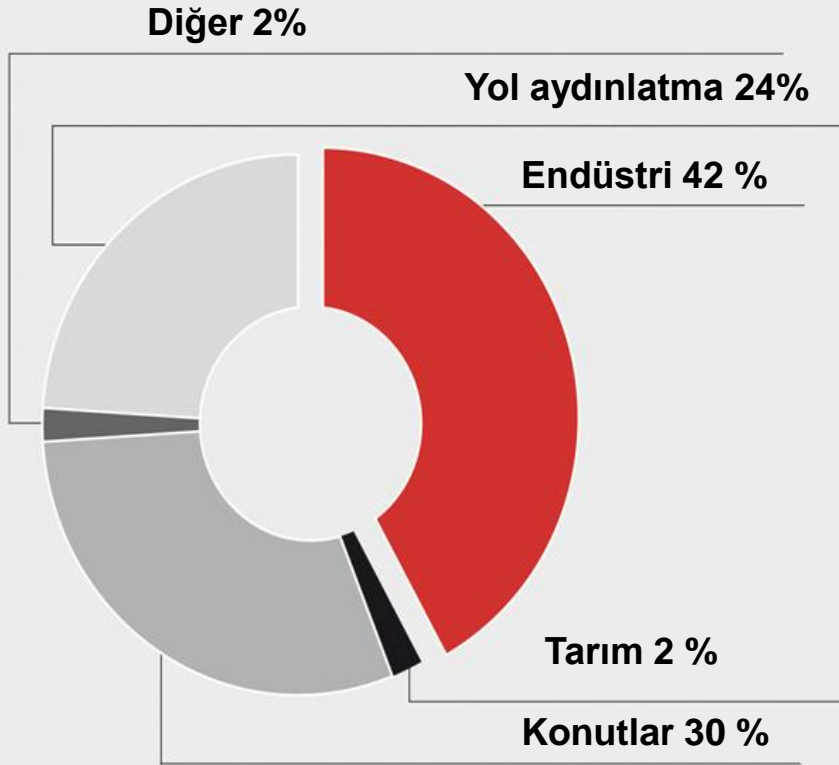


## Pompa Sistemlerinde Enerji Verimliliđi

**Vahap UđURLUDEMİR**  
**Endüstri Mühendisi – Adana Bölge Müdürü**

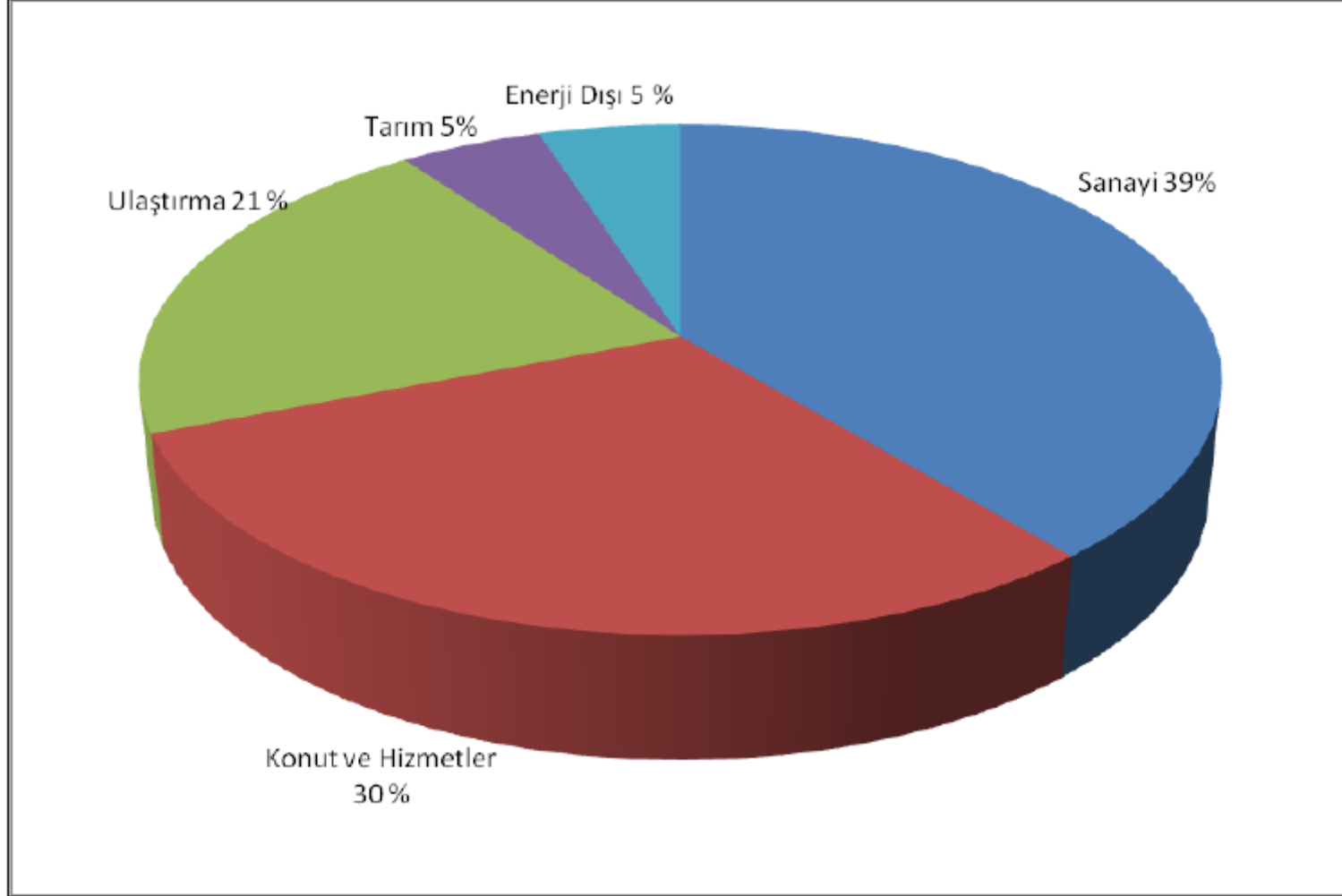
**KSB Pompa, Armatür San. Ve Tic. A.Ş.**  
**Türkiye**

# Avrupa Birliğinde elektrik tüketimi dağılımı



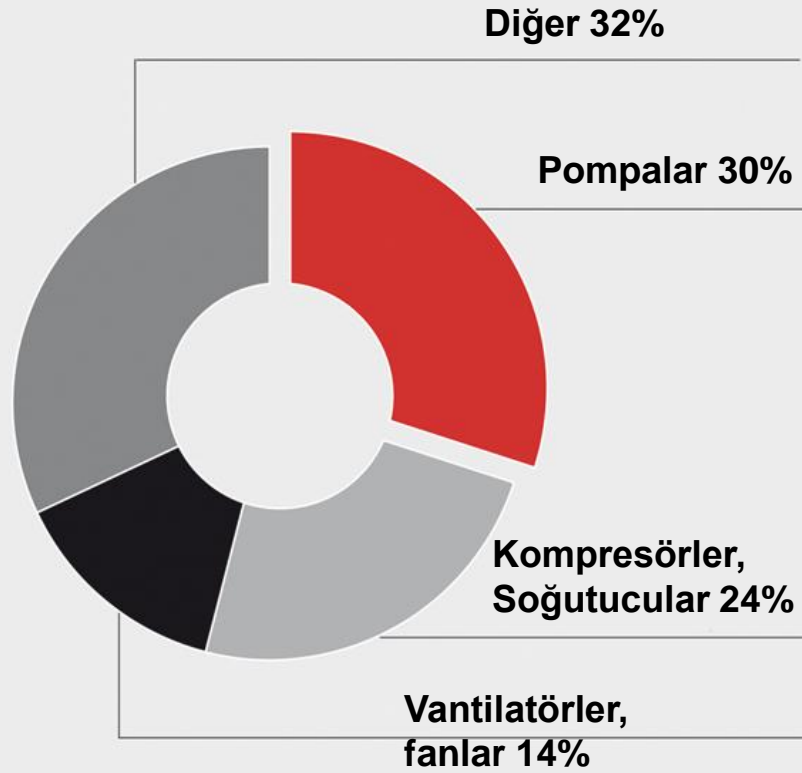
**Endüstri toplam dağılımda en büyük oranda elektrik tüketir.**

