

CONTENUTO

12 PREFAZIONE

14 AVVERTENZE

21 1. LA BARCA, L'UOMO E IL MOTORE

22 1.1 **BENVENUTI A BORDO**

24 1.1.a Prime azioni e comportamenti

24 Il quadro comandi e le strumentazioni

27 La leva di comando

29 Per riscaldare il motore

29 Per arrestare il motore

30 Tappi e sfiati

31 La sentina

33 1.2 **CONSAPEVOLEZZE E ATTEGGIAMENTI**

33 1.2.a Il logbook del motore

35 1.2.b Uno sguardo ai documenti

38 1.3 **SICUREZZA A BORDO**

38 1.3.a Incendio

45 1.3.b Allagamenti e falle

46 1.3.c Prevenzione

49 1.3.d Primo soccorso

56 1.4 **AMBIENTE E MOTORI**

58 I problemi di contenimento delle emissioni del motore diesel

59 Comportamenti

61 **APPENDICE 1 - SIMBOLI E INDICAZIONI DI RISCHIO**

63 **APPENDICE 2 - LE FRASI R**

66 **APPENDICE 3 - LE FRASI S**

68 2. BARCHE E MOTORI: BINOMI INSCINDIBILI

69 2.1 **FORZA MOTRICE E RESISTENZA**

73 2.2 **SCAFI PLANANTI E SCAFI DISLOCANTI**

75 2.2.a La forma degli scafi

75 2.2.b I tipi di carene

76 **2.3 LA DISPOSIZIONE DEI PESI A BORDO**

79 **2.4 IL MOTORE GIUSTO**

79 2.4.a La missione del costruttore

81 2.4.b L'impegno del cantiere

82 2.4.c Filosofie a confronto

84 **3. CUORE DI TENEBRA: COME FUNZIONA LÀ SOTTO**

85 **3.1 I COMPONENTI PRINCIPALI DEL MOTORE**

85 La parte statica

88 Le parti in movimento

90 **3.2 PERCHÉ UN MOTORE... GIRA**

90 Da energia termica a energia meccanica

90 Come si trasforma l'energia: le fasi di un motore

92 Il comburente

92 Il combustibile

93 Dalla combustione alla forza motrice

94 **3.3 LE CARATTERISTICHE DEL MOTORE**

96 Le curve caratteristiche - motori a confronto

97 Potenza e coppia

97 Il rendimento (bilancio termico)

98 3.3.a **Evoluzioni: dal mare a terra, e di nuovo al mare**

103 **3.4 IL MOTORE MARINO VA IN VACANZA**

104 I guasti

104 Il diportista previdente

105 **3.5 COMPONENTI PRINCIPALI DEL MOTORE: GLI IMPIANTI**

107 **4. IMPIANTI: IL MOTORE NON È TUTTO D'UN PEZZO**

109 **4.1 LA STRUTTURA DEL MOTORE**

110 4.1.a **Marinizzazione**

112 4.1.b **Componenti**

112 Le parti fisse del motore: i punti deboli

114 Le parti in movimento del motore: i punti deboli

119 Le guarnizioni e le tenute

119 Temperatura e sollecitazioni

119 I paraoli

119	4.1.c	La manutenzione della struttura motore
122		I supporti antivibranti
123	4.1.d	La diagnostica della struttura motore: i guasti più ricorrenti
123		La guarnizione di testa bruciata
124	4.2	IMPIANTO DI ALIMENTAZIONE
124		Il percorso dell'aria
125		Il percorso del combustibile
127	4.2.a	Il circuito a bassa pressione
132	4.2.b	Il circuito ad alta pressione
140		La sovralimentazione
143	4.2.c	Il circuito di drenaggio
143	4.2.d	La manutenzione dell'impianto di alimentazione
143		Il circuito dell'aria
143		Sostituzione del filtro dell'aria
144		Pulizia del filtro aria
144		Il circuito del carburante: bassa pressione
144		Controllo del livello gasolio nel serbatoio
145		Pulizia del filtro pescaggio
145		Pulizia interna del serbatoio
147		Sostituzione del galleggiante
148		Manutenzione filtri
150		Sostituzione del filtro carburante
151		Pompa di alimentazione
153		Operazione di spurgo
155		Verifica trasudazioni e perdite
155		Regolazione del numero di giri: minimo
155		Registrazione del numero di giri minimo su una pompa di iniezione rota-
155		tiva
156		Registrazione del numero di giri minimo su una pompa in linea
156		Verifica della tiranteria dell'acceleratore
156		Il circuito del carburante: alta pressione
157		Sostituzione iniettori
158		Sovralimentazione
158		Autoaccensione
159	4.3	IMPIANTO DI DISTRIBUZIONE
161	4.3.a	Componenti
164	4.3.b	La manutenzione dell'impianto di distribuzione
164		Registrazione delle valvole
168	4.4	IMPIANTO DI SCARICO UMIDO
172	4.4.a	Componenti
173	4.4.b	La manutenzione dell'impianto di scarico umido
175	4.5	IMPIANTO DI RAFFREDDAMENTO
177		Termostato o valvola termostatica
179		Circuito a consumo
180		Circuito a recupero totale

181	Il grippaggio
182	Lo scambiatore di calore
187	Il siphon break
189	4.5.a La manutenzione dell'impianto di raffreddamento
189	Controllo visivo dell'uscita dell'acqua di raffreddamento dal tubo di scarico
189	Controllo della spia/cicalino e del termometro
192	Verifica trasudazioni e perdite
193	Verifica dei manicotti
193	Pulizia del filtro dell'acqua salata
194	Verifica della tensione della cinghia
196	Verifica dell'integrità della cinghia
196	Sostituzione della cinghia
199	Controllo del livello del liquido refrigerante
199	Verifica e sostituzione della girante
199	Verifica della girante
200	Sostituzione della girante
204	Sostituzione del paraolio
206	Gli zinchi e gli anodi sacrificali
207	Pulizia della valvola del vuoto
208	Problemi al termostato
209	Circuito dell'acqua salata: pulizia dei condotti interni
210	Sostituzione del liquido refrigerante
211	Pulizia dello scambiatore
212	4.6 IMPIANTO DI LUBRIFICAZIONE
212	4.6.a Il principio fisico
213	Il lubrificante
215	4.6.b La manutenzione dell'impianto di lubrificazione
216	Controllo della spia/cicalino e del manometro
217	Verifica trasudazioni e perdite
217	Controllo e rabbocco del livello dell'olio
218	Sostituzione dell'olio motore e del filtro olio
220	4.7 IMPIANTO ELETTRICO
223	4.7.a Il funzionamento
225	4.7.b I percorsi della corrente
226	4.7.c I componenti - gestione e manutenzione dell'impianto elettrico
226	Le grandezze elettriche e le loro unità di misura
227	La tensione
227	L'intensità di corrente
228	La potenza (o l'energia)
228	La resistenza
228	Effetto Joule
230	Effetti magnetici della corrente
230	Effetto Volta
231	Pannello di avviamento: il motore riceve corrente
232	Il motorino di avviamento
236	Generatori: il motore produce corrente
239	Tarare il regolatore
240	Uso del tester

243	Uso della pinza amperometrica
246	Batterie: i magazzini della corrente
247	Batteria motore
247	Batteria servizi
249	Gestione batterie: la ricarica/distribuzione della carica
251	Gestione batterie: la scarica
251	Manutenzione delle batterie
253	Il circuito a corrente alternata
253	Collegamento in banchina
254	Trasformatore di isolamento
254	Interruttore differenziale
255	Il quadro elettrico centrale
257	Gestione e manutenzione del quadro elettrico
258	La corrente corre sul filo: cablaggi e collegamenti
259	Il calcolo della sezione

