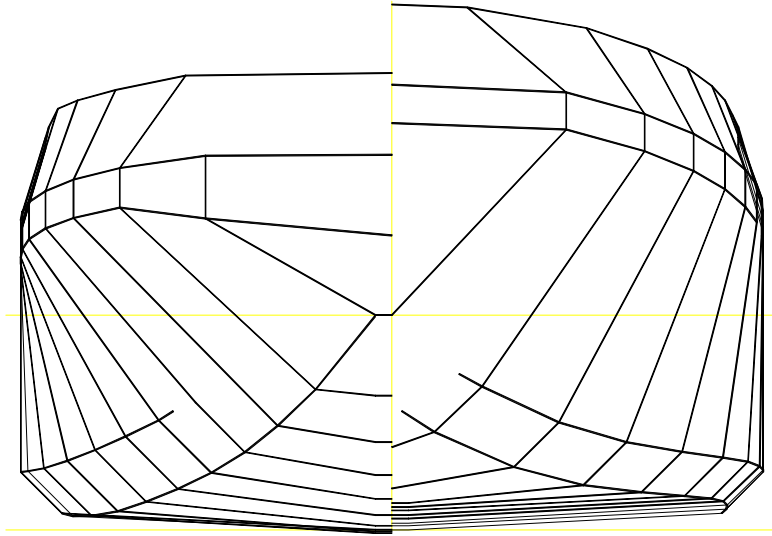
Paralel Gövde – Parallel Body (L_P) : Gemi ortasında orta kesidin hiçbir değişikliğe uğramadan uzandığı bölgedir.



Şekil 4.2. Trimsiz ve trimli durum



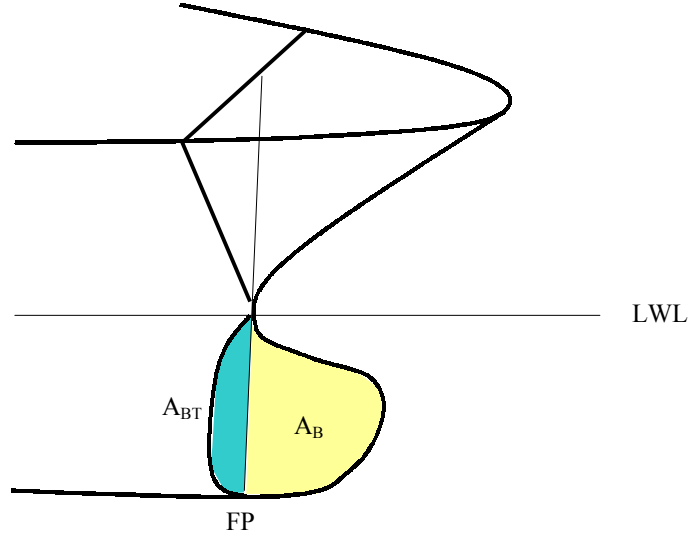
Şekil 4.3. Enine kesit karakteristikleri



Şekil 4.4. Bir romorkörün çeneli hatları

Yumru Baş Alanı (A_{BL}) : Yumru başın orta simetri düzlemi üzerindeki izdüşüm alanı.

Yumru Baş Kesit Alanı (A_{BT}) : Yumru başın baş dikeydeki enine kesit alanı.



Şekil 4.5. Yumru baş tanımlama unsurları

4.2. Ana Boyutlar

Tam Boy – Length Overall (L_{OA}) : Geminin başta ve kıçta en uç noktaları arasındaki yatay uzaklıktır.

Dikeyler Arası Boy – Length Between Perpendiculars (L_{BP}) : Baş ve kıç dikeyler arasındaki yatay uzaklıktır.

Su Hattı Boyu – Length of Waterline (L_{WL}) : Geminin dizayn su hattında yüzerken başta ve kıçta su ile temas eden en uç noktaları arasındaki yatay uzaklıktır.

Batık Boy – Length Overall Submerged (L_{OS}) : Geminin dizayn su hattı altında kalan kısmında başta ve kıçta en uç noktalar arasındaki yatay uzaklık olup yumrubaşlı gemilerde önem kazanan bir boy değeridir.

Paralel Gövde Boyu – Parallel Body Length (L_P) : Gemi ortasında orta kesidin hiçbir değişikliğe uğramadan uzandığı bölge boyu.

Su Çekimi – Draught (T) : Geminin temel hattı ile yüzdüğü su hattı arasındaki düşey uzaklıktır. Bu değer trimin mevcut olması durumunda gemi boyunca değişken olabilir.

