



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE

Vittorio BUCCI

Progetto di impianti di propulsione navale

4.7 ESERCITAZIONE DIMENSIONAMENTO CONDOTTE GAS DI SCARICO

Anno Accademico 2017/2018

Impianti di propulsione navale

Motori diesel 2T – Dati di progetto del motore

➤ Condizioni ambientali di riferimento:

Le prestazioni e i parametri di funzionamento del motore sono determinati alle seguenti condizioni di riferimento, che sono in accordo con quelle della norma ISO 3046-1:

- ✓ Temperatura aria aspirazione : 25 °C
- ✓ Temperatura aria in sala macchine : 25 °C
- ✓ Temperatura acqua prima del refrigerante aria : 25 °C per acqua di mare
- ✓ Temperatura acqua prima del refrigerante aria : 29 °C per acqua dolce
- ✓ Pressione barometrica : 1000 mbar
- ✓ Potere calorifico inferiore del combustibile : 42,7 MJ/kg

➤ Condizioni di progetto:

I parametri di progetto degli ausiliari sono determinati alle seguenti condizioni di riferimento definite “tropicali”:

- ✓ Temperatura aria aspirazione : 45 °C
- ✓ Temperatura aria in sala macchine : 45 °C
- ✓ Temperatura acqua prima del refrigerante aria : 32 °C per acqua di mare
- ✓ Temperatura acqua prima del refrigerante aria : 36 °C per acqua dolce
- ✓ Pressione barometrica : 1000 mbar
- ✓ Potere calorifico inferiore del combustibile : 42,7 MJ/kg

