



Karadeniz Teknik Üniversitesi

Orman Fakültesi
Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

MAKİNA BİLGİSİ

7. Enerji Dönüşümü. Örnek Problemler

Dr.-Mak.Müh. Kemal ÜÇÜNCÜ



ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

YÖNTEM

İş: $W = F * l$

Güç: $N = \frac{W}{t}$

Verim: $\eta = \frac{W}{E}$

Isıl kapasite: $Q = m C (T_2 - T_1)$

F kuvvet, yük

W iş; E enerji

t zaman

C özgül ısı

T sıcaklık

ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

ÖRNEK PROBLEM 1.1. Bir inşaat işçisi 500 N'luk bir yükü 80 saniyede 80 m mesafeye taşımaktadır. İşçinin bu iş sırasında yaptığı işi (Nm, J) ve uyguladığı gücünü (kW, PS) bulunuz.

Veriler:

$$F = 500 \text{ N}$$

$$l = 80 \text{ m}$$

$$t = 80 \text{ s}$$

ÇÖZÜM 1.1.

Yapılan iş: $W = F * l$

$$W = 500 \text{ N} * 80 \text{ m} \rightarrow W = 40.000 \text{ Nm}$$

$$W = 40.000 \text{ Nm}; 1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} \rightarrow \mathbf{W = 40.000 \text{ J}}$$

Güç: $N = \frac{W}{t}$

$$N = \frac{40000 \text{ J}}{80 \text{ s}} \rightarrow N = 500 \text{ J/s}; 1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

$$N = 500 \text{ W}; 1 \text{ kW} = 1,36 \text{ PS} \rightarrow \mathbf{N = 0,5 \text{ kW}}$$

$$\mathbf{N = 0,68 \text{ PS}}$$

ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

ÖRNEK PROBLEM 1.2. %35 verimle çalışan bir diesel motor 73.500 kCal karşılığı iş yapmıştır. Diesel yakıtın altı ısı değeri 10.000 kCal/kg, yoğunluğu 0,8 g/cm³, birim fiyatı 6,24 TL/l'dir.

- Harcanan yakıt miktarını ve maliyetini bulunuz.
- Sözü edilen motor, sözkonusu yakıtı 2 saatte harcamışsa; iş ve enerji bakımından gücünü [kW] bulunuz.

Veriler:

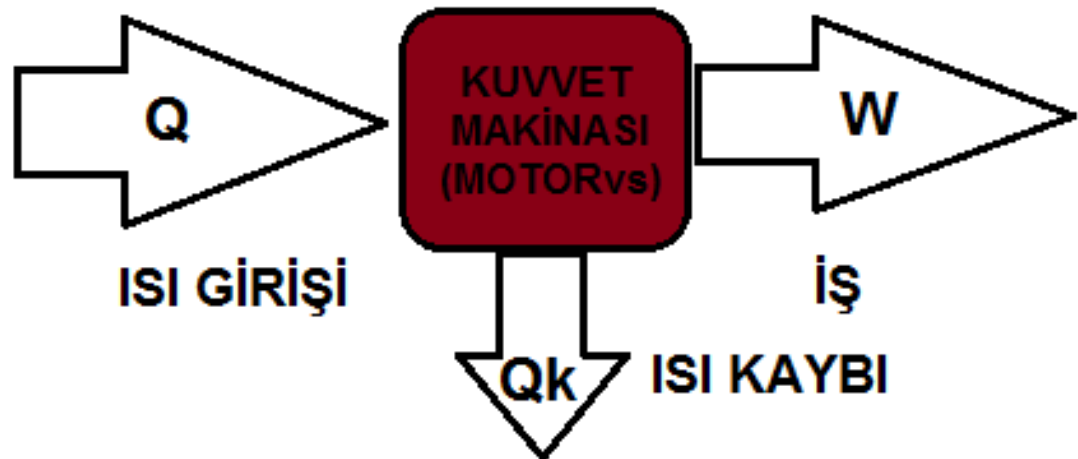
$$\eta = 0,36$$

$$W = 73.500 \text{ kCal}$$

$$H_u = 10.000 \frac{\text{kCal}}{\text{kg}}$$

$$\text{BYF} = 6,24 \text{ TL/l}$$

$$\rho = 0,8 \text{ g/cm}^3$$



ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

ÇÖZÜM 1.2.