# Türkiye'de elektrik tüketimi dağılımı



**Kaynak: Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü**

# Endüstride elektrik tüketimi

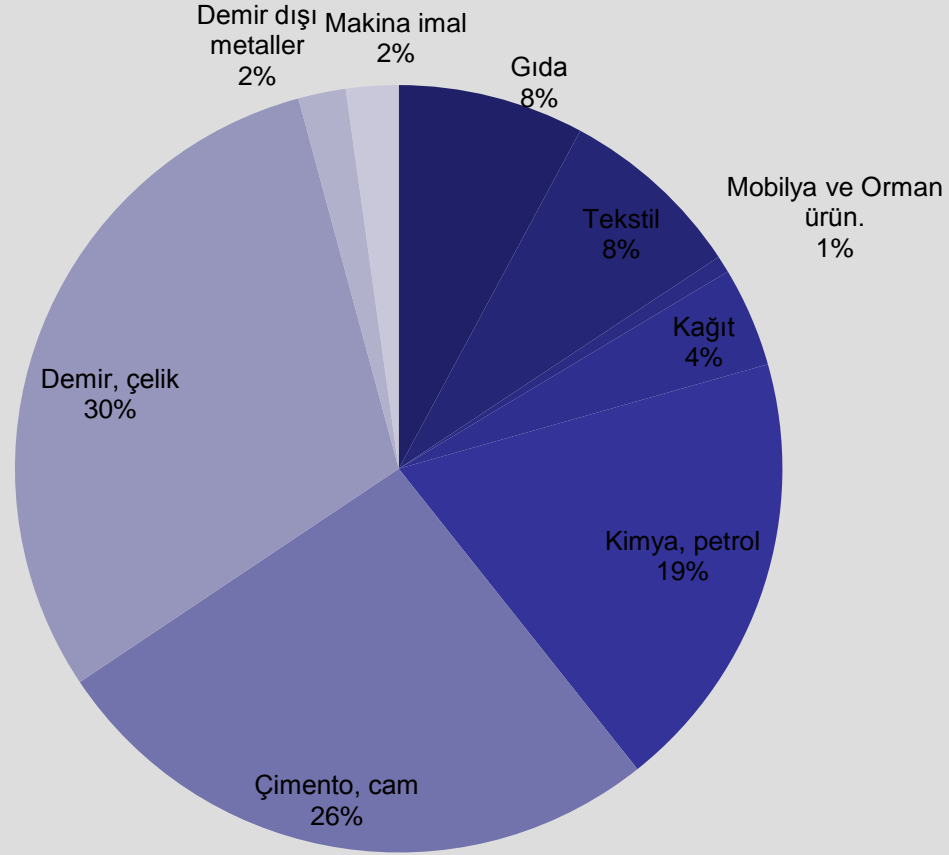


**Pompalar endüstride en büyük enerji tüketen ekipmanlardır.**



# Endüstri türüne göre enerji tüketimi

## Enerji tüketimi (TEP)



## 10 yıllık ömür boyunca toplam maliyet dağılımı

### Orta kapasiteli endüstriyel pompa

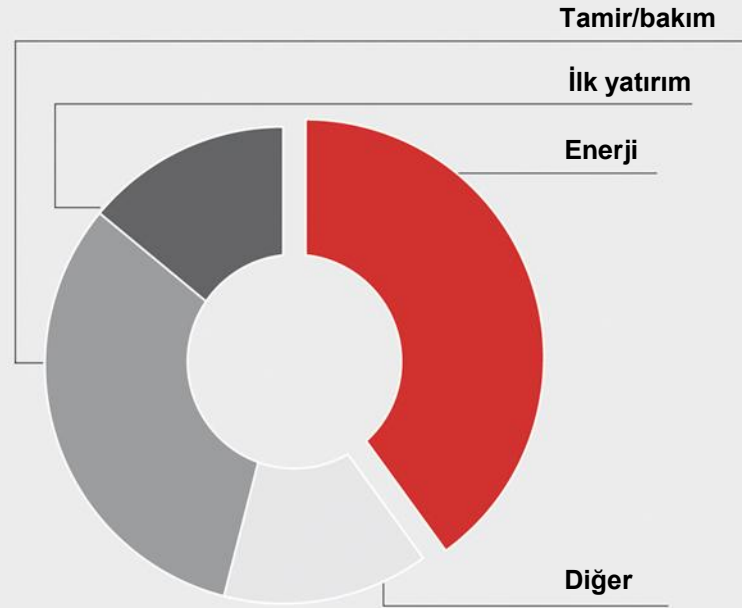
Endüstriyel pompa çok seyrek uzun seyahatler için kullanılan küçük/orta ölçekli küçük dizel motorlu bir arabaya benzetilebilir

### VDMA kampanyası

Almanya'da pompa sistemlerindeki tasarruf potansiyeli :  
**Yılda 14 milyar KWh**

Bunun yıllık enerji maliyetinde işletmeciye sağlayacağı avantaj  
**1.12 milyar Euro**

ve CO<sup>2</sup> emisyonundaki azalma  
**7.7 milyon ton**



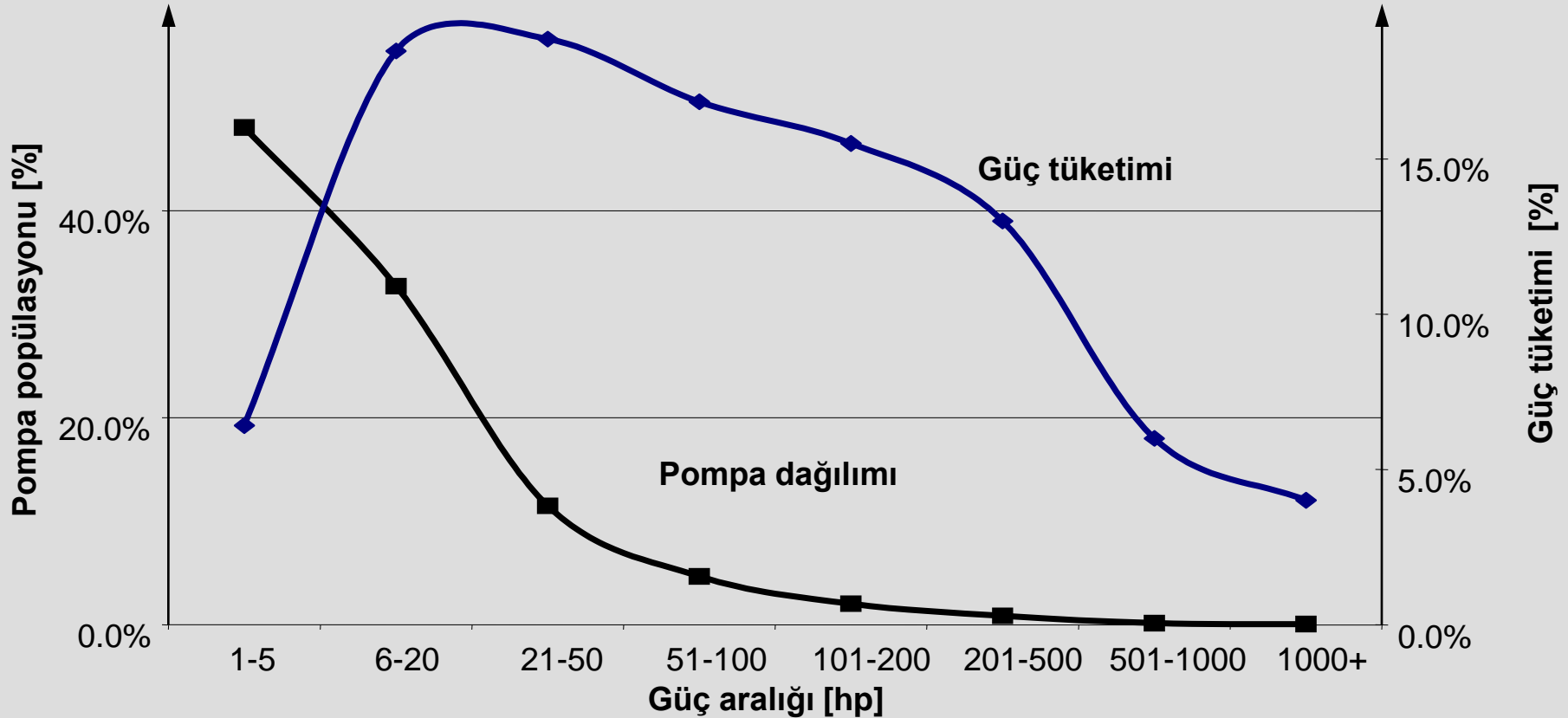
# Küçük güçlü pompaları optimize edin !

## Pompa sistemlerinin ortalama tasarruf potansiyeli

İyileştirme imkanları	Pompanın yüksek verimlilikte seçilmesi	3%
	En uygun pompanın seçimi	4%
	Tesisatın iyileştirilmesi/ Periyodik bakım	3%
	Sistem dizaynının/yerleşimin iyileştirilmesi	10%
	Pompa sisteminin kontrol şekli	20%
<b>Muhtemel tasarruf potansiyeli (tüm uygulamaların ortalaması)</b>		<b>40%</b>

# Küçük güçlü pompaları optimize edin !

## ► Pompalar tarafından tüketilen gücün 50%'si 50 hp'dan küçük



Kaynak : U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy:  
"United States Industrial Electric Motor Systems Market Opportunities Assessment"; 2002



- ▶ **20 farklı işletmede incelenen 1690 pompanın**
  - ▶ Ortalama pompa verimi %40'ın altında
  - ▶ Pompaların %10'undan fazlası %10'un altında verimle çalışıyor
  
- ▶ **Pompa performansını etkileyen ana sebepler**
  - ▶ Gereğinden büyük seçilmiş pompalar
  - ▶ Kısık vanalar
  - ▶ Sızıntılar (yüksek işletme maliyetine sebep olur)

Kaynak : Expert systems for diagnosis & performance of centrifugal pumps, 1996



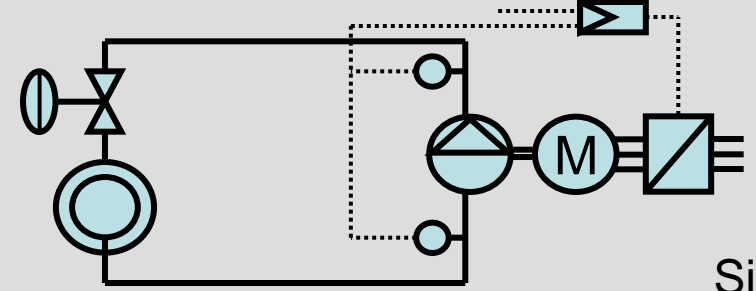
## Enerji tasarrufu için 4 seçenek

- ▶ Optimum pompa seçimi
- ▶ Devir ayarlama
- ▶ Çark tıraşlama
- ▶ Yüksek verimli motor kullanımı

# Çeşitli optimizasyon yolları

- ▶ Boru çaplarının uygun seçilmesi
- ▶ Pompa sistem borulamasının optimun çözümü
- ▶ İhtiyaca göre düzenlenen işletme
- ▶ Uygun kontrol stratejileri

