

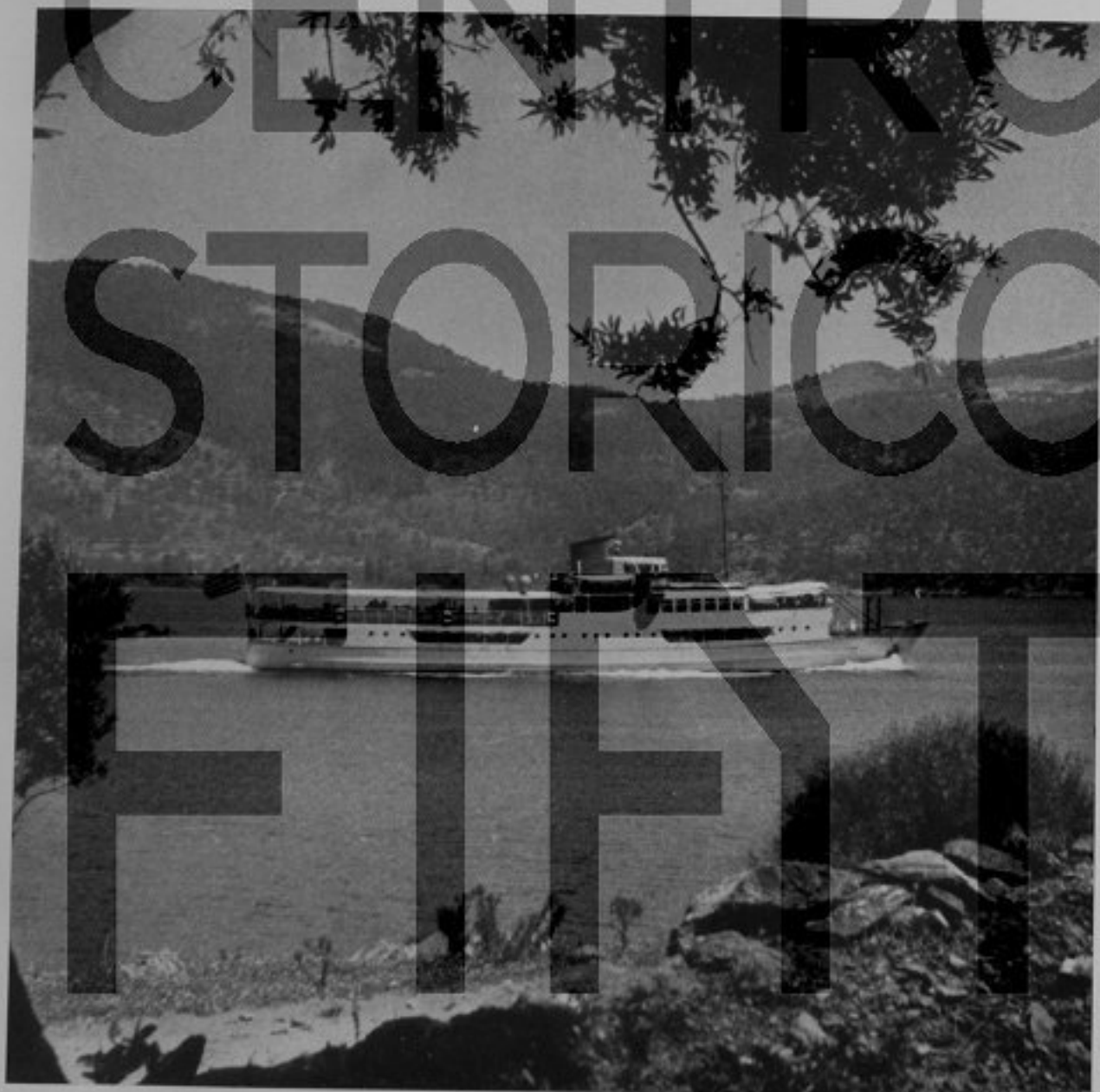
FIAT

STABILIMENTO GRANDI MOTORI

N. 2

BOLLETTINO TECNICO

ANNO 1953



53.833

La M/n "NERAIDA", fornita di due motori FIAT da 450 CV, in navigazione nella baia dell'Isola Poros (Grecia).

CENTRO

Possibilità e limiti di applicazione dei motori Diesel per
impianti di grande potenza

Dott. Ing. Roberto De Pieri Pag. 33

STORICO

Considerazioni tecniche ed economiche sull'impiego della
nafta da caldaie nei motori Diesel

Ing. Ernesto Cotti - Ing. Agostino Mari Pag. 48

FIAT

CENTRO POSSIBILITÀ E LIMITE DI APPLICAZIONE DEI MOTORI DIESEL PER IMPIANTI DI GRANDE POTENZA (*)

I
La tecnica moderna, specialmente nei paesi ad alto sviluppo industriale, tende alla produzione di forza motrice mediante impianti di potenza sempre maggiore. Questo vale per gli impianti di centrali elettriche, come per gli impianti di propulsione navale: potenze complessive di centinaia di migliaia di kW sono oggi divenute del tutto normali. Nella corsa verso la concentrazione di grandi quantità di energia il motore Diesel è rimasto indietro, rispetto alle macchine idrauliche e a vapore, in quanto la potenza unitaria del motore Diesel è molto minore di quella degli altri tipi di macchine motrici: di fronte ai $10 \div 12.000$ kW ottenibili oggi dai maggiori motori Diesel, stanno i 120.000 kW, delle turbine a vapore, i $50 \div 60.000$ kW delle motrici idrauliche.

