



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI TRIESTE

*Vittorio BUCCI*

**Progetto di impianti di propulsione navale**

## **5.1 MARKET OVERVIEW**

---

Anno Accademico 2017/2018

# Impianti di propulsione navale

## **Impianto propulsivo con motori diesel 4T – Introduzione**

- **L'impianto propulsivo con motori 4T ha un solo motore solo per navi molto piccole che non trasportano passeggeri;**
- **Per navi passeggeri, quali ad esempio le navi crociera e tutte le categorie di traghetti, i regolamenti per motivi di sicurezza prescrivono di installare due linee d'alberi e quindi l'impianto deve avere anche minimo due motori;**
- **La propulsione tradizionale meccanica è composta inoltre da due riduttori di velocità, uno per ciascuna linea d'alberi, e da due o quattro motori, in quest'ultimo caso due su ogni riduttore;**
- **La propulsione diesel-elettrica ha una grande varietà di configurazioni che possono essere sintetizzate nelle seguenti categorie principali, le quali combinate tra loro possono formare più propulsioni miste:**
  - ✓ **Due linee d'alberi, due motori elettrici entro bordo, uno per linea d'alberi, e centrale elettrica con 2÷6 gruppi elettrogeni;**
  - ✓ **Due o più propulsori azimutali (POD) e centrale elettrica con 2÷6 gruppi elettrogeni;**
- **Nel seguito si farà principalmente riferimento ad una propulsione tradizionale meccanica di una Ro-Ro Pax, con qualche accenno a quella diesel-elettrica.**

# Impianti di propulsione navale

## Impianto propulsivo con motori diesel 4T – Introduzione

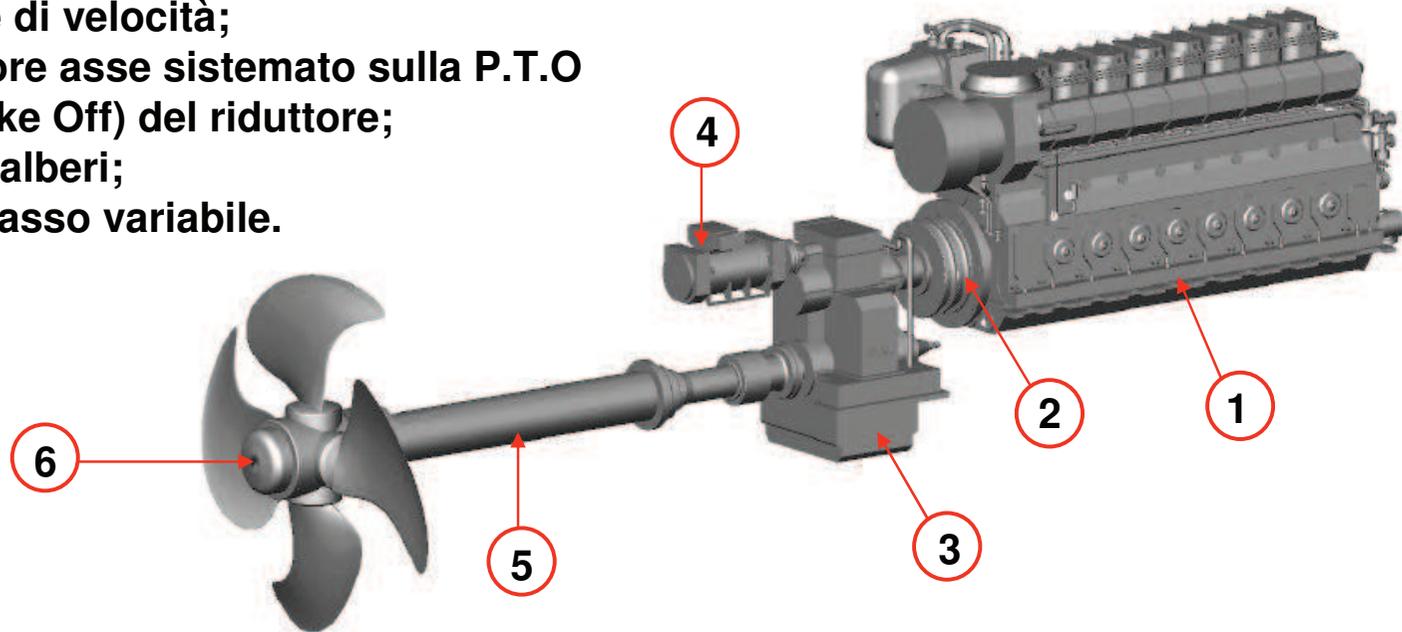
Anche in questo caso, per ogni progetto normalmente viene compilata una scheda di riepilogo con indicate le seguenti caratteristiche:

- ✓ **Caratteristiche propulsione: velocità nave, potenza totale propulsiva, numero e tipo di motori, tipo riduttori di velocità, tipo eventuali alternatori asse, tipo linea d'alberi ed elica, ecc.;**
- ✓ **Caratteristiche della centrale elettrica: numero, potenza e tipo dei gruppi elettrogeni;**
- ✓ **Caratteristiche impianto generazione di vapore: tipo e numero caldaie, a combustibile e a gas di scarico, difficilmente anche caldaie combinate;**
- ✓ **Tipo impianto acqua raffreddamento: centralizzato, comune a due motori, singolo per ogni motore, con recupero ecc.;**
- ✓ **Tipologia impianti principali: condizionamento, automazione, telecomando valvole, rampe e ponti mobili, sistemi antincendio alloggi e garage, trattamento rifiuti, ecc.;**
- ✓ **Analisi profili operativi nave, definizione configurazioni propulsione, analisi caratteristiche motori e scelta del fornitore in accordo con la SA;**
- ✓ **Definizione campo di utilizzazione del motore, condizioni di servizio e manovra con quattro o due motori;**
- ✓ **Valutazione potenze, velocità, consumi combustibile nelle varie condizioni di funzionamento e calcolo tempi di percorrenza e autonomia.**

# Impianti di propulsione navale

## Impianto propulsivo con motori diesel 4T – Introduzione

- La figura rappresenta il più semplice impianto propulsivo con motore a 4T.
- I componenti principali di tale impianto sono:
  1. Il motore;
  2. Il giunto elastico di collegamento del motore al riduttore;
  3. Il riduttore di velocità;
  4. L'alternatore asse sistemato sulla P.T.O (Power Take Off) del riduttore;
  5. La linea d'alberi;
  6. L'elica a passo variabile.



- In questo capitolo si esaminerà il motore e la sua sistemazione a bordo.  
Nei capitoli successivi saranno esaminati tutti gli altri componenti dell'impianto.