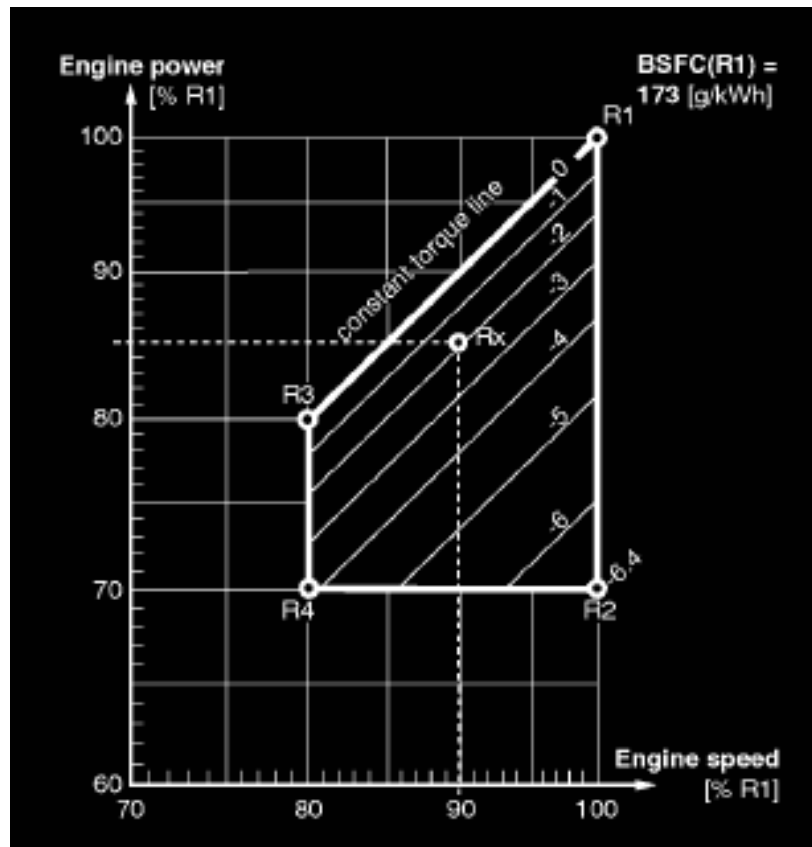
Impianti di propulsione navale

Motori diesel 2T – Dati di progetto del motore

- Come è stato illustrato nel capitolo relativo ai campi di utilizzazione del motore, la potenza massima continuativa contrattuale (CMCR) può essere selezionata in ogni punto all'interno del campo di progetto;
- Per ogni punto di funzionamento viene determinata la configurazione del motore e vengono definiti i principali parametri di funzionamento, necessari per il dimensionamento degli ausiliari e degli impianti, che sono riassunti in un fascicolo fornito dal costruttore del motore;
- Il costruttore fornisce anche l'opportunità di stimare per mezzo di semplici grafici, in funzione del posizionamento del punto CMCR, la variazione dei parametri e dei componenti più importanti, precisamente:
 - ✓ Il “Brake Specific Fuel Consumption” (BSFC), parametro molto importante per valutare il costo di esercizio e l'autonomia nave;
 - ✓ Il “Brake Specific Exhaust Flow” (BSEF) e la “temperature of Exhaust gas after Turbocharger” (tEaT), parametri entrambi importanti per definire nelle prime fasi del progetto la potenzialità del recupero energetico;
 - ✓ Il tipo e il numero di turbosoffianti e di refrigeranti aria;
- Tali grafici sono illustrati nelle pagine seguenti.

Impianti di propulsione navale

Motori diesel 2T – Dati di progetto del motore Stima del consumo specifico di combustibile



Example:

Estimation of BSFC for 7RTA62U-B CMCR (Rx) specified and for reference condition:

Power (R1) = 15 995 kW
Speed (R1) = 115 rpm
Power (Rx) = 85.0% R1 = 13 596 kW
Speed (Rx) = 89.6% R1 = 103 rpm
BSFC (R1) = 173 g/kWh

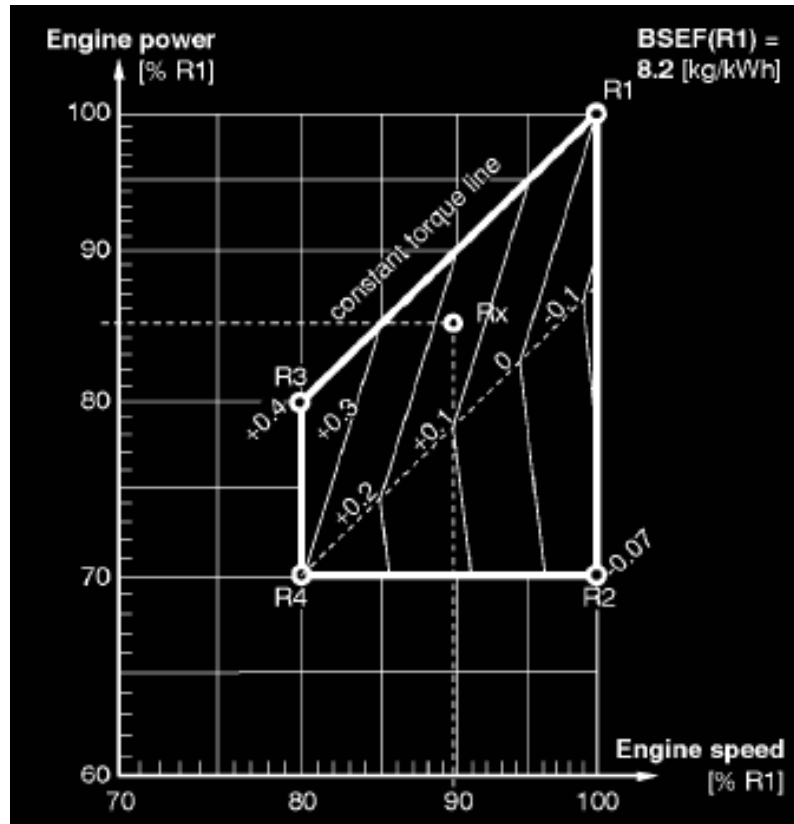
BSFC at Rx-point:

Δ BSFC $\cong -1.7$ g/kWh
BSFC (Rx) = 173 - 1.7 = 171.3 g/kWh

For design (tropical) conditions add 3 g/kWh to the calculated values.