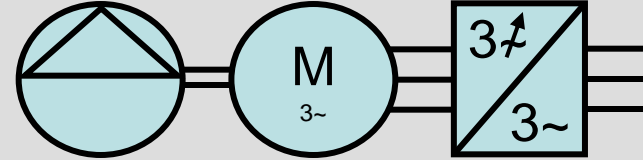
60%  
a kadar



Sistem

- ▶ Pompa işletme değerlerinin belirlenmesinde gerektiği kadar tolerans dikkate alınarak seçim yapılması
- ▶ İşletme değerlerine en uygun çark çapının seçilebilmesi (çarkın tornalanabilme özelliği)

10%  
a kadar

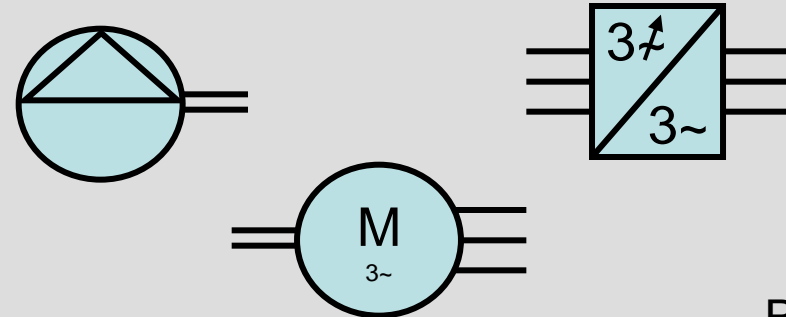


Modül

- ▶ Tüm bileşenlerin yüksek verimde seçilmesi

(mesela Eff1 motorlar)

Yaklaşık 3,5%



Bileşenler



## Enerji tasarrufu için 4 seçenek

- ▶ **Optimum pompa seçimi**
- ▶ Devir ayarlama
- ▶ Çark tıraşlama
- ▶ Yüksek verimli motor kullanımı

# Pompa seçimi



## Pompa seçimi

Enerji maliyetlerini azaltmanın en önemli adımı

# Planlama aşamasında pompa seçimi çoğunlukla artırılmış kapasite ile sonuçlanır

Özellik: kapasite Q

Boru hattının kabaca belirlenmesi  
(borulama, vanalar, v.s.)

Basma yüksekliğinin belirlenmesi H

Pompa seçimi  
(Q, H değerlerine göre)

Diğer ekipmanların seçimi

Borulamanın ve ekipmanların  
detaylı planlaması



**Muhtemelen gereğinden büyük  
pompa seçimi**

# Gereksiz emniyet paylarından kaçının !

## Planlama aşamasında toleransların etkisi

### Pompa seçimi

Sistem ihtiyacı Q ve H

Kireçlenmeye karşı emniyet payı

10 %

Kısa dönemli muhtemel aşırı yüklerle karşı emniyet payı

20 %



**Muhtemelen gereğinden büyük pompa seçimi**

# Örnek ; Gereğinden büyük pompa seçimi

Hesaplanan sistem gereksinimi : 173 m<sup>3</sup>/h @ 55 m

İşletme ; gelecekte kapasiteyi 250 m<sup>3</sup>/h'e çıkartmak istiyor

Mühendis ; boru kayıplarından emin değil – basma yüksekliğini %10 artırır

Şef ; hesaplamaları sağlama almak için basma yüksekliğini %15 artırır

Satınalma departmanı ; pompa üreticisine talebi 250 m<sup>3</sup>/h @ 70 m olarak gönderir

Üretici ; talebi karşılayacak en **verimli** pompayı seçer



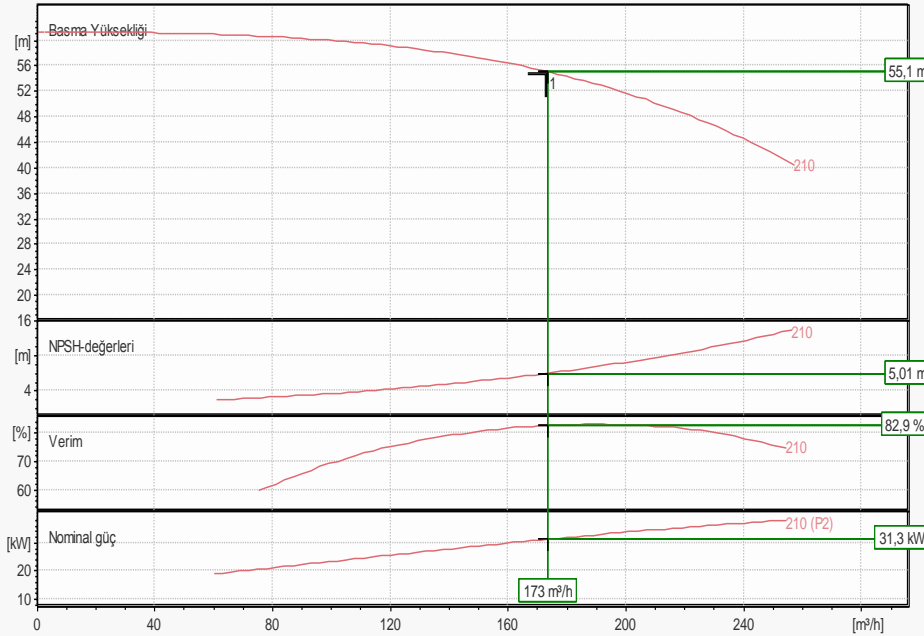
**temin edilen pompa**  
**Debi %44,**  
**basma yüksekliği %26**  
**oranında gereğinden büyük**



# Örnek ; Gereğinden büyük pompa seçimi

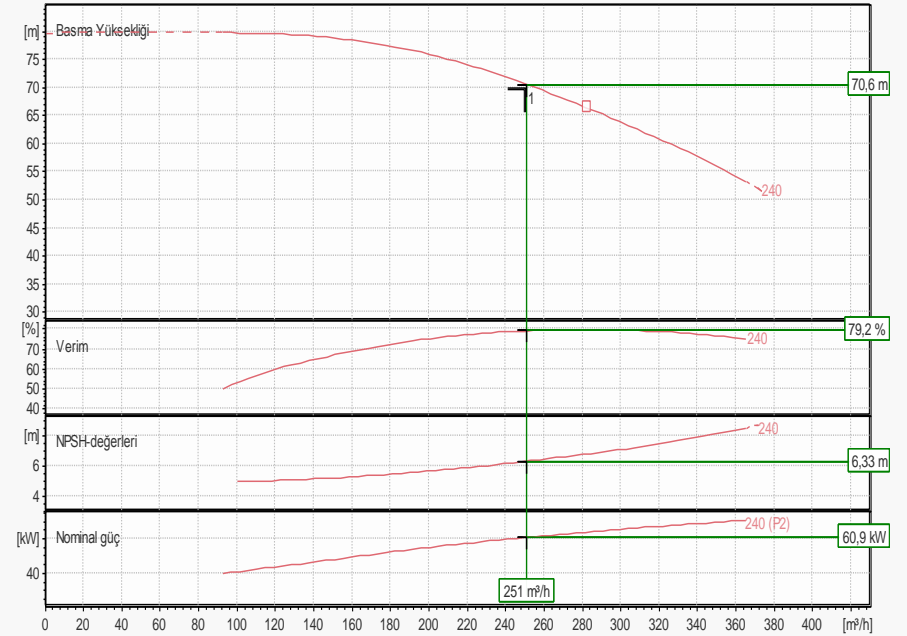
Hesaplanan sistem gereksinimine göre pompa seçimi : 173 m<sup>3</sup>/h @ 55 m

Seçilen pompa ; Mega 80-200  
 Verim : %82,9  
 Mil gücü : 31,3 kW  
 Motor gücü : 37 kW  
 Fiyatı : 3000 €



Yükseltilmiş değerlere göre pompa seçimi : 250 m<sup>3</sup>/h @ 70 m

Seçilen pompa ; Mega 100-250  
 Verim : %79,2  
 Mil gücü : 60,9 kW  
 Motor gücü : 75 kW  
 Fiyatı : 4500 €