Kalp Genişliği – Moulded Breadth (B_M) : Geminin en geniş kesidinde sancak ve iskele bordalar arasındaki yatay uzaklıktır.

Su Hattı Genişliği – Breadth of Waterline (B_{WL}) : Geminin yüzdüğü su hattında ve en geniş kesidinde sancak ve iskele bordalar arasındaki yatay uzaklıktır.

Derinlik – Depth (D) : Gemi ortasında temel hattı ile ana güverte arasındaki düşey uzaklıktır.

Fribord – Freeboard (f) : Gemi ortasında dizayn su hattı ile ana güverte arasındaki düşey uzaklıktır. Fribord derinlik ile su çekimi arasındaki farka eşittir.

4.3. Tekne Formu ve Form Katsayıları

Bir geminin inşa ve işletim maliyetleri, taşıma kapasitesi, yerleşim özellikleri, sevk karakteristikleri, hız, stabilite, enine ve boyuna mukavemet ve yapısal dizayn özellikleri gibi temel tekno-ekonomik performans karakteristiklerini etkileyen en önemli elemanı tekne boyutları ve formudur.

Üç boyutlu tekne formunu iki boyutlu kağıt düzlemine aktarabilmek üzere form veya endaze planı denilen üç adet iki boyutlu düzlemden oluşan bir plandan yararlanır. Form planını oluşturan iki boyutlu düzlemler şunlardır:

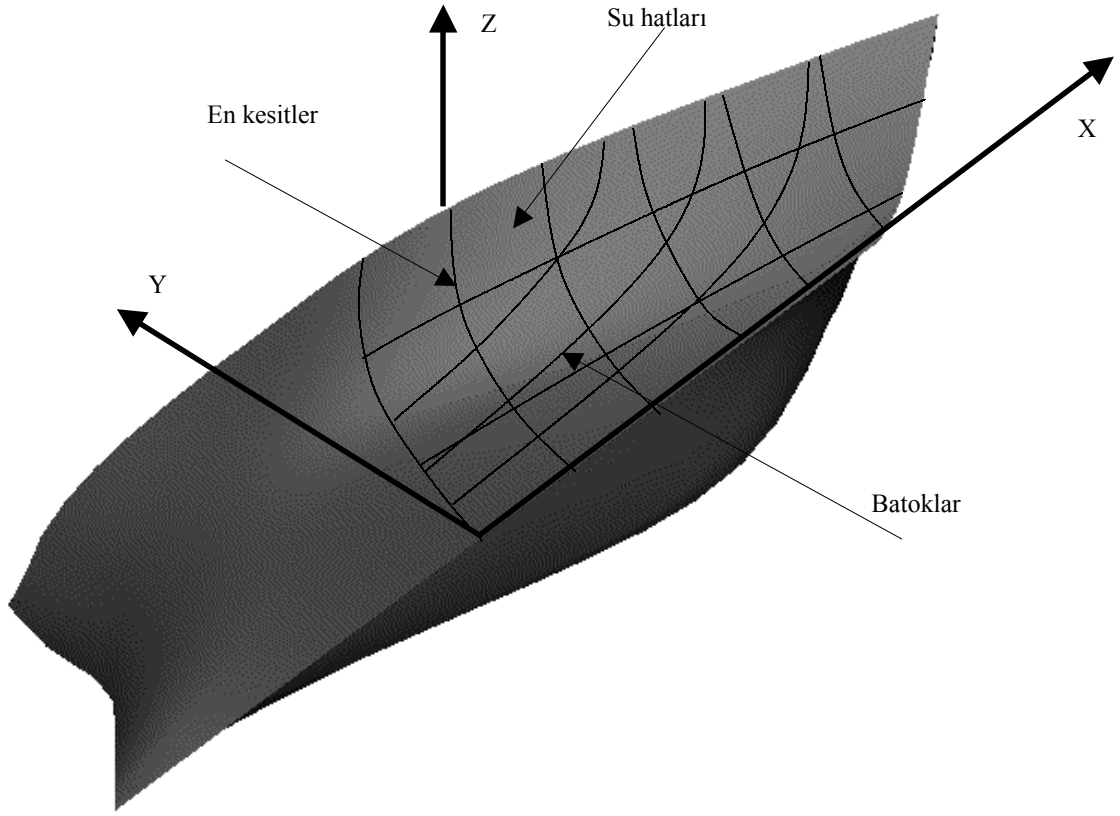
1. Geminin boy yönünde orta keside paralel kesitlerle bölünmesi ile elde edilen enkesit planı
2. Geminin düşey yönde yüklü su hattına paralel kesitlerle bölünmesi ile elde edilen su hatları planı
3. Geminin iskele veya sancak yönünde orta simetri düzlemine paralel kesitlerle bölünmesi ile elde edilen batok eğrileri ve profil planı.