261 4.8 LA TRASMISSIONE: DAL MOTORE ALL'ELICA

262	Tipi di trasmissioni
262	Asse elica
263	V-Drive
263	S-Drive
264	Idraulica
264	Perché invertire e ridurre
266	4.8.a La linea d'asse
266	I giunti cardanici e i parastrappi
267	Il passaggio dello scafo - sistemi di tenuta
270	4.8.b Trasmissione S-Drive
272	4.8.c Olio di trasmissione
276	4.8.d Eliche
276	Caratteristiche principali
281	Eliche a confronto
282	Vizi e virtù delle eliche
284	4.8.e La manutenzione della trasmissione
284	Interventi con barca in acqua
284	Controllo della tiranteria di comando
285	Verifica trasudazioni e perdite
285	Controllo e rabbocco del livello dell'olio
286	Sostituzione dell'olio
287	Manutenzione del giunto cardanico
288	Manutenzione del parastrappi
288	Manutenzione e ingrassaggio del manicotto di tenuta
288	Lubrificazione del premistoppa
288	Controllo e registrazione della baderna
289	Interventi con la barca alata
289	Manutenzione dell'asse
290	Pulizia dell'asse e rettifica
290	Sostituzione della guarnizione del premistoppa
291	Sostituzione del manicotto di tenuta
291	Controllo della protezione dalla corrosione

292	Sostituzione degli anodi sacrificali
292	Manutenzione dell'S-Drive
293	Controllo membrana di gomma
293	Sostituzione della membrana di gomma
294	Rimozione e pulizia dell'elica
295	Pulizia e ingrassaggio dell'elica a pale abbattibili

296 5. LA GESTIONE DEL MOTORE

297	5.1 CONOSCERE LA BARCA E IL MOTORE
298	Gli attrezzi da tenere a bordo
299	I ricambi da tenere a bordo
301	5.1.a Tavole sinottiche motore e barca
304	5.1.b Log motore (diario e rifornimenti)
305	5.2 MANUTENZIONE
314	Schede periodicità manutenzioni per impianto
316	5.3 RIMESSAGGIO
321	DIZIONARIO ITALIANO INGLESE
333	NOTE

3. CUORE DI TENEBRA: COME FUNZIONA LÀ SOTTO



NATO PER IL MARE

Invenzione, sviluppo e applicazioni del motore diesel

In principio il motore diesel aveva caratteristiche (dimensioni, peso, sollecitazioni) che lo rendevano adatto ad equipaggiare solo grandi strutture.

Le prime sperimentazioni vennero fatte su navi passeggeri e su imbarcazioni da lavoro (pescherecci, traghetti, mercantili) più adatte a sfruttare i pregi del motore diesel: bassi consumi, economicità di gestione, resistenza a sforzi prolungati, coppie elevate a basso regime di giri, maggiore sicurezza rispetto al motore a benzina.

Le imbarcazioni mosse da questa nuova "invenzione" diventarono di fatto le eredi delle navi a vapore.

L'affinamento successivo portò a realizzare motori idonei all'installazione su medie e piccole unità da lavoro (piccoli pescherecci) e da diporto, nonostante rimanessero ancora molte limitazioni.

Il concetto di base del motore endotermico, sia esso a benzina o a gasolio, si fonda su due principi essenziali, che riguardano la possibilità di creare una reazione chimica, la combustione, in grado di generare calore (energia termica), che possa poi essere trasformata in energia meccanica (il movimento del motore).

In particolare, il motore diesel genera la combustione mediante l'autoaccensione del gasolio, innescata attraverso il surriscaldamento di aria aspirata.

Poiché la compressione del motore risultava limitata, in origine la combustione veniva attuata tramite preriscaldamento del combustibile, in modo che si potesse incendiare adeguatamente anche con aria relativamente fredda.

Il sistema a preriscaldamento risultava piuttosto complesso ed inaffidabile, ed era eccessivamente legato alle temperature esterne.

Proprio in quell'ambito avvenne la prima evoluzione, sviluppando sistemi in grado di ottenere le stesse condizioni di riscaldamento mediante la compressione preventiva dell'aria all'interno del motore.

In tal modo si otteneva la combustione tramite la vaporizzazione e l'innescamento del combustibile immesso in aria arroventata.

Avendo a che fare con aria molto compressa nascevano però diversi problemi, che furono via via risolti nel corso dei decenni successivi:

- date le forze e le sollecitazioni in gioco occorreva realizzare motori utilizzando materiali con spessori notevoli, che di conseguenza risultavano pesanti e di grandi dimensioni;
- l'elevato lavoro di compressione (più che raddoppiato rispetto ai motori

I PRO DEL MOTORE DIESEL

Rispetto a un equivalente motore a benzina:

- è più elastico;
- consuma meno;
- si riscalda meno;
- è più facile da tenere alla giusta temperatura;
- comporta meno probabilità di scoppi o incendi a bordo.

I CONTRO DEL MOTORE DIESEL

In verità sono oramai quasi annullati:

- meno ripresa;
- più rumore;
- maggiori vibrazioni;
- carburante meno raffinato.

a benzina) era causa di "ruvidità" del funzionamento, il che rendeva necessario il sovradimensionamento del volano per ammorbidire l'erogazione del moto in uscita dal motore;

- la conseguenza della maggior compressione dell'aria si ripercuoteva però sulla necessità di individuare il sistema per iniettarvi il combustibile. Si vedrà come le case motoristiche abbiano adottato soluzioni diverse.

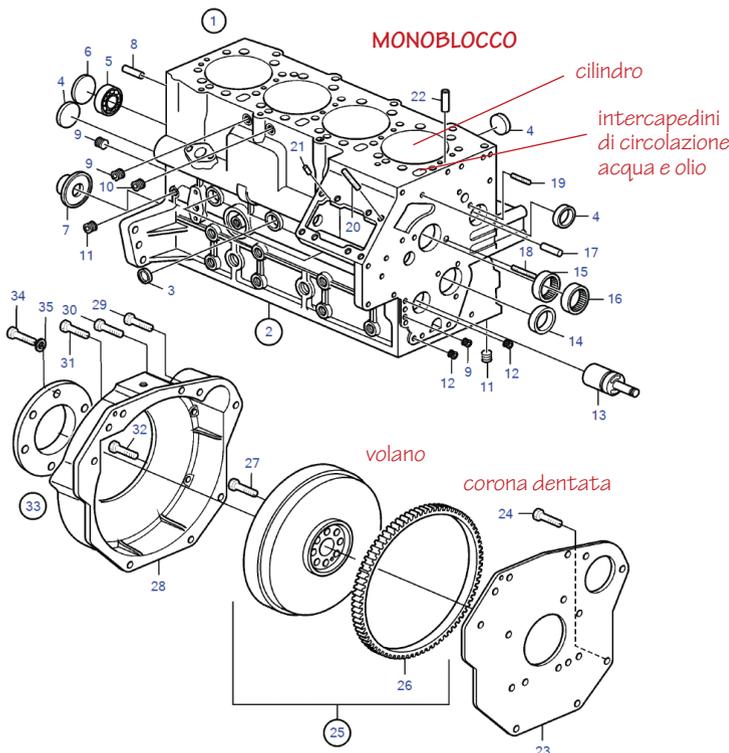
Parallelamente, parte degli sforzi progettuali furono dedicati a far sì che la fiammata risultasse sufficientemente uniforme, efficace, stabile e soprattutto istantanea in tutte le parti della camera di combustione.