# Örnek ; Gereğinden büyük pompa seçimi

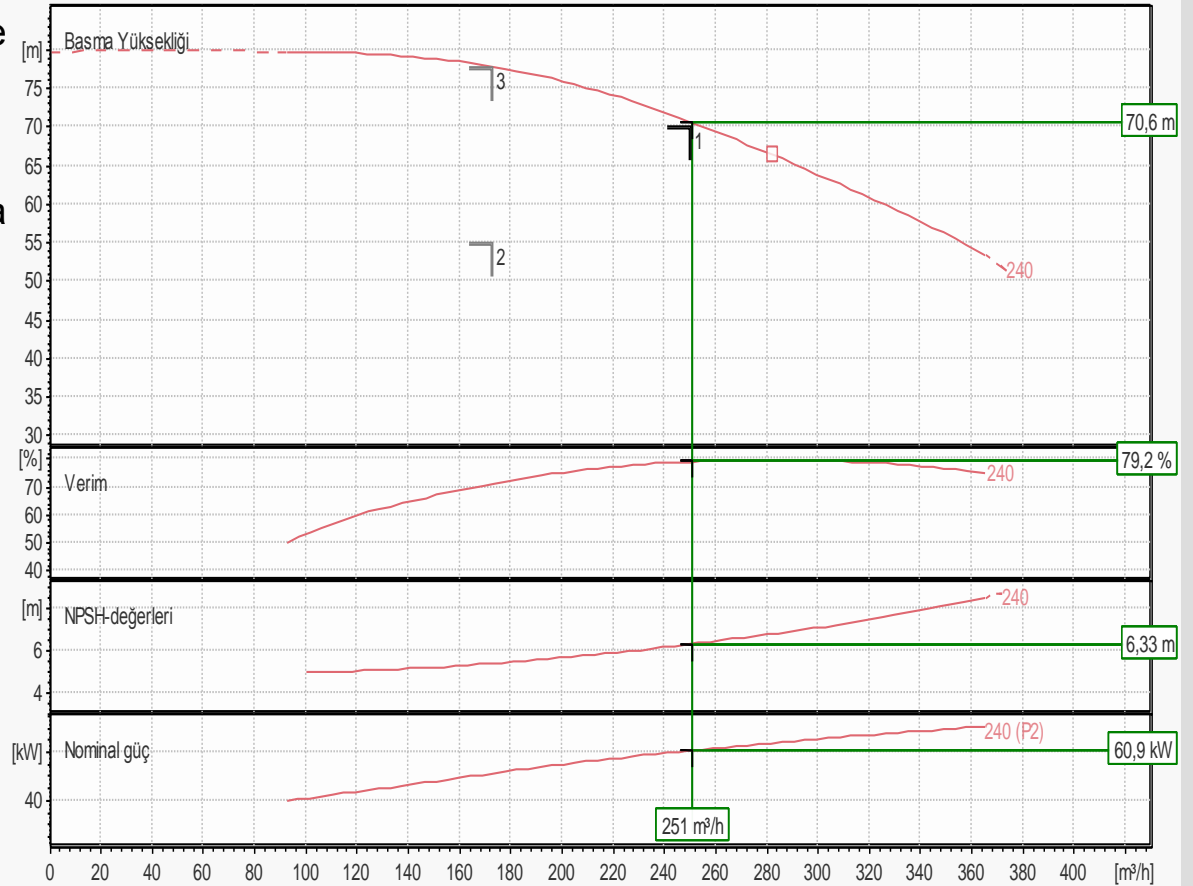
Gereğinden büyük seçilmiş pompa sisteme yerleştirildiğinde yeterli karşı direnç göremeyeceği için ihtiyaçtan fazla debi verecek  
İhtiyaç olunan debiyi sağlamak için pompanın önündeki vana kısılmak zorunda kalınacak

Seçilen pompa ; Mega 100-250  
İhtiyaç olan debi : 173 m<sup>3</sup>/h  
Sağlanması gereken karşı direnç : 77,8 m  
Verim : %71,2  
Mil gücü : 51,2 kW  
Motor gücü : 75 kW

Fazladan harcanacak enerji : 19,9 kW

Yıllık enerji kaybı \* : 12.035 €

\* Pompanın yıllık çalışma süresi ; 8640 saat  
enerji maliyeti : 0,07 €/kWh





## Enerji tasarrufu için 4 seçenek

- ▶ Optimum pompa seçimi
- ▶ **Devir ayarlama**
- ▶ Çark tıraşlama
- ▶ Yüksek verimli motor kullanımı

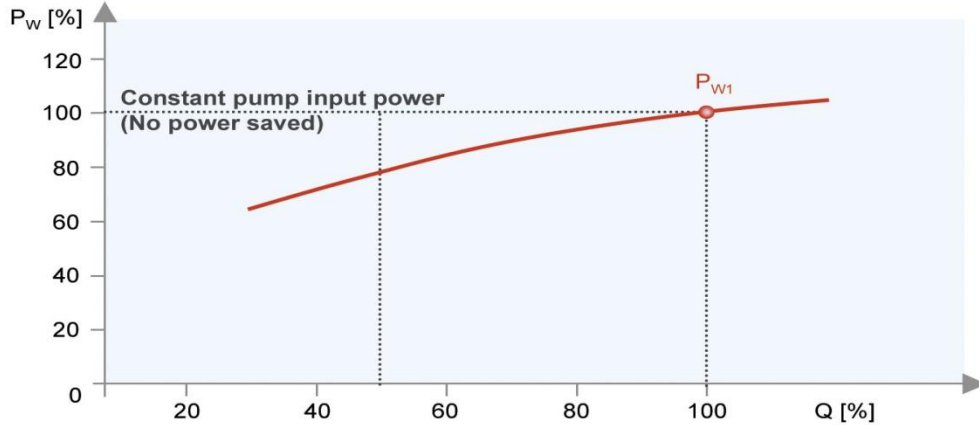
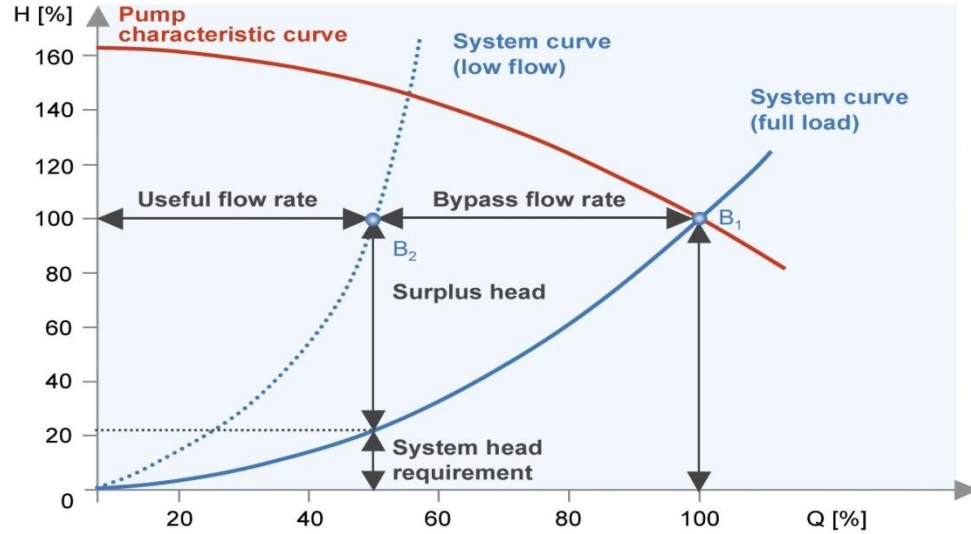
# Hız kontrolü



## Hız kontrolü

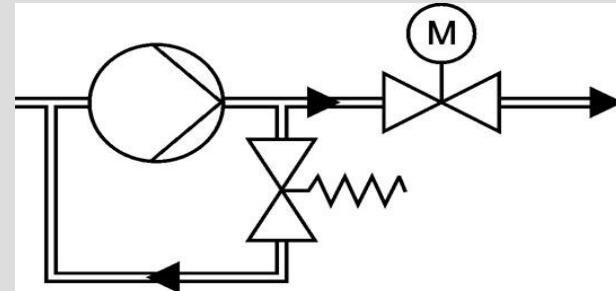
Motor hız ayarlaması-  
60 %'a kadar enerji tasarrufu

# Bypass hattı ile debi ayarlama

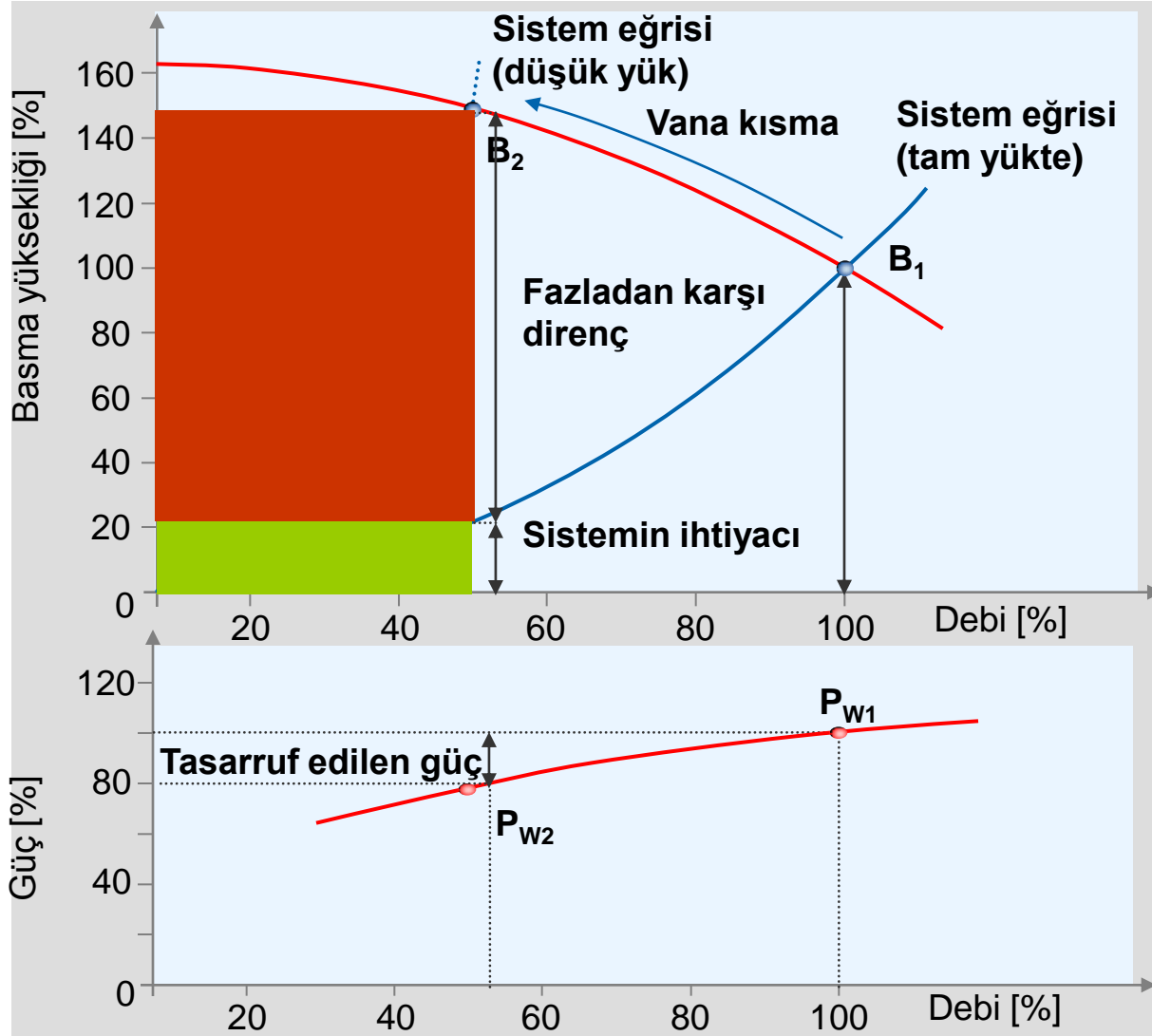


- Pompaya paralel olarak kullanılan bypass hattı
- Basma tarafında debinin faydalı ve bypass debisi olarak ayrılması
- Bypass debisinin pompanın emme ağzına geri dönmesi
- Tam yükte pompa işletmesi