Verim denklemi: $\eta = \frac{W}{E}$ (1)

Burada; W, makinanın yaptığı işi, E ise harcadığı enerjiyi göstermektedir. Problemin çözümü için birim uyumu gerekir.

a) Harcanan enerji miktarı (1) denkleminde; $E = \frac{W}{\eta}$ olarak yazılır.

$$E = \frac{73.500 \text{ kCal}}{0,35} \rightarrow E = 210.000 \text{ kCal}$$

Harcanacak yakıt miktarı: $B = \frac{E}{H_u}$ (2)

$$B = \frac{E}{H_u} \rightarrow B = \frac{210.000 \text{ kCal}}{10.000 \text{ kCal/Kg}} \rightarrow \mathbf{B = 21 \text{ kg}}$$

ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

Yakıt maliyeti: Yakıt birim fiyatı 6,24 TL/l olup, ağırlık cinsinden birim fiyat $6,24/0,8 = 7,8$ TL/kg olarak bulunur.

$$YM = B \times BYF \text{ ise; } YM = 21 \text{ kg} \times 7,8 \frac{\text{TL}}{\text{kg}} \rightarrow \mathbf{YM = 163,8 \text{ TL}}$$

b) Motor gücü;

Güç, birim zamanda harcanan enerji ya da yapılan iş olarak ifade edilebilir.

İş bakımından güç: $N_w = \frac{W}{t}$ (3)

Enerji bakımından güç; $N_e = \frac{E}{t}$ (4)

ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

İş bakımından güç:

$$N_w = \frac{73.500 \text{ kCal}}{2 \text{ saat}} \rightarrow N_w = 36.750 \text{ kCal/h}; 1 \text{ kW} = 860 \text{ kCal/h}$$

$$N_w = 36.750 \frac{\text{kCal}}{\text{h}} \frac{1 \text{ kW}}{860 \text{ kCal/h}} \rightarrow N_w = 42,733 \text{ kW}$$

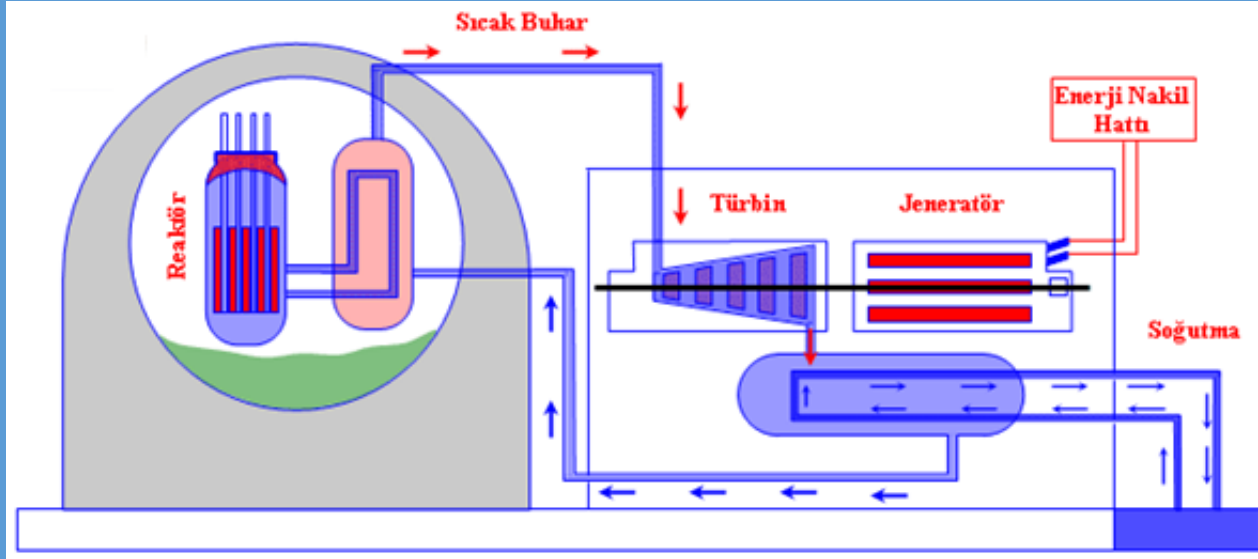
Enerji bakımından güç:

$$N_E = \frac{210.000 \text{ kCal}}{2 \text{ saat}} \rightarrow N_E = 105.000 \text{ kCal/h}; 1 \text{ KW} = 860 \text{ kCal/h}$$

$$N_E = 105.000 \frac{\text{kCal}}{\text{h}} \frac{1 \text{ kW}}{860 \text{ kCal/h}} \rightarrow N_E = 122,093 \text{ kW}$$

ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

ÖRNEK PROBLEM 1.3. Küçük bir termik santralde alt ısı değeri 26000 kJ/kg kömür %72 verimle yakılarak elektrik enerjisi üretilmektedir. Elektrik enerjisi dönüşüm verimi %95 olduğuna göre; 10 ton kömür yakılması ile elde edilecek elektrik enerjisini hesaplayınız. Söz konusu kömürün yanma süresi 20 saat olduğuna göre tesisin (santral) gücünü bulunuz.