Üç boyutlu düzgünlüğe sahip bir tekne formuna ait her üç plandaki iki boyutlu eğriler de düzgün olacaktır. Form planında herbir su hattı, batok ve enkesit için tek bir kesim noktası bulunabileceğine göre bu kesim noktasının temel hattına, orta simetri düzlemine ve gemi ortasına uzaklıkları her üç planda da aynı olmalıdır. Bu durum **Şekil 4.6'** da gösterilmektedir.

Tekne form eğrilerinin çiziminde elastik tirizler kullanılır. Bu tirizler üstlerine konan ağırlıkların etkisi altında potansiyel enerjilerini minimum yapacak sürekli bir form alırlar. İdeal olarak eğri üzerinde koordinatları bilinen herbir nokta üzerine bir ağırlık konmalıdır. Eldeki ofset sayısının fazla olması eğrilerin daha duyarlı olarak çizilmesini sağlayacaktır. Genellikle kesit sayısı 21'den, su hattı sayısı 6'dan ve batok sayısı 4'den az olmayacak şekilde seçilir.

Çok özel haller dışında gemi tekne formlarında sancak-iskele simetrisi bulunduğundan enkesit ve su hattı planlarında sadece iskele veya sancak taraf çizilir. Geleneksel olarak enkesit planında gemi ortasından başa doğru olan kesitler sağa, gemi ortasından kıçta doğru kesitler ise sol tarafa çizilir. Su hattı planında ise sadece iskele su hatları çizilir.

Gemi formunu tanımlamak üzere baş ve kıç dikeyler arası belirli sayıda aralığa ayrılır (tipik 20 aralık). Gemi formunun hızlı değişim gösterdiği baş ve kıç nihayetlerde ara kesitler alınması yaygındır. Herbir keside ait su hattı yarı genişlikleri ofset değeri olarak adlandırılır ve bu değerlerle gemi tekne formunu tanımlayan bir ofset tablosu oluşturulur. Tipik bir balıkçı gemisine ait form planı **Şekil 4.7'**de görülmektedir.



Şekil 4.6. Üç boyutlu tekne formu ve kesit düzlemleri

4.3.1. Tekne Form Katsayıları

Tekne su altı form katsayılarının belirlenmesinde iki temel dizayn eğrisinden yararlanılabilir:

1. En kesit alanları eğrisi
2. Yüklü su hattı eğrisi

En kesit alanları eğrisi her kesitin yüklü su hattına kadar alanlarının gemi boyunca çizilmesi ile elde edilebilir. Yüklü su hattı eğrisi ise her kesidin yüklü su hattı genişliklerinin (veya yarı genişliklerin) plot edilmesi ile elde edilir. **Şekil 4.8**'te tipik bir yük gemisi için yüklü su hattı ve enkesit alanları eğrileri görülmektedir