→ **Hiç enerji tasarrufu yok !**



# Vana kısma ile debi ayarlama

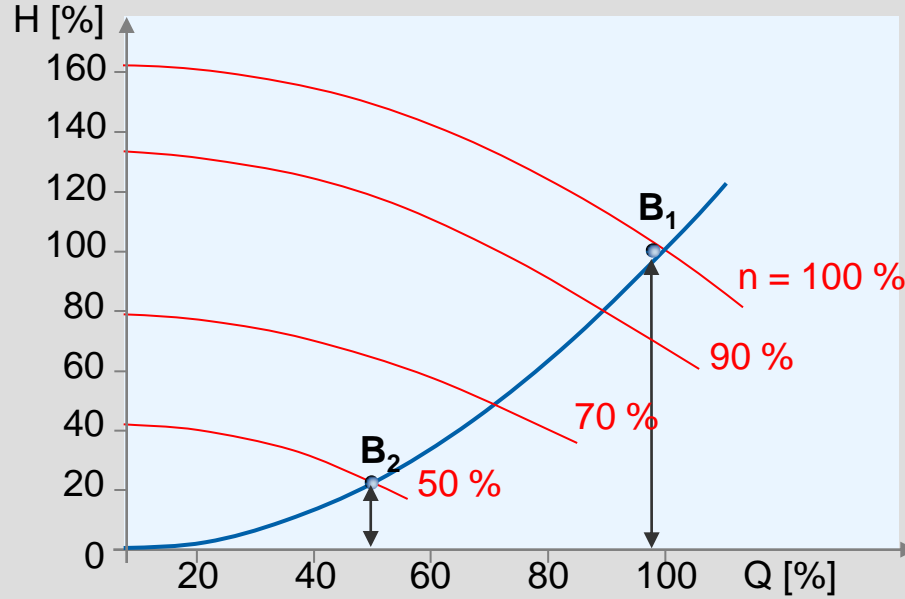


- Sisteme bir kısma vanası yerleştirmek
- Sistem direncinin değiştirilmesi ile sistem eğrisinin etkileşimi
- Sabit devirde pompa çalışması

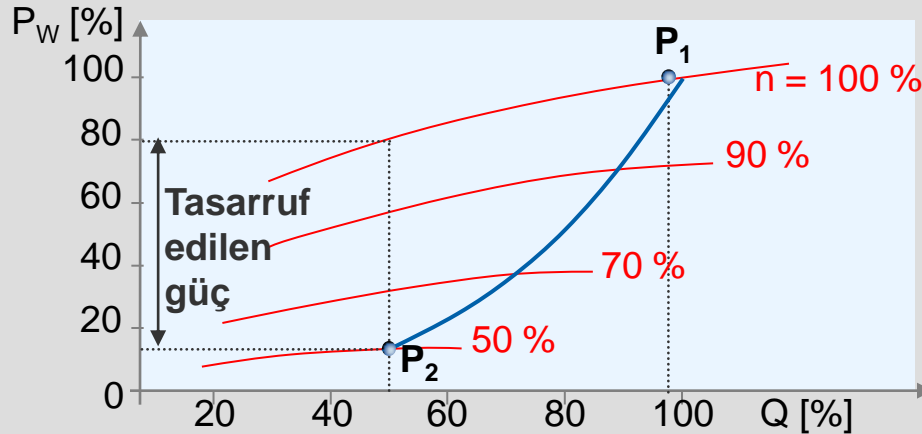


**Kaybedilen enerji  
Yaklaşık 70 %**

# Değişken hız ile debi ayarlama



- Gereksiz karşı direnç yok, dolayısıyla enerji israfı da yok
- Devir sayısını düşürerek debiyi azaltmak ile işletme noktası sistem eğrisi üzerinde B<sub>1</sub>'den B<sub>2</sub>'ye kayar
- Küçük bir çabayla max. fayda ve yüksek verimlilik



**60%'a kada enerji tasarrufu mümkündür**

# Değişken devir kontrolunda benzeşim kuralları uygulanır

**Debi**

$$Q_2 = Q_1 \cdot \left( \frac{n_2}{n_1} \right)$$

- Devrin değişim oranına eşit olarak debi değişir

**Basma yüksekliği**

$$H_2 = H_1 \cdot \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2$$

- Devrin değişim oranının karesiyle orantılı olarak basma yüksekliği değişir

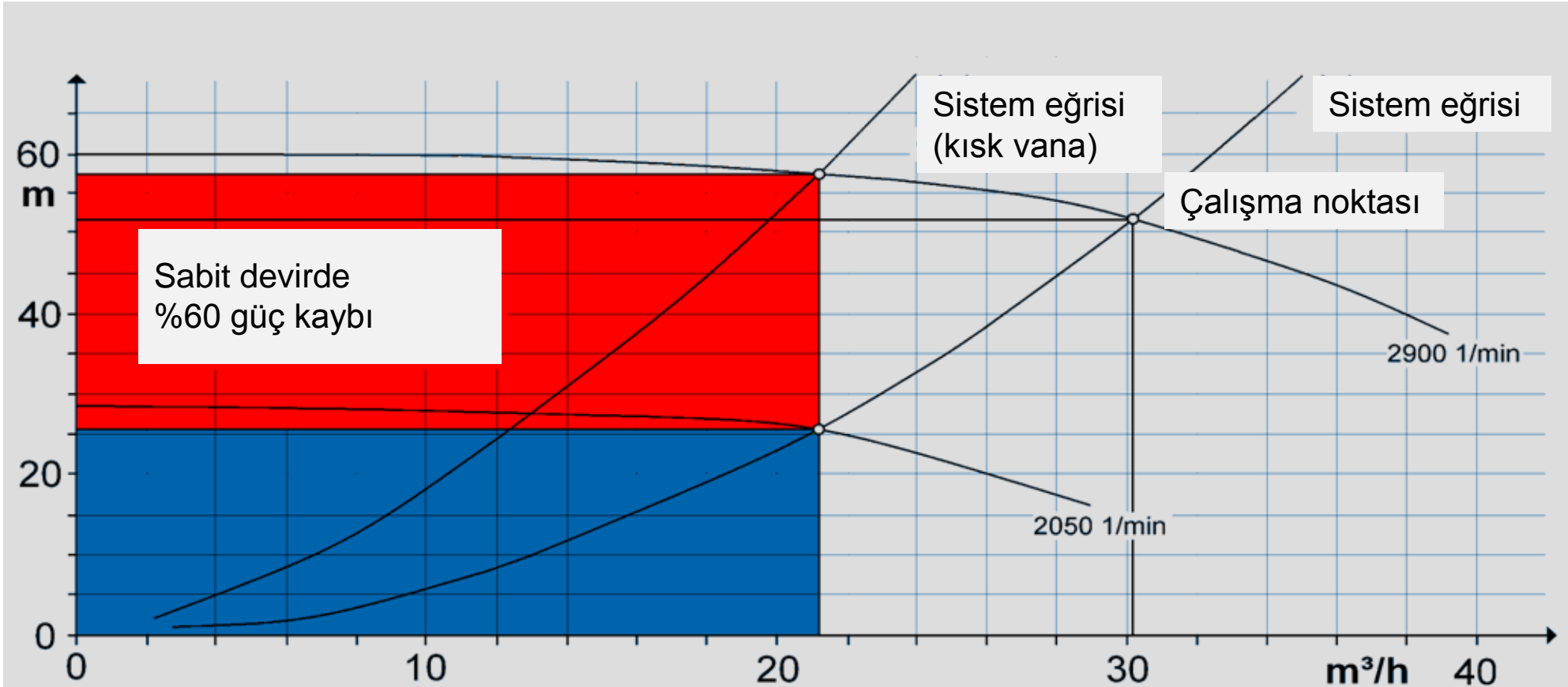
**Giriş gücü**

$$P_2 = P_1 \cdot \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^3$$

- Devrin değişim oranının kübü ile orantılı olarak güç değişir



# Devir ayarlama ile 60%'a varan tasarruf



$$P = \rho * g * Q * H$$

≙ Fläche

Örnek Etanorm 32-200, 209 mm çark çapı-Ø



## Enerji tasarrufu için 4 seçenek

- ▶ Optimum pompa seçimi
- ▶ Devir ayarlama
- ▶ **Çark tıraşlama**
- ▶ Yüksek verimli motor kullanımı

## Çark çapının tornalanması



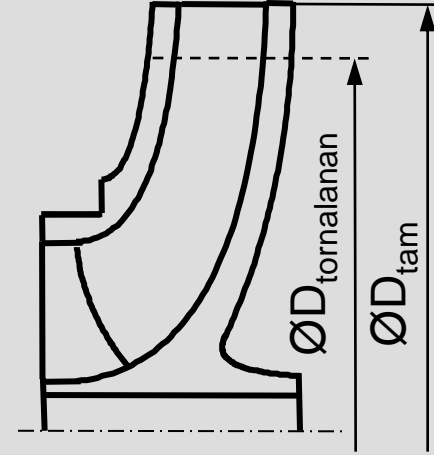
Çark tornalama

Çark ayarlama:  
ortalama enerji tasarrufu: 10 %

# Çark tornalama : Enerji tasarrufu için hızlı ve kolay bir yol

$$\left( \frac{D_{\text{tornalanan}}}{D_{\text{tam}}} \right)^2 = \frac{Q_{\text{tornalanan}}}{Q_{\text{tam}}} \approx \frac{H_{\text{tornalanan}}}{H_{\text{tam}}}$$

$$P \sim Q \times H \times (\rho \times g)$$



## Örnek:

çark çapının 10 % azaltılması :

