

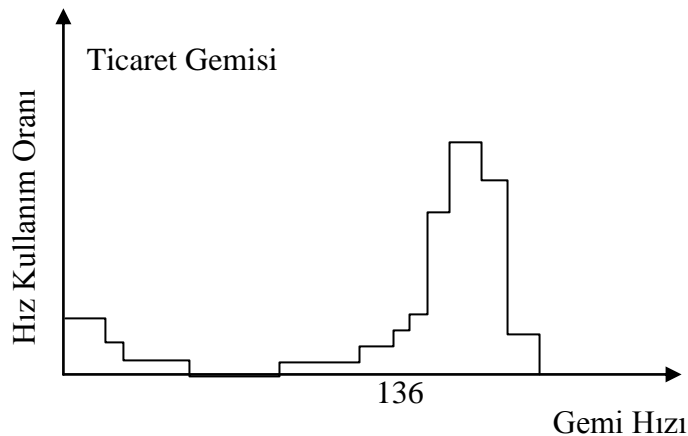
## 11. PERVANE DİZAYNI

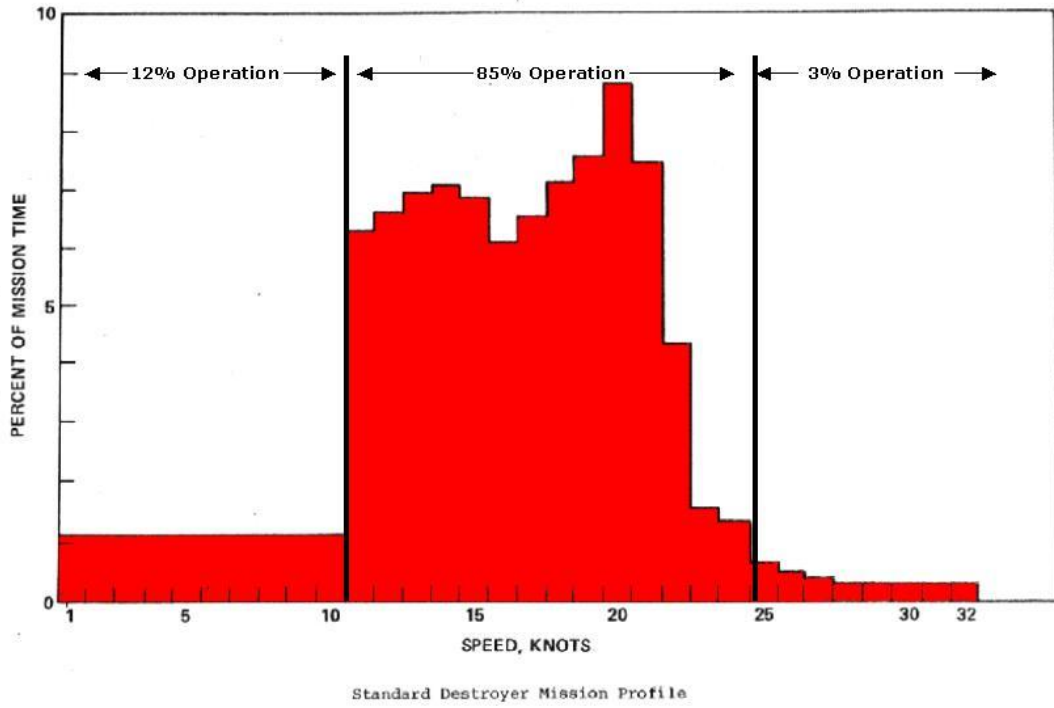
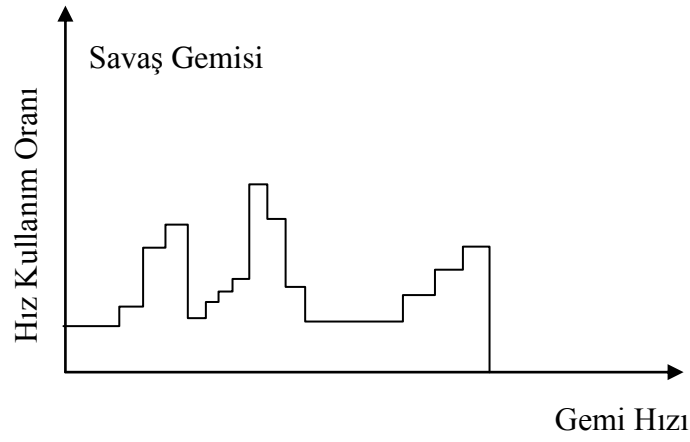
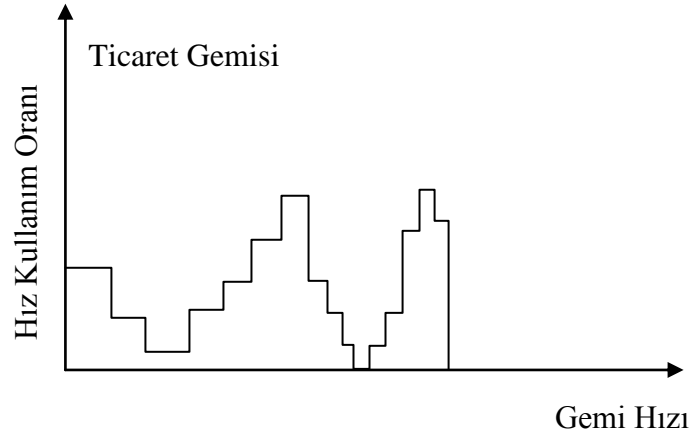
Pervane dizaynında amaç, minimum güç gereksinimine karşılık maksimum verimle çalışacak optimum pervane geometrisinin belirlenmesidir. Bu gerçekleştirilirken aynı zamanda pervanenin mukavemet açısından yeterli olması, en az kavitasyon göstermesi ve en az tekne titreşimine neden olması istenilir.

Dizayn edilecek pervanenin performans karakteristiklerini belirleyecek temel parametreler;  $P_D$  pervaneye verilen güç,  $N$  pervane devri ve  $V_s$  gemi hızıdır.

Pervane dizaynına başlanırken ilk adım olarak geminin bir görev profilinin çıkarılması gerekir. Gemilere ait görev profili gemi sahibi veya dizayneri tarafından hazırlanabilir. Belirli bir gemiye ait görev profili de zamanla değişen şartlara bağlı olarak değişebilir. Bu durumda gemiye ait pervane dizaynının da değişmesi gerekebilir. Buna güzel bir örnek 1970'lerin başlarında petrol krizi nedeniyle bazı büyük tankerlerin pervanelerinin değiştirilmesidir. O yıllarda ekonomik şartlar dev tankerlerin daha düşük hızlarda seyretmelerini zorunlu hale getirmiş ve bu değişim gemilere ait görev profillerinin değişmesine ve sonuç olarak da bazı gemi sahiplerinin verim avantajı nedeniyle yeni görev profiline uygun pervane dizayn ve teminine gitmelerine neden olmuştur.

Şekil 11.1'de ticaret gemilerine ve savaş gemilerine ait örnek görev profilleri görülmektedir. Görev profilleri incelendiğinde her gemi için genel bir performans aralığı seçilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.



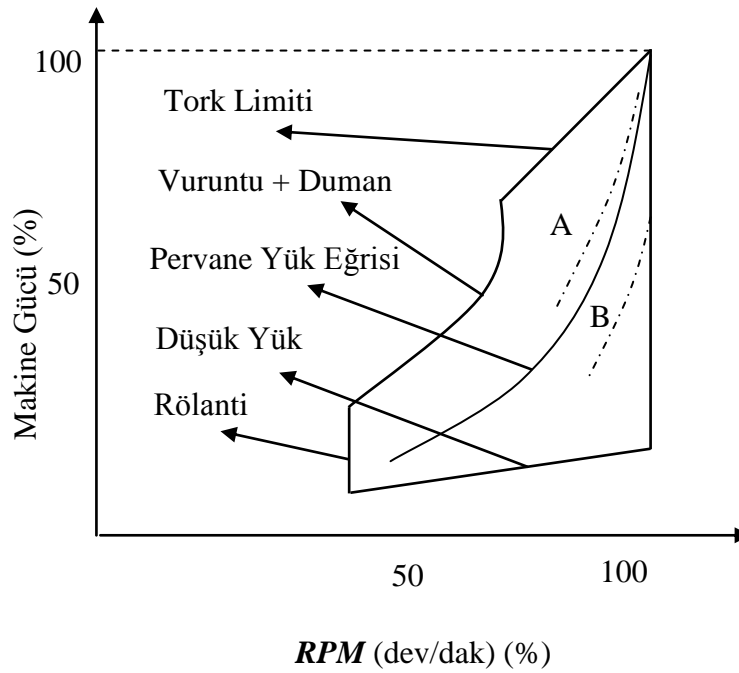


Şekil 11.1 Ticaret ve savaş gemileri için tipik görev profilleri.