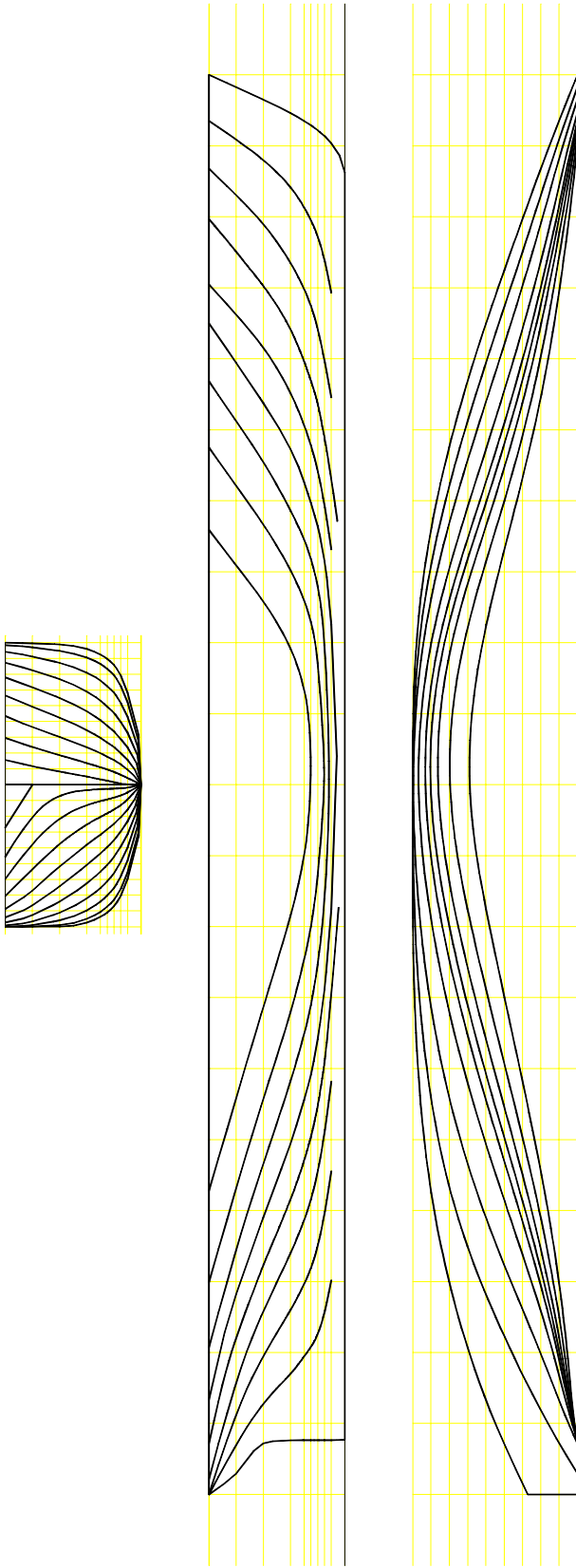
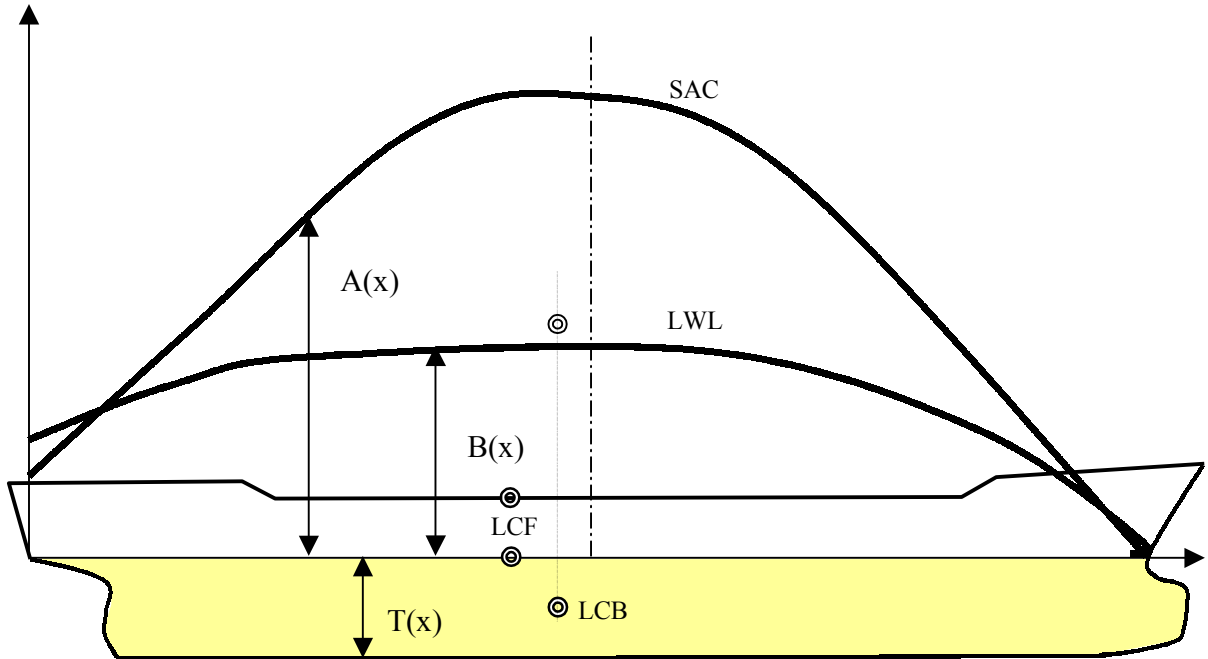