Impianti di propulsione navale

Motori diesel 2T – Dati di progetto del motore Stima della portata dei gas di scarico



Example:

Estimation of BSEF for 7RTA62U-B CMCR (Rx) specified and for reference condition:

Power (R1) = 15 995 kW
Speed (R1) = 115 rpm
Power (Rx) = 85.0% R1 = 13 596 kW
Speed (Rx) = 89.6% R1 = 103 rpm
BSEF (R1) = 8.2 kg/kWh

BSEF at Rx-point:

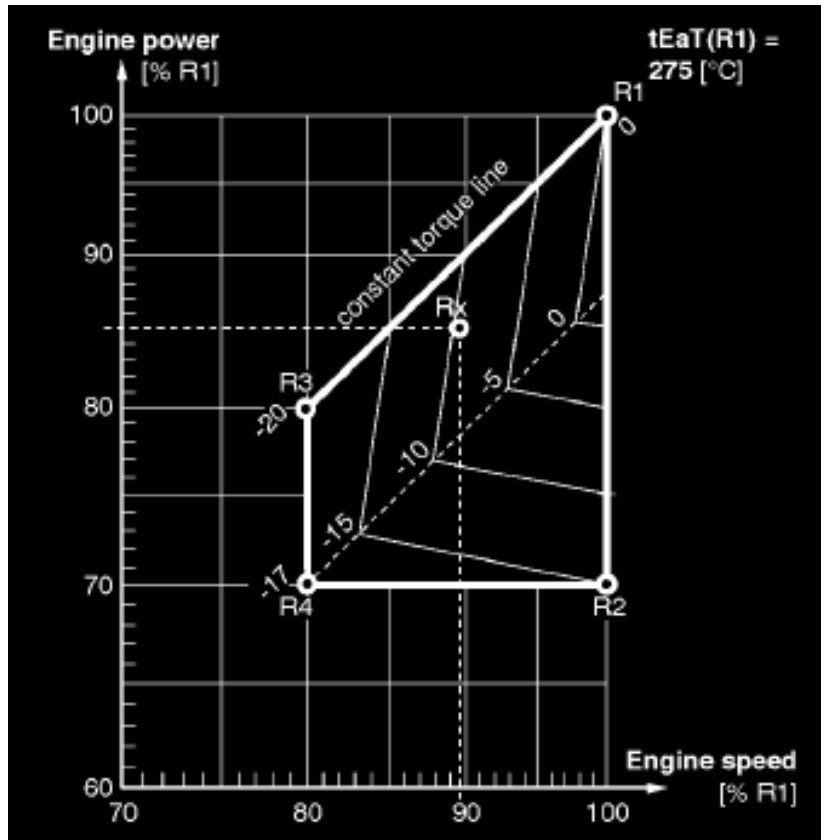
$\Delta BSEF \cong +0.16$ kg/kWh
BSEF (Rx) = 8.2 + 0.16 = 8.36 kg/kWh

For design (tropical) conditions subtract 0.4 kg/kWh from the calculated values.

The estimated brake specific exhaust gas flows are within a tolerance of ± 5 per cent.
An increase of BSEF by 5 per cent corresponds to a decrease of the tEaT by 15°C.

Impianti di propulsione navale

Motori diesel 2T – Dati di progetto del motore Stima della temperatura dei gas di scarico



Example:

Estimation of t_{EaT} for 7RTA62U-B CMCR (Rx) specified and for reference condition:

Power (R1)	= 15 995 kW
Speed (R1)	= 115 rpm
Power (Rx)	= 85.0% R1 = 13 596 kW
Speed (Rx)	= 89.6% R1 = 103 rpm
t_{EaT} (R1)	= 275 °C

t_{EaT} at Rx-point:

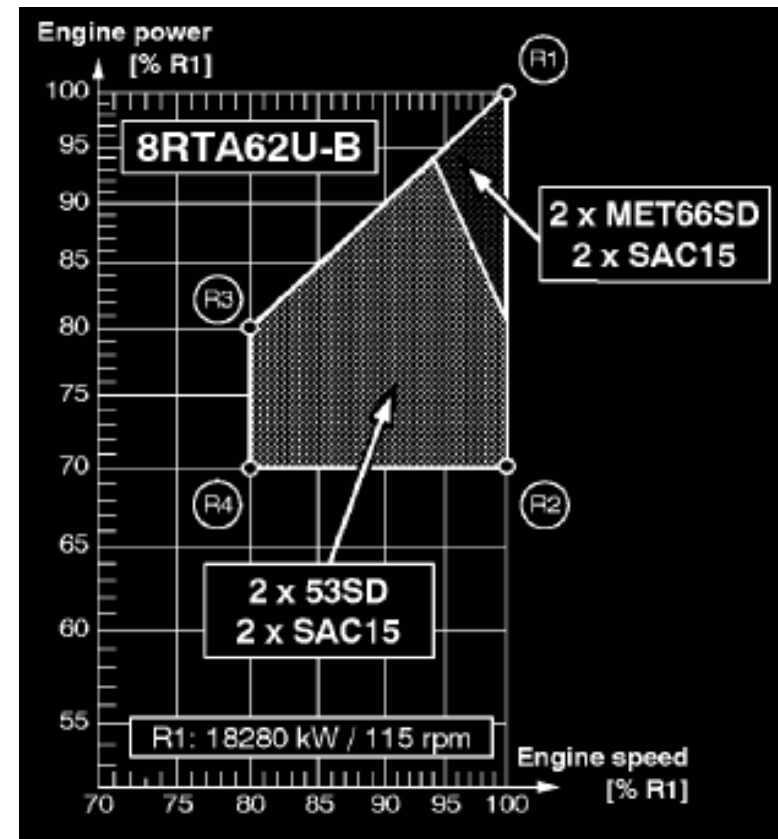
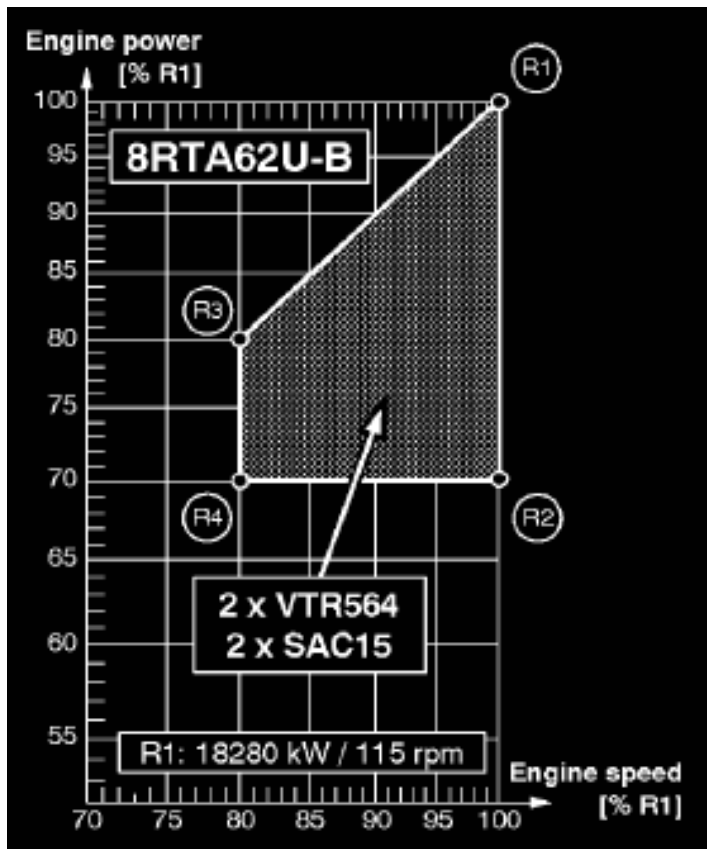
Δt_{EaT}	$\cong -9.6 \text{ }^{\circ}C$
t_{EaT} (Rx)	= 275 - 9.6 = 265.4 °C

For design (tropical) conditions add 30°C to calculated values.

