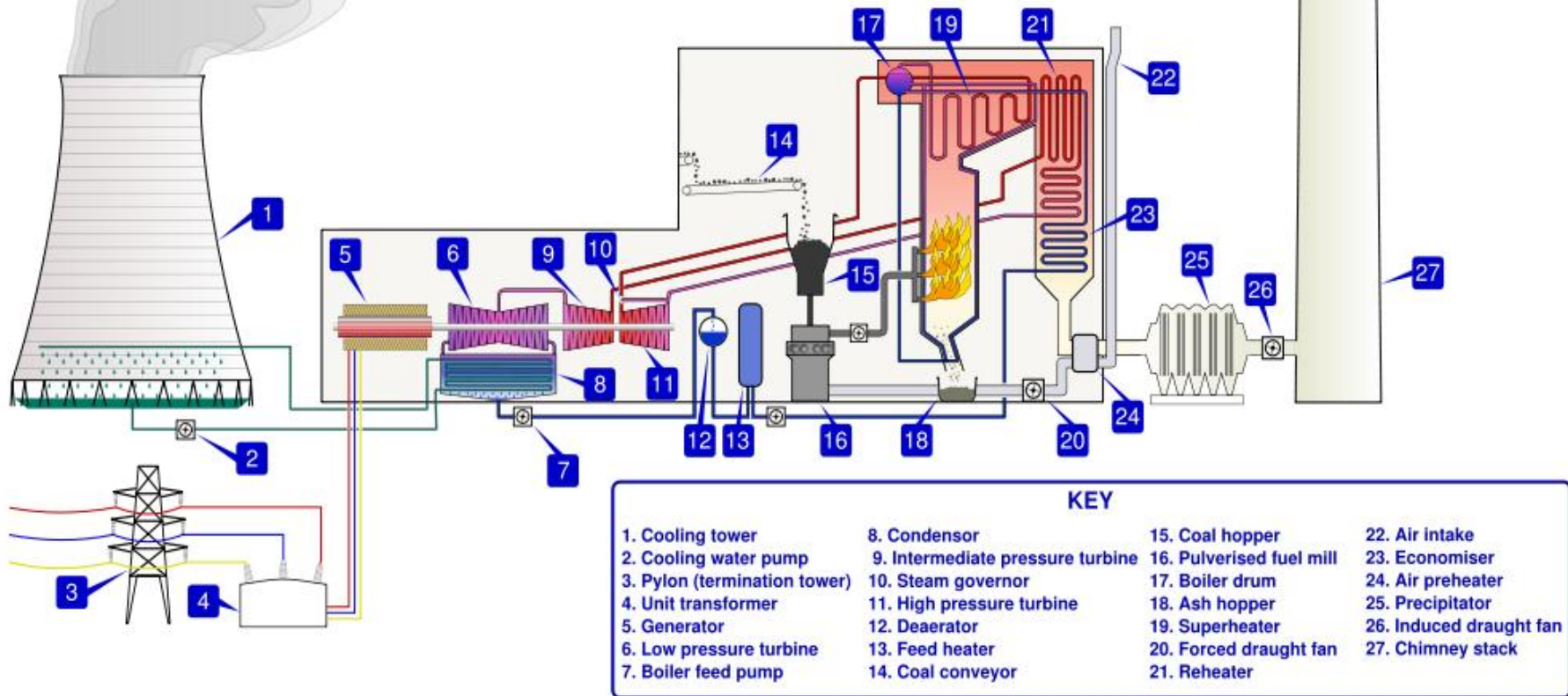


ТОПЛИНСКА ЕНЕРГИЈА

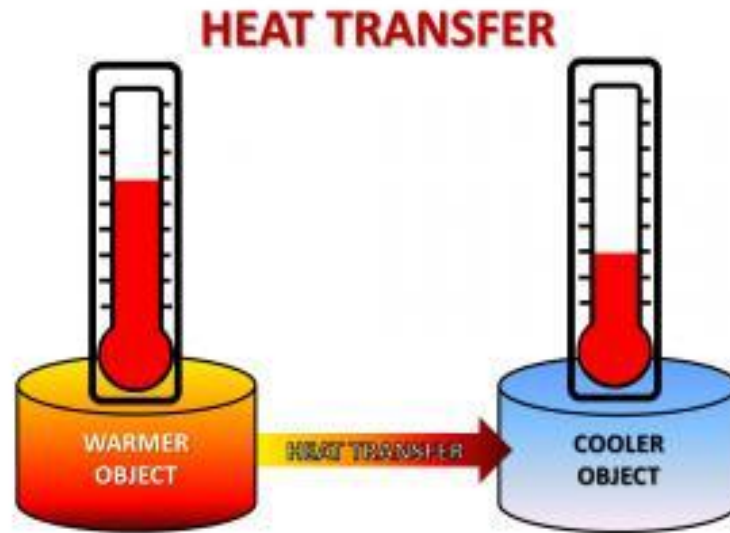
ДОЦ. Д-Р ЕМИЛ ЗАЕВ

Термоцентрала

Термоцентралата ја претвора топлинската енергија која се ослободува од согорување на горивото (фосилно или нуклеарно) во електрична енергија.



Топлина и температура



- Температурата е мерка за загреаност на телата (колку едно тело е топло или ладно), или
- Температурата ни ја дава средната брзина на движење на молекулите.
- Онаа енергија која поради разлика на температурите преминува од едно потопло кон едно поладно тело ја викаме топлина односно топлинска енергија.

Премин на топлина

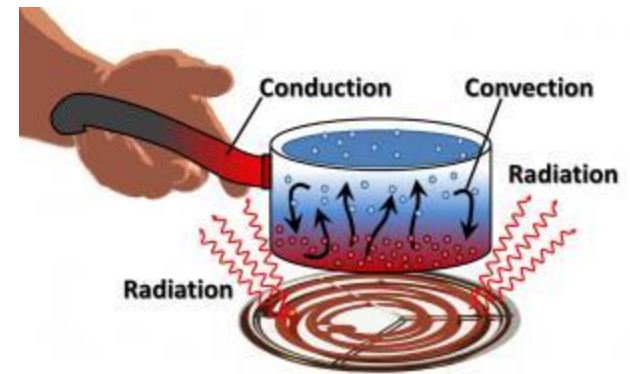
- Топлината може да преминува на три начини:

1) Со спроведување (кондукција) (метален стап еден крај во пламен другиот во рака)

2) Со предавање (конвекција).

Предавање на топлина од едно тело на друго преку струење на некој флуид (систем на греење со топла вода).

3) Со зрачење (радијација). Секое тело загреано над апсолутна нула зрачи топлина.



Премин на топлина со спроведување (кондукција)

1) Со спроведување (кондукција). (метален стап еден крај во пламен другиот во рака)

$$Q = A \cdot k \frac{(T_1 - T_2)}{l}$$

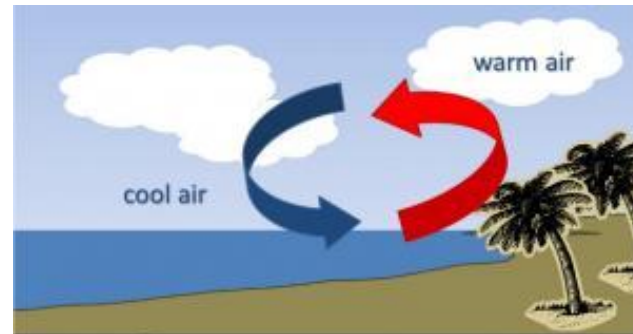
- k - коефициент на топлинска спроводливост (зависи од материјалот)
- Молекулите со поголема енергија (потоплиот крај) ја пренесуваат енергијата на молекулите со помала енергија (поладниот крај)
- Времето потребно за изедначување на температурата во металниот стап: $t = \frac{x^2}{k}$
- k - коефициент на топлинска дифузивност

Со предавање (конвекција).