Termik santral

ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

Veriler:

$$H_u = 26000 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_y = 0,72$$

$$\eta_e = 0,95$$

$$m_y = 10 \text{ ton}$$

$$t = 20 \text{ saat}$$

ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

Kömürün yanması ile elde edilen ısı enerjisi:

$$m_y = 10\text{ton} = 10.000 \text{ kg}$$

$$Q_y = \eta_y m_y H_u$$

$$Q_y = 0,72 * 10.000 [\text{kg}] * 26.000 [\text{kJ/kg}]$$

$$Q_y = 187.200.000 \text{ kJ}$$

Üretilabilir elektrik enerjisi:

$$Q_e = \eta_e Q_y$$

$$Q_e = 0,95 * 187.200.000 \text{ kJ}$$

$$Q_e = 177.840.000 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ kWh} = 860 \text{ kCal ve } 1 \text{ kCal } 4,186 \text{ kJ}$$

ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

$$Q_e = 177.840.000 \text{ kJ} * \frac{1 \text{ kCal}}{4,186 \text{ kJ}} * \frac{1 \text{ kWh}}{860 \text{ kCal}}$$

$$Q_e = 49.400,5 \text{ kWh}$$

Santral gücü

$$N = \frac{Q_e}{t}$$

$$N = \frac{49.400,5 \text{ kWh}}{20 \text{ h}}$$

$$N = \mathbf{2470 \text{ kW}}$$

ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

ÖRNEK PROBLEM 1.4. %40 verimle çalışan bir diesel motor 4 saatte 20 kg yakıt harcayarak 400 km yol almaktadır. Kullanılan yakıtın alt ısı değeri 10.000 kCal/kg, birim fiyatı 4,98 TL/l'dir.

- a) Motorun harcadığı enerji miktarını [MJ],
- b) Motorun yaptığı işi [MNm],
- c) Motorun gücünü [PS],
- d) Motorun km başına yakıt maliyetini hesaplayınız.

Veriler:

$$\eta = \%40; t = 4 \text{ saat}$$

$$m_y = 20 \text{ kg}$$

$$l = 400 \text{ km}$$

$$Hu = 10.000 \text{ kCal/kg}$$

$$BYF = 4,98 \text{ TL/l}$$

ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

ÇÖZÜM 1.4.

a) Enerji tüketimi [MJ];

$$E = m_y H_u \Rightarrow E = 20 \text{ kg} * \frac{10.000 \text{ kCal}}{\text{kg}} \Rightarrow E = 200.000 \text{ kCal}$$

$$1 \text{ kCal} = 4,186 \text{ kJ}$$

$$E = 200.000 \text{ kCal/kg} * \frac{4,186 \text{ kJ}}{1 \text{ kCal}}$$

$$E = 837.200 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ MJ} = 10^3 \text{ kJ} \Rightarrow E = 837.200 \text{ kJ} * \frac{1 \text{ MJ}}{10^3 \text{ kJ}}$$

$$E = 837,2 \text{ MJ}$$

ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

b) Yapılan iş [MNm];

$$\eta = \frac{W}{E} \Rightarrow W = \eta E$$

$$W = 0,40 * 837.200 \text{ kJ} \Rightarrow W = 334.880 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ kJ} = 1 \text{ kNm} \Rightarrow W = 334.880 \text{ kJ} * \frac{1 \text{ kNm}}{1 \text{ kJ}}$$

$$W = 334.880 \text{ kNm}$$

$$1 \text{ MNm} = 10^3 \text{ kNm} \Rightarrow W = 334.880 \text{ kNm} \frac{1 \text{ MNm}}{10^3 \text{ kNm}}$$

$$W = 334,88 \text{ MNm}$$

ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

c) Motor gücü [PS];

$$N = \frac{E}{t} = \frac{837.200 \text{ kJ}}{14400 \text{ s}}$$

$$N = 58,14 \text{ kJ/s}$$

$$1 \text{ kW} = 1 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} \Rightarrow N = 58,14 \text{ kJ/s} * \frac{1 \text{ kW}}{1 \text{ kJ/s}}$$