# Impianti di propulsione navale

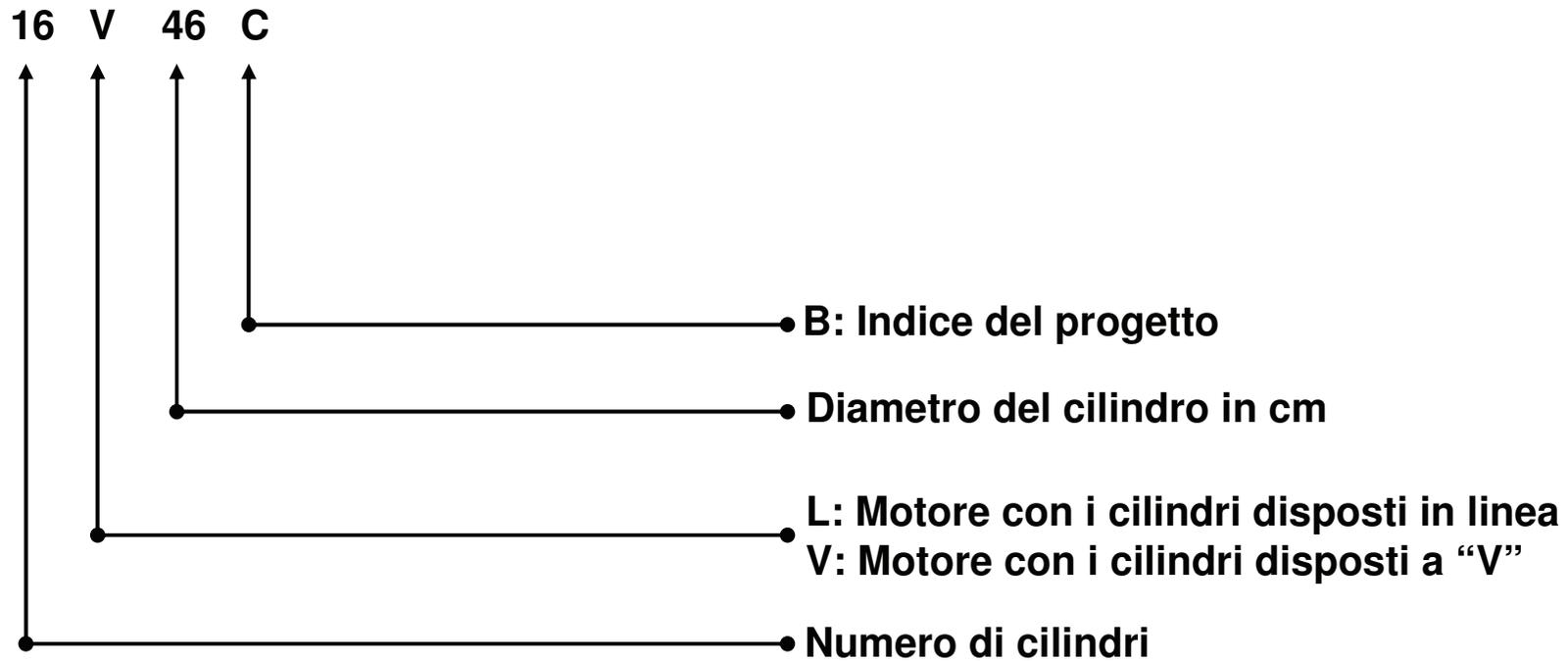
## **Motori diesel 4T – Motori Wärtsilä - Generalità**

- **I motori 4T offerti dalla Wärtsilä vanno da un minimo di 200 mm ad un massimo di 640 mm di alesaggio, con velocità di rotazione rispettivamente di 1000 e 333 giri/min;**
- **Tutti i motori non sono reversibili, sono del tipo a ciclo diesel, sovralimentati con turbosoffiante a gas di scarico, con refrigerazione dell'aria di sovralimentazione e con l'apparato di iniezione tradizionale comandato dall'asse a camme, con le seguenti eccezioni:**
  - ✓ **Il motore W32 in versione Dual-Fuel;**
  - ✓ **Il motore W50 Dual-Ful, versione Dual-Fuel del motore W46;**
  - ✓ **Il motore W32 in versione Common Rail;**
  - ✓ **Il motore W46 in versione Common Rail;**
- **I motori sono dotati come standard di turbosoffianti ABB, serie VTR-TPS o TPL, oppure in alternativa Napier, tutte opportunamente configurate per ottimizzare le prestazioni del motore e la temperatura dei gas di scarico;**
- **I motori Wärtsilä , come tutti i motori a quattro tempi possono essere montati rigidamente o sospesi elasticamente sulle fondazioni. Quest'ultima soluzione è adottata quando sono richieste particolari condizioni di “Comfort” a bordo di navi passeggeri.**

# Impianti di propulsione navale

## Motori diesel 4T – Motori Wärtsilä - Generalità

- Tutti i motori rientrano nei limiti delle emissioni prescritti dall'Annex IV della Marpol 73/78;
- La sigla identificativa del motore ha i seguenti significati:



# Impianti di propulsione navale

## Motori diesel 4T – Motori Wärtsilä - Generalità

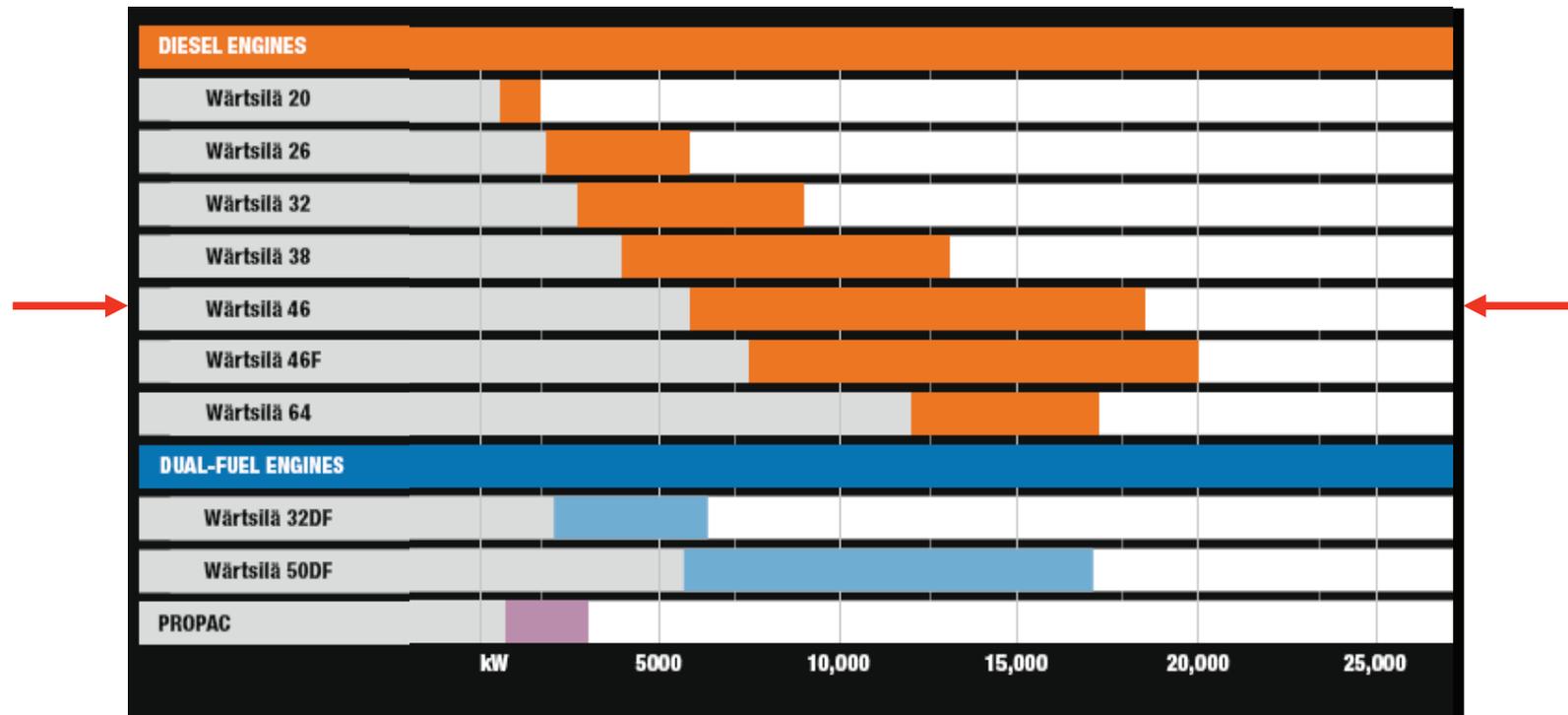
- Le potenze dei motori sono sempre date in kW e sono valide per le condizioni di riferimento ISO e tropicali, precisamente:

Item	ISO	Tropicali	Unità
Pressione barometrica	1,0	1,0	bar
Temperatura aria ambiente	25	45	°C
Temperatura acqua mare	25	32	°C
Umidità relativa	30	60	%

- Le potenze sono valide anche per una temperatura dell'acqua dolce di raffreddamento del circuito centralizzato di 38 °C;
- Il consumo specifico di combustibile (SFOC) è dato in g/kWh, con una tolleranza del 5%, con riferimento ad un combustibile con un potere calorifico inferiore di 42,7 MJ/kg alle condizioni ISO;

# Impianti di propulsione navale

## Motori diesel 4T – Motori Wärtsilä - Prestazioni



- Nel seguito si farà riferimento principalmente al motore Wärtsilä 46, evidenziato con frecce rosse, che ha le caratteristiche idonee per essere installato su navi da crociera e traghetti;

# Impianti di propulsione navale

## Motori diesel 4T – Motore Wärtsilä W46 Prestazioni alla velocità di 500 o 514 giri/min

Engine type	975 kW/cyl		1050 kW/cyl		1155 kW/cyl	
	kW	hp	kW	hp	kW	hp
6L46	5 850	7 950	6 300	8 565	6 930	9 420
8L46	7 800	10 600	8 400	11 420	9 240	12 560
9L46	8 775	11 930	9 450	12 850	10 395	14 135
12V46	11 700	15 900	12 600	17 130	13 860	18 845
16V46	15 600	21 210	16 800	22 840	18 480	25 125
18V46 *	17 550	23 860	18 900	25 695	20 790	28 265

- Il motore 18V46 può funzionare solo a velocità costante e quindi può essere utilizzato soltanto come gruppo elettrogeno per la propulsione diesel-elettrica;

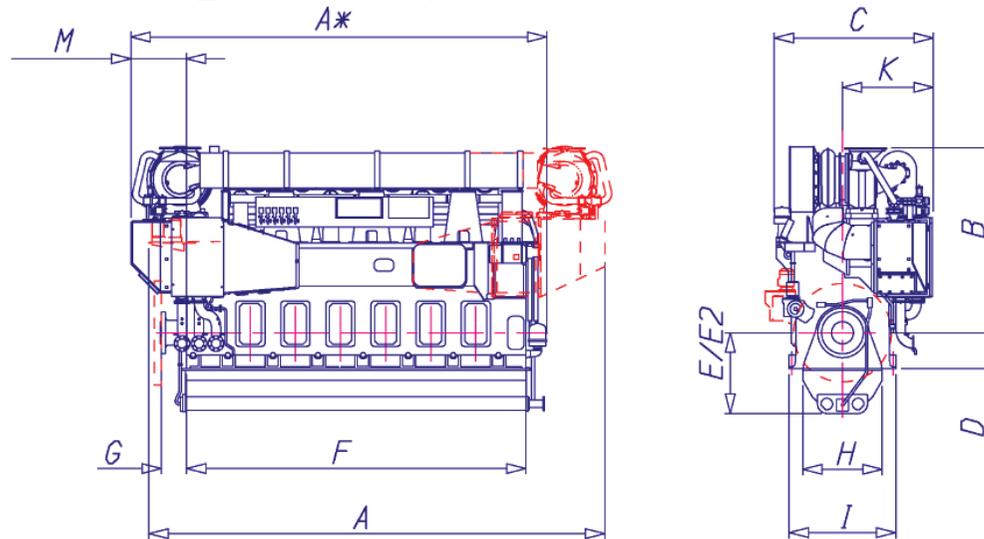
# Impianti di propulsione navale

## Motori diesel 4T – Motore Wärtsilä W46 Dati caratteristici del motore

<b>Diametro cilindro</b>	<b>460 mm</b>
<b>Corsa</b>	<b>580 mm</b>
<b>Cilindrata</b>	<b>96,4 l/cil</b>
<b>Numero di valvole</b>	<b>N. 2 di aspirazione e n. 2 di scarico</b>
<b>Disposizione cilindri</b>	<b>6-8-9 in linea e 12-16-18 a "V"</b>
<b>Angolo del "V"</b>	<b>45 °</b>
<b>Senso di rotazione</b>	<b>Orario e su richiesta anti-orario</b>
<b>Velocità di rotazione</b>	<b>500 e 514 giri/min</b>
<b>Velocità media stantuffo</b>	<b>9,9 e 9,7 m/s</b>

# Impianti di propulsione navale

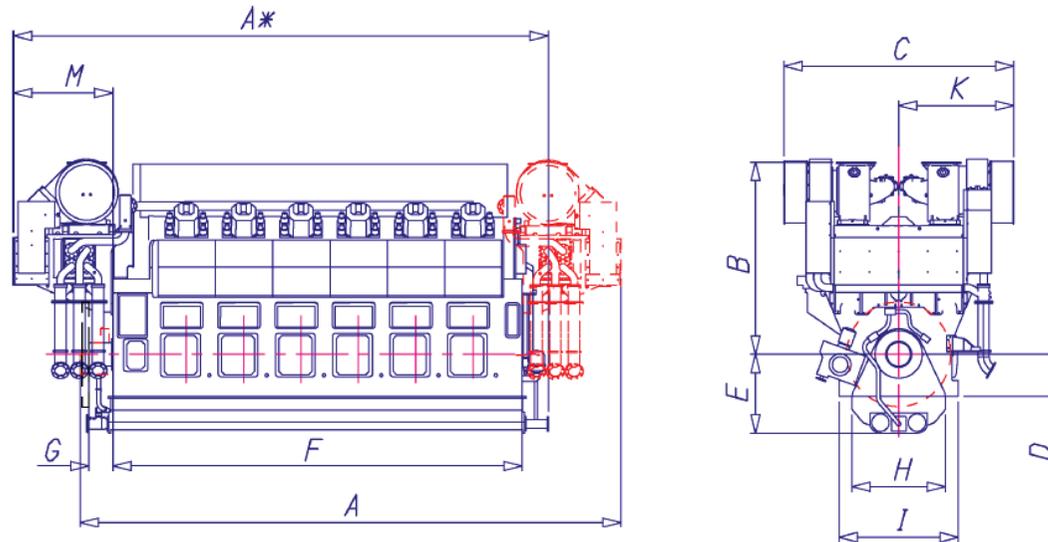
## Motori diesel 4T – Motore Wärtsilä W46 Ingombri e pesi del motore in linea