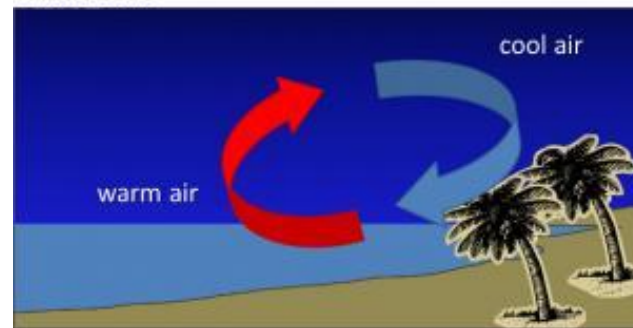
- Предавање на топлина од едно тело на друго преку струење на некој флуид (греење со печка, систем на греење со топла вода, дување на ветер на море, ладење на просторија поради ниската надворешна температура).

$$\frac{Q}{A} = N_u \cdot \kappa \frac{(T_s - T_v)}{L}$$

- N_u - Нуселтов број,
- T_s - T . на сидот
- T_v - T . На воздухот
- L - Карак. должина



SEA BREEZE



LAND BREEZE

Со зрачење

- Секое тело загреано над апсолутна нула зрачи топлина. Доколку некое тело е доволно топло може да се види зрачењето во форма на видлива светлина. Пр. керамичките греачи на температура од 1000 K (726 °C) светат црвено. Објект кој го абсорбира и емитува целото зрачење со 100% ефикасност е наречено црно тело. Стефан-Болцманов закон. Енергијата што ја зрачи едно тело е дадена со:

$$P_e = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \cdot A$$

$$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \left[\frac{W}{m^2 K^4} \right]$$

ε – koeficient na emisivnost [0–1]

A- Површина на телото



Пример 1

EXAMPLE 2.4

Estimate the solar power per square metre incident at the equator. Assume that the surface temperature of the outer surface of the Sun is 5800 K, the emissivity is unity, the radius of the Sun is 7×10^8 m, and the distance from the Sun to the Earth is 1.5×10^8 km.

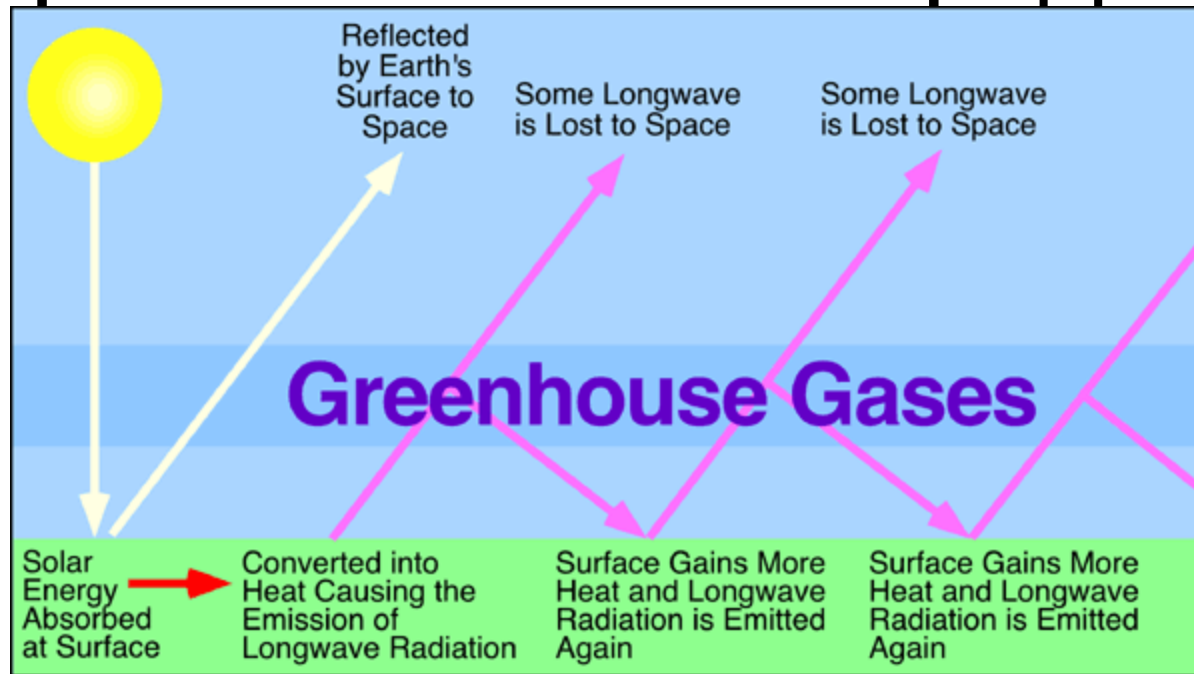
The total power emitted by the Sun is the power per unit area per second, eqn (2.8), multiplied by the surface area of the Sun, i.e.

$$\begin{aligned} P_s &= \sigma T^4 \times 4\pi r_s^2 \approx (5.67 \times 10^{-8}) \times (5.8 \times 10^3)^4 \times 4 \times 3.14 \times (7 \times 10^8)^2 \\ &\approx 3.9 \times 10^{26} \text{ W.} \end{aligned}$$

The fraction of solar power incident on 1 m^2 at the equator is the solid angle subtended from the Sun, $\Omega = 1/(4\pi d^2) \approx 1/[4 \times 3.14 \times (1.5 \times 10^{11})^2] \approx 3.5 \times 10^{-24}$, where d is the distance from the Earth to the Sun. Hence the incident solar power per unit area at the equator is $P_s \Omega \approx (3.9 \times 10^{26}) \times (3.5 \times 10^{-24}) \approx 1.37 \text{ kW m}^{-2}$.