Sevk sisteminden iyi bir performans elde edilebilmesi için gemi pervanesinin gemi görev profiline uygunluğunun sağlanması yanında, pervane ve makine karakteristiklerinin de uyumu sağlanmalıdır. Bu uyumun geminin yeni olduğu dönemde veya sadece seyir tecrübeleri sırasında değil aynı zamanda servis ömrü boyunca sağlanması hedeflenir.

Şekil 11.2’de bir geminin dizel makinesinin genel karakteristiği grafik olarak gösterilmektedir. Aynı şekil üzerinde pervane yük eğrisi de verilmektedir. Görüldüğü gibi pervane yük eğrisi ile makinenin sürekli maksimum güç (**MCR**) eğrileri makinenin güç sınırında kesişmektedirler.

Pervane hatvesi yanlış seçildiğinde makine gücünden tam olarak istifade edilememiş olacaktır. Hatvenin fazla verilmesi halinde maksimum güç şeklindeki **A** eğrisinde görüldüğü gibi makine tork limiti nedeniyle daha düşük bir devirde elde edilecektir. Hatvenin küçük verilmesi halinde ise aynı şekilde **B** eğrisiyle ifade edilen durum ortaya çıkacak yine maksimum güç elde edilemeyecektir.



**Şekil 11.2** Makine karakteristik eğrisi.

Belirtilen geometrik pervane özellikleri yanında deniz şartları, deplasman durumu, teknenin kirliliği ve pürüzlülüğü gibi faktörler de pervane performansı üzerinde etkili olurlar. Bu etkilerin ortaya çıkması durumunda geminin aynı hızda sevk edilebilmesi için ek güçlere ihtiyaç duyulur. Bu durumda pervane güç eğrisi sola doğru itilmiş olur.

Sonuç olarak eğer pervane ideal şartlarda, gemi karinası temizken, hafif deplasmanda ve iyi hava şartlarında sürekli maksimum güçte istenilen hızı yapacak şekilde dizayn edilmiş ise bu şartlardan farklı bir durumun ortaya çıkması halinde; karinanın kirlenmesi, hava şartlarının kötüleşmesi, deplasmanda değişme vs. gibi geminin olağan olarak içinde bulunacağı servis şartlarında tam gücünden istifade edemiyor olacaktır. Bu şartlar altında makine tork limiti, makinenin sağlamış olduğu gücü sınırlamış olacaktır. Bu istenilmeyen durumu aşmak için pervaneler genelde gemi yeni iken veya havuzlanmadan hemen sonra biraz yüksek devirde çalışacak şekilde dizayn edilirler. Böylece ortalama servis şartlarında veya havuzlama periyotları ortasında pervane devri, kirlenme vs. nedenlerle arzulanan düzeye inmiş olacaktır.

Pervane dizaynında çoğunlukla aşağıdaki iki yöntem kullanılır:

1. Sistematik pervane serilerine ait test sonuçlarından elde edilen diyagramlar yardımıyla pervane dizaynı.
2. Sirkülasyon teorisine dayanan matematiksel yöntemlerle pervane dizaynı.

### 11.1 Standart Pervane Serileri İle Pervane Dizaynı

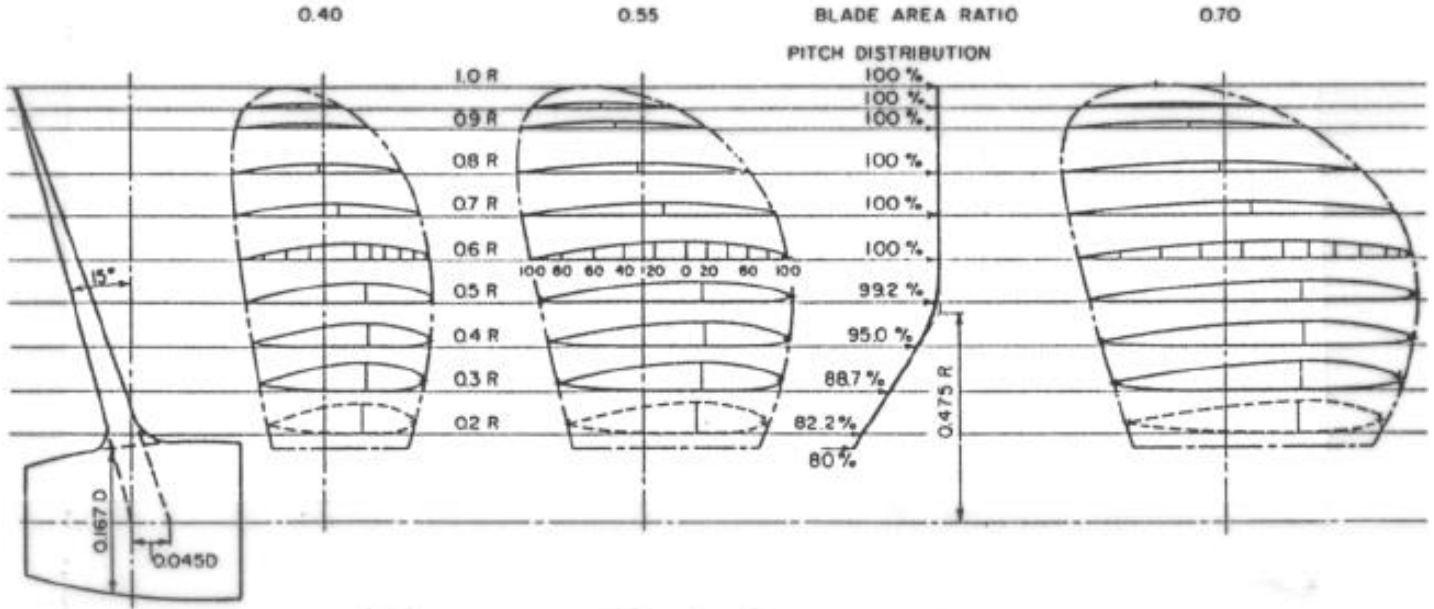
Pervane dizaynının ilk aşamasında genellikle sistematik model pervane serilerine ait açık su deney sonuçlarından elde edilen diyagramlardan yararlanılır. Bu pervane serileri; pervane kanat sayısı, pervane alan oranları, hatve/çap oranı, kanat kesiti şekli ve kanat kesiti kalınlığı sistematik olarak değiştirilen pervanelerden oluşur. En çok bilinen ve yaygın olarak kullanılan pervane serileri Gawn (veya Froude) ve Wageningen (veya Troost) pervane serileridir. Gawn serisi, yüksek hızlı gemiler için uygun olabilecek yüksek açılım alanı oranına sahip, 3 kanatlı ve segmental kanat kesitli pervanelerden oluşur.