Figure 2.7. Tipik bir form planı

Tablo 4.1. Tipik Ofset Tablosu

İst	Yarı Genişlikler								Ana Güverte		Küpeşte	
	BL 0 m	WL1/2 0.5 m	WL 1 1 m	WL 2 2 m	WL 3 3 m	WL 4 3.8 m	WL 5 5 m	WL 6 6 m	Yükseklik	Yarı Genişlik	Yükseklik	Yarı Genişlik
Ayna	-	-	-	-	-	2140	6650	7550	5700	7350	9450	
0	-	-	-	-	-	3260	6900	7710	5700	7540	9450	
½	-	-	-	-	600	4250	7170	7820	5700	7700	9450	
1	300	-	-	-	2280	5120	7400	7880	5700	7810	9450	
2	300	-	1620	1620	4630	6440	7730	7900	5700	7900	9450	
3	300	1580	3820	3830	6170	7280	7870	7900	5700	7900	9450	
4	370	1740	3200	5500	7120	7730	7900	7900	5700	7900	9450	
5	860	3140	4700	6620	7620	7870	7900	7900	5700	7900	9450	
6	2120	4730	5920	7270	7820	7900	7900	7900	5700	7900	9450	
7	3780	5900	6720	7580	7880	7900	7900	7900	5700	7900	9450	
8	4900	6390	7100	7710	7895	7900	7900	7900	5700	7900	9450	
9	5070	6400	7080	7720	7890	7900	7900	7900	5700	7900	9450	
10	4700	6170	6880	7570	7840	7900	7900	7900	5700	7900	9450	
11	4000	5680	6450	7240	7860	7830	7900	7900	5700	7900	9450	
12	3130	4990	5820	6700	7250	7540	7800	7900	5700	7850	9450	
13	2230	4230	5040	6000	6620	7000	7480	7750	5700	7670	9450	
14	1400	3500	4220	5120	5770	6250	6950	7430	5724	7300	9474	
15	750	2730	3380	4180	4800	5320	6180	6950	5753	6730	9503	7900
16	330	1990	2530	3220	3780	4280	5250	6225	5783	6000	9536	7890
17	130	1380	1830	2400	2850	3260	4150	5320	5812	5100	9575	7730
18	60	920	1320	1730	1960	2170	2930	4190	5841	3970	9623	7270
19	40	550	900	1290	1250	1140	1650	2790	5870	2650	9682	6410
19 ½	40	380	700	1090	1050	610	970	2000	5885	1920	9715	5810
20	40	280	530	900	1000	-	320	1220	5900	1140	9748	5090



Şekil 4.8. En kesit alanları ve yüklü su hattı eğrileri

Yüklü su hattı eğrisi ve enkesit alanları eğrisi gemi kesitlerinin formu hakkında bilgi verebilir. Herhangi bir konumda enkesit alanı değeri ile yüklü su hattı genişliği kesit formunun U veya V formu olduğunu belirtecektir.

Enkesit alanları eğrisi altında kalan alan geminin su altı hacmini (deplasman hacmi) verecektir.

$$\nabla = \int_0^L A(x)dx$$

Burada A(x) gemi boyunca x konumundaki su hattı altındaki en kesit alanını göstermektedir. Buradan blok katsayısı (C_B) ve sephiye merkezinin boyuna konumu (LCB) aşağıdaki formüller yardımı ile elde edilebilir.

$$C_B = \frac{\int_0^{L_{WL}} A(x)dx}{L_{WL} B_{WL} T} = \frac{\nabla}{L_{WL} B_{WL} T} \quad LCB = \frac{\int_0^{L_{WL}} xA(x)dx}{\int_0^{L_{WL}} A(x)dx}$$

Benzer şekilde yüklü su hattı eğrisi altında kalan alan yüklü su hattı alanını verecektir.

$$A_{WP} = \int_0^{L_{WL}} B_{WL}(x)dx$$

Burada B(x) gemi boyunca x konumundaki yüklü su hattı genişliği olup su hattı alan katsayısı (C_{WP}) ve yüzme merkezi (LCF) aşağıdaki formüller ile bulunabilir.

$$C_{WP} = \frac{\int_0^{L_{WL}} B_{WL}(x)dx}{L_{WL} B_{WL}} = \frac{A_{WP}}{L_{WL} B_{WL}} \quad LCF = \frac{\int_0^{L_{WL}} xB_{WL}(x)dx}{\int_0^{L_{WL}} B_{WL}(x)dx}$$

Blok katsayısı gemi su altı tekne formunun ne kadar dolgun olduğunun bir göstergesidir ancak kesit formları aynı zamanda orta kesidin ne kadar dolgun olduğuna da bağlıdır. Orta kesidin dolgunluğunu belirtmek üzere orta kesit alanını (veya maksimum alanı) su hattı genişliği ve gemi ortasındaki su çekimine bölerek elde edilen orta kesit narinlik katsayısı kullanılır.