$$\text{Соларна константа} = 1.37 \text{ kW/m}^2$$

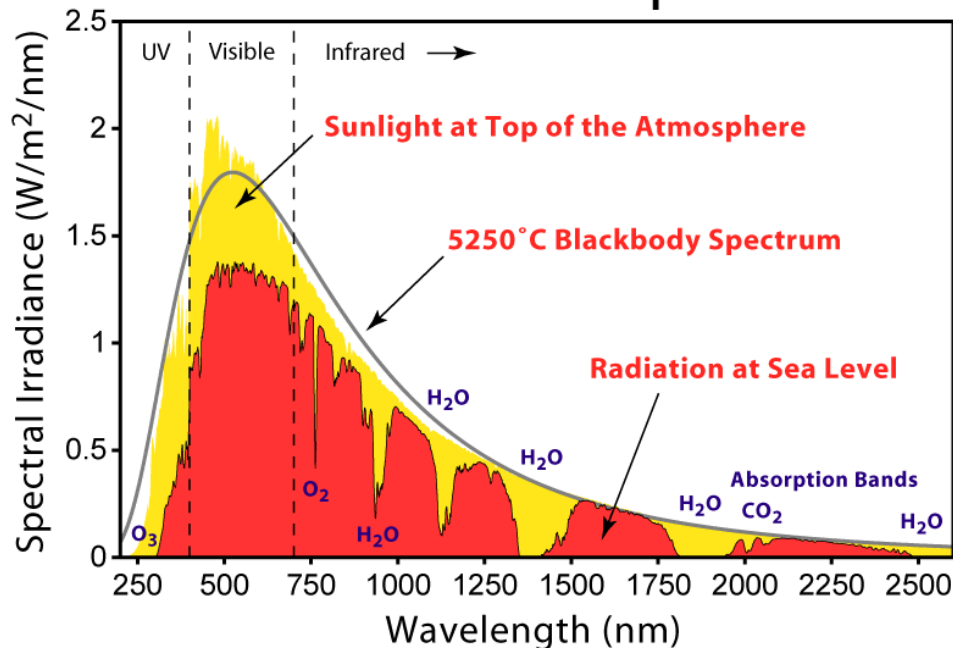
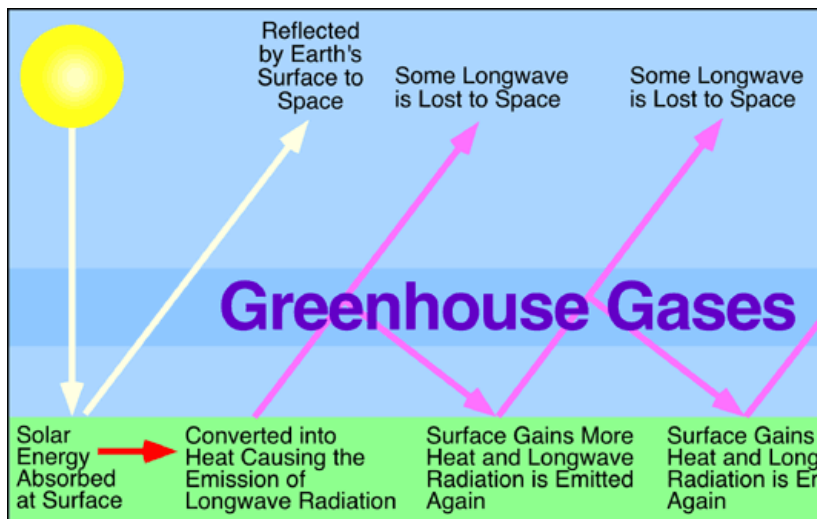
Ефект на стаклена градина



- Температурата на сонцето е околу 5800 K
- Доколку Земјата беше идеално црно тело без атмосфера температурата на земјата ќе беше $+5.3^{\circ}\text{C}$
- Земјата не е идеално црно тело и одбива околу 30% од сончевото зрачење, без атмосфера, температурата на земјата ќе беше -18°C
- Поради присуството на водена пара, јаглерод диоксид, метан и озон во атмосферата се формира ефектот на стаклена градина и просечната температура на земјата се покачува на $+15^{\circ}\text{C}$

Ефект на стаклена градина

Solar Radiation Spectrum



За случај кога има атмосфера. Сончевата зрачење (енергија) која доаѓа на земјата е во форма на видлива светлина. Земјата апсорбира 70% од Сонч. Флукс (УВ + видлива + инфрацрвено зрачење). Видливата светлина целосно се пропушта од атмосферата. Како резултат на тоа Земјата се загрева и зрачи со инфрацрвена бранова должина. Инфрацрвената се апсорбира од атмосферата (речиси 90%). Значи, атмосферата се загрева како резултат на инфрацрвеното зрачење на земјата. Атмосферата почнува да зрачи со инфрацрвена бранова должина назад кон земјата и како резултат на тоа температурата на Земјата се покачува.

Поле 2.1

За случај кога нема атмосфера и земјата рефлектира 30% од Сончевото Зрачење (алbedo $A=0.3$)

$$(1 - A)S\pi R^2 = 4\pi R^2\sigma T^4,$$

noting that radiation is emitted by the whole of the Earth's surface (area = $4\pi R^2$). Putting $A = 0.3$ and $S = 1.37 \text{ kW m}^{-2}$ gives $T = 255 \text{ K} = -18^\circ\text{C}$.

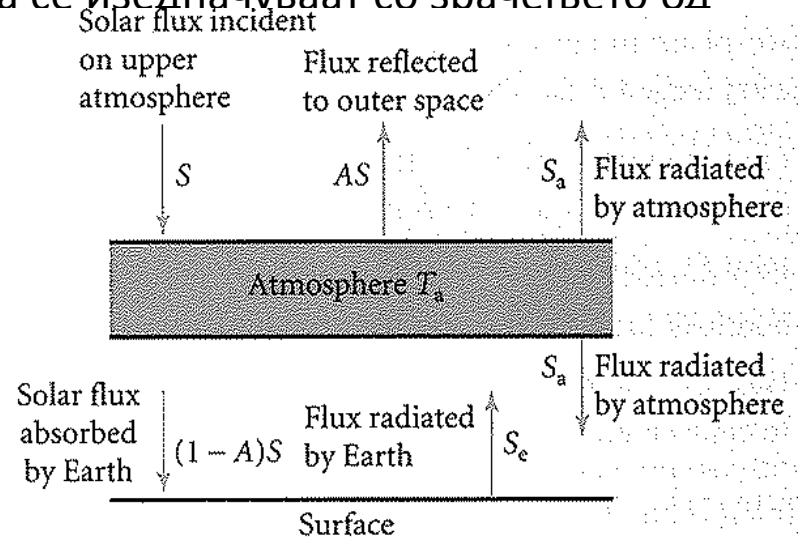
За случај кога има атмосфера. Зрачењето од Сонцето кое стига на Земјата плус зрачењето од атмосферата назад врз Земјата се изедначуваат со зрачењето од Земјата.

$$(1 - A)S\pi R^2 = 4\pi R^2\sigma T_a^4,$$

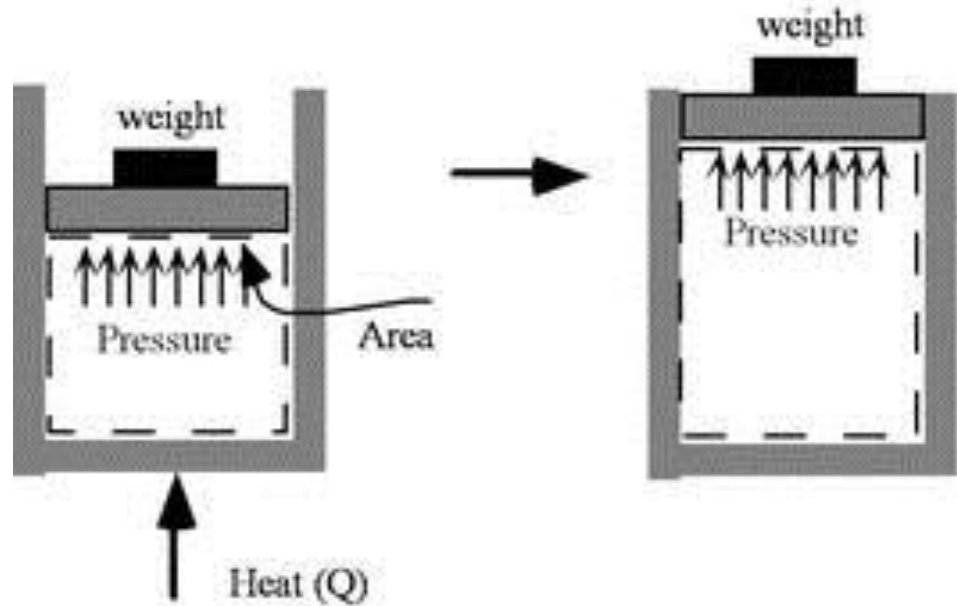
which yields $T_a = T = 255 \text{ K}$.

$$(1 - A)S\pi R^2 + 4\pi R^2\sigma T_a^4 = 4\pi R^2\sigma T_E^4.$$

Substituting for $4\pi R^2\sigma T_a^4$ from above, we obtain $T_E^4 = 2T_a^4$, so that $T_E = 303 \text{ K} = 30^\circ\text{C}$.