$D_{\text{tam}}$  : 200 mm

$D_{\text{tornalanan}}$  : 180 mm

$$Q \sim (0.9)^2 = 0.81$$

$$H \sim (0.9)^2 = 0.81$$

$$\rightarrow \underline{P \sim 0.81 \times 0.81 = 0.65}$$

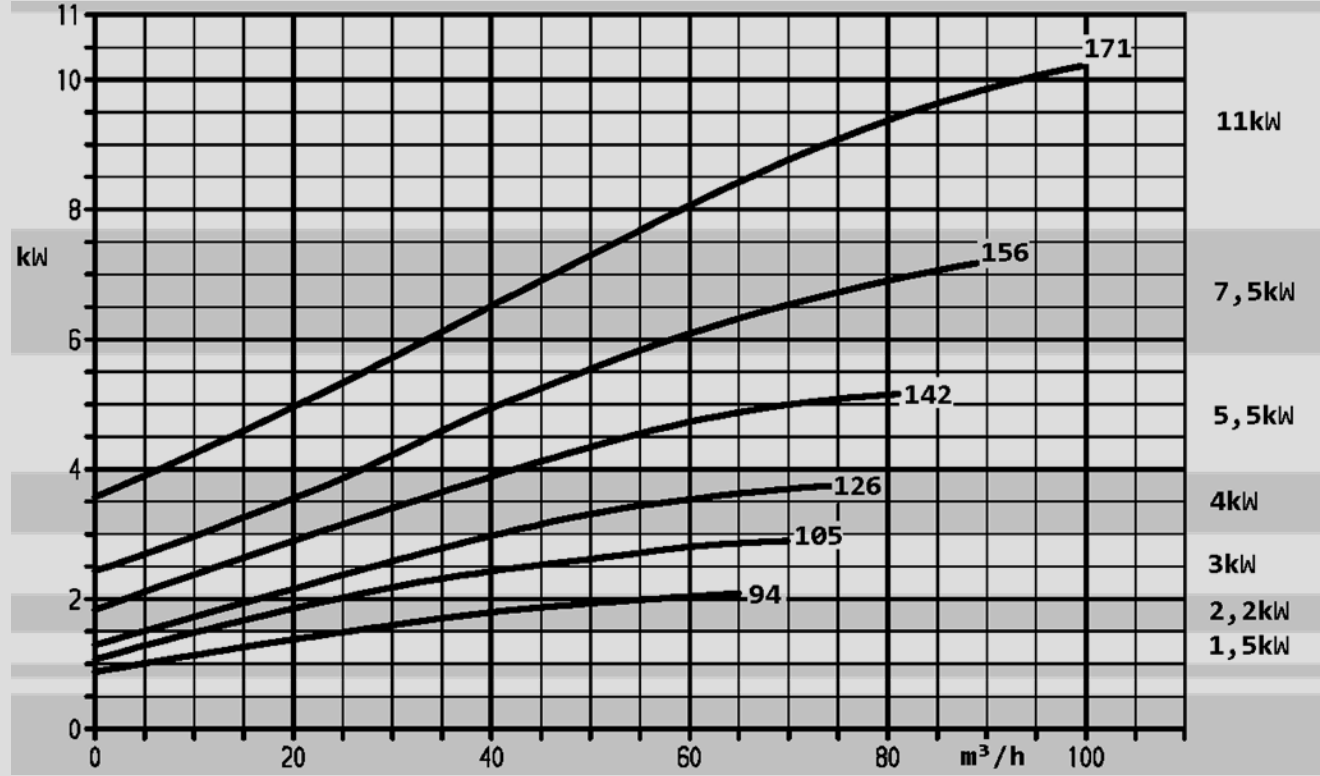


**Yaklaşık enerji tasarrufu  
35 %**

# Çark tıraşlama ile tasarruf potansiyeli

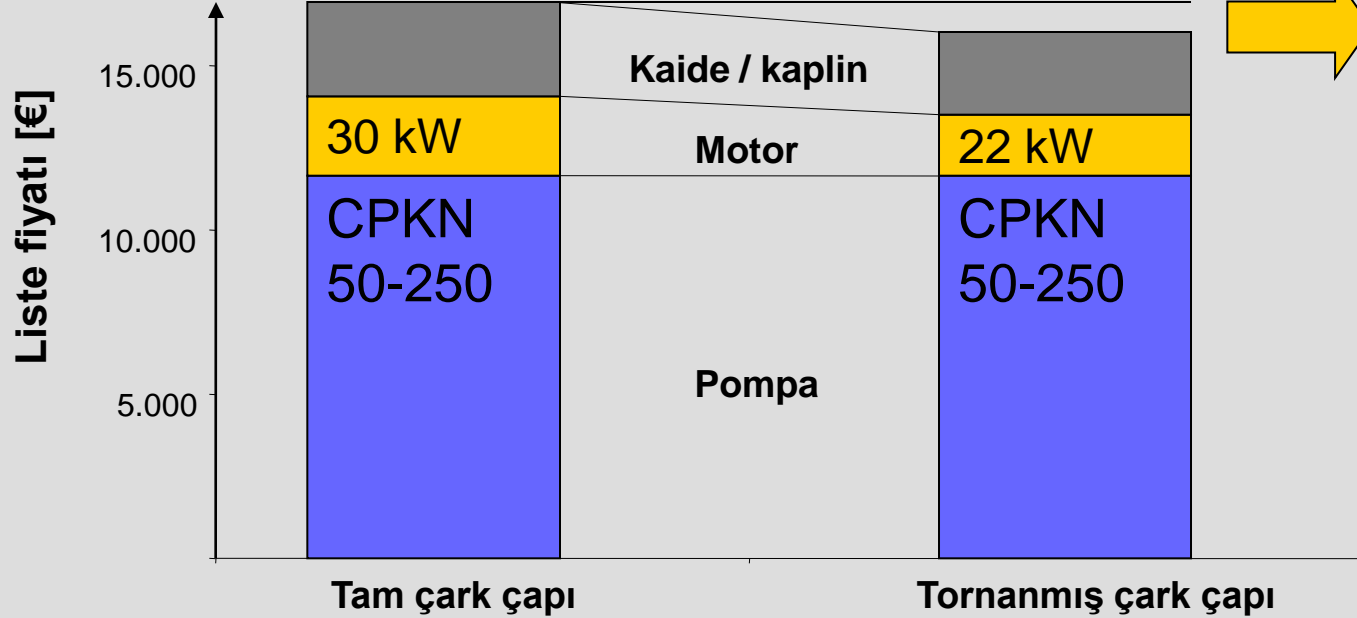


Çark tıraşlamak milgücünü azaltır, bazen kullanılacak motor gücü bile azalır.

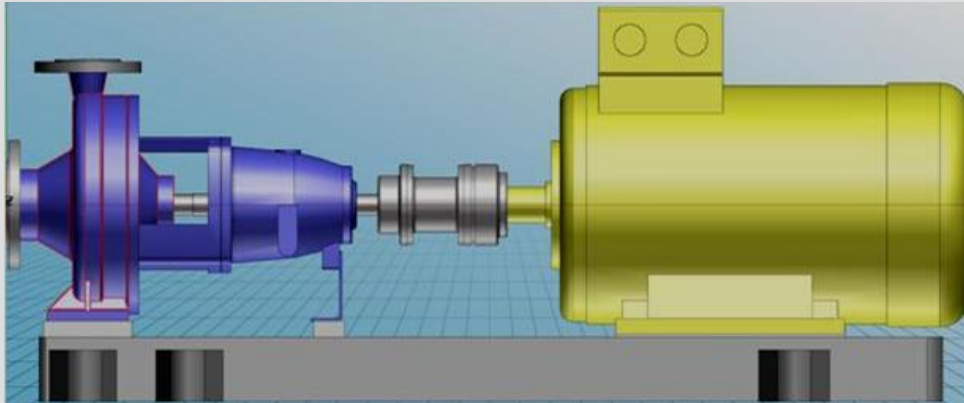


Örnek : Etaline 65-160

# Çark tornalama motor gücünü ve ilk yatırım maliyetlerini düşürür



İlk yatırım maliyetinde 5% tasarruf





## Enerji tasarrufu için 4 seçenek

- ▶ Optimum pompa seçimi
- ▶ Devir ayarlama
- ▶ Çark tıraşlama
- ▶ **Yüksek verimli motor kullanımı**