Wageningen pervane serileri **A** ve **B** tipi olmak üzere ikiye ayrılır. Wageningen A tipi; 4 kanatlı ve pervane alan oranı 0.40 olan, kanat boyunca kesitleri aerofoil bir pervane serisidir. A tipi pervanelerde kavitasyon riski yüksek olduğundan bunun yerine kanat uçları genişletilmiş bir seri olan B tipi geliştirilmiştir. Bu seri geniş kanat uçlu, uç kesitleri segmental ve kanat sayısı ile açılım alan oranı açısından Tablo 11.1’de gösterildiği gibi geniş bir aralığa sahiptir:

**Tablo 11.1** Wageningen B serisinde kanat sayısına göre kanat açılım alan oranları.

Kanat Sayısı	Wageningen B, Kanat Açılım Alan Oranları ( $A_E/A_0$ )										
2	0.3										
3		0.35		0.50		0.65		0.80			
4			0.40		0.55		0.70		0.85	1.00	
5			0.45		0.60		0.75				1.05
6				0.50		0.65		0.80			
7					0.55		0.70		0.85		

Örneğin **B-4.40** şeklinde ifade edilen bir pervane tipinde, ilk harf pervanenin B serisi olduğunu, ikinci terim olan tek haneli rakam pervane kanat sayısını, son iki haneli rakam ise pervane açılım alanı oranını ifade etmektedir. Şekil 11.3'te 4



kanatlı ve açılım alan oranları 0.40, 0.55 ve 0.70 olan pervanelerin geometrik özellikleri verilmiştir:

**Şekil 11.3** 4 kanatlı Wageningen B serisinden bazı pervanelerin geometrik özellikleri.

Boyutsuz olarak ifade edilen pervane karakteristikleri aşağıdaki gibi yazılır:

$$\text{İtme Katsayısı} \quad K_T = \frac{T}{\rho n^2 D^4}$$

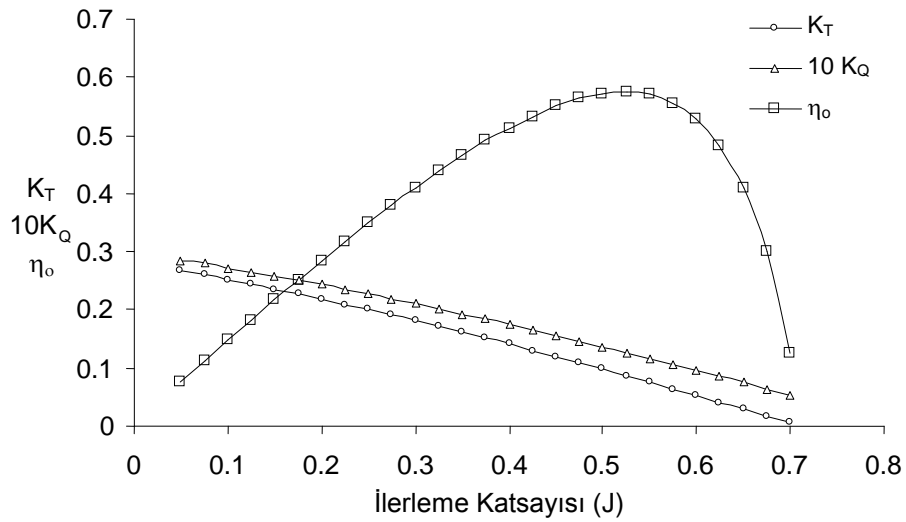
$$\text{Tork Katsayısı} \quad K_Q = \frac{Q}{\rho n^2 D^5}$$

$$\text{İlerleme Katsayısı} \quad J = \frac{V_A}{n D}$$

Bu katsayılara ilave olarak açık su pervane verimi bunlara bağlı olarak aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$\eta_o = \frac{P_T}{P_D} = \frac{T v_A}{2\pi n Q} = \frac{K_T}{K_Q} \frac{J}{2\pi}$$

Kanat sayısı, kanat açılım alanı oranı ve hatve/çap oranı belli olan bir açık su pervanesinin itme katsayısı, tork katsayısı ve açık su pervane veriminin pervane ilerleme katsayısına göre çizilmesiyle oluşturulan diyagrama açık su pervane diyagramı denilir (Şekil 11.4):



**Şekil 11.4** Açık su pervane diyagramı ( $K_T$ ,  $K_Q$ ,  $\eta_o$  -  $J$ ).

Wageningen serisi pervanelerin açık su deneylerinden elde edilen karakteristikleri ön dizayn aşamalarında bilgisayarlarla kullanılmak üzere polinomlar şeklinde de verilmektedir. Bu polinomlar açık su deneylerinden elde edilen sonuçlardan regresyon analizi ile çıkarılmıştır. İtme ve tork katsayıları ( $K_T$  ve  $K_Q$ ) ilerleme katsayısı  $J$ , hatve/çap oranı  $P/D$ , kanat açılım alanı oranı  $A_E/A_0$ , kanat sayısı  $Z$ , Reynolds sayısı  $Rn$  ve kanat kesit kalınlık oranı  $t/c$  cinsinden polinom şeklinde ifade edilebilmektedir:

$$K_T = f_1(J, P/D, A_E/A_0, Z, Rn, t/c)$$

$$K_Q = f_2(J, P/D, A_E/A_0, Z, Rn, t/c )$$

Wageningen B serisi pervanelerin açık su deney sonuçlarından yararlanılarak; kanat sayısı ve kanat alan oranı sabit ancak hatve/çap oranları farklı pervanelerin  $K_T$ ,  $K_Q$ ,  $\eta_o$  -  $J$  eğrilerinin bir arada gösterildiği açık su diyagramları oluşturulmuştur. Wageningen B serisi bir pervane dizaynında (serideki pervanelerden uygun olanın seçilmesi),  $K_T$ ,  $K_Q$ ,  $\eta_o$  -  $J$  eğrilerinin kullanılabileceği gibi, orijinal B-serisi pervanelere ait açık su pervane deney sonuçlarından Taylor formuna göre hazırlanan  $Bp-\delta$  diyagramları da kullanılabilir. Açık su pervane deneyleri tatlı suda gerçekleştirildiğinden dizayn hesaplarında bu husus göz önünde bulundurulmalıdır.

Standart pervane serilerini kullanarak pervane dizayn edilirken, aşağıda açıklanan adımlar gerçekleştirilir:

- İlk aşamada sevk ile ilgili iz, itme azalması vs. gibi bilgilerin derlenmesi gereklidir. Model deneyleri sonucunda elde edilmiş bilgilerin bulunması halinde bu deneylerden elde edilecek sevk parametreleri değerleri kullanılır. Model deney sonuçlarının bulunmaması halinde ise benzer gemilerden, ampirik veya teorik yaklaşımlarla gemi izi, itme azalması ve sevk ile ilgili diğer bilgilerin çıkarılabilmesi için gemi ana boyutlarına, form katsayılarına ve önemli parametrelerin oranlarına ihtiyaç duyulacaktır.
- İz katsayısı ve itme azalması belirlendikten sonra tekne verimi ve pervaneye gelen akım hızı bulunabilir. Geminin servis şartlarındaki iz katsayısı, tecrübe şartlarındakinden yaklaşık olarak % 10 daha fazla alınmalıdır.
- Geminin tecrübe şartlarındaki (yeni denize indirilmiş, sakin hava ve deniz şartları ve karinası temiz boş gemi) efektif güç ( $P_E$ ) değeri model deneyleri veya hesaplara bulunabilir. Gemiye ait hız-efektif güç eğrisinin çıkarılması tercih edilir. Efektif gücün belirlenmesi sırasında takıntıların direnci ve hava direnci de göz önünde bulundurulmalıdır.
- Geminin servis şartlarındaki (karinası kirlenmiş, yüklü durumda ve olumsuz hava ve deniz etkileri altında) efektif gücü, geminin çalışma koşullarına uygun bir servis marjı (sea margin) ilave edilerek bulunabilir. Servis gücü tecrübe



şartlarında ihtiyaç duyulacak güçten % 10 - % 20 fazlasını sağlayacak şekilde belirlenmelidir.

- Geminin görev analizi yapılarak pervane dizaynı için gemi hızı tespit edilmiş olmalıdır. Geminin tecrübe şartlarındaki hızının, servis şartlarındaki hızından yaklaşık 1 knot fazla olacağı kabul edilebilir.
- Geminin belli bir hız değeri için toplam direnci veya efektif gücü biliniyorsa, pervanenin sağlaması gereken itme değeri ve pervaneye iletilen güç de biliniyor demektir. Ancak bunlardan birisi tercih edilerek dizayna devam edilebilir:

$$\text{Pervane İtmesi} \quad T = R_T / (1-t)$$

$$\text{Pervaneye İletilen Güç} \quad P_D = P_E / \eta_D$$

Burada  $\eta_D$  sevk verimi olup; literatürden, benzer gemilere ait deney sonuçlarından veya bir modelin yaklaşık olarak doğru çap ve hatveye sahip bir stok pervane ile donatılmasıyla deneysel olarak bulunur. Bulunan tahmini değer dizaynın ileri aşamalarında kontrol edilir.