Прв главен закон на термодинамика



$$Q = \Delta U + W$$

$$W = (p \cdot A) \cdot L$$

$$U_2 > U_1$$

Доведената топлината се потрошила за зголемување на внатрешната енергија + вршење на механичка работа. Енергијата не се изгубила туку преминала од еден вид во друг.

Енталпија (H)

- Енталпија — величина на внатрешна состојба.
Енталпијата е еквивалентна на тоталната содржина на топлина во системот. Збир од внатрешна енергија + производот $p v$:

$$h = u + p v$$

При константен притисок преносот на топлина е еднаков на:

$$Q = h_2 - h_1 = c_p (T_2 - T_1)$$

c_p —топлински капацитет

Ентропија

- Таа често пати се преставува и како степенот на неред, или пак случајности во системот. Значи, ентропијата претставува мерка за неред (хаос). Соба во која постои неред има поголема ентропија од собата во која постои ред. Се во космосот природно тежнее кон хаос. Потребно е да се вложи одредена енергија за да повторно се вратиме во првобитната состојба. Вкупната ентропија на некој систем + околината не може да се намали, може или да остане иста кај реверзibilни процеси или да се зголеми кај неререверзibilни процеси.

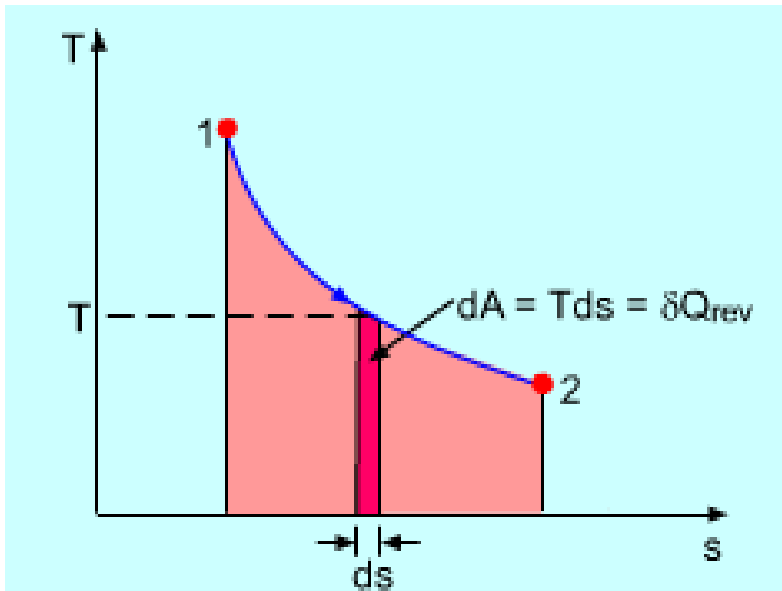
Ентропија

- Во термодинамиката постојат повратни и неповратни процеси. Кај неповратните процеси Ентропијата претставува величина со која се претставува недостапноста (нерасположливоста) на топлинската енергија на системот за преобразба (претворање) во механичка работа, или пак тоа е мерка за деградацијата на енергијата во еден систем. $S_2 - S_1 > 0$ (пр. при претварање на топлина во механичка работа во некоја машина дел од енергијата се претвара во триење на механичките компоненти со што неповратно се губи.)
- Кај повратните термодинамички процеси, возможно е да со внесување на енергија однадвор системот се врати во првобитната состојба $S_2 - S_1 = 0$.

$$\Delta S = \frac{\Delta Q_{rev}}{T}; dS = \frac{dQ_{rev}}{T}; dQ_{rev} = TdS$$

T-s дијаграм

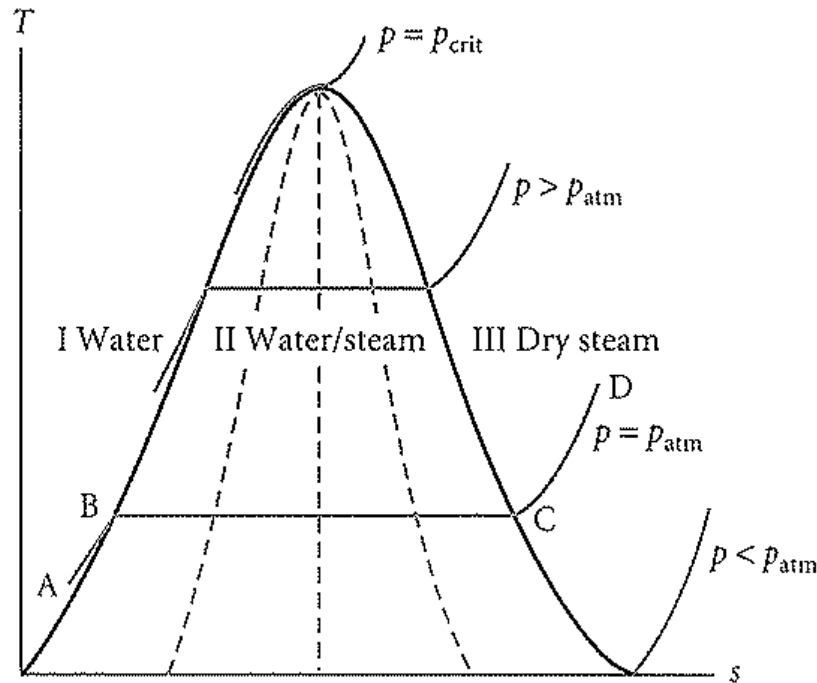
Прашање: Зошто е воведена ентропија во термодинамика и за што се користи?



$$Q_{rev} = \int_1^2 T dS$$

Во T-s дијаграмот вкупната вложена топлина е еднаква на вкупната површина под кривата од 1-2 на T-s дијаграмот. Со споредување на T-s дијаграмите на разни процеси (Карнотов, Ранкинов, Џулов и тн.) може да се спореди вложената топлина, добиената работа и предадената топлина.

T-s дијаграм на вода и пареа



Најсоодветен приказ за термодинамичките појави во термоцентралите е преку T-s дијаграмот.

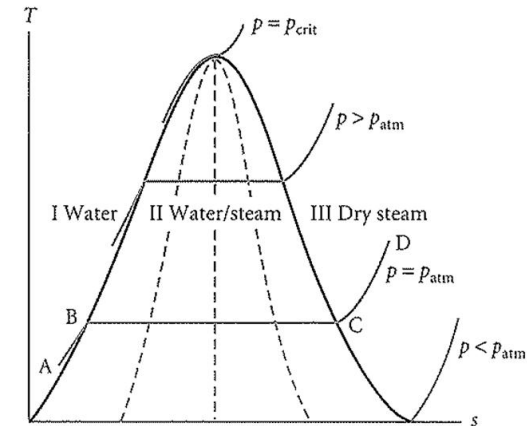
- Три области: I) Вода II) мешавина на вода и пареа III) Сува пареа
- Кривата во форма на своно преставува граница помеѓу фазите. Полните линии се линии на константен притисок, изобари. Испрекинатите линии се линии на константен квалитет на пареата
- Линија ABCD е линија на вриење на водата при атмосферски притисок

Својства на мешавината вода и пареа

Се разгледува правата BC.