3.1 I COMPONENTI PRINCIPALI DEL MOTORE

Il corpo di ogni motore si compone di parti statiche, che hanno il compito di contenere e supportare gli organi in movimento, i veri produttori del lavoro. Un primo sguardo al contenuto di un vano motore permette di riconoscere subito la testata, il monoblocco (detto anche basamento) e la coppa dell'olio sotto tutto. All'interno si muovono i pistoni, le bielle e l'albero motore. Il volano, se gli spazi di bordo dedicati al motore lo consentono, è facilmente individuabile all'esterno.

La parte statica

Il **monoblocco** (basamento) è costituito in leghe metalliche che vanno dalla ghisa all'alluminio. Al proprio interno sono ricavati i cilindri nei quali



IL FUNZIONAMENTO DEL MOTORE

- I componenti principali.
- Perché un motore gira (le fasi).
- Le caratteristiche costruttive (le curve).
- Gli impianti.
- L'alimentazione.
- La sovralimentazione.
- La distribuzione.
- La lubrificazione.
- Il raffreddamento.
- Lo scarico.
- L'impianto elettrico.
- La trasmissione.
- L'elica.

PER OGNI PARTE DEL MOTORE OCCORRE RICONOSCERE

- La funzione che svolge.
- Come è fatto e da quali particolari/insiemi è composto.
- I comportamenti e le anomalie più ricorrenti.

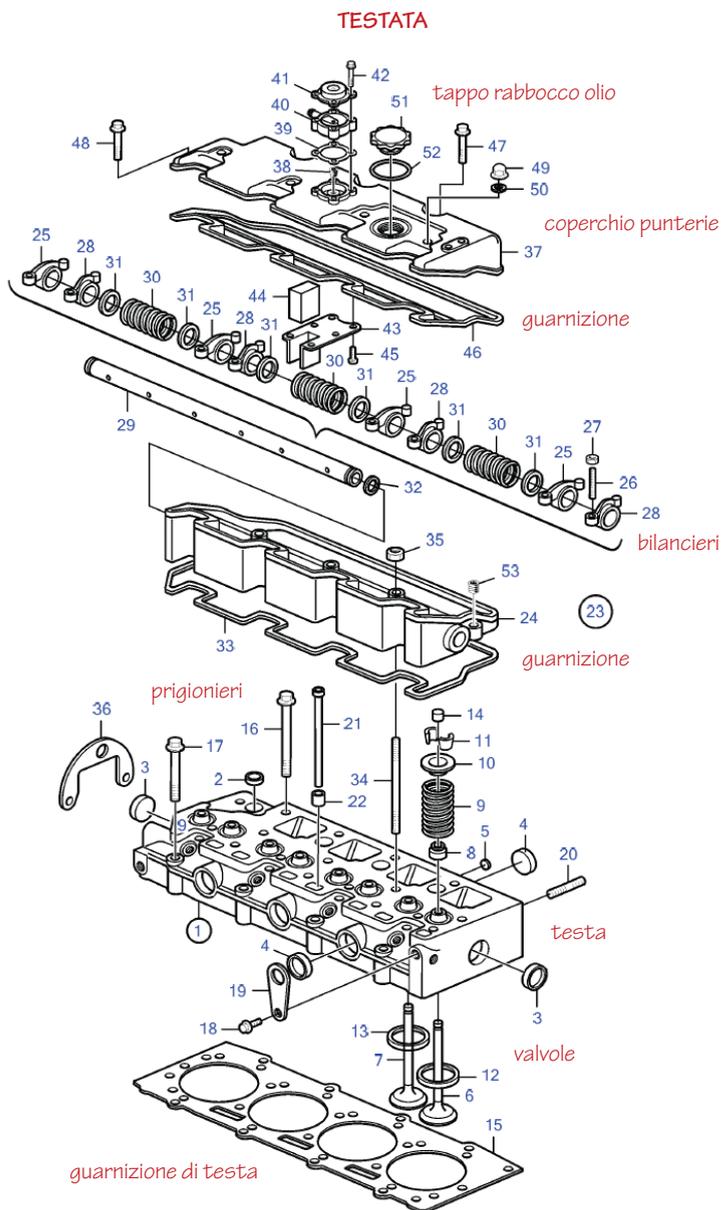
DISAGI PER MOTORI IN MARE

Il motore marino lavora in un ambiente molto aggressivo sia da fermo (all'ormeggio), sia in navigazione:

- funzionamenti prolungati (trasferimenti e traversate);
- avviamenti dopo lunghi periodi di inattività;
- umidità elevata;
- sbalzi di temperatura;
- vibrazioni;
- salinità dell'acqua e dell'aria;
- scuotimenti e urti (beccheggio e rollio della barca).

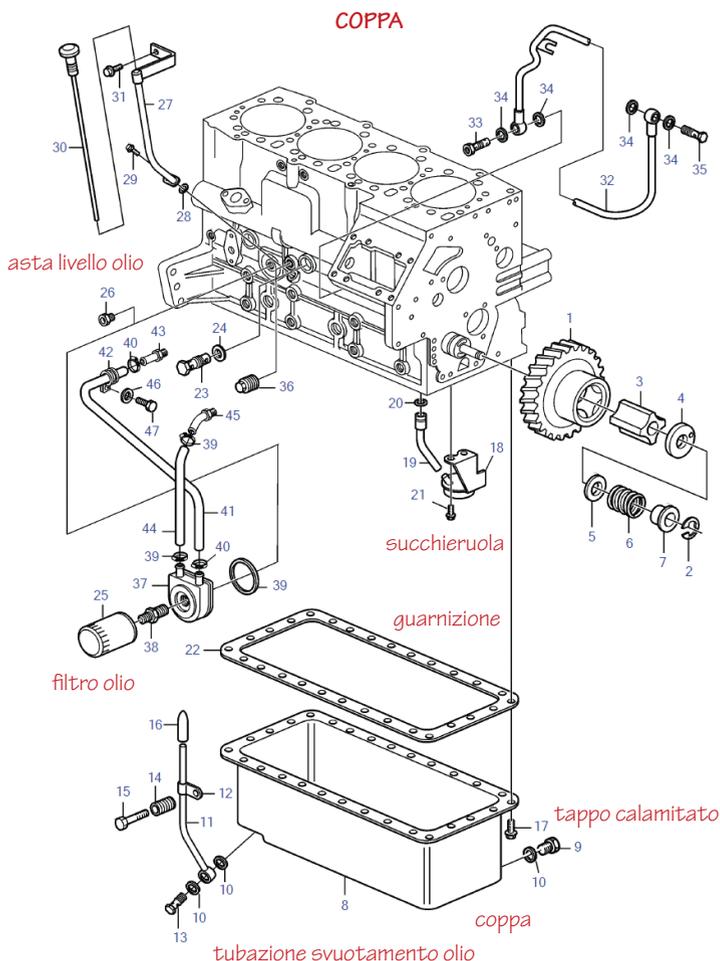
devono scorrere i pistoni, collegati alle bielle. Per consentire il passaggio di acqua o di liquidi refrigeranti sono previste apposite intercapedini che si concentrano nei punti di maggior riscaldamento. All'interno del monoblocco sono ricavati anche i condotti per la circolazione dell'olio lubrificante e sono ricavati i supporti che sostengono l'albero motore.