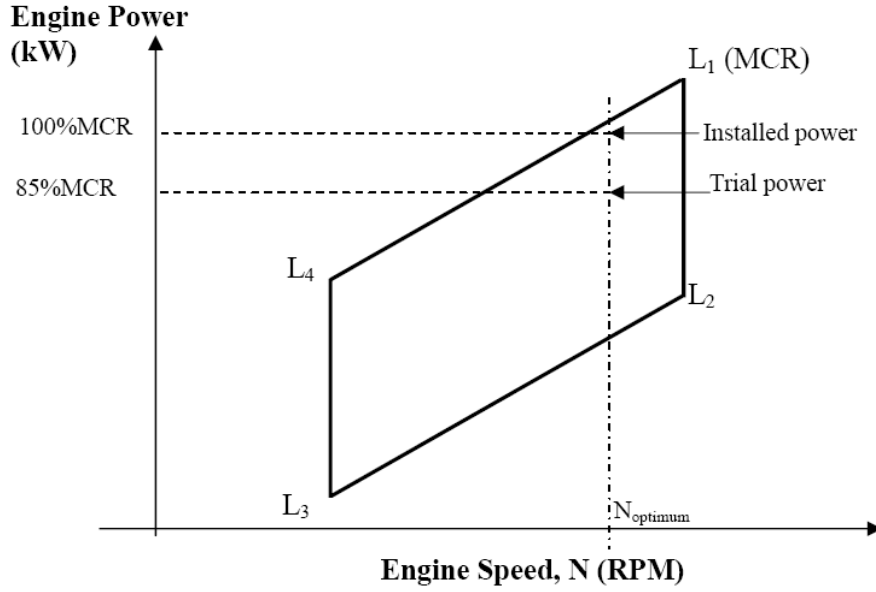
- Pervane kanat sayısı  $Z$ , gemi gövdesi ve makine kaynaklı rezonansa sebep olmayacak şekilde seçilir.
  - 3 kanatlı pervaneler, yüksek süratli motorbotlarda ve çift pervaneli gemilerde Gawn tipi olarak tercih edilmektedir.
  - 4-5 kanatlı pervaneler genellikle bütün koster, yük gemisi ve benzerlerinde Wageningen tipi olarak tercih edilmektedir.
  - 6-7 kanatlı pervaneler ise çok büyük güçlerdeki tanker ve kuru dökme yük taşıyan gemilerde Wageningen tipi olarak tercih edilmektedir.
- Kanat açılım alanı oranı ( $A_E/A_0$ ), pervane kanatlarında kavitasyon olmayacak şekilde belirlenir. Kanat açılım alanının artması kavitasyon riskini azaltır ancak direnci artıracığından pervane verimini düşürür. Bu nedenle kavitasyona neden olmayacak minimum kanat alan oranı seçilmelidir.
- Pervane devir sayısı ( $N$ ) genellikle başlangıçta belirlenir ve dizaynın bir parçası değildir. Devir sayısı azaldıkça pervane verimi artar. Bunun için genellikle yüksek makine devirleri azaltılarak pervaneye aktarılır.

- Pervane çapı artarsa pervane verimi de artar. Pervane çalışma ortamı, gürültü limiti, titreşim durumu vs. gibi kısıtlar belirlendikten sonra pervane çapı  $D$ , genellikle gemi arkasında müsaade edilen maksimum mesafe şeklinde belirlenir.
- Standart pervane serilerine ait deneyler açık su pervaneleri için yapılmıştır. Bir açık su pervanesi aynı şartlarda gemi arkasında çalıştığında ise verimi farklı olmaktadır. Bunun nedeni gemi arkasındaki iz dağılımıdır. Bu sebeple açık su diyagramlarıyla pervane dizaynı yapılırken, gemi arkasındaki çalışma durumu için pervane çapının bir miktar artırılması gerekir. Bu artış miktarının tek pervaneli gemiler için % 5 ve çift pervaneli gemiler için de % 3 alınması önerilmektedir:

$$\text{Tek Pervaneli Gemiler İçin} \quad D_o = \frac{D}{0.95}$$

$$\text{Çift Pervaneli Gemiler İçin} \quad D_o = \frac{D}{0.97}$$

- Sevk hesaplarına başlanırken makine seçimi yapılmış olmalı, makine karakteristikleri, performans eğrileri ve limitleri belirlenmiş olmalıdır.
- Makinenin maksimum sürekli gücünün % 85 - % 90'ına tekabül eden normal sürekli güç için pervaneler tasarlanır. Bu şekilde makinenin bakım tutum masrafları ve ömründe bir avantaj sağlanır. 0.85 **MCR**'daki makine gücü biliniyor ise pervaneye iletilen güç de yaklaşık olarak biliniyor demektir. Aradaki kayıpları ifade eden transmisyon verimi yaklaşık olarak bulunabilir.
- Seçilen makinenin pervane güç gereksinimlerini karşılayıp karşılamayacağı kontrol edilmelidir. Örneğin tecrübe şartlarında pervane dizaynı gerçekleştirilerek optimum makine devri ve fren gücü hesaplanmış ise bu güç 0.85 MCR'daki makine gücü olarak alınmalıdır. Ayrıca optimum devir için % 85 MCR'daki ve % 100 MCR'daki gerekli güçlerin, makine üreticisi tarafından sağlanan makineye ait güç sınırları içerisinde olduğundan emin olunmalıdır (Şekil 11.5):