The estimated temperatures after turbocharger are within a tolerance of $\pm 15^{\circ}C$. An increase of t_{EaT} by $15^{\circ}C$ corresponds to a decrease in BSEF of 5 per cent.

Impianti di propulsione navale

Motori diesel 2T – Dati di progetto del motore Definizione tipo e numero turbosoffianti e refrigeranti aria



Impianti di propulsione navale

Motori diesel 2T – Dati di progetto del motore Pressioni e temperature richieste per servizio continuo

Medium	System		Location of measurement	Gauge pressure [bar]		Temperature [° C]			
				Min.	Max.	Min.	Max.	Diff.	
Fresh water	Cylinder cooling		Inlet	3.0	5.0	–	–	approx. 15	
			Outlet cylinder	–	–	80	90		
	Turbine cooling		Inlet TC	1.0	4.5	65	–	approx 10	
			Outlet TC	–	–	–	90		
	Scavenge air cooling	LT circuit (single-stage SAC)		Inlet	1.0	4.0	25	36	*3)
				Outlet	–	–	–	–	
Sea-water	Conventional cooling		Inlet	1.0	4.0	25	32	*3)	
			Outlet	–	–	–	57		
Lubricating oil (high pressure)	Crosshead bearing		Inlet	10.0	12.0	40	50	–	
	Free-end balancer		Inlet	4.5	6.0	–	–	–	
Lubricating oil (low pressure)	PTO	Free-end gear coupling (Geislinger)	Inlet	3.0	3.8	–	–	–	
	Main bearing		Inlet	3.0	3.8	40	50	–	
	Piston cooling		Inlet	3.0	3.8	40	50	max. 30	
			Outlet	–	–	–	–		
	Thrust bearing		Outlet	–	–	–	60	–	
	Torsional vibration damper (if steel spring damper is used)		Supply	1.0	–	–	–	–	
	Integrated axial vibration detuner		Supply	2.8	3.6	–	–	–	
	Turbocharger bearing		Housing	–	–	–	120	–	

Impianti di propulsione navale

Motori diesel 2T – Dati di progetto del motore Pressioni e temperature richieste per servizio continuo

Medium	System	Location of measurement	Gauge pressure [bar]		Temperature [° C]		
			Min.	Max.	Min.	Max.	Diff.
Fuel oil	Booster (injection pump)	Inlet	7.0 ^{*1)}	10.0 ^{*2)}	–	150	–
	After retaining valve (injection pump)	Return	3.0	5.0	–	–	–
Scavenge air	Intake from engine room (pressure drop)	Air filter / Silencer	100 mmWG		–	–	–
	Intake from outside (pressure drop)	Ducting and filter	200 mmWG		–	–	–
	Cooling (pressure drop)	New SAC	300 mmWG		–	–	–
		Fouled SAC	500 mmWG		–	–	–
Air	Starting air	Engine inlet	–	25 or 30	–	–	–
	Control air	Engine inlet	6.5	9.0	–	–	–
	Air spring of exhaust valve	Main distributor	6.5	8.0	–	–	–
Exhaust gas	Receiver	After cylinder	–	–	–	515	Deviation ± 50
		TC inlet	–	–	–	515	–
	Manifold after turbocharger	Design max.	300 mmWG		–	–	–
		Fouled max.	500 mmWG		–	–	–

Impianti di propulsione navale

Motori diesel 2T – Tubazioni gas di scarico

➤ **Esercitazione per la determinazione dei diametri della tubazione gas di scarico:**