Водата во точката B има маса M .

Целокупната вода со маса m во точката C преминува во пареа. Секоја точка по должината на изобарата BC има делумно вода делумно пареа, односно вкупната маса на мешавината вода-пареа е збир од масите на водата и пареата, односно волуменот е збир од волумените на водата и пареата.



$$m = m_f + m_g \quad V = V_f + V_g = m_f v_f + m_g v_g$$

..... Специфичниот волумен е даден со:

$$v = \frac{V}{m} = \frac{m_f v_f + m_g v_g}{m} = \frac{(m - m_g) v_f}{m} + \frac{m_g v_g}{m} = \left(1 - \frac{m_g}{m}\right) v_f + \frac{m_g}{m} v_g.$$

$$x = \frac{m_g}{m}$$

Квалитет на пареата. % на пареа во мешавината. 1 е најдобро.

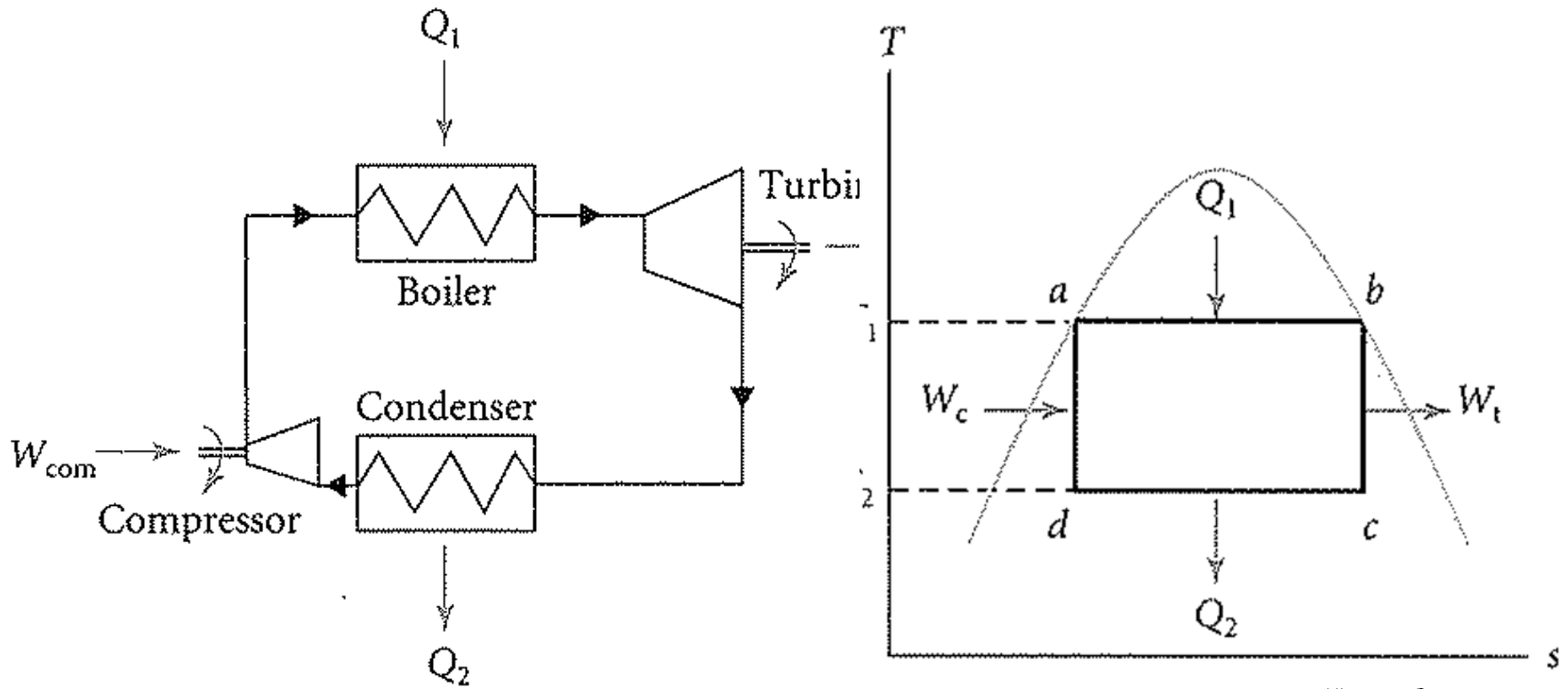
$$v = (1 - x)v_f + xv_g.$$

$$u = (1 - x)u_f + xu_g,$$

$$h = (1 - x)h_f + xh_g,$$

$$s = (1 - x)s_f + xs_g,$$

Карнотов циклус



After each complete cycle, the working fluid has the same internal energy U , so the net change in internal energy is zero, or $\Delta U = 0$. By the first law of thermodynamics (2.10) we have