Engine	kW/cyl	Turbo-charger	A*	A	B	C	D	E	E2	F	G	H	I	K	M	Weight [ton]
6L46	975	NA 357	7820	8300	3680	2870	650	1460	1230	6170	460	1450	1940	1630	1010	93
	1050	NA 357	7820	8300	3680	2870	650	1460	1230	6170	460	1450	1940	1630	1010	93
8L46	975	TPL 73	9390	10000	2950	2870	650	1460	1230	7810	460	1450	1940	1630	1280	116
	1050	TPL 73	9390	10000	2950	2870	650	1460	1230	7810	460	1450	1940	1630	1280	116
9L46	975	TPL 77	9390	9930	3610	3270	650	1460	1230	7810	460	1450	1940	1870	1280	119
	1050	TPL 77	9390	9930	3610	3270	650	1460	1230	7810	460	1450	1940	1870	1280	119
9L46	975	TPL 77	10250	10750	3610	3270	650	1460	1230	8630	460	1450	1940	1870	1280	133
	1050	TPL 77	10250	10750	3610	3270	650	1460	1230	8630	460	1450	1940	1870	1280	133
9L46	1155	TPL 77	10250	10750	3610	3270	650	1460	1230	8630	460	1450	1940	1870	1280	133
	1155	TPL 77	10250	10750	3610	3270	650	1460	1230	8630	460	1450	1940	1870	1280	133

# Impianti di propulsione navale

## Motori diesel 4T – Motore Wärtsilä W46 Ingombri e pesi del motore a “V”



Engine	kW/cyl	Turbo-charger	A*	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	M	Weight [ton]
12V46	975	NA 357	-	10320	4060	4520	800	1500	7850	460	1800	2290	2260	1900	170
	1050	TPL 73	10410	10260	3660	4540	800	1500	7850	460	1800	2290	2270	1900	172
16V46	975	TPL 73	12460	-	3660	4420	800	1500	10050	460	1800	2290	2270	1900	217
	1050	TPL 77	-	12480	3990	5350	800	1500	10050	460	1800	2290	2680	1790	218
18V46	975	TPL 77	-	13670	3990	5350	800	1500	11150	460	1800	2290	2680	1790	241
	1050														
	1155														

# Impianti di propulsione navale

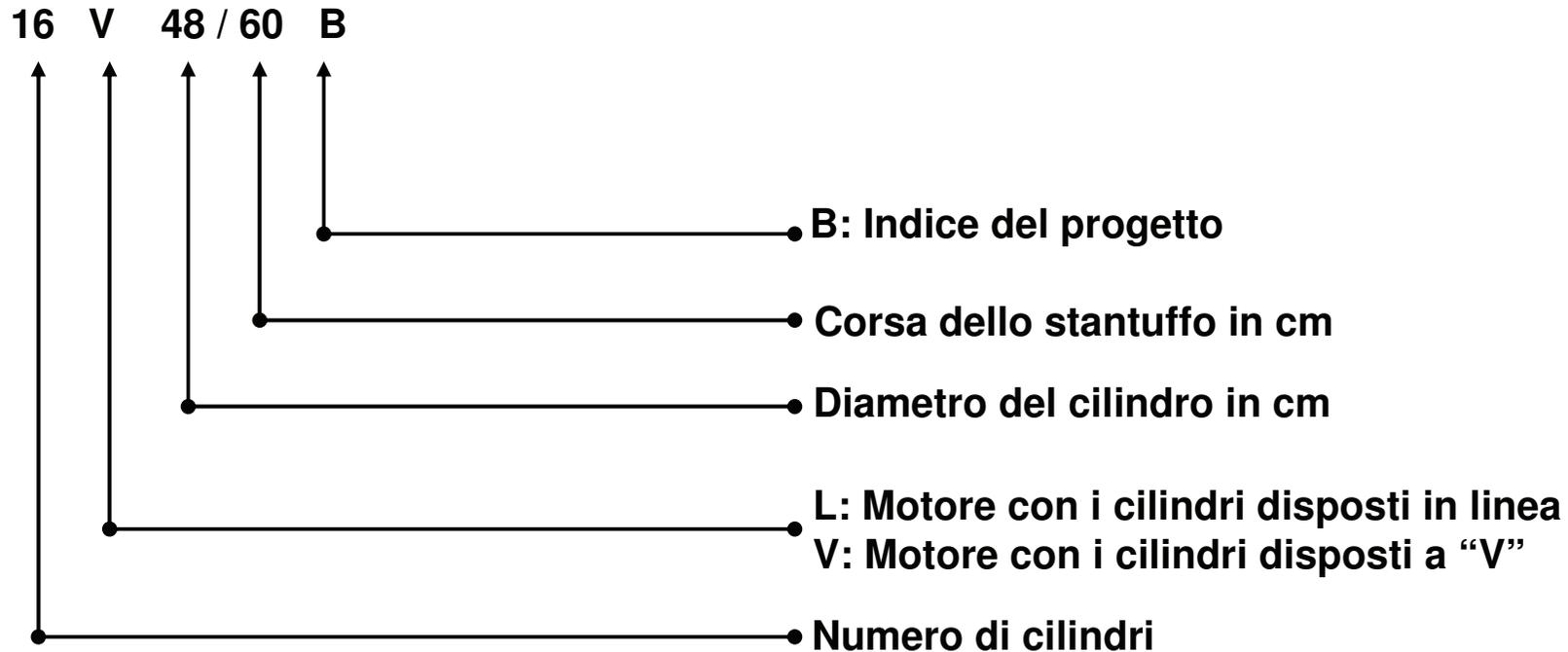
## **Motori diesel 4T – Motori MAN B&W - Generalità**

- **I motori 4T offerti dal gruppo MAN B&W vanno da un minimo di 210 mm ad un massimo di 580 mm di alesaggio, con velocità di rotazione rispettivamente di 1000 e 400 giri/min;**
- **Tutti i motori non sono reversibili, sono del tipo a ciclo diesel, sovralimentati con turbosoffiante a gas di scarico, con refrigerazione dell'aria di sovralimentazione e con l'apparato di iniezione tradizionale comandato dall'asse a camme, con tre sole eccezioni:**
  - ✓ **Il motore Dual-Fuel di alesaggio 510 mm;**
  - ✓ **Il motore 32/44 CR, versione Common Rail del motore 32/40;**
  - ✓ **Il motore 48/60 CR, versione Common Rail del motore 48/60 B;**
- **I motori sono dotati come standard di turbosoffianti MAN serie TCR per motori fino a circa 6.700 kW e serie TCA per motori con alta potenza fino a 30.000 kW, tutte opportunamente configurate per ottimizzare le prestazioni del motore e la temperatura dei gas di scarico;**
- **I motori MAN B&W, come tutti i motori a quattro tempi, possono essere montati rigidamente o sospesi elasticamente sulle fondazioni. Quest'ultima soluzione è adottata quando sono richieste particolari condizioni di “Comfort” a bordo di navi passeggeri.**