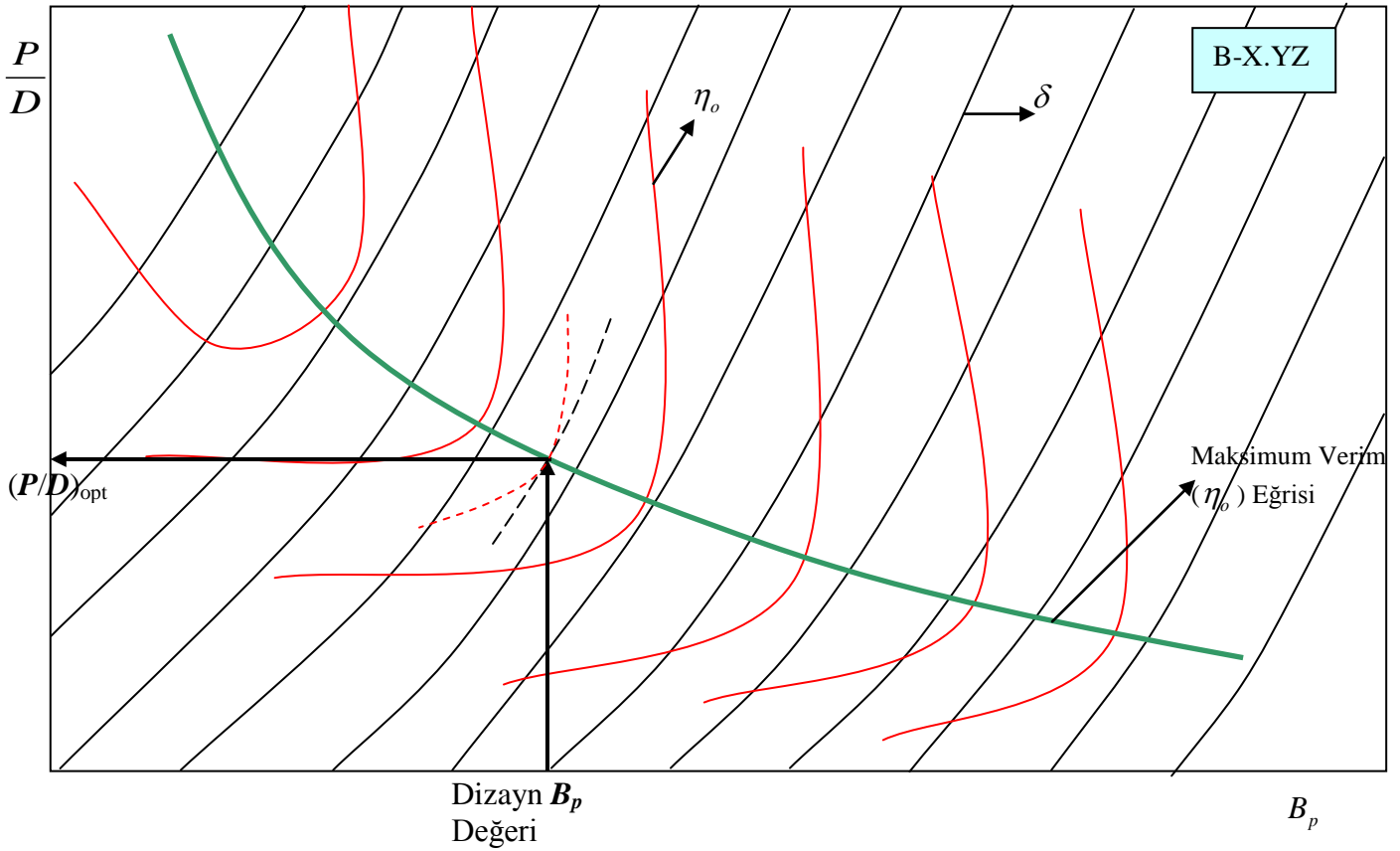


**Şekil 11.5** Makine güç sınırları.

- Genelde pervane ortalama servis şartlarına göre dizayn edilmeli, tecrübe şartlarının geminin çalışma koşullarında her zaman tekrarlanmayacağı hatırlanmalıdır. Edinilen tecrübeler kötü hava ve deniz şartlarında geniş kanat alanına sahip pervanelerin daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ön dizayn aşamasında sadece efektif güç ve hız belirlenmiş olacak, sistematik pervane serilerine ait diyagramlar kullanılarak pervane çapı, pervane devir sayısı ve hatve/çap oranı, optimum verimi sağlayacak şekilde belirlenecektir.
- Pervane dizaynında temel olarak altı bilinmeyen vardır. Bunlar: Pervane itmesi ( $T$ ) (veya gemi direnci ( $R_T$ )), pervaneye gelen suyun ortalama akım hızı ( $V_A$ ) (veya gemi hızı ( $V_s$ )), pervane hatvesi ( $P$ ), pervane çapı ( $D$ ), pervane devir sayısı ( $N$ ) ve pervane torku ( $Q$ ).
- Bu bilinmeyenlerin dördü belli ise diğer ikisi açık su veya  $Bp-\delta$  diyagramlarından yararlanılarak bulunabilir ve pervane seçimi gerçekleştirilebilir.
- Altı bilinmeyenin üçü belli veya ikisi belli kalan ikisi arasında da bir bağıntı varsa (örneğin  $R_T-V_s$  veya  $P_E-V_s$  grafiği) problem artık bir optimizasyon problemidir. Normal olarak optimizasyon kriteri pervane verimidir. Dizayn şartlarını sağlayan farklı pervanelerden verimi maksimum olan pervane, optimum pervane olarak seçilir.

## 11.2 $B_p$ - $\delta$ Diyagramları İle Pervane Dizaynı

Pervaneye verilen beygir gücü ( $DHP$ ), pervane devir sayısı ( $N$ ) ve pervane ilerleme hızının ( $V_A$ ) bulunduğu hallerde optimum çaplı pervanenin bulunması amacıyla  $B_p$ - $\delta$  diyagramlarının kullanılması tercih edilir.  $B_p$ - $\delta$  diyagramlarında yatay eksen  $B_p$ 'ye karşılık olarak dikey eksen  $P/D$  bulunmakta ve açık su pervane verimi ( $\eta_o$ ) ve ilerleme sabiti ( $\delta$ ) eğrilerinden oluşmaktadır. Her bir diyagram belli bir kanat sayısı ve kanat açılım alanı oranına sahip pervaneleri kapsar.



Yukarıdaki şekilde **X** kanatlı ve kanat alan oranı **0.YZ** olan pervaneler için  $B_p$ - $\delta$  diyagramı örnek olarak gösterilmiştir. Bu diyagramlarda kullanılan Taylor pervane katsayıları:

Güç Katsayısı  $B_p = \frac{N \times \sqrt{DHP_o}}{V_A^{2.5}}$

İlerleme Sabiti  $\delta = \frac{N \times D}{V_A}$

$N$ : Pervanenin dakikadaki devir sayısı, **RPM** (dev/dak)  
(Bu değer makine devir sayısı ile karıştırılmamalıdır.)  
 $DHP_o$ : Tatlı suda pervaneye iletilen güç ( $HP_{Ing}$ )  
 $D$ : Pervane çapı (fit)  
 $V_A$ : Pervane ilerleme hızı (knot)  
(1  $HP_{Ing}$  = 745.97 W)

**$B_p$ - $\delta$**  diyagramları ile pervane dizaynında, pervanenin bilinen ve bilinmeyen değerlerinin neler olduğuna bağlı olarak farklı işlem sıralarının takibi gerekir. Aşağıda en çok rastlanan durumlardan biri için izlenmesi gereken sıra anlatılacaktır:

**Verilenler:** Pervaneye verilen beygir gücü ( **$DHP$** ), pervanenin dakikadaki devir sayısı ( **$N$** ) ve pervaneye gelen su akımının ortalama hızı ( **$V_A$** ).

**Bilinmeyenler:** Optimum pervane çapı ( **$D_{opt}$** ) ve pervane hatvesi ( **$P$** ).

**1.** Pervane güç katsayısı hesaplanır:

$$B_p = \frac{N \times \sqrt{DHP_o}}{V_A^{2.5}} \quad DHP_o = \frac{75}{76} \times \frac{1}{1.025} \times DHP \quad (HP_{Ing}),$$

**$DHP$ :** Pervaneye iletilen beygir gücü ( $HP_{metrik}$ )

Sistematik pervane testleri tatlı suda yapıldığı için, pervaneye iletilen güçte tatlı su düzeltmesi ve ayrıca birim düzeltmesi yapılmıştır.  **$B_p$**  değeri aşağıdaki şekilde de hesaplanabilir:

$$B_p = 1.15782 \times \frac{N \times \sqrt{P_D}}{V_A^{2.5}} \quad \begin{array}{l} [P_D]: \text{ kW} \\ [N]=[RPM]: \text{ dev/dak} \\ [V_A]: \text{ knot} \end{array}$$

**2.** Yatay eksenden pervanenin  **$B_p$** 'si girilerek, maksimum verim eğrisi üzerindeki optimum ilerleme katsayısı ( **$\delta_{opt}$** ) ve açık su pervane verimi ( **$\eta_o$** ) ile düşey eksenden bu noktaya karşılık gelen optimum hatve/çap oranı ( **$(P/D)_{opt}$** ) okunur.

**3.** Pervane çapı ve hatvesi aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\text{Çap:} \quad D = \delta_{opt} \times \frac{V_A}{N} \quad \begin{array}{l} [D]: \text{ fit} \\ [N]=[RPM] \\ : \text{ dev/dak} \\ [V_A]: \text{ knot} \end{array} \quad \text{veya} \quad D = \frac{\delta_{opt}}{3.28084} \times \frac{V_A}{N} \quad \begin{array}{l} [D]: \text{ metre} \\ [N]=[RPM]: \text{ dev/dak} \\ [V_A]: \text{ knot} \end{array}$$