✓ **Dati di progetto alle condizioni tropicali**

- **Motore 7RTA62U-B;**
- **Potenza (R1) = 15995 kW**
- **Velocità (R1) = 115 rpm**
- **Potenza (Rx) = 85% R1 = 13596 kW**
- **Velocità (Rx) = 89,6% R1 = 103 rpm**
- **BSEF (R1) = 8,2 kg/kWh**
- **tEaT (R1) = 275 °C**
- **Numero di turbosoffianti: $n_{TC}=2$**

✓ **Costante dei gas perfetti $R = 287,13 \text{ J/kg K}$**

✓ **Definizione portata gas di scarico alle prestazioni Rx e alle condizioni tropicali:**

$$q_m = (8,2 + 0,16 - 0,4) \cdot 13596 = 108224 \text{ kg/h}$$

✓ **Definizione temperatura gas di scarico alle prestazioni Rx e alle condizioni tropicali:**

$$tEaT = (275 - 9,6 + 30) = 295,4 \text{ °C}$$

Impianti di propulsione navale

Motori diesel 2T – Tubazioni gas di scarico

- **Esercitazione per la determinazione dei diametri della tubazione gas di scarico (continua):**

- ✓ **Densità del gas di scarico:**

$$\rho_{\text{Exh}} = \frac{P}{R T} = \frac{103000}{287,13 \cdot (295,4 + 273)} = 0,631 [\text{kg/m}^3]$$

- ✓ **Il valore della densità può essere ricavato anche dal grafico di pagina 2 entrando con i valori di temperatura (295,4 °C) e di perdita di carico (300 mmH₂O corrispondenti a 0,03 bar) noti;**

- ✓ **Portata in volume dei gas di scarico:**

▪ **Tubazione A:** $q_{\text{mA}} = \frac{q_{\text{m}}}{\rho_{\text{Exh}} \cdot n_{\text{TC}}} = \frac{108224}{0,631 \cdot 2} = 85756 [\text{m}^3 / \text{h}] = 23,821 [\text{m}^3 / \text{s}]$

▪ **Tubazione B e C:** $q_{\text{mB}} = q_{\text{mC}} = \frac{q_{\text{m}}}{\rho_{\text{Exh}}} = \frac{108224}{0,631} = 171512 [\text{m}^3 / \text{h}] = 47,642 [\text{m}^3 / \text{s}]$

Impianti di propulsione navale

Motori diesel 2T – Tubazioni gas di scarico

- **Esercitazione per la determinazione dei diametri della tubazione gas di scarico (continua):**

- ✓ **Calcolo diametro tubazione A:**

$$d_A = 1000 \cdot \left(\frac{4 \cdot q_{mA}}{\pi \cdot V_A} \right)^{\frac{1}{2}} = 1000 \cdot \left(\frac{4 \cdot 23,821}{3,14159 \cdot 40} \right)^{\frac{1}{2}} = 870,8 \text{ [mm]}$$

- ✓ **Calcolo diametro tubazione B:**

$$d_B = 1000 \cdot \left(\frac{4 \cdot q_{mB}}{\pi \cdot V_B} \right)^{\frac{1}{2}} = 1000 \cdot \left(\frac{4 \cdot 47,642}{3,14159 \cdot 25} \right)^{\frac{1}{2}} = 1557,7 \text{ [mm]}$$

- ✓ **Calcolo diametro tubazione C:**

$$d_C = 1000 \cdot \left(\frac{4 \cdot q_{mC}}{\pi \cdot V_C} \right)^{\frac{1}{2}} = 1000 \cdot \left(\frac{4 \cdot 47,642}{3,14159 \cdot 35} \right)^{\frac{1}{2}} = 1316,5 \text{ [mm]}$$

- ✓ **I valori dei diametri possono essere ricavato anche dal grafico di pagina 3 entrando con i valori di portate A,B e C e con quelli delle velocità elencate a pagina 1;**
- ✓ **Con i diametri calcolati è necessario verificare che le perdite di carico non sono superiori a 0,03 bar (300 mm H₂O).**