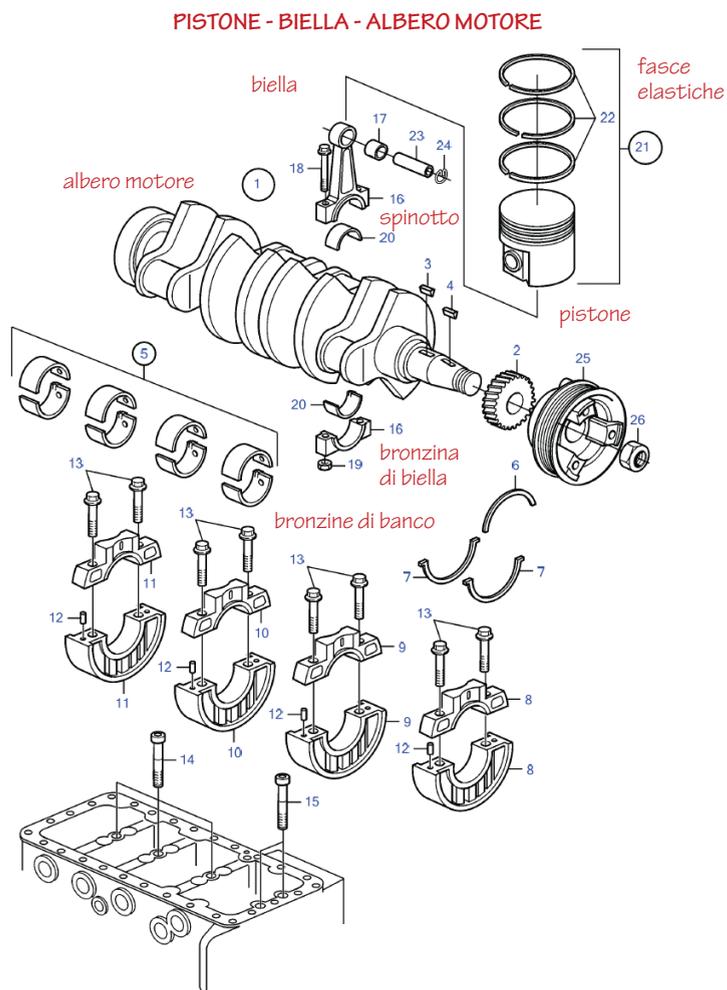
La testata è fissata sopra al monoblocco. Anche nella testata vengono ricavate le intercapedini per il ricircolo del liquido di raffreddamento e i condotti per l'olio lubrificante, e in corrispondenza dei cilindri sono ricavate



le camere di combustione, alle quali si aggiungono le precamere necessarie sui motori a iniezione indiretta. In entrambi i casi si tratta di spazi che devono accogliere il carburante nebulizzato dagli iniettori, anch'essi alloggiati in apposite sedi ricavate all'interno delle camere. Nelle testate dei motori a 4 tempi vengono realizzate le sedi per le valvole che regolano afflusso e riflusso di alimentazione e gas di scarico. Ai fini dei possibili interventi è utile identificare il tappo di rabbocco per l'olio di lubrificazione e prestare grande attenzione alle guarnizioni (le famigerate guarnizioni di testa) che rendono solida e stagno il collegamento con il monoblocco, fissato per mezzo di appositi prigionieri.

La coppa fissata sotto il monoblocco è caratteristica dei motori a 4 tempi e raccoglie l'olio che lubrifica le componenti in movimento del motore acceso. Spesso è realizzata in lamiera, sia per semplicità di costruzione, sia per avere una adeguata superficie di scambio per smaltire il calore dell'olio. Per verificare che il livello sia sempre corretto è prevista un'asta di ispezione e per





prevenire i trafileamenti è indispensabile una guarnizione nell'area di collegamento al monoblocco. Per eseguire le sostituzioni periodiche del lubrificante spesso è corredata da una pompetta di svuotamento e da un apposito tappo calamitato, che trattiene e raccoglie gli eventuali residui metallici in circolo.

Le parti in movimento

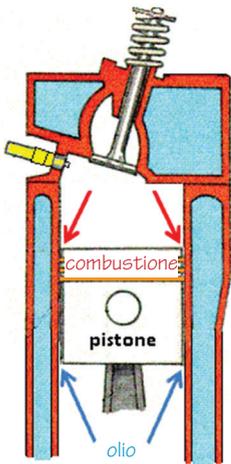
L'organismo pulsante del motore prevede alcuni elementi che traducono gli effetti della combustione in movimento, trasmettendolo poi ai propulsori.

Il pistone ha forma e dimensioni adeguate per scorrere all'interno del cilindro del monoblocco ed è munito di fasce elastiche (o segmenti) che lo guidano nella sua corsa in salita e discesa, per garantire la sua perfetta adesione alla parete dello stesso cilindro durante la fase di compressione e combustione, evitando le perdite di rendimento che potrebbero derivare

da cali della pressione in seguito a eventuali trafileamenti. Il suo movimento viene lubrificato dall'olio, che non deve assolutamente contaminare il carburante presente nella camera di combustione, ragion per cui le stesse fasce elastiche fungono da guarnizioni (mobili) per separare le due zone tra la parte alta del pistone e le aree interessate dall'olio.

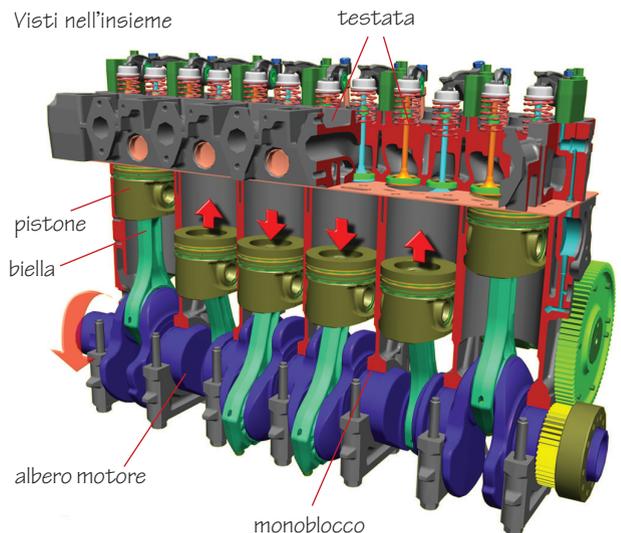
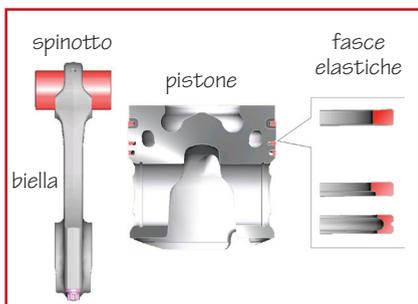
La biella unisce il pistone all'albero motore – la sua funzione è quella di trasformare il movimento alternativo del pistone nel movimento rotatorio dell'albero motore, sostenuto dai supporti del monoblocco e messo in rotazione dalla o dalle bielle.

Il volano è un disco applicato all'albero motore la cui corona dentata esterna si collega al motorino di avviamento durante la fase di messa in moto (*vedi impianto elettrico*). Ma serve soprattutto ad accumulare energia durante la fase attiva del motore (combustione / espansione) e cederne una parte per portare a termine le altre fasi (aspirazione – compressione – scarico). Maggiore è il suo peso e maggiore sarà l'energia che potrà immagazzinare. Il peso e le dimensioni del volano dipendono anche dal numero dei cilindri del motore: più cilindri = volano più piccolo = meno peso.



LE FASCE ELASTICHE

- Guidano il pistone all'interno del cilindro.
- Garantiscono la tenuta della pressione tra pistone e cilindro durante la fase di compressione e combustione (perdite di rendimento).
- Impediscono il trafileamento di combustione nella parte sottostante (zona olio motore) - diluizione dell'olio motore.
- Impediscono il passaggio di olio lubrificante nella camera di combustione.