# Impianti di propulsione navale

## Motori diesel 4T – Motori MAN B&W - Generalità

- Tutti i motori rientrano nei limiti delle emissioni prescritti dall'Annex IV della Marpol 73/78;
- La sigla identificativa del motore ha i seguenti significati:



# Impianti di propulsione navale

## Motori diesel 4T – Motori MAN B&W - Generalità

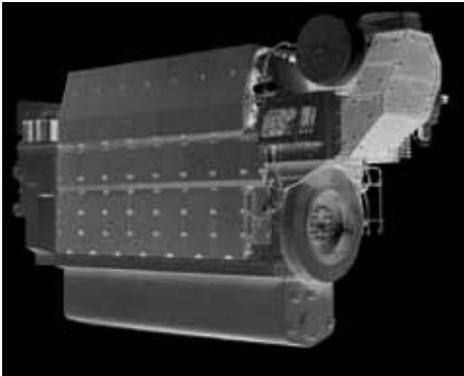
- Le potenze dei motori sono sempre date in kW e sono valide per le condizioni di riferimento ISO e tropicali, precisamente:

Item	ISO	Tropicali	Unità
Pressione barometrica	1,0	1,0	bar
Temperatura aria ambiente	25	45	°C
Temperatura acqua mare	25	32	°C
Umidità relativa	30	60	%

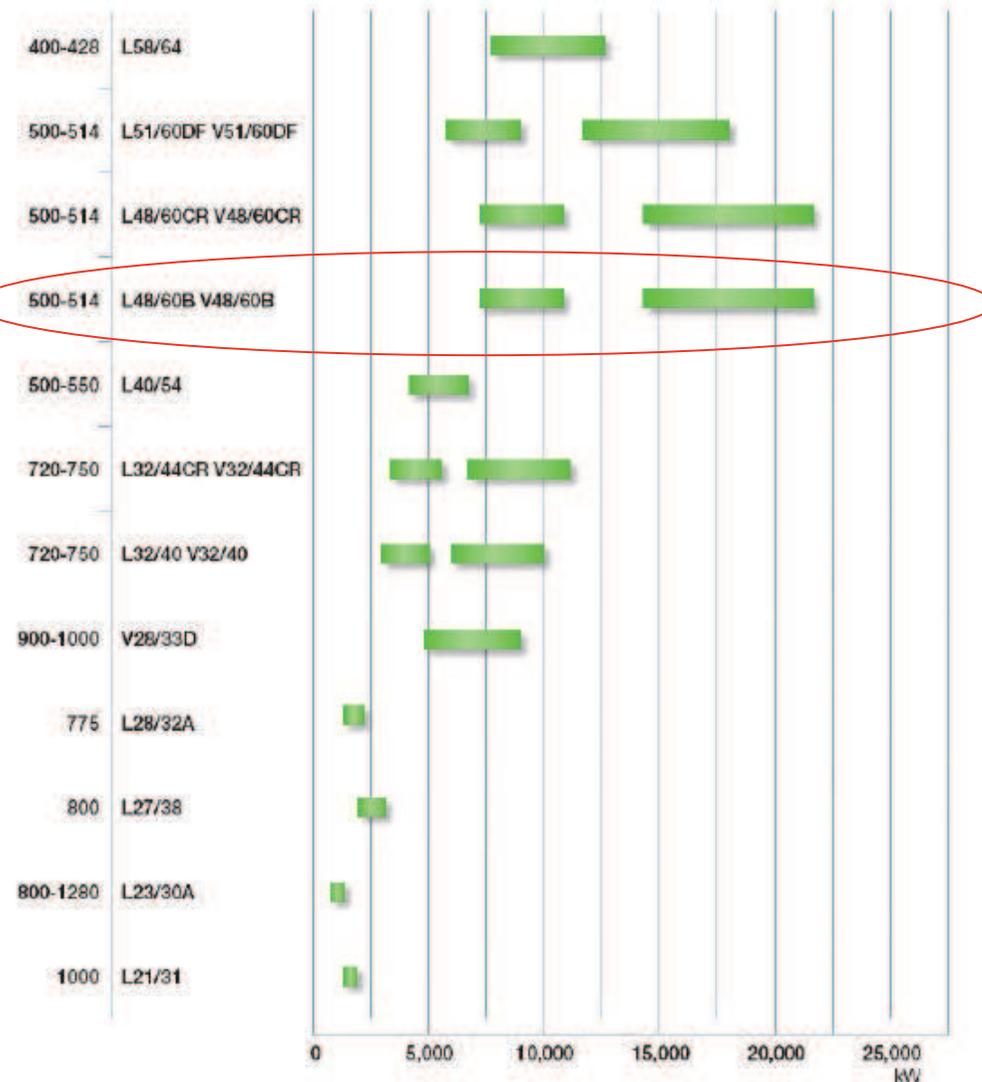
- Il consumo specifico di combustibile (SFOC) è dato in g/kWh, con una tolleranza del 5%, con riferimento ad un combustibile con un potere calorifico inferiore di 42,7 MJ/kg alle condizioni ISO;

# Impianti di propulsione navale

## Motori diesel 4T – Motori MAN B&W - Prestazioni



- Nel seguito si farà riferimento al motore L e V 48/60 B, evidenziato nell'ovale rosso, che ha le caratteristiche idonee per essere installato su traghetti e navi da crociera;



# Impianti di propulsione navale

## Motori diesel 4T – Motore MAN B&W serie 48/60 B Prestazioni

Engine type No. of cylinders		Engine rating			
		500rpm		514rpm	
		kW	HP	kW	HP
6L 48/60B	6	7,200	9,780	7,200	9,780
7L 48/60B	7	8,400	11,410	8,400	11,410
8L 48/60B	8	9,600	13,040	9,600	13,040
9L 48/60B	9	10,800	14,670	10,800	14,670
12V 48/60B	12	14,400	19,560	14,400	19,560
14V 48/60B	14	16,800	22,820	16,800	22,820
16V 48/60B	16	19,200	26,080	19,200	26,080
18V 48/60B	18	21,600	29,340	21,600	29,340