$$C_M = \frac{A_M}{B_{WL} T}$$

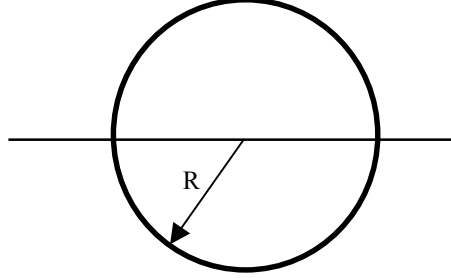
Burada A_M orta kesit alanını göstermektedir. Böylece su altı prizmatik katsayısı aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$C_P = \frac{\nabla}{L_{WL} A_M} = \frac{\nabla}{L_{WL} B_{WL} T C_M} = \frac{C_B}{C_M}$$

Böylece prizmatik katsayı tekne su latı hacminin, taban alanı orta kesit alanı ve yüksekliği gemi su hattı boyu olan silindirin hacmine oranı olmaktadır. Aynı blok katsayısına sahip iki gemiden prizmatik katsayısı küçük olan diğerine nazaran ortada daha dolgun, baş ve kıçta daha narin olacaktır. Benzer bir mantıkla tekne su latı hacminin, taban alanı yüklü su hattı olan su çekimi yüksekliğindeki silindire oranı düşey prizmatik katsayısı verecektir.

$$C_{VP} = \frac{\nabla}{A_{WP}T} = \frac{\nabla}{L_{WL}B_{WL}TC_{WP}} = \frac{C_B}{C_{WP}}$$

Örnek 4.1. Boyu L ve taban yarıçapı R olan bir silindir su çekimi yarıçapa eşit olacak şekilde yüzmektedir. Form katsayılarını bulun.



Blok katsayısı : $C_B = \frac{\nabla}{L_{WL} B_{WL} T} = \frac{A_M L}{L B_{WL} T} = \frac{\frac{\pi R^2}{2}}{2R} = \frac{\pi}{4}$

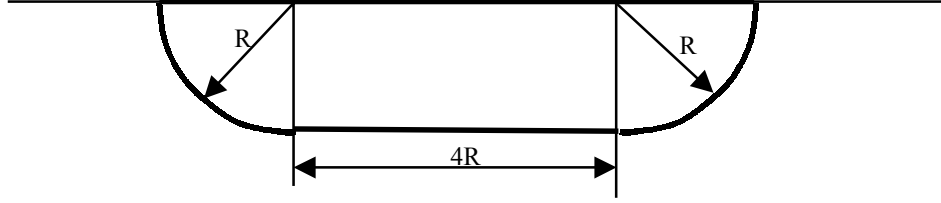
Orta kesit katsayısı : $C_M = \frac{A_M}{B_{WL} T} = \frac{\frac{\pi R^2}{2}}{2R} = \frac{\pi}{4}$

Prizmatik katsayı : $C_P = \frac{C_B}{C_M} = \frac{\pi/4}{\pi/4} = 1$

Su hattı alan katsayısı : $C_{WP} = \frac{A_{WP}}{L_{WL} B_{WL}} = \frac{L \times 2R}{L \times 2R} = 1$

Düşey prizmatik katsayı : $C_{VP} = \frac{C_B}{C_{WP}} = \frac{\pi/4}{1} = \frac{\pi}{4}$

Örnek 4.2. Aşağıda enkesiti verilen L boyunda bir lastik botun form katsayılarını hesaplayın.



Blok katsayısı

$$C_B = \frac{\nabla}{L_{WL} B_{WL} T} = \frac{A_M L}{L B_{WL} T} = \frac{\left(\frac{2\pi R^2}{4} + 4RR\right)L}{(4R + R + R)RL} = \frac{\pi + 8}{12} = 0.928$$

Orta kesit katsayısı

$$: C_M = \frac{A_M}{B_{WL} T} = \frac{\frac{2\pi R^2}{4} + 4RR}{(4R + R + R)R} = \frac{\pi + 8}{12} = 0.928$$

Prizmatik katsayı

$$: C_P = \frac{C_B}{C_M} = 1$$

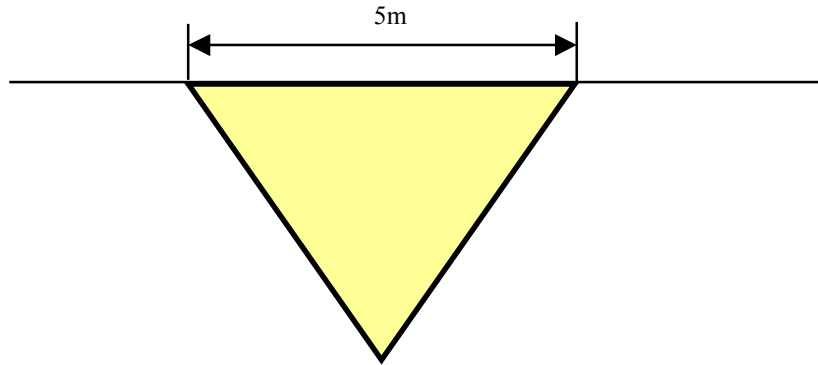
Su hattı alan katsayısı

$$: C_{WP} = \frac{A_{WP}}{L_{WL} B_{WL}} = \frac{6RL}{6RL} = 1$$

Düşey prizmatik katsayı

$$: C_{VP} = \frac{C_B}{C_{WP}} = \frac{0.928}{1} = 0.928$$

Örnek 4.3. Aşağıda enkesiti verilen L boyunda eşkenar üçgen şeklindeki dubanın form katsayılarını hesaplayın.