$$(Q_1 - Q_2) - (W_t - W_{com}) = 0.$$

Hence the efficiency of the process is given by

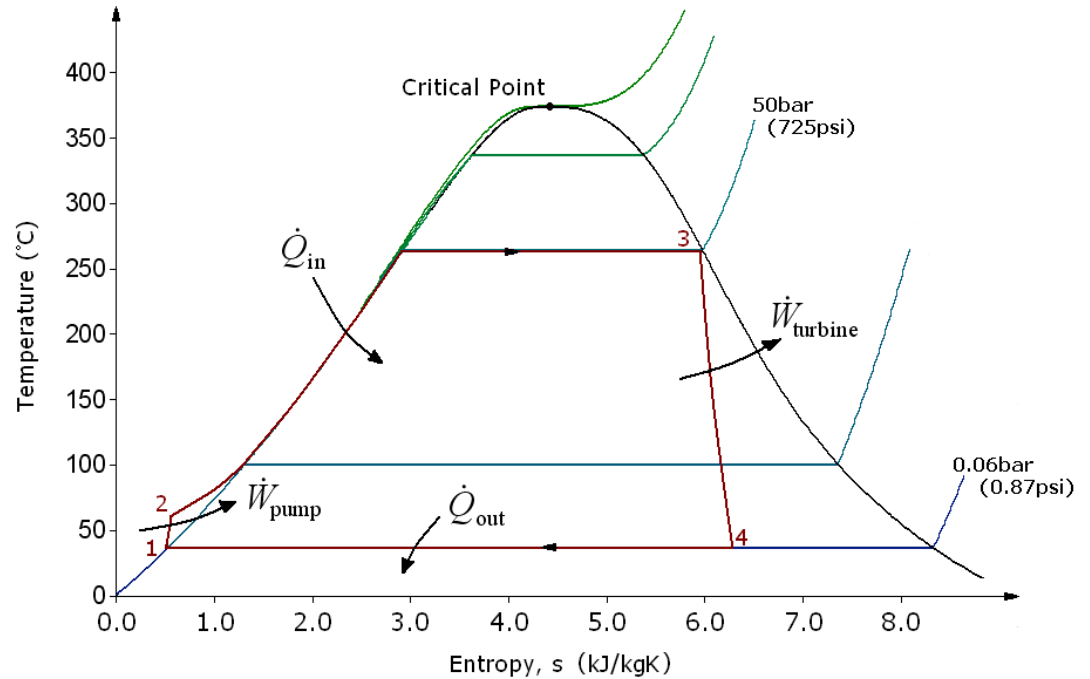
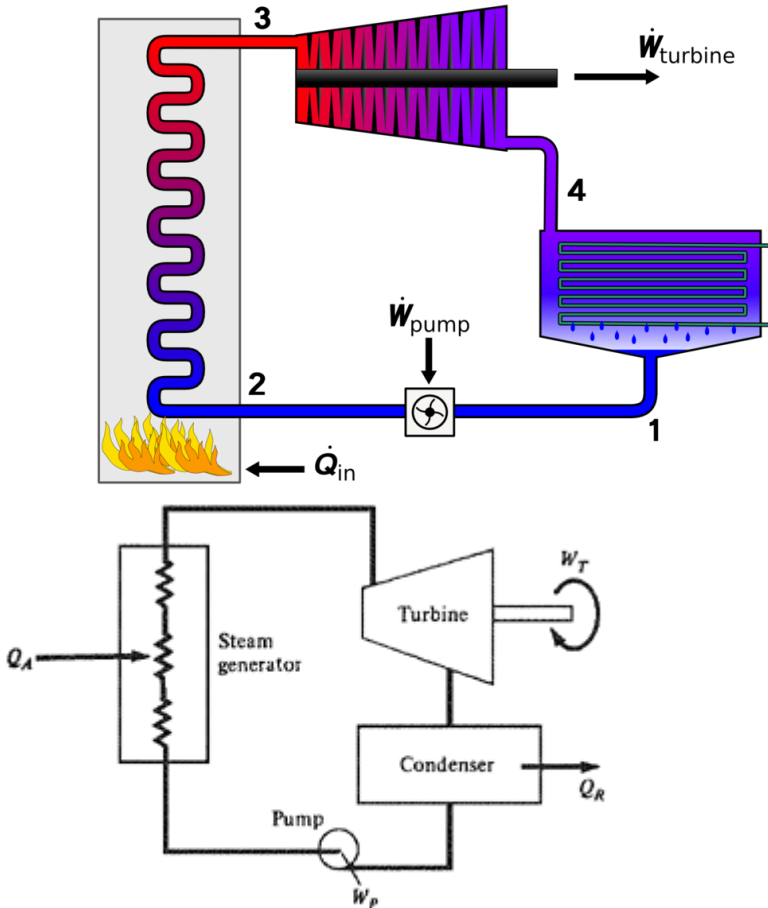
$$\eta = \frac{[\text{net work output}]}{[\text{heat input}]} = \frac{W_t - W_{com}}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}.$$

$$\eta_C = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Карнотов циклус

- Најдобар степен на корисно дејство
- Неможност да се изведе во пракса поради компресорот кој треба да работи со водени капки
- Подобрување: кај Ранкиновиот циклус, компресорот е заменет со пумпа
- Кај котелот постои предзагревање на водата, бојлер за испарување на водата и прегревач на пареата

Ранкинов циклус

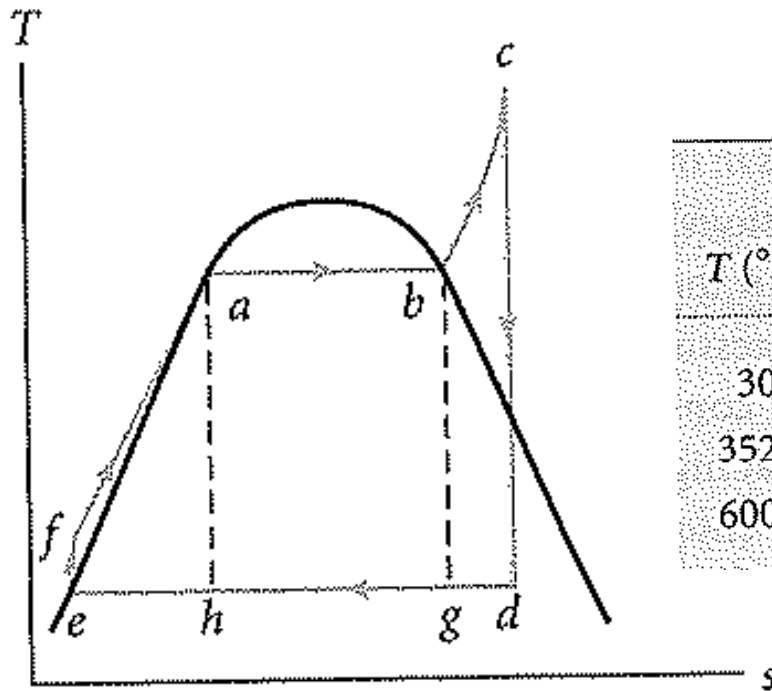


(e) The efficiency of the cycle is $\eta_R = \frac{W_t - W_{\text{com}}}{Q_{\text{in}}} = \frac{1569 - 17}{3421} \approx 0.45$.

(f) The efficiency of the Carnot cycle is $\eta_C = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \left(\frac{273 + 30}{273 + 352} \right) \approx 0.52$.

Карнотовиот циклус има подобро ета од ранкиновиот. Пр. 2.6.

Пример 2.6. Ранкинов циклус

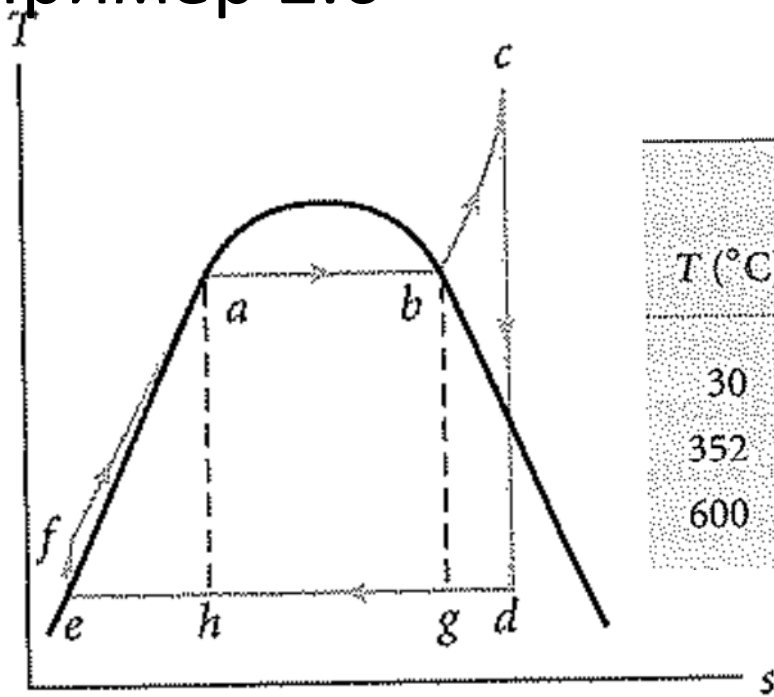


$T (^{\circ}\text{C})$	$p (\text{bar})$	$h (\text{kJ kg}^{-1})$		$s (\text{kJ kg}^{-1} \text{K}^{-1})$	
		h_f	h_g	s_f	s_g
30	0.04	126	2556	0.436	8.452
352	170	1690	2548	3.808	5.181
600	170		3564		6.603

Дадено: Притисок во котел $p=170 \text{ bar}$ ($fabc$), притисок во кондензаторот $p=0.04 \text{ bar}$ (g), Температура на испарување во котелот $T=352 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (ab), Температура на прегреана пара $T=600 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (c), Температура во кондензаторот $T=30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($dghe$).