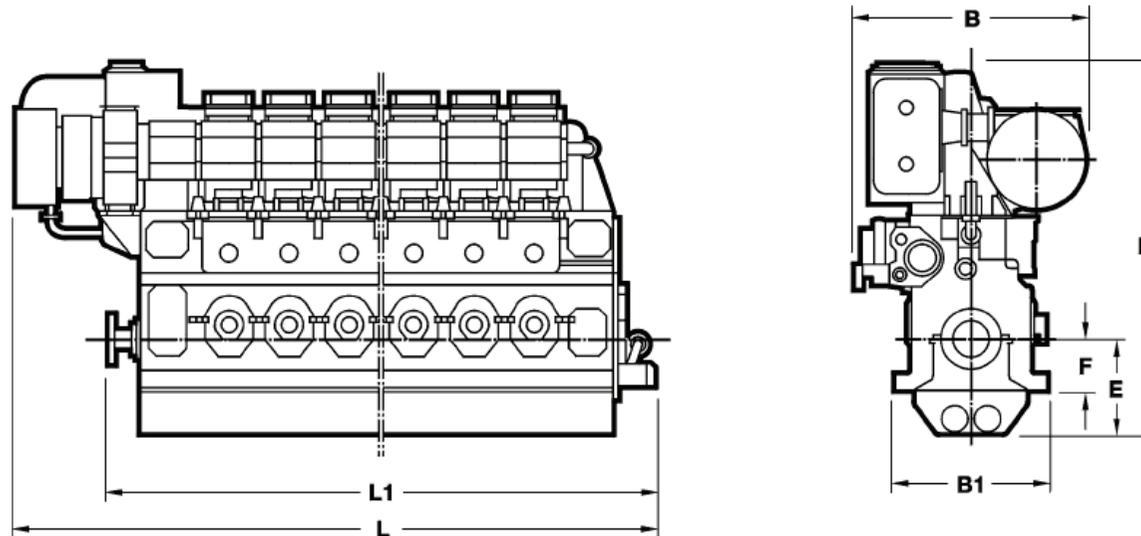
# Impianti di propulsione navale

## Motori diesel 4T – Motore MAN B&W serie 48/60 B Dati caratteristici di funzionamento

	Unit	50 Hz	60 Hz
Cylinder rating	kW (HP)	1,200 (1,630)	1,200 (1,630)
Rated speed	rpm	500	514
Mean piston speed	m/s	10.0	10.3
Mean effective pressure	bar	26.5	25.8
Number of pole pairs	-	6	7
Lowest engine operating speed: <ul style="list-style-type: none"><li>• in case of rigid foundation</li><li>• in case of resilient foundation speed depends on layout of mounting</li></ul>	rpm	approx. 130 -	approx. 130 -
Highest engine operating speed	rpm	525 <sup>1)</sup>	525

# Impianti di propulsione navale

## Motori diesel 4T – Motore MAN B&W serie 48/60 B Ingombri e pesi del motore in linea

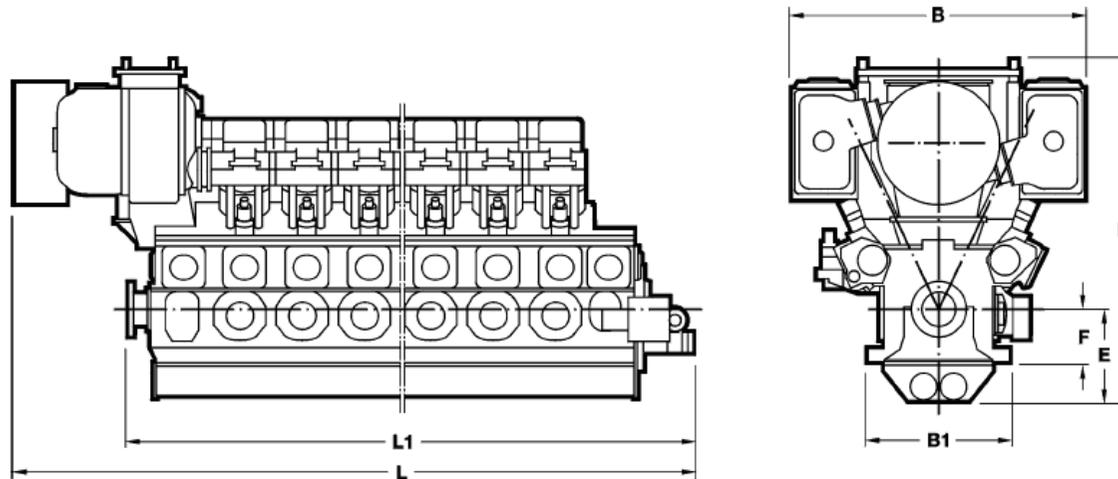


Engine	L	L1	B	B1	E	F	H	Weight without flywheel wheel
	mm							tons
6L 48/60B	8,615	7,290	3,195	2,100	1,280	700	5,360	104
7L 48/60B	9,435	8,110						118
8L 48/60B	10,460	8,930	3,325					134
9L 48/60B	11,425	9,895						146

The dimensions and weights are given for guidance only

# Impianti di propulsione navale

## Motori diesel 4T – Motore MAN B&W serie 48/60 B Ingombri e pesi del motore a “V”



Engine	L	L1	B	B1	E	F	H	Weight without flywheel wheel
	mm							tons
12V 48/60B	11,100	9,260	4,720	2,280	1,410	830	5,420	186
14V 48/60B	12,100	10,260						209
16V 48/60B	13,100	11,260						236
18V 48/60B	14,450	12,260						259
The dimensions and weights are given for guidance only								

# Impianti di propulsione navale

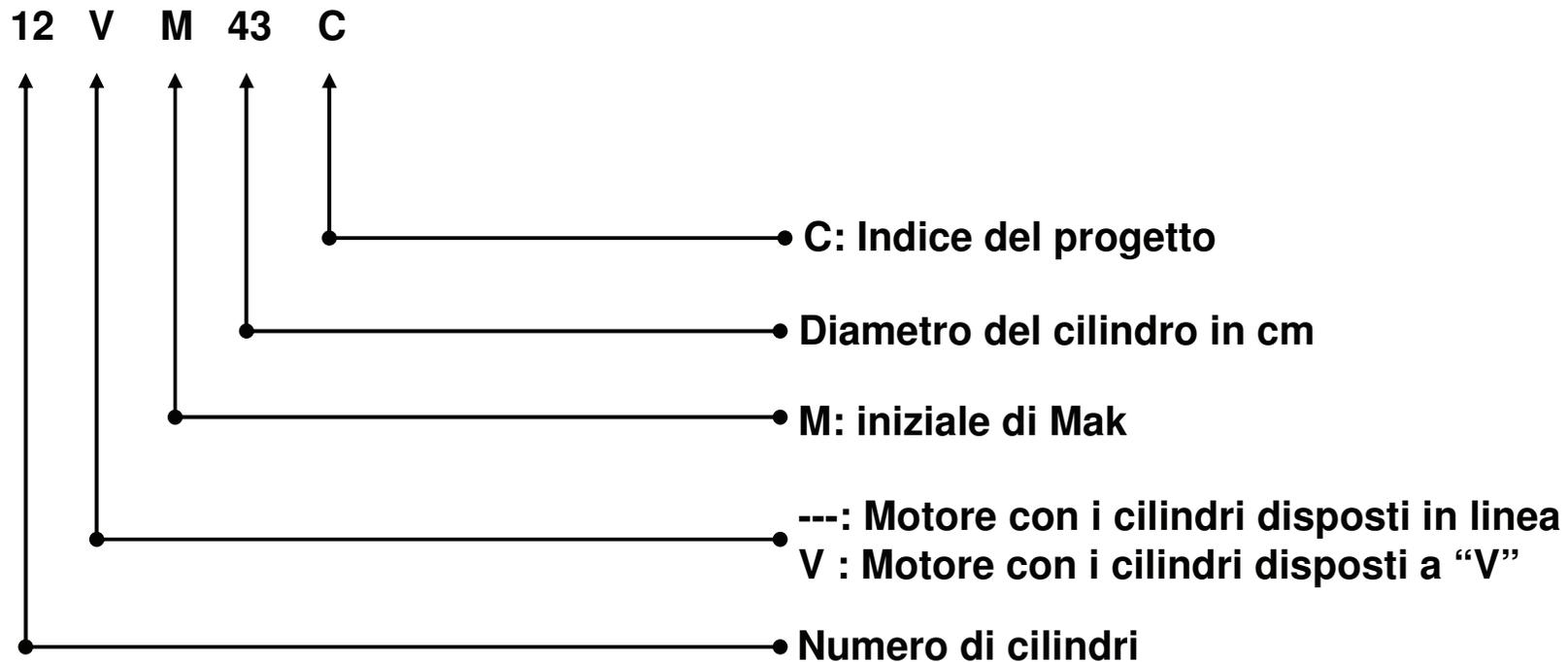
## **Motori diesel 4T – Motori Mak - Generalità**