Pervane Hatvesi:  **$P = D \times (P/D)_{opt}$**

### 11.3 Açık Su Diyagramları İle Pervane Dizaynı

#### Pervaneye Ait Altı Değerin Üçü Biliniyor: Maksimum Verime Sahip Pervanenin Seçilmesi (Optimizasyon)

**Bilinmeyenler:** Pervane çapı ( $D_{opt}$ ), Pervane hatvesi ( $P$ )

**Verilenler:** Pervaneye verilen güç ( $P_D$ ), Pervane devri ( $n$ ), Pervaneye gelen akımın hızı ( $V_A$ )

- İlerleme katsayısı  $J = \frac{V_A}{nD}$  'den ( $D$ ) çekilerek tork katsayısı  $K_Q = \frac{Q}{\rho n^2 D^5}$

formülünde yerine konulursa,

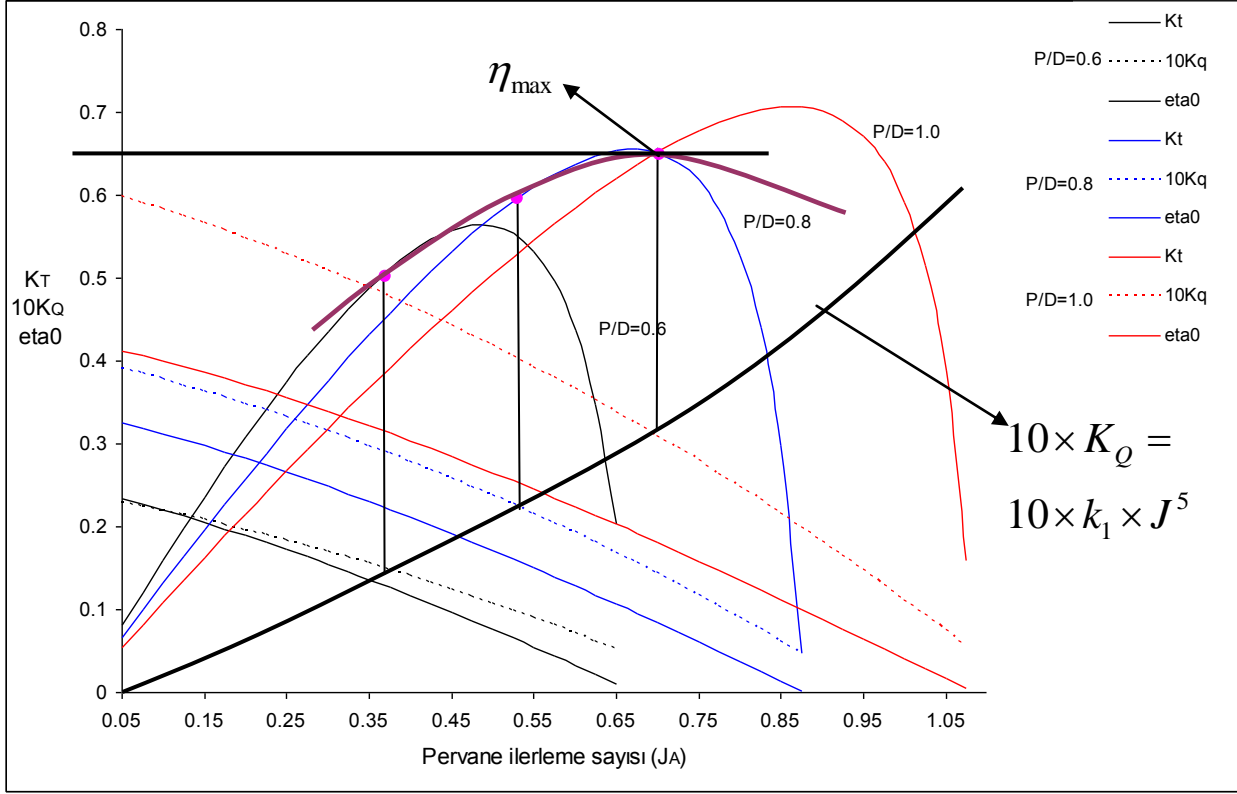
$$K_Q = \frac{Q}{\rho n^2 D^5} = \frac{2\pi n Q}{2\pi n \rho n^2 D^5} = \frac{P_D}{2\pi \rho n^3 D^5}$$
$$K_Q = \frac{P_D n^2}{2\pi \rho V_A^5} \times J^5 = k_1 \times J^5 \quad k_1 = \text{Sabit}$$

$[D] = \text{metre}$   
 $[n], [RPS] = (1/s)$   
 $[V_A] = \text{m/s}$   
 $[Q] = \text{N} \times \text{m}$   
 $[P_D] = \text{Watt}$   
 $[\rho] = \text{kg/m}^3$

bulunur.

- Şekil 11.7'de gösterildiği gibi ( $10 \times K_Q - J$ ) eğrisi açık su pervane diyagramında çizilir. Farklı ilerleme sayılarına ( $J$ 'lere) göre pervanenin tork gereksinimini ifade eden ( $10 \times K_Q = 10 \times k_1 \times J^5$ ) eğrisinin, farklı ( $P/D$ ) oranlarına sahip pervanelerin  $10 \times K_Q$  eğrileri ile kesiştiği yerler işaretlenir.
- İşaretlenen yerlerden aynı ( $P/D$ ) için verim eğrilerine ( $\eta_o$ ) dik çıkılarak kesişme noktaları işaretlenir.
- $10 \times K_Q$  eğrilerinin kesiştiği yerlere karşılık gelen her bir  $P/D$ ,  $\eta_o$ ,  $K_T$  ve  $J$  muhtemel çözümdür ancak bunların içerisinde verimi ( $\eta_o$ ) en büyük olanı seçilir. Şöyle ki verim eğrileri üzerindeki işaretli noktalardan optimum verim eğrisi çizilir. Bu eğrinin maksimum olduğu noktaya karşılık gelen optimum pervane karakteristikleri ( $P/D$ ,  $\eta_o$ ,  $K_T$ ,  $10 \times K_Q$  ve  $J$ ) okunur.

- $J = \frac{V_A}{nD}$  'den  $D$  çekilerek pervanenin çapı bulunur. Benzer şekilde  $K_T$  ve  $K_Q$  'dan da itme ( $T$ ) ve tork ( $Q$ ) değerleri bulunur.



Şekil 11.7

Verilen bu örnekte optimum pervanenin Hatve/Çap oranı  $P/D = 1.0$ , verimi yaklaşık olarak  $\eta_o = 0.65$  ve ilerleme sayısı yaklaşık  $J = 0.7$ 'dir. Pervane çapı

$J$ 'den hesaplanabilir:  $D = \frac{V_A}{nJ}$

## EKLER:

### 1. Wageningen-B Serilerine Ait Pervane Boyutları

B.3-35, B.3-50 ve B.3-65 Alt - serilerine ait 3 kanatlı pervane boyutları

	r/R	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
Kanat kesit uzunlukları	Merkez hattından takip	28.68	32.67	36.62	40.53	44.18	46.97	48.22	45.46	14.87	
0.6 R deki azami kanat kesiti uzunluğunun yüzdesi	kenarına										
olarak verilmiştir.	Merkez hattından önder kenarına	46.05	51.25	54.91	56.52	55.82	52.22	44.63	30.31	—	
	Toplam uzunluk	74.73	83.91	91.53	97.05	100.0	99.19	92.85	75.77	—	
Kanat kalınlığı çapın yüzdesi olarak verilmiştir.		4.06	3.59	3.12	2.65	2.18	1.71	1.24	0.77	0.30	Soft merkezindeki azami kanat kalınlığı = 0.05 D
Azami kanat kalınlığının önder kenardan olan mesafesi kesit uzunluğunun yüzdesi olarak verilmiştir.		35.0	35.0	35.0	35.5	38.9	44.2	47.8	50.0	—	

B.4-40, B.4-55 ve B.4-70 Alt - serilerine ait 4 kanatlı pervane boyutları

	r/R	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
Kanat kesit uzunlukları	Merkez hattından takip	29.18	33.32	37.30	40.78	43.92	46.68	48.35	47.00	20.14	
0.6 R deki azami kanat kesiti uzunluğunun yüzdesi	kenarına										
olarak verilmiştir.	Merkez hattından önder kenarına	46.9	52.64	56.32	57.60	56.08	51.40	41.65	25.35	—	
	Toplam uzunluk	76.08	85.96	93.62	98.38	100.0	98.08	90.00	72.35	—	
Kanat kalınlığı çapın yüzdesi olarak verilmiştir.		3.66	3.24	2.82	2.40	1.98	1.56	1.14	0.72	0.30	Soft merkezindeki azami kanat kalınlığı = 0.045 D
Azami kanat kalınlığının önder kenardan olan mesafesi kesit uzunluğunun yüzdesi olarak verilmiştir.		35.0	35.0	35.0	35.5	38.9	44.3	47.9	50.0	—	

$$0.6 R \text{ deki azami kanat kesiti uzunluğu: } c_{0.6} = 2.187 \left( \frac{A_E}{A_0} \right) \frac{D}{Z}$$