**DA ENERGIA
TERMICA A ENERGIA
MECCANICA**

Per arrivare alla combustione occorre che il motore compia 4 fasi ben distinte:

- aspirazione;
- compressione;
- espansione;
- scarico.

Poi il ciclo ricomincia.

**LA CORSA DEL
PISTONE**

PMS: punto morto superiore.

PMI: punto morto inferiore.

1ª fase

ASPIRAZIONE

La valvola di aspirazione si apre.

La valvola di scarico resta chiusa.

Il pistone si abbassa dal PMS al PMI.

All'interno del cilindro viene aspirata aria.

2ª fase

COMPRESSIONE

La valvola di aspirazione si chiude.

La valvola di scarico resta chiusa.

Il pistone si alza dal PMI al PMS e comprime l'aria aspirata.

**INIEZIONE DEL
GASOLIO**

All'interno della camera di combustione.

3ª fase

COMBUSTIONE - ESPANSIONE

La combustione generata dalla iniezione di gasolio

(cont. p. 91)

3.2 PERCHÉ UN MOTORE... GIRA

Da energia termica a energia meccanica

Il motore è un organo meccanico che produce energia termica attraverso uno specifico procedimento chimico detto combustione. L'energia termica viene poi trasformata in energia meccanica che viene successivamente convogliata all'elica, per mezzo della trasmissione (invertitore – riduttore - asse).

Nel motore diesel, la combustione si produce in uno spazio chiuso detto "camera di combustione". L'aria contiene ossigeno, il comburente necessario che viene aspirato all'interno della camera di combustione e compresso a una pressione che varia da 25 a 40 bar (fino a 50 per i motori turbo). La compressione genera un calore di circa 450 - 600°C (alcuni motori raggiungono anche 900°C) che costituisce l'innesco per il combustibile, il gasolio, iniettato nella stessa camera surriscaldata ad una pressione che varia dai 180 bar dei motori a iniezione indiretta, ai 220 bar circa dei motori a iniezione diretta e ai 200-220 bar dei motori a gestione elettronica. Il combustibile che incontra l'aria surriscaldata si incendia raggiungendo una temperatura di 1700 – 2500°C, generando una pressione che può variare dai 70 bar fino a oltre i 130 bar dei motori più moderni.

Questo insieme di elementi - comburente, combustibile e innesco- viene chiamato triangolo di combustione. Se dovesse venir meno anche uno solo dei tre elementi, o se i loro rapporti percentuali fossero errati, la combustione non avrebbe luogo.

Come si trasforma l'energia: le fasi di un motore

Per ottenere la combustione e trasformarla in energia occorre che il motore compia 4 fasi ben distinte, che si svolgono nella testa e nel corpo della macchina.

1ª fase ASPIRAZIONE

La valvola di aspirazione si apre

Il pistone scende, passando dal Punto Morto Superiore (PMS) al Punto Morto Inferiore (PMI). Proprio come farebbe lo stantuffo di una siringa, risucchia aria (comburente) attraverso la valvola di aspirazione (il condotto che convoglia il fluido nella camera di combustione) che si apre appositamente. Per evacuare i gas già combusti dalla precedente fase è prevista una seconda valvola, detta di scarico, che si chiude quando il pistone comincia a scendere dal PMS. C'è un momento (detto angolo di incrocio) in cui entrambe le valvole sono aperte contemporaneamente, per permettere all'aria nuova in entrata di spingere all'esterno del motore i residui dell'attività esauritasi con la combustione precedente.

2ª fase COMPRESSIONE

La valvola di aspirazione si chiude, la valvola di scarico è già chiusa dalla fase precedente

Tutto il sistema (valvole – testa – monoblocco – fasce elastiche) deve essere ermetico, così l'aria appena aspirata non può scappare. Il pistone comincia a risalire dal PMI al PMS e la comprime. Un ben determinato rapporto di compressione del motore fa sì che l'aria venga schiacciata fino a raggiungere una temperatura molto elevata quando il pistone giunge al PMS. Quasi al termine della compressione all'interno del cilindro viene iniettato il gasolio finemente polverizzato.

3ª fase COMBUSTIONE - ESPANSIONE

Le valvole restano chiuse

A questo punto, iniettando il gasolio all'interno della camera di combustione, il combustibile viene a trovarsi in un ambiente surriscaldato e quindi brucia generando la combustione, che non si può definire come vera e propria fase ma solo un attimo durante il quale avviene la reazione chimica desiderata e controllata.

La combustione produce un ulteriore e repentino aumento della pressione all'interno della camera, che provoca lo spostamento verso il basso del pistone. Definita fase di espansione, la si considera conclusa quando il pistone raggiunge il PMI.

L'espansione è l'unica FASE ATTIVA di tutto il processo poiché è l'unica che imprime agli organi mobili del motore quel moto che determina il suo funzionamento. Tutte le altre fasi sfruttano una parte dell'energia prodotta nella fase attiva, quindi sono considerate PASSIVE.

4ª fase SCARICO

La valvola di scarico si apre

Il pistone risale dal PMI al PMS e i gas combusti, ormai inutilizzabili (è una affermazione vera solo in parte e lo vedremo parlando della sovralimentazione), vengono espulsi tramite il condotto di scarico.

A questo punto il ciclo ricomincia.

(segue da p. 90)

in ambiente surriscaldato provoca innalzamento della temperatura e della pressione all'interno del cilindro.

La pressione spinge violentemente il pistone dal PMS al PMI.

La valvola di aspirazione resta chiusa.

La valvola di scarico resta chiusa.

QUESTA È LA FASE ATTIVA DEL MOTORE.

4ª fase SCARICO

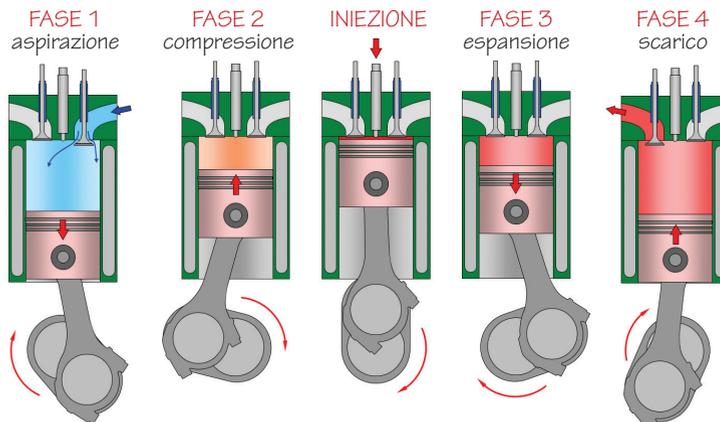
La valvola di scarico si apre.

La valvola di aspirazione resta chiusa.

Il pistone si alza dal PMI al PMS.

I gas combusti vengono espulsi.

Due tempi, più semplici: nei motori a 2 tempi non sono previste valvole, le fasi vengono compiute 2 per volta sullo stesso giro dell'albero motore.



CALDO RESPIRO

Il motore è un organo meccanico all'interno del quale si compie la trasformazione dell'energia termica in energia meccanica.

L'energia termica si ricava dal calore prodotto durante la combustione.

Il triangolo di combustione

Perché la combustione possa avvenire, sono necessari tre elementi:

- il comburente = ossigeno;
- il combustibile;
- il calore o l'innesco (motore diesel o a benzina).

Devono sempre arrivare

Per funzionare il motore diesel deve ricevere:

- combustibile;
- aria.