$$\text{Blok katsayısı} \quad : C_B = \frac{\nabla}{L_{WL} B_{WL} T} = \frac{A_M L}{L B_{WL} T} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 5 \cdot \frac{5\sqrt{3}}{2} L}{5 \cdot \frac{5\sqrt{3}}{2} L} = 0.5$$

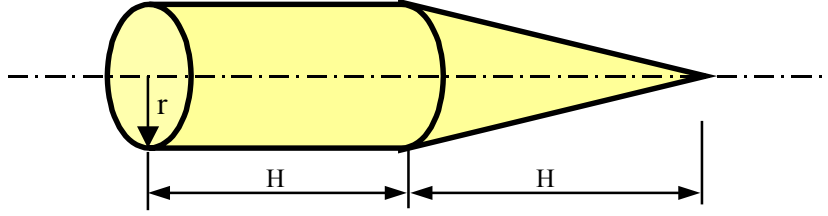
$$\text{Orta kesit katsayısı} \quad : C_M = \frac{A_M}{B_{WL} T} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 5 \cdot \frac{5\sqrt{3}}{2}}{5 \cdot \frac{5\sqrt{3}}{2}} = 0.5$$

$$\text{Prizmatik katsayı} \quad : C_P = \frac{C_B}{C_M} = 1$$

$$\text{Su hattı alan katsayısı} \quad : C_{WP} = \frac{A_{WP}}{L_{WL} B_{WL}} = \frac{LB}{LB} = 1$$

$$\text{Düşey prizmatik katsayı} \quad : C_{VP} = \frac{C_B}{C_{WP}} = \frac{0.5}{1} = 0.5$$

Örnek 4.4. Aşağıda profil kesiti verilen ve bir dairesel silindir ve koniden oluşan dubanın orta simetri eksenine su hattı olacak şekilde yüzmesi durumunda form katsayılarını hesaplayın.



Blok katsayısı : $C_B = \frac{\nabla}{L_{WL} B_{WL} T} = \frac{A_M L}{L B_{WL} T} = \frac{\frac{1}{2} \pi r^2 H + \frac{1}{6} \pi r^2 H}{2H \times 2r \times r} = \frac{\frac{2}{3} \pi r^2 H}{4r^2 H} = \frac{\pi}{6}$

Orta kesit katsayısı : $C_M = \frac{A_M}{B_{WL} T} = \frac{\frac{1}{2} \pi r^2}{2r^2} = \frac{\pi}{4}$

Prizmatik katsayı : $C_P = \frac{C_B}{C_M} = \frac{\pi/6}{\pi/4} = \frac{2}{3}$

Su hattı alan katsayısı : $C_{WP} = \frac{A_{WP}}{L_{WL} B_{WL}} = \frac{2Hr + Hr}{4Hr} = \frac{3}{4}$

Düşey prizmatik katsayı : $C_{VP} = \frac{C_B}{C_{WP}} = \frac{\pi/6}{3/4} = \frac{2\pi}{9}$

Sepiye merkezinin boyuna konumu : $LCB = \frac{M}{\nabla} = \frac{\frac{1}{2} \pi r^2 H \frac{H}{2} - \frac{1}{6} \pi r^2 H \frac{H}{3}}{\frac{2}{3} \pi r^2 H} = \frac{7H}{24}$

Yüzme merkezinin boyuna konumu : $LCF = \frac{M}{A_{WP}} = \frac{2Hr \frac{H}{2} + Hr \frac{H}{3}}{4Hr} = \frac{H}{3}$

Örnek 4.5. Su hattı boyu 60 metre, genişliği 10 metre ve su çekimi 4.5 metre olan bir geminin form katsayıları $C_B=0.52$, $C_M=0.72$ ve $C_{WP}=0.63$ olarak verilmektedir. Geminin tam ortasına sonradan 15 metre boyunda bir paralel gövde eklenmektedir. Su çekiminin değişmediğini varsayarak yeni form katsayılarını bulun.