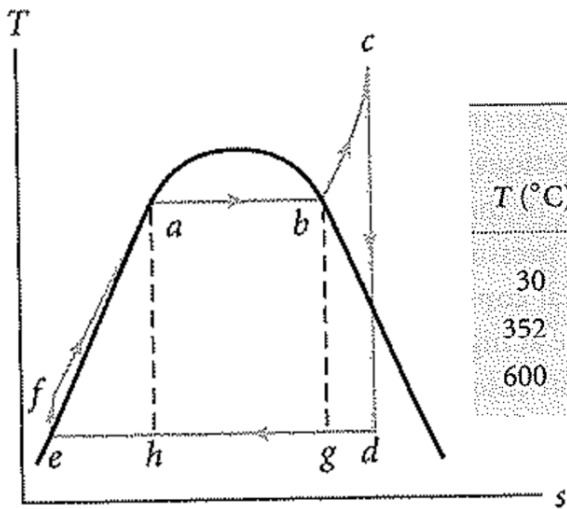
Се бара: а) работата од компресорот. б) доведена топлина на бојлерот, в) работата добиена во турбината, г) одведената топлина во кондензаторот, д) ефикасност на Ранкинов циклус, е) ефикасност на Карнотов циклус

Пример 2.6



T ($^{\circ}\text{C}$)	p (bar)	h (kJ kg^{-1})		s ($\text{kJ kg}^{-1} \text{K}^{-1}$)	
		h_f	h_g	s_f	s_g
30	0.04	126	2556	0.436	8.452
352	170	1690	2548	3.808	5.181
600	170		3564		6.603

- (a) Assuming that water is incompressible, the work done by the compressor per unit mass of water is given by $W_{\text{com}} = v_f(p_f - p_e)$. Putting $v_f = 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ and $p_f - p_e = (170 - 0.04) \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$, we have $W_{\text{com}} \approx 17 \text{ kJ kg}^{-1}$.
- (b) We first calculate the enthalpy at the entrance to the boiler (f). Assuming the compressor is adiabatic, the work done is equal to the change of enthalpy, i.e. $W_{\text{com}} = h_f - h_e$, or $h_f = W_{\text{com}} + h_e \approx 17 + 126 = 143 \text{ kJ kg}^{-1}$.



T (°C)	p (bar)	h (kJ kg ⁻¹)		s (kJ kg ⁻¹ K ⁻¹)	
		h _f	h _g	s _f	s _g
30	0.04	126	2556	0.436	8.452
352	170	1690	2548	3.808	5.181
600	170		3564		6.603

Пример 2.6

The boiler operates at constant pressure, so the heat input is given by $Q_{\text{in}} = h_c - h_f = 3564 - 126 \approx 3438 \text{ kJ kg}^{-1}$.

(c) The work done by the turbine is $W_t = h_c - h_d = 3564 - h_d$, where h_d is given by $h_d = h_f(1 - x_d) + h_g x_d = 126(1 - x_d) + 2556x_d$. To obtain x_d we use the fact that the expansion in the turbine is adiabatic, so that $s_d = s_c = 6.603$.

Hence $0.436(1 - x_d) + 8.452x_d = 6.603$, which yields $x_d \approx 0.77$.

Thus $h_d = 126(1 - 0.77) + 2556(0.77) \approx 1995 \text{ kJ kg}^{-1}$,

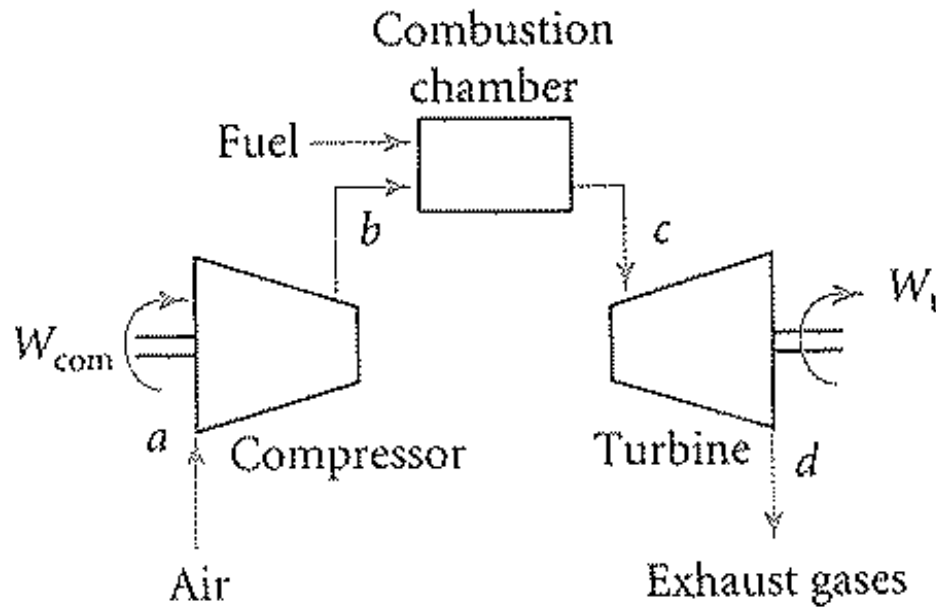
and $W_t = 3564 - 1995 = 1569 \text{ kJ kg}^{-1}$.

(d) The heat output in the condenser is $Q_{\text{out}} = h_d - h_e = 1995 - 126 \approx 1869 \text{ kJ kg}^{-1}$.

(e) The efficiency of the cycle is $\eta_R = \frac{W_t - W_{\text{com}}}{Q_{\text{in}}} = \frac{1569 - 17}{3438} \approx 0.45$.

(f) The efficiency of the Carnot cycle is $\eta_C = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \left(\frac{273+30}{273+352}\right) \approx 0.52$.

Џулов циклус (гасни централи)