$D$ , Pervane çapı (m)

$Z$ , Kanat sayısı

$A_E/A_0$ , Açılım alanı oranı



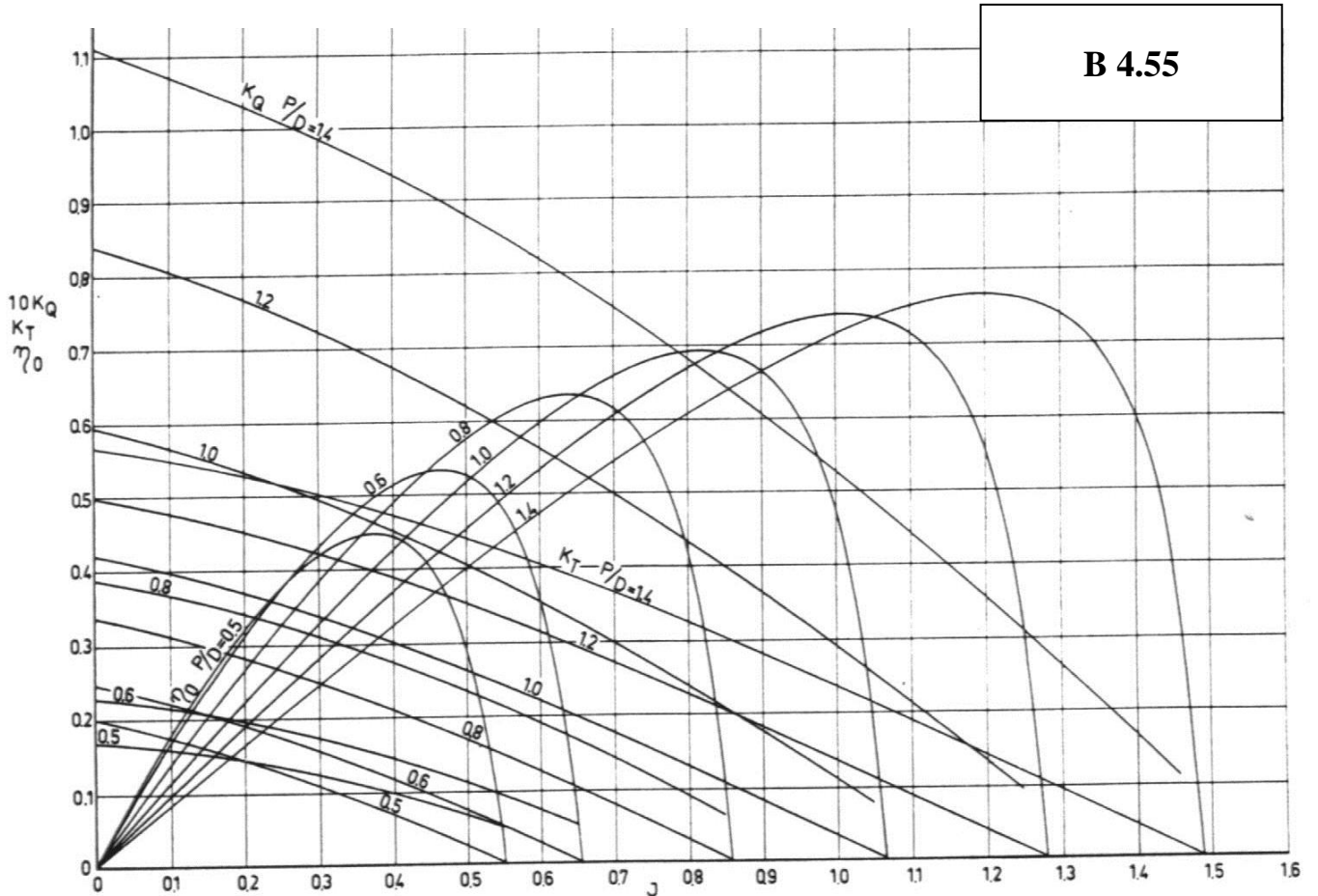
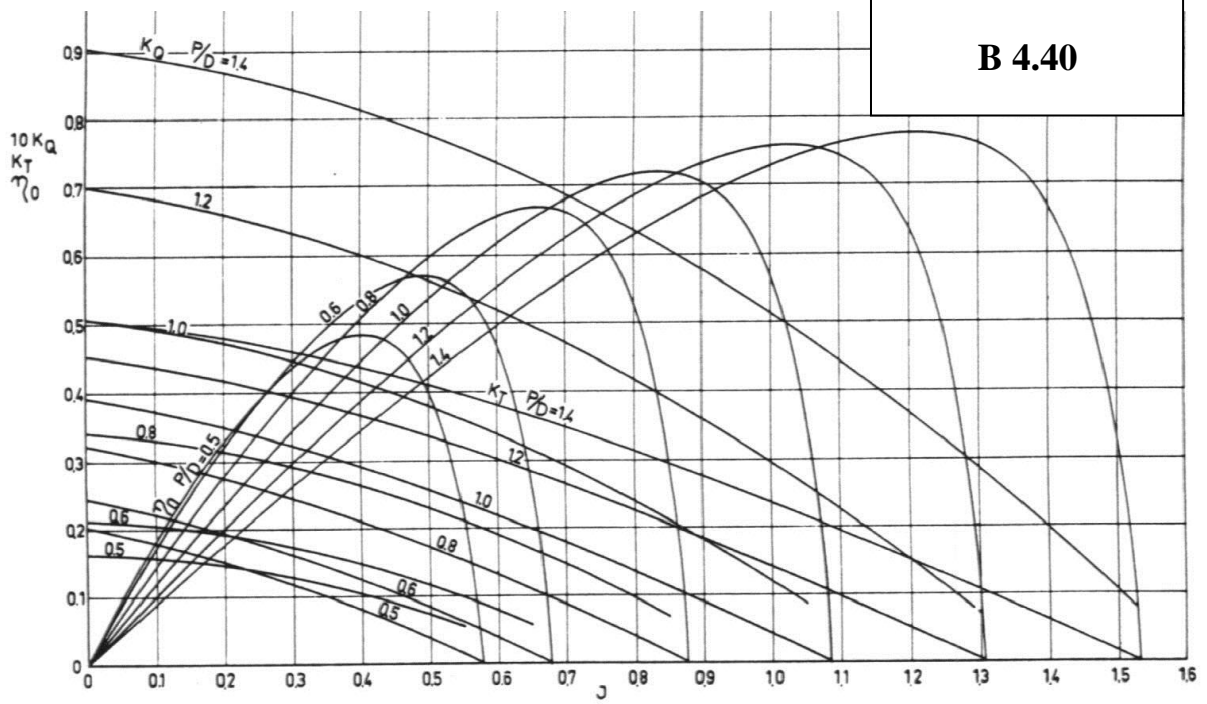
## 2. Wageningen B Serisi Pervanelere Ait Kesit Kalınlık Ordinatlari