## Eff1 Motorlar

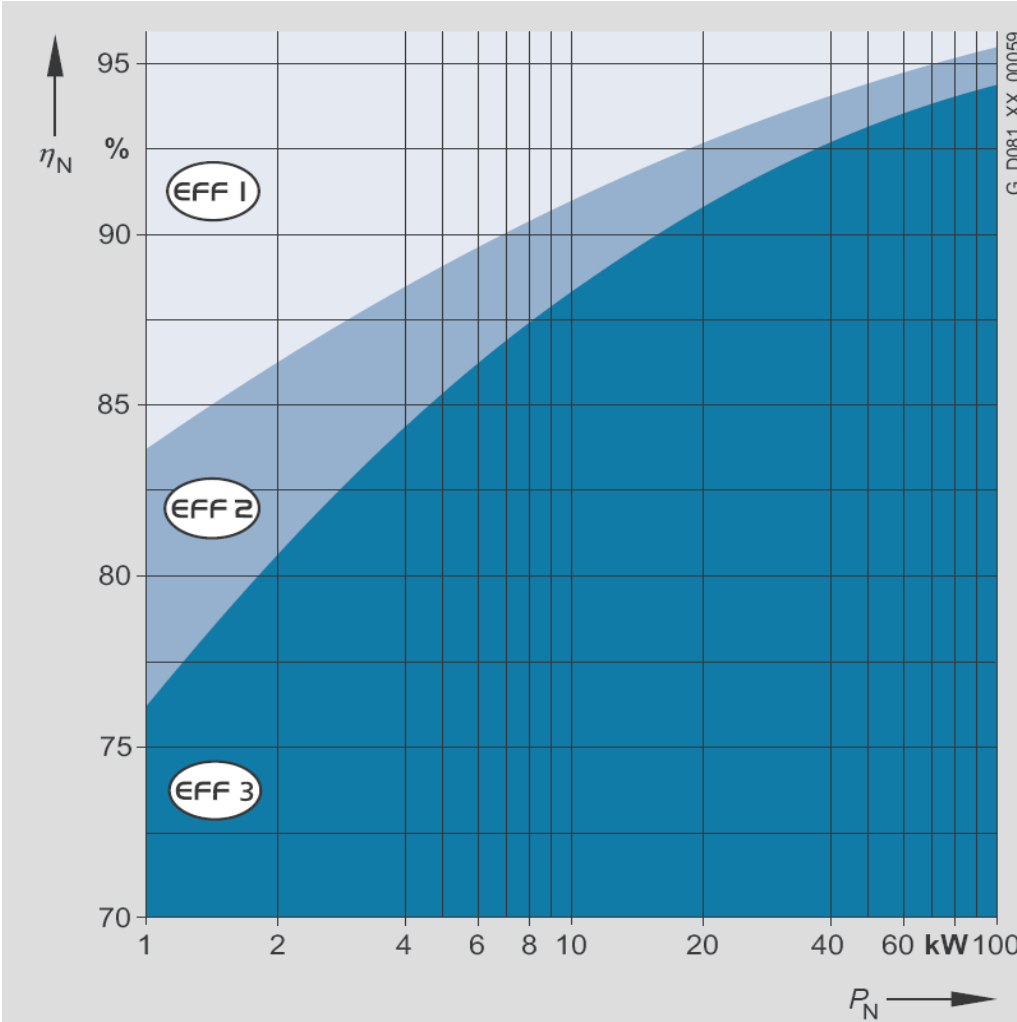


EFF1 Motor

KSB'de standart:  
Enerji kazanımı : 3 %'e kadar



# CEMEP'e göre motor enerji sınıfları



Kaynak : Siemens Katalog D81.1 20081/2 (nach CEMEP)

**Standart asenkron motorlar için üç farklı enerji verimlilik sınıfı :**

**2 ve 4 kutuplu motorlarda 1,1 ile 90 kW arasında geçerli**

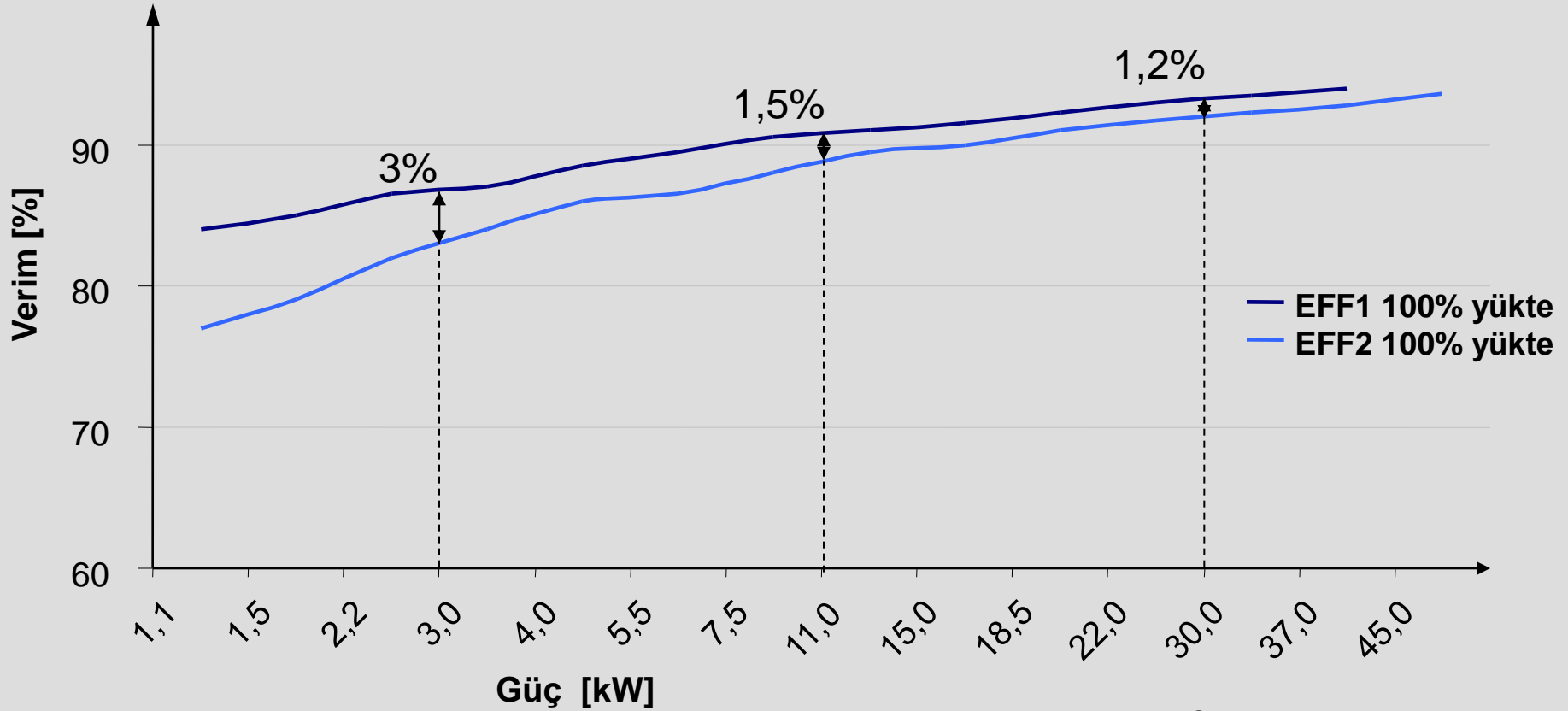
EFF1: Yüksek verimli motorlar

EFF2: Verimi geliştirilmiş motorlar

EFF3: Düşük verimli motorlar

# SIEMENS Eff1 ve Eff2 motor karşılaştırması

## ► EFF 1 motorlar EFF2 Motorlardan daha fazla kazandırır

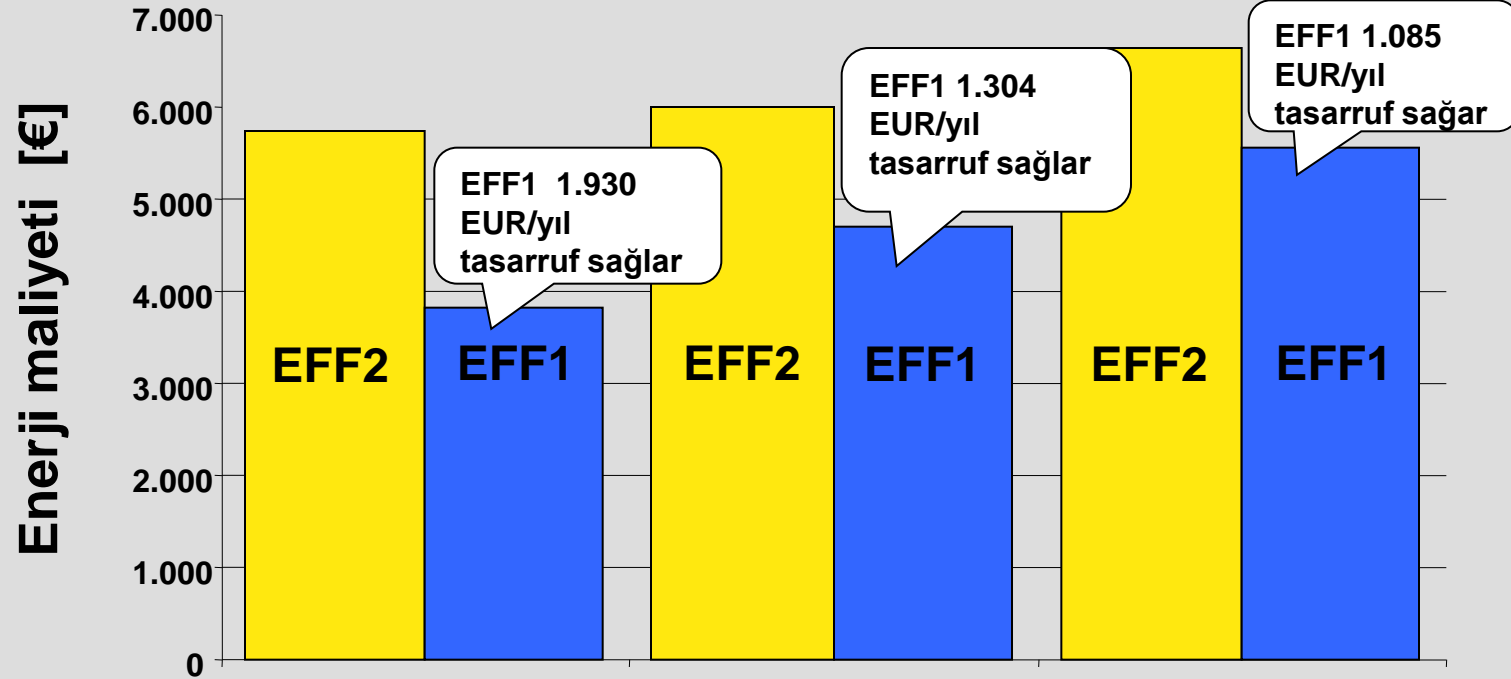


Kaynak: Siemens alçak voltaj motor kataloğu : D 81.1 · 2006

# Eff1 kendini hemen amorti eder

## Varsayım :

Çalışma süresi 4.500 saat/yıl, enerji maliyeti : 0,08 €/kWh



Motor sayısı :  
Güç P<sub>2</sub> :  
Amorti süresi :