- **I motori 4T offerti dalla Mak vanno da un minimo di 200 mm ad un massimo di 430 mm di alesaggio, con velocità di rotazione rispettivamente di 1000 e 500 giri/min;**
- **Tutti i motori non sono reversibili, sono del tipo a ciclo diesel, sovralimentati con turbosoffiante a gas di scarico, con refrigerazione dell'aria di sovralimentazione e con l'apparato di iniezione tradizionale comandato dall'asse a camme;**
- **I motori non sono previsti nella versione Common Rail. Per ottimizzare la combustione, ridurre le emissioni e la fumosità a bassi carichi, è stata sviluppata la Flex Cam Technology (FCT) che permette di variare la fasatura dell'iniezione e delle valvole con un sistema meccanico-idraulico con il motore in funzionamento;**
- **I motori sono dotati come standard di turbosoffianti ABB, serie TPS o TPL, tutte opportunamente configurate per ottimizzare le prestazioni del motore e la temperatura dei gas di scarico;**
- **Anche motori Mak, come tutti i motori a quattro tempi possono essere montati rigidamente o sospesi elasticamente sulle fondazioni. Quest'ultima soluzione è adottata quando sono richieste particolari condizioni di "Comfort" a bordo di navi passeggeri.**

# Impianti di propulsione navale

## Motori diesel 4T – Motori Mak - Generalità

- Tutti i motori rientrano nei limiti delle emissioni prescritti dall'Annex IV della Marpol 73/78;
- La sigla identificativa del motore ha i seguenti significati:



# Impianti di propulsione navale

## Motori diesel 4T – Motori Mak - Generalità

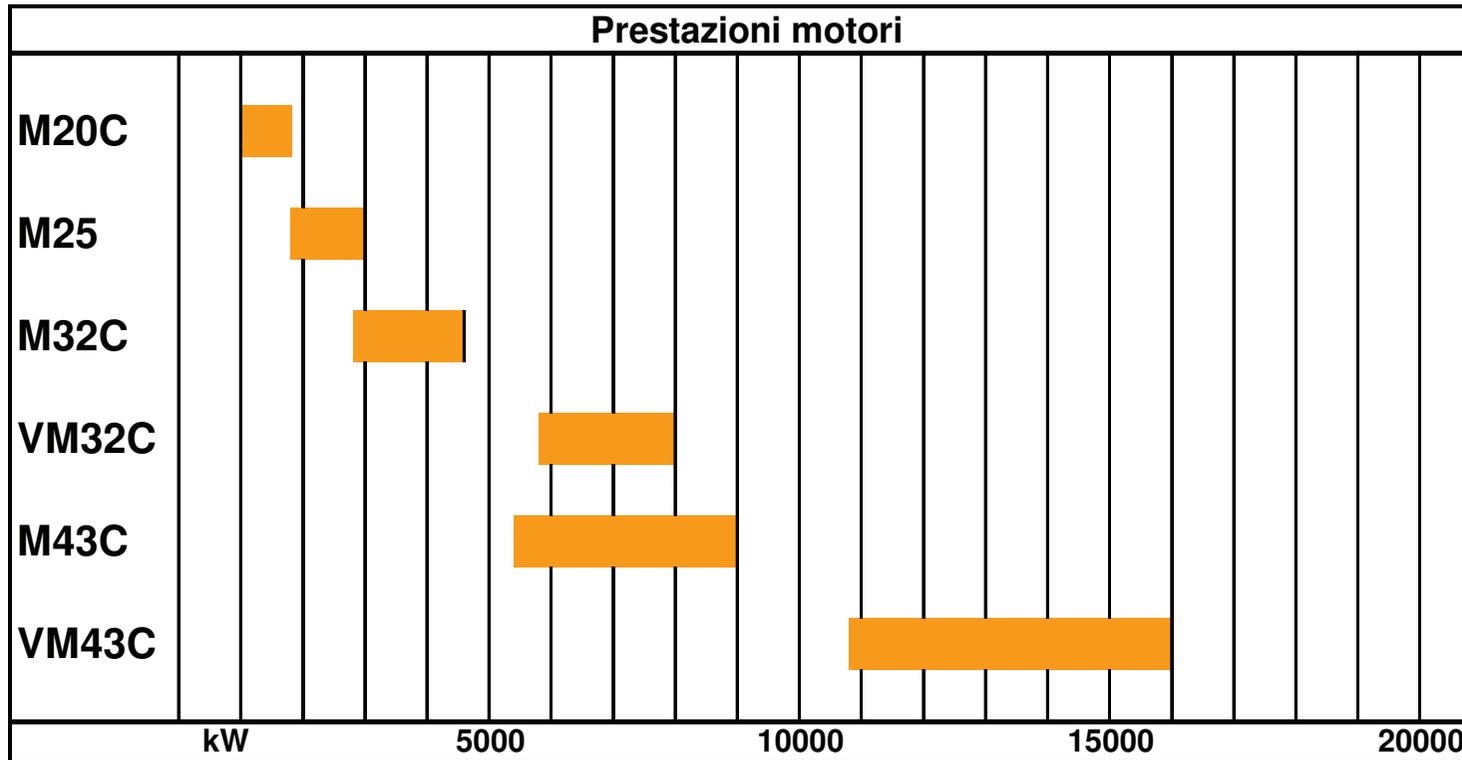
- Le potenze dei motori sono sempre date in kW e sono valide per le condizioni di riferimento ISO e tropicali, precisamente:

Item	ISO	Tropicali	Unità
Pressione barometrica	1,0	1,0	bar
Temperatura aria ambiente	25	45	°C
Temperatura acqua mare	25	32	°C
Umidità relativa	30	60	%

- Il consumo specifico di combustibile (SFOC) è dato in g/kWh, con una tolleranza del 5%, con riferimento ad un combustibile con un potere calorifico inferiore di 42,7 MJ/kg alle condizioni ISO;
- Il consumo aumenta di circa 3 g/kWh per funzionamento alle condizioni tropicali;

# Impianti di propulsione navale

## Motori diesel 4T – Motori Mak - Prestazioni



- Nel seguito si farà riferimento principalmente al motore M e VM 43, che hanno le caratteristiche idonee per essere installato su navi da crociera e traghetti;