Степен на корисно дејство 40-45%

Комбинирани циклуси

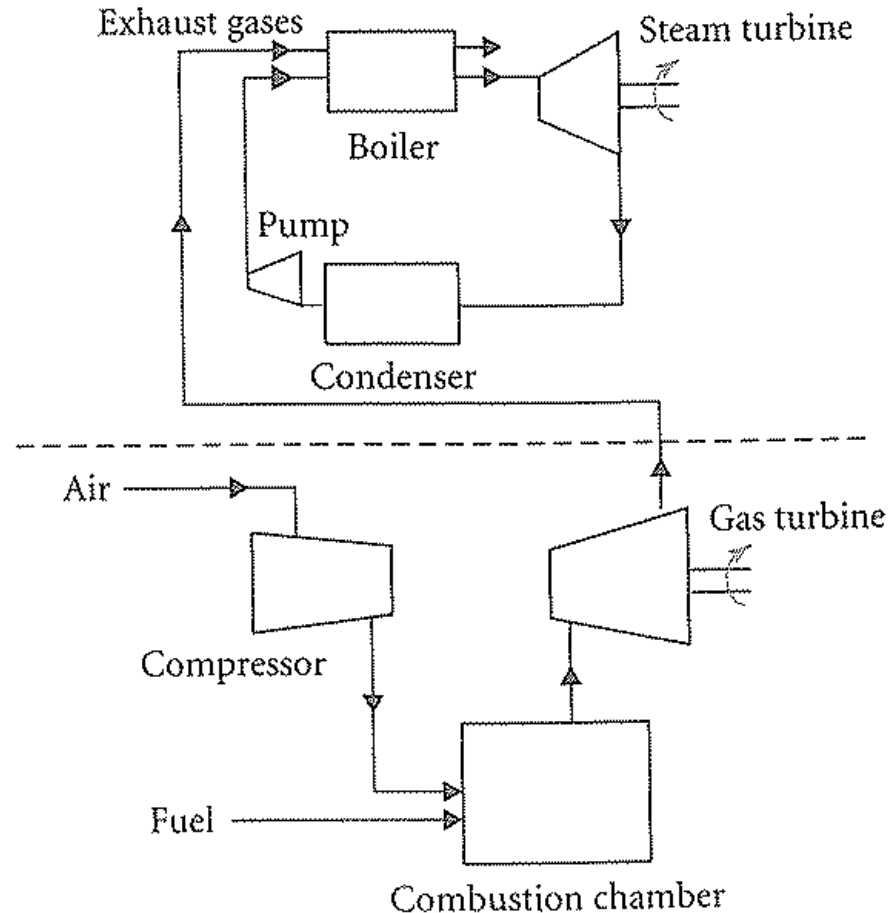


Fig. 2.12 Combined cycle gas turbine (CCGT) generation.

Степен на корисно дејство <60%

Фосилни горива и производство на CO₂

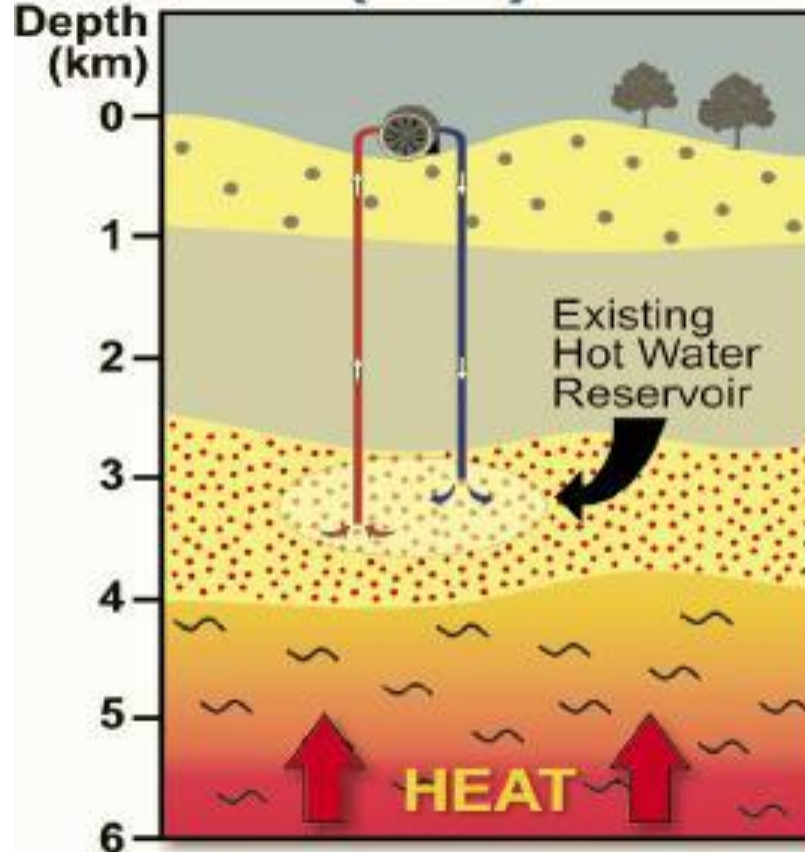
Емисија на CO₂ во зависност од количеството на топлинска енергија која ја произведуваат при согорување.

Pounds of CO₂ /million Btu of energy

Coal (anthracite)	228.6
Coal (bituminous)	205.7
Coal (lignite)	215.4
Coal (subbituminous)	214.3
Diesel fuel & heating oil	161.3
Gasoline	157.2
Propane	139.0
Natural gas	117.0

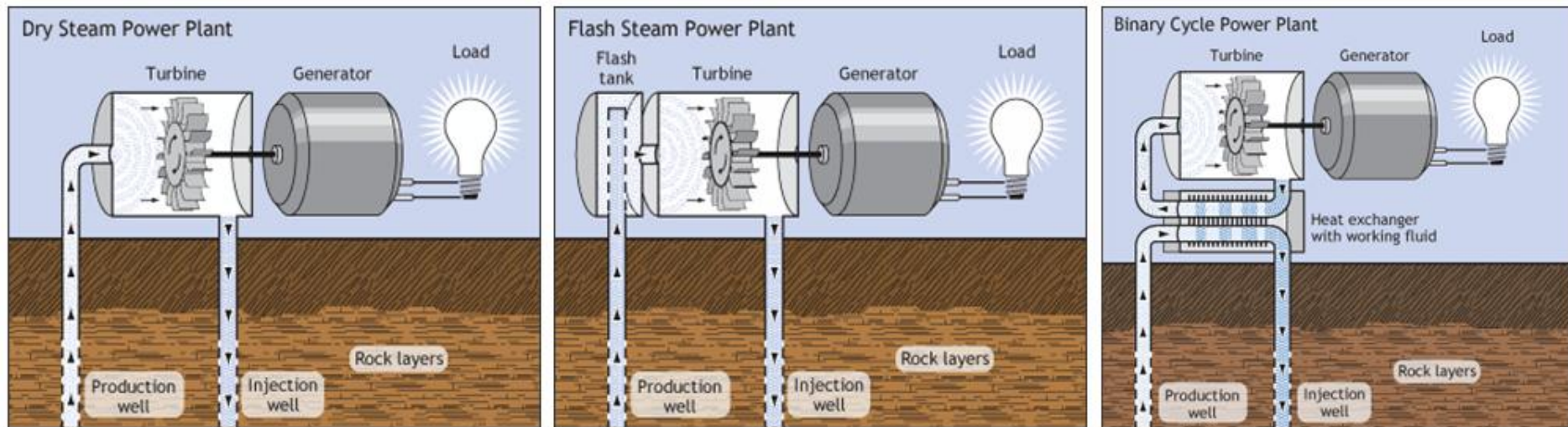
Количеството на CO₂ произведено при согорување на горивото е функција од количеството на јаглерод кое го содржи горивото.

Геотермална енергија



- Температура на јадрото 4000°C , радиусот на Земјата е околу 6500 км.
- Температурата опаѓа за $30^{\circ}\text{C}/\text{км}$.
- При длабочина од 2-3 км, температурата на водата е од $60-90^{\circ}\text{C}$
- При температури од $200-350^{\circ}\text{C}$, гејзери од пареа, директно се произведува струја.
- За температури помеѓу $50-150^{\circ}\text{C}$ се користи бинарен систем или пак се користи за затоплување, индустрија и тн.

Типови на геотермални централи според начинот на производство на пареа



- 1) Централни на сува пареа. Високи температури ($200-350^{\circ}\text{C}$). Екстремно редок случај.
- 2) Централни на брза пареа. Вода која стига на земјата со температура $>150^{\circ}\text{C}$ се носи во комори во кои поради промена на притисокот инстантно испарува а потоа се носи во турбината.
- 3) Бинарни централи. Водата е помеѓу $50-150^{\circ}\text{C}$. Се користи за испарување на друг флуид со пониска точка на испарување со што се произведува пареа која се подоцна се користи во турбината за производство на електрична енергија.

Централа на брза пареа