$$N = 58,14 \text{ kW}$$

$$1 \text{ kW} = 1,36 \text{ PS} \Rightarrow N = 58,14 \text{ kW} \frac{1,36 \text{ PS}}{1 \text{ kW}}$$

$$N = 89 \text{ PS}$$

ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

d) Birim enerji tüketimi [TL/km];

$$TEM = BYF * m_y$$

$$BYF = 4,98 \frac{TL}{l} * \frac{1 l}{0,82 kg} \Leftrightarrow BYF = 6,07 TL/kg$$

$$TEM = 6,07 TL/kg * 20 kg$$

$$TEM = 121,4 TL$$

$$KMBF = \frac{TEM}{l} = \frac{121,4 TL}{400 km}$$

$$KMBF = 0,30 TL/km$$

ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

ÖRNEK PROBLEM 1.5. Bir ailenin aylık enerji tüketimi 300 kWh olup, sözkonusu enerji üç farklı yolla karşılanabilmektedir.

1. Seçenek: Elektrik; birim maliyeti: 0,71 TL/kWh
2. Seçenek: Kalorifer yakıtı; Yanma verimi %90, alt ısı değeri 10000 kCal/kg, birim fiyatı 2,54 TL/kg
3. Seçenek: Kömür; Yanma verimi %70, alt ısı değeri 28.000 kJ/kg, birim fiyatı 1,70 TL/kg

Diğer maliyetler ihmal edilmek üzere; Aile sizce bu seçeneklerden hangisini tercih edecektir? Niçin?

ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

Veriler:

$$Q = 300 \text{ kWh/ay}$$

$$\text{BEF} = 0,71 \text{ TL/kWh}$$

$$\text{BPF} = 2,54 \text{ TL/kg}$$

$$\text{BKF} = 1,70 \text{ TL/kg}$$

$$\eta_p = 0,90$$

$$\eta_k = 0,70$$

$$H_{u,p} = 10.000 \text{ kCal/kg}$$

$$H_{u,k} = 28.000 \text{ kJ/kg}$$

ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

ÇÖZÜM 1.5.

1. Seçenek: Elektrik:

$$TEM = BEF * Q$$

$$TEM = 0,71 [TL/kWh] * 300 [kWh/ay]$$

$$TEM = 213 TL/ay$$

ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

2. Seçenek: Kalorifer yakıtı

$$q_p = \eta_p * Hu_p = 0,90 * 10.000 \text{ kCal/kg}$$

$$q_p = 9000 \text{ kCal/kg}$$

$$Q = 300 [\text{kWh/ay}] \frac{860 \text{ kCal}}{1 \text{ kWh}} \Rightarrow Q = 258.000 \text{ kCal/ay}$$

$$m_p = \frac{Q}{q_p} = \frac{258.000 \text{ kCal/ay}}{9000 \text{ kCal/kg}} \Rightarrow m_p = 28,7 \text{ kg}$$

$$TPF = BPF * m_p = 2,54 [\text{TL/kg}] * 28,7 [\text{kg/ay}]$$

$$\text{TPF} = 72,9 \text{ TL/ay}$$

ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

3. Seçenek: Kömür:

$$q_k = \eta_k * Hu_k \Rightarrow q_k = 0,70 * 28.000 \text{ kJ/kg}$$

$$q_k = 19.600 \text{ kJ/kg}$$

$$q_k = 19.600 \text{ [kJ/kg]} * \frac{1 \text{ kCal}}{4,186 \text{ kJ}} \Rightarrow q_k = 4682 \text{ kCal/kg}$$

$$m_k = \frac{q}{q_k} = \frac{258.000 \text{ kCal/ay}}{4682 \text{ kCal/kg}} \Rightarrow m_k = 55 \text{ kg/ay}$$

$$TKF = BKF * m_k = 1,70 \text{ [TL/kg]} * 55 \text{ [kg/ay]}$$

$$\mathbf{TKF = 93,50 \text{ TL/ay}}$$

Sonuç: Elektrik enerjisi maliyeti 213 TL/ay, kalorifer yakıtı maliyeti 72,9 TL/ay, kömür maliyeti 93,5 TL/ay olup, kalorifer yakıtı seçeneği seçilmelidir. Kömüre göre uygun fiyat ve işletme koşulları sağlar.

ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

ÖRNEK PROBLEM 1.6. Bir yakıtın üst ısı değerini belirlemek maksadıyla, 18 g yakıt kalorimetre bombasında yakılmaktadır. Kalorimetrede bulunan 4 litre su yakıttan aldığı ısı ile 10 °C'den 55 °C'ye kadar ısınmaktadır.