Il giusto rapporto

La miscela tra aria e gasolio si aggira intorno a 18:1 – 20:1

(si chiama rapporto stechiometrico).

Perché il motore possa funzionare, è necessario che il condotto di aspirazione e di ritorno dell'aria siano liberi.

Attenzione agli asciugamani appesi.



I "tempi" di un motore sono le corse che il pistone deve compiere per completare le 4 fasi. Trattandosi di un motore a quattro tempi le 4 fasi si compiono con 4 corse del pistone (2 dal PMS al PMI e 2 dal PMI al PMS) attraverso due giri dell'albero motore. A titolo di esemplificazione, se il motore viaggia a 2000 giri al minuto, in quel lasso di tempo le 4 fasi vengono ripetute 1000 volte

Per aprire e chiudere i condotti di aspirazione e di scarico le valvole devono essere in fase con la salita e discesa del pistone, quindi l'apparato che le muove (distribuzione) deve essere collegato direttamente con l'albero motore. Il collegamento ha sempre un rapporto di 2 a 1, cioè ogni 2 giri dell'albero motore, l'albero della distribuzione deve compiere un solo giro (si apre una volta la valvola di scarico e una volta la valvola di aspirazione).

Il comburente

Il comburente, cioè l'aria, o più precisamente l'ossigeno, vengono immessi all'interno del motore passando per il condotto di aspirazione. Quindi, perché il motore possa funzionare, è necessario che il condotto di aspirazione e di ritorno dell'aria siano liberi. Il tipo di aspirazione contraddistingue due grandi categorie di motori:

- aspirati, quelli in cui l'aria viene semplicemente attirata all'interno del cilindro;
- sovralimentati, quando l'aria che entra nel cilindro viene preventivamente compressa da un complesso apparato denominato TURBO COMPRESSORE (vedi p. 140).

Nella quasi totalità dei motori, siano essi aspirati o sovralimentati, l'aria in entrata viene depurata da un FILTRO ARIA, oggetto di manutenzione periodica.

Il combustibile

Il carburante utilizzato nei motori diesel è il gasolio, un idrocarburo (composto di carbonio e idrogeno) distillato dal petrolio grezzo. Le sue proprietà salienti sono:

- la densità, definita anche peso specifico, che ha un valore medio 0,85 kg/dm³;
- la curva di distillazione, ossia la temperatura alla quale una determinata percentuale di gasolio evapora;
- il numero di cetano, un coefficiente che indica la qualità di accensione del gasolio e determina il tempo che intercorre tra l'inizio della iniezione e l'inizio della combustione. Deve essere più breve possibile, in modo che possa determinarsi uno sviluppo costante della combustione. Il numero di cetano previsto dalle norme CUNA è compreso tra 48 e 70. Più alto è, maggiore sarà la qualità del gasolio e più "dolce" e regolare il funzionamento del motore;
- il contenuto di zolfo, presente nel petrolio grezzo, durante la combustione genera sostanze altamente inquinanti. La comunità Europea concede

una percentuale massima dello 0,3 di zolfo, ma i gasoli di nuova concezione, usati su motori adeguati, hanno contenuti pari a 10 ppm (parti per milione), 0,001%;

- la viscosità, è la coesione interna delle particelle, cioè la capacità di scorrere tra loro. Non è da confondere con la densità (peso specifico) e dipende dal tipo di fluido e dalla sua temperatura: nel gasolio cresce al calare della temperatura. Il gasolio è più viscoso dell'acqua ma di densità inferiore (più leggero a parità di volume);
- il punto di infiammabilità, è la temperatura più bassa a cui i vapori del carburante scaldato possono accendersi. Per il gasolio è di circa 65°C;
- la paraffina, componente del gasolio assieme agli idrocarburi, con temperature molto basse può separarsi e solidificare, rischiando di intasare i filtri e i condotti del gasolio, soprattutto in corrispondenza delle curve strette e delle strozzature. Visivamente, quando solidifica ha l'aspetto di un grasso biancastro e può essere riportata al suo stato riscaldando le parti interessate.

Dalla combustione alla forza motrice

La forte pressione generata dalla combustione preme il pistone verso il basso. La spinta che agisce sulla superficie del cielo del pistone si traduce in una forza che si definisce "motrice". Questa viene trasmessa dal pistone alla biella e dalla biella, grazie a una leva (la manovella dell'albero motore), viene trasformata a sua volta in una coppia che si definisce COPPIA MOTTRICE, che si trasmette all'elica e permette alla barca di avanzare. Occorre tenere presente che la coppia -e di conseguenza la potenza del motore- sono limitate da varie forme di dispersione che vengono definite rendimenti, l'insieme di forze che contrastano la produzione di energia.

I rendimenti sono diversi. Tra i più importanti vanno considerati quello termodinamico che dipende dalla qualità del combustibile impiegato e dalle caratteristiche termodinamiche della camera di combustione (in pratica dai limiti imposti in fase di progetto); quello volumetrico, legato all'impossibilità di ottenere il riempimento ottimale del cilindro durante la fase di aspirazione; quello meccanico, che dipende da tutti gli attriti interni del motore e degli organi ausiliari (pompa acqua – alternatore – pompa olio); e quello termico, legato cioè al calore ancora presente nei gas di scarico e alle dispersioni dovute al necessario raffreddamento, predisposto per evitare il surriscaldamento dei materiali.

Ma non è tutto. Come se non bastasse, raggiungendo l'elica, la potenza reale in uscita dal motore (tenendo conto di tutti i rendimenti) viene ancora condizionata dal rendimento meccanico della trasmissione.

Di fatto, spendendo 100€ di gasolio, dall'elica ne verranno utilizzati realmente circa 35-40.

Nella spinta teorica dell'elica, l'avanzamento della barca è ulteriormente ostacolato dalle resistenze dell'acqua sull'opera viva dello scafo (la parte immersa) e dalla resistenza dell'aria sulla sua opera morta (la parte emer-

PROPRIETÀ SALIENTI DEL GASOLIO

- Densità o peso specifico.
- Curva di distillazione.
- Numero di cetano.
- Contenuto di zolfo.
- Viscosità.
- Punto di infiammabilità.

Perché il motore possa funzionare, è necessario che lo sfiato del serbatoio gasolio sia libero.



Attenzione a non confondere i tappi e rifornire acqua attraverso l'imbobico del gasolio o viceversa.

La forza motrice che permette alla barca di avanzare viene trasmessa all'elica, ma è limitata dai rendimenti.

I RENDIMENTI

La potenza e la coppia del motore sono limitate dai rendimenti:

- termodinamico;
- volumetrico;
- meccanico (del motore);
- termico;
- meccanico (della trasmissione).

FORZA RESISTENTE

L'avanzamento della barca è ostacolato da:

- resistenza dell'acqua sull'opera viva dello scafo (la parte immersa);
- moto ondoso;
- corrente;
- resistenza dell'acqua alla rotazione dell'elica;
- resistenza dell'aria sull'opera morta dello scafo (la parte emersa).

MARE D'INVERNO

Con le basse temperature la paraffina presente nel gasolio si solidifica e prende la forma di aghi che intasano il filtro posto nel serbatoio del combustibile e/o nei filtri, nei raccordi o nelle curve strette che si trovano lungo il percorso e di conseguenza impediscono l'afflusso di combustibile alla pompa di iniezione.