$$\nabla_0 = L_{WL} B_{WL} T C_B = 60 \times 10 \times 4.5 \times 0.52 = 1404 \text{ m}^3$$

$$\nabla = \nabla_0 + 15 \times B_{WL} T C_M = 1404 + 15 \times 10 \times 4.5 \times 0.72 = 1890 \text{ m}^3$$

$$C_B = \frac{\nabla}{L_{WL} B_{WL} T} = \frac{1890}{75 \times 10 \times 4.5} = 0.56$$

$$C_M = 0.72 \text{ (değişmiyor)}$$

$$C_P = \frac{C_B}{C_M} = \frac{0.56}{0.72} = 0.7777$$

$$C_{VP} = \frac{C_B}{C_{WP}} = \frac{0.56}{0.704} = 0.795$$

Örnek 4.6. Temel geometrik özellikleri aşağıda verilen gemiye ait form katsayılarını hesaplayın.

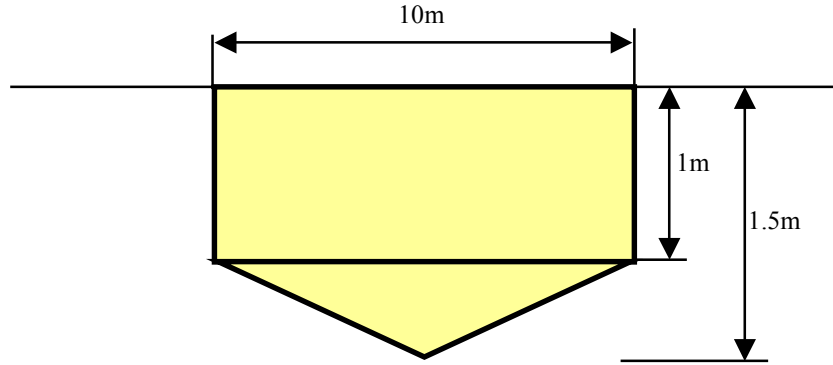
Su hattı boyu	L_{WL}	200 m
Su hattı genişliği	B_{WL}	22 m
Su çekimi	T	7 m
Prizmatik katsayı	C_P	0.75
Yüklü su hattı alanı	A_{WP}	3500 m ²
Deplasman tonajı	Δ	23000 t
Deniz suyu yoğunluğu	ρ	1.025 t/m ³

$$C_B = \frac{\nabla}{L_{WL} B_{WL} T} = \frac{\Delta}{L_{WL} B_{WL} T \rho} = \frac{23000}{200 \times 22 \times 7 \times 1.025} = 0.729$$

$$C_{WP} = \frac{A_{WP}}{L_{WL} B_{WL}} = \frac{3500}{200 \times 22} = 0.795$$

$$C_M = \frac{C_B}{C_P} = \frac{0.729}{0.75} = 0.972$$

Örnek 4.7. Enkesiti şekilde gösterilen 100 metre boyunda sabit kesitli dubanın form katsayılarını bulun.



$$\text{Orta kesit alanı} \quad : \quad A_M = 10 \times 1 + \frac{1}{2} \times 10 \times 0.5 = 12.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Orta kesit alan katsayısı} \quad : \quad C_M = \frac{A_M}{B_{WL} T} = \frac{12.5}{10 \times 1.5} = 0.833$$

$$\text{Deplasman hacmi} \quad : \quad \nabla = A_M L_{WL} = 100 \times 12.5 = 1250 \text{ m}^3$$

$$\text{Blok katsayısı} \quad : \quad C_B = \frac{\nabla}{L_{WL} B_{WL} T} = \frac{1250}{100 \times 10 \times 1.5} = 0.833$$

$$\text{Prizmatik katsayı} \quad : \quad C_P = \frac{C_B}{C_M} = \frac{0.833}{0.833} = 1$$

$$\text{Su hattı alanı katsayısı} \quad : \quad C_{WP} = \frac{A_{WP}}{L_{WL} B_{WL}} = \frac{100 \times 10}{100 \times 10} = 1$$

Örnek 4.8. Yoğunluğu ρ_1 olan sudan yoğunluğu ρ_2 olan suya geçen bir geminin fribordundaki değişim miktarını bulun.

Geminin su çekimindeki değişim miktarı x olsun. Bu durumda

$$x \rho_2 A_{WP} = (\rho_1 - \rho_2) \nabla$$

yazılabilir. Buradan

$$x \rho_2 L B C_{WP} = (\rho_1 - \rho_2) L B T C_B \quad \Rightarrow \quad x = \frac{C_B}{C_{WP}} \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_2} T$$