# Impianti di propulsione navale

## Motori diesel 4T – Motore Mak serie M 46 C Prestazioni alla velocità di 500 o 514 giri/min

Type	Output range		Speed rpm	Mean eff. pressure bar	Mean piston speed m/s	Bore mm	Stroke mm	Spec. fuel consumption	
	kW	mhp						100%	85%
<b>6 M 43 C</b>	5400	7340	500	24.4	10.2	430	610	176	175
	5400	7340	514	23.7	10.5	430	610	176	175
	6000	8160	500	27.1	10.2	430	610	177	176
	6000	8160	514	26.4	10.5	430	610	178	177
<b>7 M 43 C</b>	6300	8570	500	24.4	10.2	430	610	177	176
	6300	8570	514	23.7	10.5	430	610	177	176
	7000	9520	500	27.1	10.2	430	610	178	177
	7000	9520	514	26.4	10.5	430	610	179	178
<b>8 M 43 C</b>	7200	9790	500	24.4	10.2	430	610	176	175
	7200	9790	514	23.7	10.5	430	610	176	175
	8000	10880	500	27.1	10.2	430	610	177	176
	8000	10880	514	26.4	10.5	430	610	178	177
<b>9 M 43 C</b>	8100	11020	500	24.4	10.2	430	610	176	175
	8100	11020	514	23.7	10.5	430	610	176	175
	9000	12240	500	27.1	10.2	430	610	177	176
	9000	12240	514	26.4	10.5	430	610	178	177

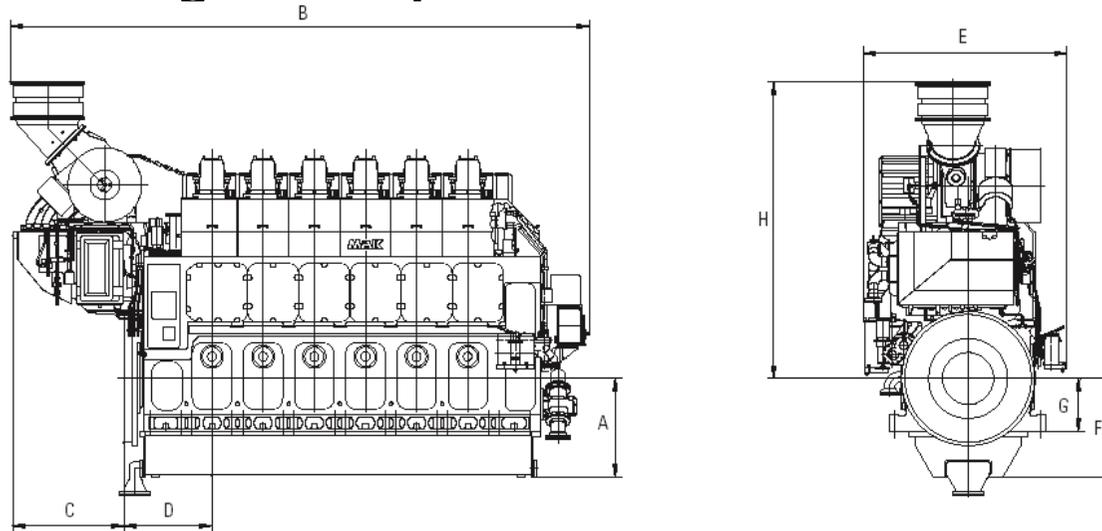
# Impianti di propulsione navale

## Motori diesel 4T – Motore Mak serie V M 46 C Prestazioni alla velocità di 500 o 514 giri/min

Type	Output range		Speed	Mean eff. pressure	Mean piston speed	Bore	Stroke	Spec. fuel consumption	
	kW	mhp						rpm	bar
<b>12 M 43 C</b>	10800	14690	500	24.4	10.2	430	610	176	175
	10800	14690	514	23.7	10.5	430	610	176	175
	12000	16320	500	27.1	10.2	430	610	177	176
	12000	16320	514	26.4	10.5	430	610	178	177
<b>16 M 43 C</b>	14400	19580	500	24.4	10.2	430	610	176	175
	14400	19580	514	23.7	10.5	430	610	176	175
	16000	21760	500	27.1	10.2	430	610	177	176
	16000	21760	514	26.4	10.5	430	610	178	177

# Impianti di propulsione navale

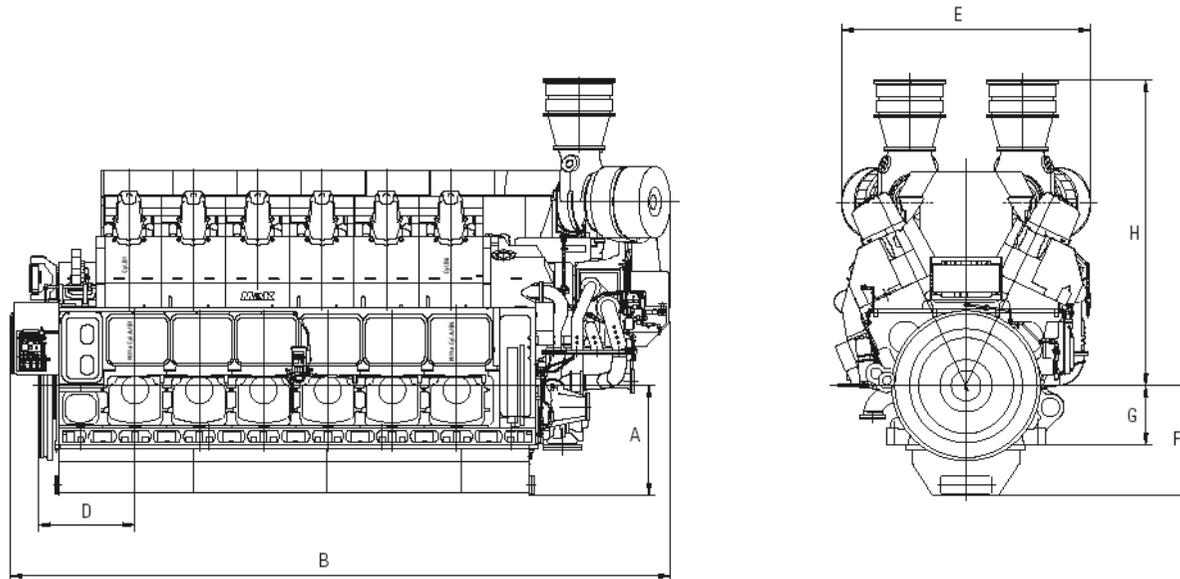
## Motori diesel 4T – Motore Mak M 46 C Ingombri e pesi del motore in linea



Type	A	B	C	D	E	F	G	H	t
<b>6 M 43 C</b>	1396	8251	1583	1255	2905	1396	750	4194	93.0
<b>7 M 43 C</b>	1396	8981	1583	1255	2905	1396	750	4194	106.0
<b>8 M 43 C</b>	1396	9798	1583	1255	2905	1396	750	4749	114.0
<b>9 M 43 C</b>	1396	10528	1583	1255	2905	1396	750	4749	126.0

# Impianti di propulsione navale

## Motori diesel 4T – Motore Mak V M 43 C Ingombri e pesi del motore a “V”



Type	A	B	D	E	F	G	H	t
<b>12 M 43 C</b>	1625	9847	1440	3995	1625	875	4524	162.0
<b>16 M 43 C*</b>	1625	11943	1440	4027	1625	875	4619	215.0