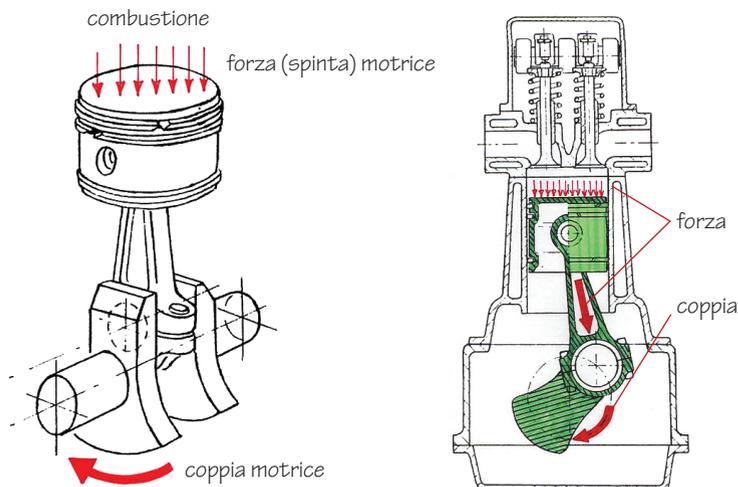
La paraffina, che è una miscela di idrocarburi, non è completamente eliminabile, anche se ne può essere abbassato il tenore attraverso un complesso e costoso procedimento.

Per evitare problemi di congelamento, nei mesi più freddi vengono messi in commercio tipi di gasolio definiti:

- **invernali** se possono lavorare con temperature ambientali fino a -10/15°C;
- **artici** se possono lavorare con temperature ambientali fino a -20/25°C.

Durante il periodo invernale, in mancanza del gasolio di tipo artico, il sistema più facile per sciogliere la paraffina contenuta nel gasolio è quello di immettere un quantitativo di benzina, all'incirca uguale al 10-15% del carburante contenuto nel serbatoio.

(cont. p. 95)

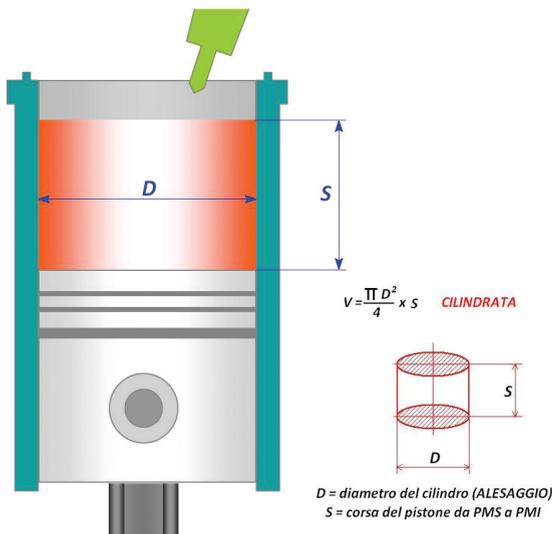


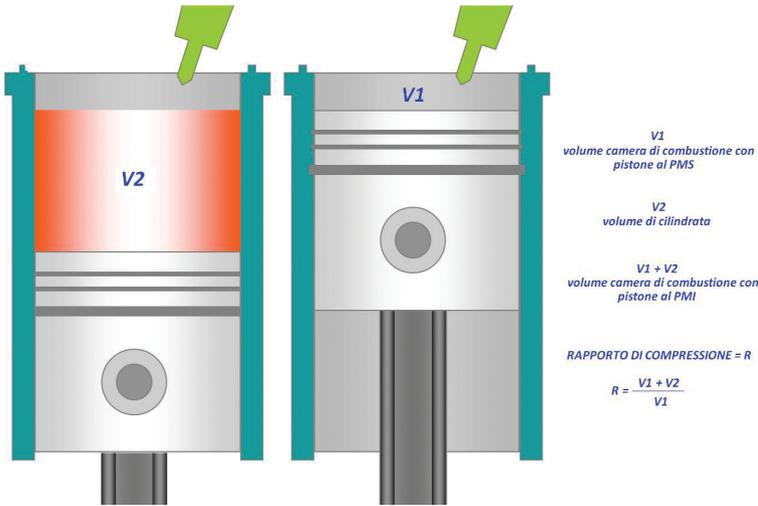
sa). L'acqua poi è un fluido piuttosto denso, pertanto resiste alla rotazione dell'elica ed inoltre è soggetta a fenomeni ambientali che ne mettono in movimento le molecole, come la corrente o il moto ondoso. Tutto questo costituisce la FORZA RESISTENTE (vedi pp. 71-74).

3.3 LE CARATTERISTICHE DEL MOTORE

Per determinare il profilo di ogni motore in relazione all'imbarcazione su cui può essere installato, vanno prese in considerazione diverse caratteristiche.

Il peso, le dimensioni, le quote di fissaggio dei supporti e di callettamento dell'asse elica o di posizionamento del piede (S drive), sono parametri necessari per determinarne la sua collocazione a bor-





do. Su barche di nuova costruzione se ne occupano progettisti e cantieri; ma risultano requisiti essenziali di cui deve tenere conto anche chi desiderasse rimotorizzare la propria barca, regalándole un nuovo propulsore.

I principali dati geometrici che identificano il cuore del motore, sono l'alesaggio (diametro del cilindro) e la corsa del pistone dal PMS (Punto Morto Superiore) al PMI (Punto Morto Inferiore). Questi, uniti al numero dei cilindri, ne determinano la cilindrata.

Il rapporto di compressione (da non confondere con il rapporto stechiometrico) è la relazione tra il massimo volume del cilindro alla fine della aspirazione (quindi con pistone al PMI) e il minimo volume al termine della compressione (con pistone al PMS). Il valore del rapporto normalmente si aggira tra 18 : 1 e 23 : 1

Le proprietà che definiscono meglio le prestazioni sono:

- la coppia, espressa in Nm (newton metro);
- la potenza, espressa in kW (chilowatt);
- il consumo specifico, che come unità di misura utilizza il g/kWh (grammi combustibile/energia prodotta).

Ai fini della navigazione ciò che più conta è la capacità del motore di esprimere una forza propulsiva per indurre uno spostamento e vincere le resistenze che si oppongono al moto. La coppia rappresenta la quantità di tale forza e quindi definisce la capacità di pronta ripresa del motore.

La potenza è la misura di lavoro che il motore compie in un certo periodo di tempo, secondo la relazione: poco tempo impiegato = molta potenza erogata, a parità di sforzo prodotto.

Ma per richiamare i risvolti pratici, più che la coppia e la potenza erogati dal motore occorre conoscere coppia e potenza massimi all'elica, quelle di cui può disporre veramente l'imbarcazione.

Il consumo specifico di carburante in g/kWh (grammi combustibile/energia prodotta) stabilisce l'economia e l'autonomia di ogni barca.

(segue da p. 94)

Attenzione però: nei motori con alimentazione common rail o iniettore pompa (e relativa centralina elettronica di gestione) aggiungere benzina al gasolio potrebbe comportare problemi alla gestione elettronica.

FORZA MOTTRICE E FORZA RESISTENTE

Se la forza motrice è maggiore della forza resistente, LA BARCA AVANZA; se la forza motrice è minore della forza resistente, LA BARCA RALLENTA E SI FERMA.