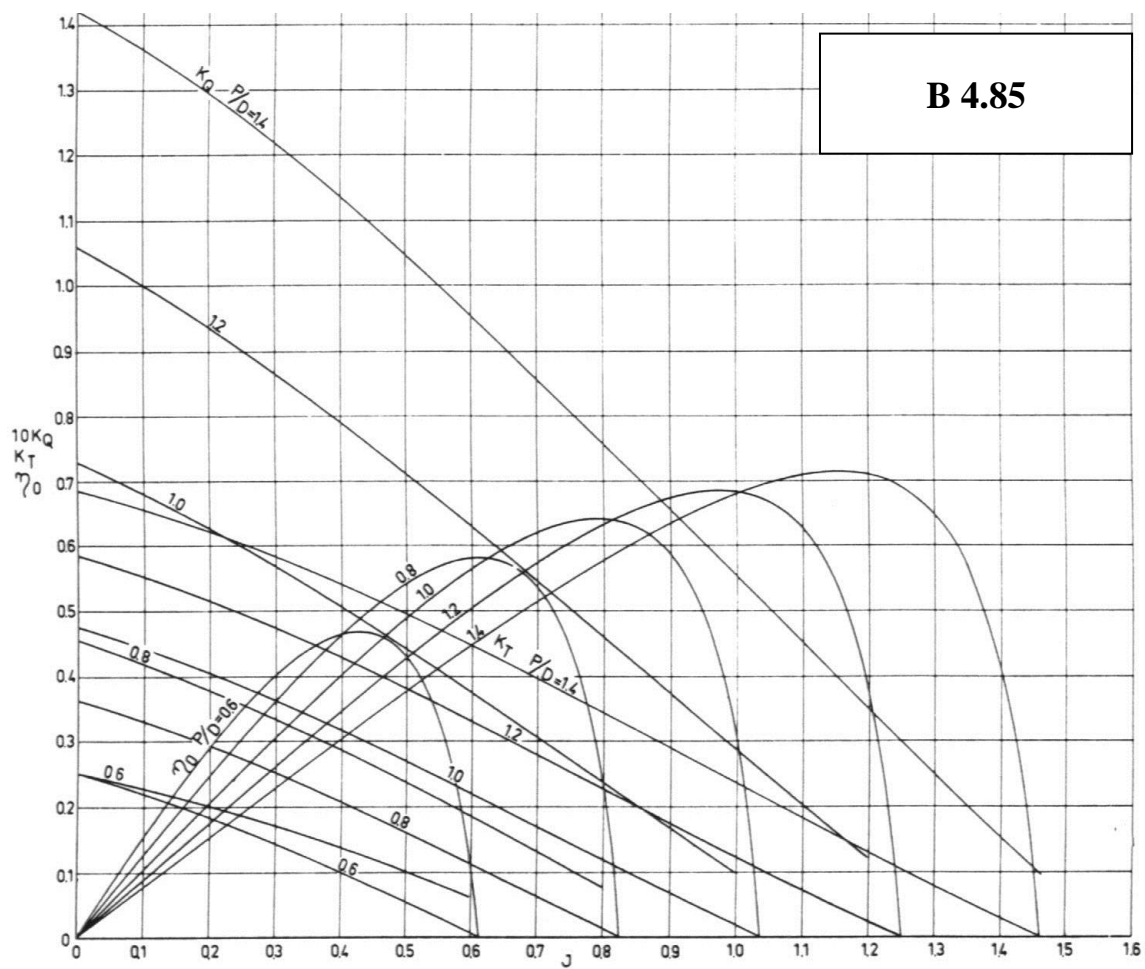
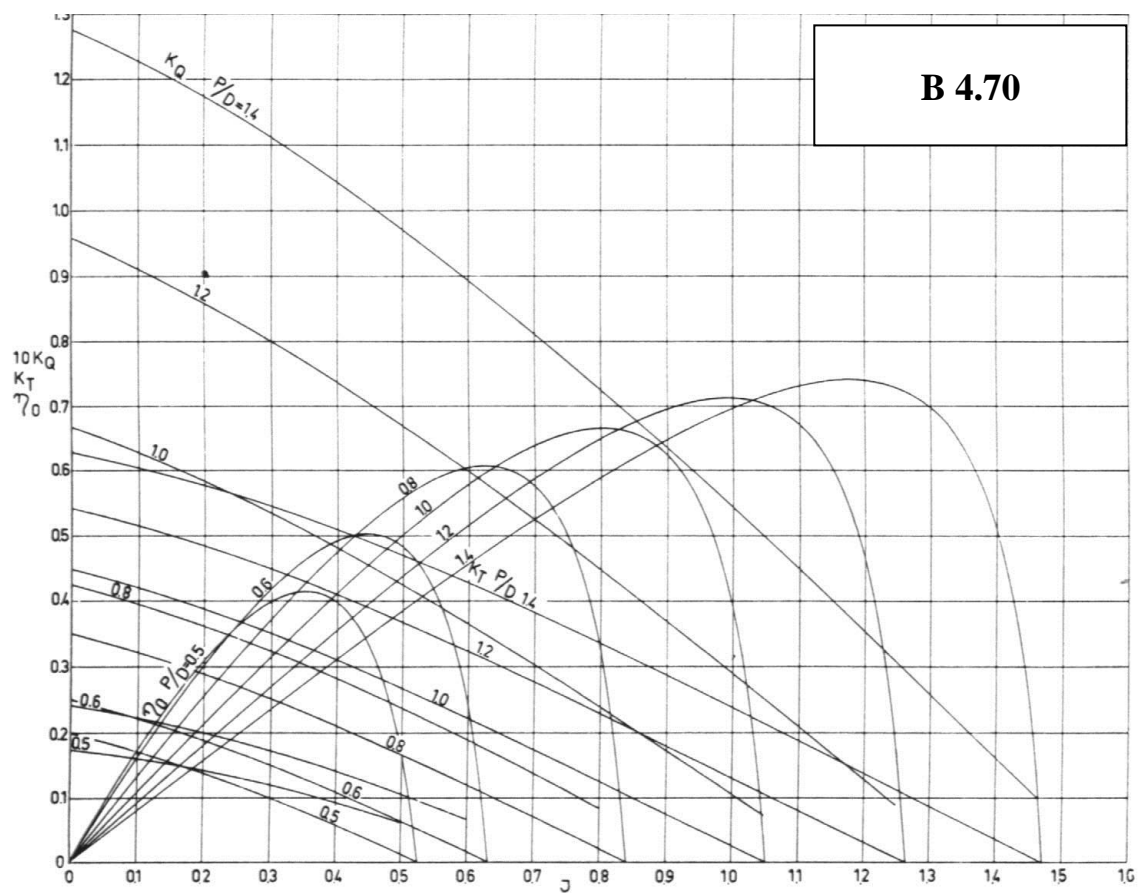
Kesit Azami kalınlığına nazaran ordinatların yerleri

r/R	Takip kenarından azami kalınlığa doğru ordinat mesafeleri yüzde olarak					Azami kalınlıktan önder kenara doğru ordinat mesafeleri yüzde olarak							
	% 100	% 80	% 60	% 40	% 20	% 20	% 40	% 60	% 80	% 90	% 95	% 100	
Pervane kesiti sırt ordinatları													
0.2	—	53.35	72.65	86.90	96.45	98.60	94.50	87.00	74.40	64.35	56.95	—	
0.3	—	50.95	71.60	86.80	96.80	98.40	94.00	85.80	72.50	62.65	54.90	—	
0.4	—	47.70	70.25	86.55	97.00	98.20	93.25	84.30	70.40	60.15	52.20	—	
0.5	—	43.40	68.40	86.10	96.95	98.10	92.40	82.30	67.70	56.80	48.60	—	
0.6	—	40.20	67.15	85.40	96.80	98.10	91.25	79.35	63.60	52.20	43.35	—	
0.7	—	39.40	66.90	84.90	96.65	97.60	88.80	74.90	57.00	44.20	35.00	—	
0.8	—	40.95	67.80	85.30	96.70	97.00	85.30	68.70	48.25	34.55	25.45	—	
0.9	—	45.15	70.00	87.00	97.00	97.00	87.00	70.00	45.15	30.10	22.00	—	
0.95	—	44.80	72.00	88.00	97.20	97.20	88.80	72.00	44.80	29.50	21.60	—	
Pervane kesiti yüz ordinatları													
0.2	30.00	18.20	10.90	5.45	1.55	0.45	2.30	5.90	13.45	20.30	26.20	40.00	
0.3	25.35	12.20	5.80	1.70	—	0.05	1.30	4.60	10.85	16.55	22.20	37.55	
0.4	17.85	6.20	1.50	—	—	—	0.30	2.65	7.80	12.50	17.90	34.50	
0.5	9.70	1.75	—	—	—	—	—	0.70	4.30	8.45	13.30	30.40	
0.6	5.1	—	—	—	—	—	—	—	0.80	4.45	8.40	24.50	
0.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.40	2.45	16.05	
0.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.40	

Not : Kesit kalınlıkları ait olduğu kesit azami kalınlığının yüzdesi olarak verilmiştir.

### 3. Wageningen B Serilerine Ait Bazı $K_T$ , $K_Q$ Eğrileri





#### 4. Wageningen B Serilerine Ait Bazı $B_p$ - $\delta$ Diyagramları