- a) Yakıtın üst ısı değerini (kJ) ve (kCal) birimleri cinsinden hesaplayınız.
- b) Bunun hangi yakıt olabileceğini yazınız – yorumlayınız.

Veriler:

$$m_y = 18 \text{ g}$$

$$V_s = 4 \text{ l} ; m_s = 4 \text{ kg}$$

$$t_1 = 10 \text{ °C}$$

$$t_2 = 55 \text{ °C}$$

ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

a) Yakıtın üst ısı değeri:

$$Q = m_s C_s (T_2 - T_1)$$

$$Q = 4 [kg] * 1 \left[\frac{kCal}{kg^{\circ}C} \right] * (55 - 10)[^{\circ}C]$$

$$Q = 180 kCal$$

Suya aktarılan ısı yakıt ısısidir.

$$Q_y = Q_s$$

$$Ho = \frac{Q_y}{m_y}$$

ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

$$H_o = \frac{180 \text{ kCal}}{0,18 \text{ kg}}$$

$$H_o = 10.000 \text{ kCal/kg}$$

$$1 \text{ kCal} = 4,186 \text{ kJ}$$

$$H_o = 10.000 [\text{kCal/kg}] * \frac{4,186 \text{ kJ}}{1 \text{ kCal}}$$

$$H_o = 41.860 \text{ kJ/kg}$$

b) Yakıt türü: Sıvı veya gaz yakıt türlerinden biri olabilir.

ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

ÖRNEK PROBLEM 1.7. Bir buhar kazanında %74 verimle alt ısı değeri 41.860 kJ/kg olan yakıttan saatte 200 kg yakılarak elde edilen buhar %87 verimle çalışan buhar türbininde kullanılmaktadır.

- Yakıt enerjisini ve gücünü,
- Buhar kazanı gücünü [kW],
- Buhar türbini gücünü [kW] hesaplayınız.
- Yakıt birim fiyatı 2,54 TL/kg olduğuna göre 10 saatte elde edilecek enerjiyi [kWh], yakıt maliyetini, türbinde elde edilen enerjiyi ve elde edilen enerjinin birim maliyetini [TL/kWh] hesaplayınız.

Veriler:

$$\eta_{bk} = 0.70, \dots ve \dots, \eta_t = 0.92$$

$$\text{Toplam verim: } \eta_{top} = \eta_{bk} * \eta_t = 0.644$$

$$H_u = 29.300 \text{ kJ/kg}, B = 200 \text{ kg}, t = 10 \text{ saat}, \text{BYM} = 2,54 \text{ TL/kg}$$

ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

a) Yakıt enerjisi ve gücü:

$$Q_y = B H_u$$

$$Q_y = 200 \text{ kg} * 29.300 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_y = 5.860.000 \text{ kJ}$$

$$N_y = 200 [\text{kg/h}] * 29.300 [\text{kJ/kg}]$$

$$N_y = 5.860.000 \text{ kJ/h}$$

b) Buhar kazanı gücü:

$$N_k = \eta_k N_y$$

$$N_k = 0,70 * 5,860.000 \text{ kJ/h}$$

$$N_k = 4.102.000 \text{ kJ/h}$$

ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

$$N_k = 4.102.000 \text{ [kJ/h]} \frac{1 \text{ kCal}}{4,186 \text{ kJ}} \frac{1 \text{ kW}}{860 \text{ kCal/h}}$$

$$N_k = 1139 \text{ kW}$$

c) Buhar türbini gücü:

$$N_t = \eta_t * N_k$$

$$N_t = 0,92 * 1139 \text{ kW}$$

$$N_t = 1048 \text{ kW}$$

d) Harcanan yakıt miktarı ve maliyeti:

Harcanan yakıt miktarı:

$$m_y = 200 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * 10 \text{ h} = 2000 \text{ kg}$$

ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

Yakıt maliyeti:

$$YM = m_y * BYF$$

$$YM = 2000 \text{ kg} * 2,54 \text{ TL/kg}$$

$$YM = 5080 \text{ TL}$$

Türbin enerjisi:

$$TE = N_t * t$$

$$TE = 1048 \text{ kW} * 10 \text{ h}$$

$$TE = 10.480 \text{ kWh}$$

Birim enerji maliyeti:

$$BEM = \frac{YM}{TE} = \frac{5080 \text{ TL}}{10.480 \text{ kWh}} = 0,485 \text{ TL/kWh} = 48,5 \text{ krş/kWh}$$