Velocità critica

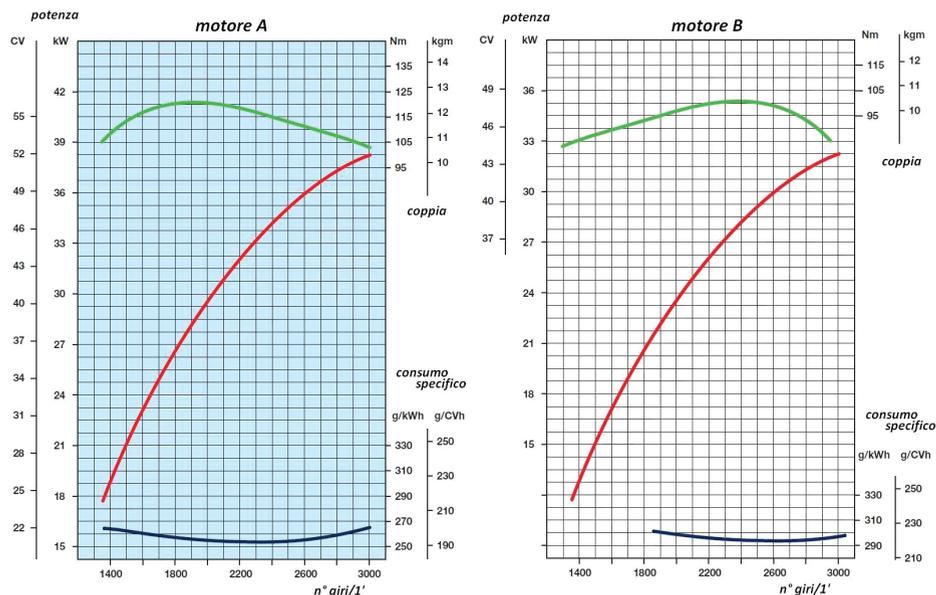
Va sempre tenuto presente che uno scafo dislocante, quando naviga in condizioni normali (ossia senza planare), al massimo può produrre una velocità proporzionata alla sua lunghezza al galleggiamento, qualunque sia la potenza del motore installato.

Le caratteristiche del motore

- Numero dei cilindri.
- Cilindrata - alesaggio e corsa (cm³ - cm).
- Rapporto di compressione.
- Potenza massima del motore in chilowatt.
- Numero di giri corrispondente (giri/1').
- Potenza massima all'elica in kW (chilowatt).

(cont. p. 97)

LE CURVE CARATTERISTICHE - MOTORI A CONFRONTO



Tutti i motori endotermici (benzina o diesel) hanno delle prestazioni che si possono riassumere in grafici denominati CURVE CARATTERISTICHE, che i costruttori riportano nella loro documentazione tecnica.

I grafici riproducono, a seconda del numero di giri al minuto, la coppia in kgm (vecchio sistema) o in Nm (nuovo sistema), la potenza in CV (vecchio sistema) o in kW (nuovo sistema) e il consumo specifico in g/CvH (vecchio sistema) o in g/kWh (nuovo sistema).

Prendendo in esame due motori A e B, a prescindere dai valori assoluti di potenza e di coppia, si possono registrare differenze concettuali nelle prestazioni secondo le scelte attuate dal progettista.

Dai grafici appare evidente come il motore A sia migliore in termini di prestazioni in quanto raggiunge la coppia massima (120 Nm - curva verde) a un numero di giri più basso (1850 anziché 2400) e la mantiene pressoché costante per un range di giri più ampio (curva più piatta).

Di conseguenza si tratta di un motore più "elastico" che può lavorare "stancandosi" poco, anche a regimi relativamente alti, e quindi avere consumi ridotti (curva blu) e minori probabilità di guasti. Il motore B, che raggiunge la coppia massima a un numero di giri più elevato (2400), oltre ad essere meno elastico, con tutto ciò che ne con-

segue, accumulerà nell'arco della propria vita lavorativa una maggior quantità di giri totali, quindi si usurerà prima per effetto dell'affaticamento (tecnicamente si tratta di milioni di giri in più eseguiti nell'arco della propria esistenza) fornendo prestazioni quasi analoghe (100 Nm) al motore A. Per contro, va tenuto in considerazione che gli organi interni di un motore che funziona con coppie più elevate e costanti sono sottoposti a maggiori sollecitazioni e quindi devono essere più robusti oppure a parità di dimensioni avranno una vita più breve.

Il progettista ha il compito di scegliere il compromesso giusto tra i valori di coppia necessari, il numero dei giri, le dimensioni di progetto degli organi interni, che incidono anche sul suo peso, e la sua durata di vita. Compito non facile.

Nota pratica utile per ridurre i consumi... e i guasti:

il range di giri compreso tra il regime di coppia massima e il regime di potenza massima si definisce come CAMPO DI STABILITÀ. In quell'ambito il motore, se le condizioni lo richiedono, sarebbe in grado di erogare il massimo delle sue prestazioni con il minimo sforzo e avrebbe il minore consumo specifico di carburante. Se è presente nella nostra strumentazione, teniamo d'occhio il contagiri!!!

Andando per mare è fondamentale conoscere quale sia il regime con cui il motore rende disponibile la coppia massima. Disponendo di questo dato è più facile gestire la leva dell'acceleratore per mantenersi nel range di giri giusto.

Perché si possano comparare diversi motori occorre che tutte queste caratteristiche siano poste in relazione tra loro, facendo riferimento a un numero di giri corrispondente.

Potenza e coppia

La potenza è la capacità di spostare un peso in un certo tempo. Ma se non si possiede sufficiente energia/forza per alzare quel determinato peso?

Nelle autovetture, il cambio di velocità adegua la forza motrice facendolo in modo che sia sempre superiore alla forza resistente del momento. Sulle barche però il cambio non è previsto, quindi sarà il motore a dover esprimere la forza motrice adeguata anche quando la forza resistente cresce come -ad esempio – affrontando il moto ondoso. Se questo non fosse possibile, ad ogni salita su un'onda occorrerebbe accelerare, e decelerare in discesa. Per questa ragione sarà determinante che il motore:

- raggiunga un valore elevato di coppia prima possibile (a basso regime di giri);
 - mantenga pressoché costante la coppia massima all'aumentare dei giri.
- Per i motivi anzidetti, in mare la coppia è prioritaria rispetto alla potenza.

Per contro i motori che raggiungono la stessa coppia ad un numero più elevato di giri, per avere le stesse prestazioni, nella loro vita accumulano una maggiore quantità di giri totali, quindi possono usurarsi prima per effetto dell'affaticamento (tecnicamente i milioni di giri in più fatti nell'arco della loro vita).

Il rendimento (bilancio termico)

Come accennato, durante il proprio funzionamento tutti i motori sono soggetti a inevitabili dispersioni, che riducono la reale disponibilità di energia prodotta.

Il calo è dovuto alla somma di diverse cause:

- le perdite termodinamiche e quelle volumetriche dipendono dalla qualità del combustibile impiegato e dalle caratteristiche della camera di combustione, dove non si riesce a ottenere sempre il riempimento ottimale di aria e dove a volte la nebulizzazione/diffusione del combustibile iniettato non raggiunge tutta l'aria surriscaldata;
- le perdite termiche, che per altre ragioni devono comunque avvenire, sono invece dispersioni di calore che escono attraverso lo scarico o dipendono dal sistema di raffreddamento;
- le perdite meccaniche degli organi interni del motore (che si traducono sempre in calore da smaltire), sono la conseguenza di assorbimenti provocati dagli apparati mossi dal motore (alternatore, pompa acqua, pompa olio, ecc.) e del sistema di trasmissione;

(segue da p. 95)

- Coppia massima in Nm (newton metro).
- Numero di giri corrispondente (giri/1').
- Consumo specifico di carburante in g/kWh (gr combustibile/energia prodotta).
- Peso complessivo.

Per l'installazione:

- dimensioni d'ingombro;
- quote di fissaggio dei supporti.

Molta resa con poca spesa

In mare è prioritaria la coppia rispetto alla potenza perché fornisce pronta ripresa e contiene i consumi.