40 motor  
1,5 kW (60 kW)  
3.300 saat

10 motor  
15 kW (150 kW)  
5.700 saat

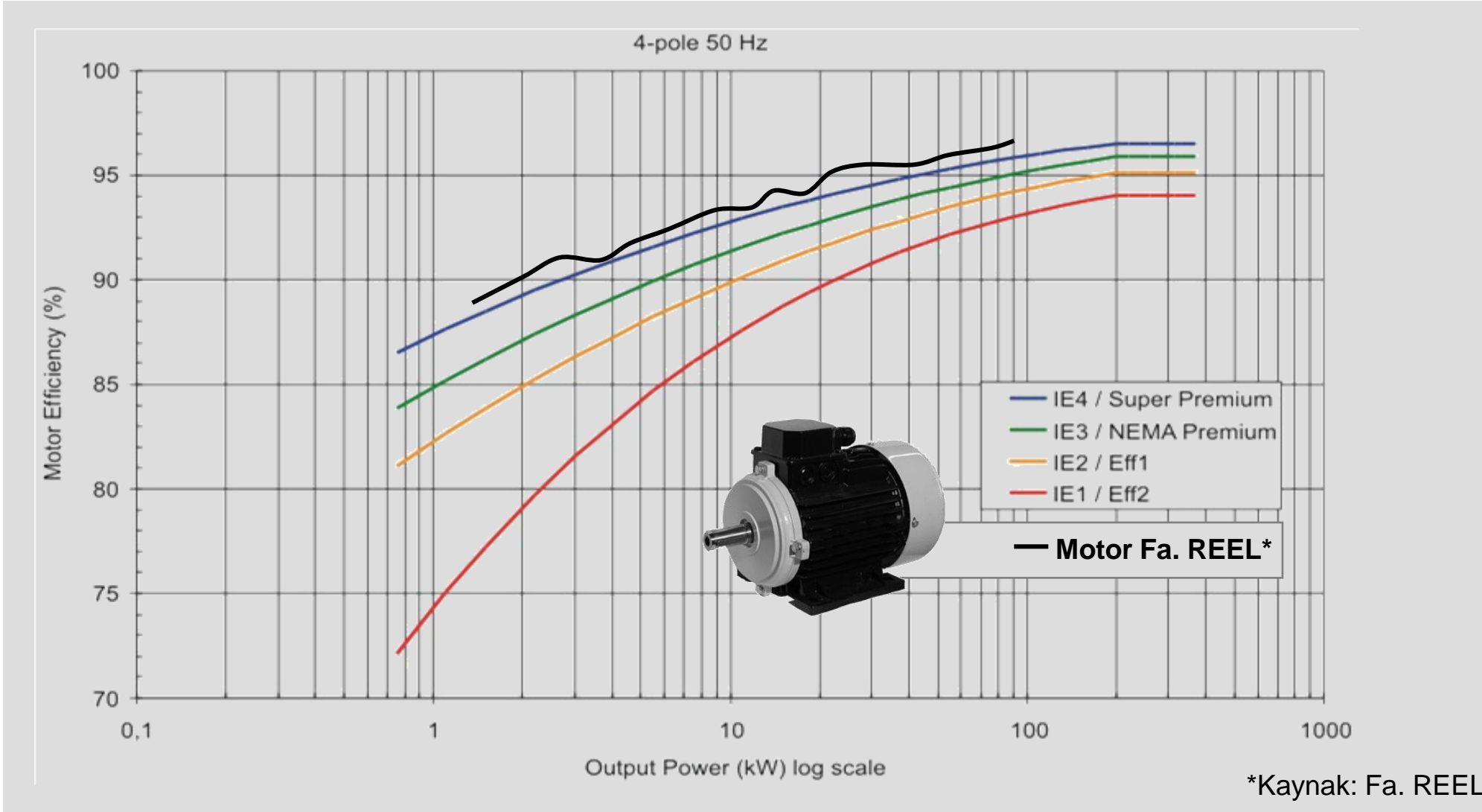
4 motor  
75 kW (300 kW)  
4.700 saat

# Yeni enerji sınıflarına bakış

Yeni standar IEC 60034-30'e göre (Ekim 2008'den itibaren) enerji sınıfları **IE1** den **IE3 (IE4)** 'e kadar tanımlanmıştır →  
**Hedef: dünya çapında standart enerji snıfları**

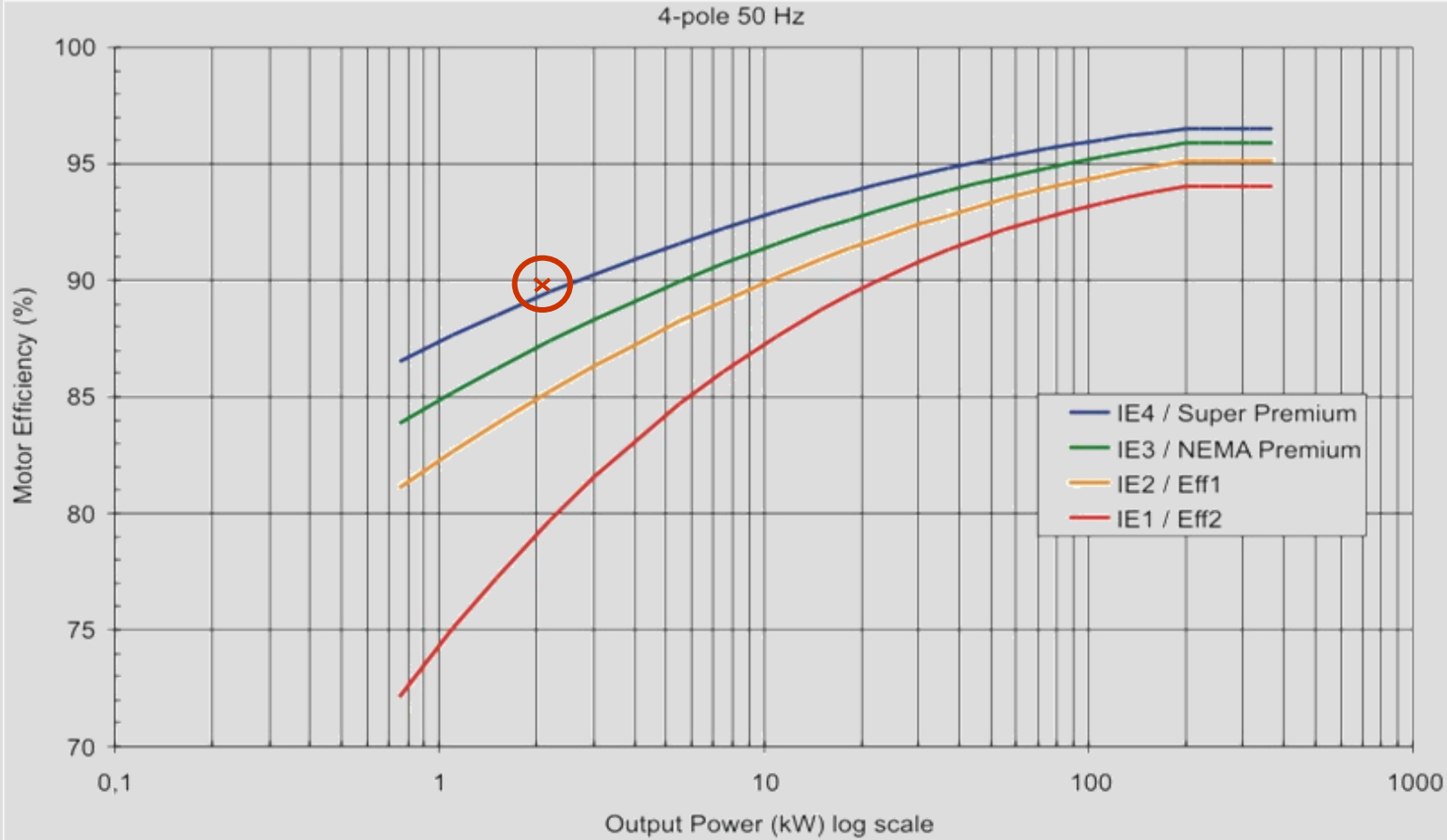
IEC Enerji sınıfı	IEC kodu	EFF kodu	NEMA
Super premium verimli	(IE4)		
Premium verimli	IE3		NEMA Premium
Yüksek verimli	IE2	EFF1	EPAct
Standart verimli	IE1	EFF2	
Standart verimden düşük	-	EFF3	

# Opsiyonel : Süper verimli motorlar





# 2,2 kW motorun verimi yaklaşık 90% KSB tarafından doğrulanmıştır



Devir 1501 min<sup>-1</sup>

Güç 2,2 kW

Motor verimi 89,3 %

## Enerji tasarrufu için 4 seçenek



### Pompa seçimi

Enerji maliyetlerini azaltmanın en önemli adımı



### EFF1 Motorla

Enerji kazanımı: 3 %'e kadar



### Hız kontrolü

Motor hız ayarlaması-  
Enerji tasarrufu: 60 %'a kadar



### Çark tornalama

Çark ayarlama:  
ortalama enerji tasarrufu: 10 %

**İlginiz için teşekkür ediyoruz**