Crediamo utile esaminare, in questo studio, la posizione del motore Diesel nel campo degli impianti di grande potenza e vedere quali ne siano le possibilità e i limiti di impiego.

II

Il limite di potenza unitaria del motore Diesel è oggi sui $9 \div 10.000$ CV per motori a semplice effetto, sui $16 \div 17.000$ CV per motori a doppio effetto. Lo sviluppo tecnico dei motori si deve principalmente alle esigenze della propulsione navale: quando, dopo il 1925, il motore a combustione si fu affermato vittoriosamente

sulle navi mercantili, venne spontanea la richiesta di maggiori potenze per le navi da passeggeri. Non è il caso di rifare qui la storia di questo sviluppo: ci limiteremo a fissare la posizione attuale e a fare qualche cauta previsione per il futuro.

La potenza di un motore Diesel è data dalle dimensioni e dal numero dei cilindri. Il limite delle dimensioni dei cilindri sta oggi tra i 750 e gli 800 mm di diametro e fra i 1300 e i 1600 mm di corsa: con questo il ciclo a due tempi oggi universalmente usato consente di avere, in servizio continuativo, da 8 a 900 CV per cilindro a semplice effetto, da 1300 a 1400 CV per cilindro a doppio effetto.

E poiché non si sono finora superati per motori in linea, i 12 cilindri e non crediamo praticamente possibile, per queste dimensioni, motori a V, si hanno le potenze massime per unità sui 10.000 CV a semplice effetto, sui 17.000 CV a doppio effetto. Qualche macchina eccezionale, rimasta isolata, ha dato potenze superiori: per esempio il motore B. W. della centrale di riserva Oersted di Copenaghen è stato costruito per la potenza normale di 21.000 CV.

Le dimensioni geometriche dei cilindri, quali abbiamo sopra indicate, non sono volentieri superate in quanto si presume, col crescere del diametro, un notevole aggravamento delle sollecitazioni termiche delle testate di cilindro e stantuffo, e delle fasce elastiche di tenuta.

I fattori che determinano la potenza (pressione media,

(*) Memoria presentata al "IV^e Congrès International du Chauffage Industriel", - Paris 27 settembre - 4 ottobre 1952.

velocità di stantuffo) e che sono fissati a quei massimi che consentano un tranquillo funzionamento e una economia, manutenzione, sono da alcuni anni praticamente stabilizzati.

Se la sovralimentazione dei motori a due tempi, alla quale oggi lavorano in campo sperimentale quasi tutti i buoni costruttori, avrà in pratica successo, potrà prevedersi per il futuro la possibilità di una maggiore prestazione dell'ordine di grandezza del $20 \pm 25\%$ e con questo forse avere unità di 12.000 CV a semplice effetto e di 20.000 CV a doppio effetto.

Questo vale per applicazioni di carattere industriale o mercantile, in cui la potenza del macchinario è o può essere sfruttata in modo continuo; maggiori prestazioni sono ammesse per navi da guerra. In tempo di guerra sono state costruite in Italia e in Germania macchine di grande potenza con prestazioni superiori di circa 80% a quelle usate come normali sui motori mercantili.

III

Abbiamo creduto bene soffermarci sul limite superiore di potenza dei motori Diesel, in quanto sembra logico pensare che grandi impianti siano tanto più facilmente realizzabili quanto maggiore sia la mole delle singole unità. In effetto i massimi impianti di motori Diesel oggi esistenti sono stati eseguiti secondo questo concetto, raggruppando un moderato numero di unità di rilevante potenza. Non possiamo però tacere che in America sono state costruite varie centrali elettriche, sia pure destinate ad usi speciali (impianti di produzione di alluminio), costituite da un grandissimo numero di piccoli motori. L'impianto di Point Comfort (Texas) ed un altro impianto in montaggio, raggiungono la potenza totale di 120.000 CV, impiegando 120 motori da 1000 CV. Il fatto che tali motori, costruiti da Nordberg, funzionino a gas secondo il ciclo Otto, non infirma il fatto che impianti analoghi non possano essere eseguiti anche con motori a ciclo Diesel.

La questione è quindi aperta, militando però a favore della grande centrale con grossi motori i seguenti fattori.

- a) possibilità di bruciare combustibili pesanti, dello stesso tipo usato nelle caldaie a vapore,
- b) maggior facilità di regolazione e messa in parallelo del macchinario,
- c) maggior facilità di condotta e manutenzione, a causa del minor numero di macchine da sorvegliare e del maggior tempo intercorrente fra i periodi di manutenzione.

A favore di impianti con molti motori di minore potenza sta:

- a) in qualche caso il minor costo iniziale, dove esiste la possibilità, come in America, di avere macchinario costruito in serie,
- b) il minor peso, che può essere utile negli impianti navali,
- c) il maggior frazionamento della potenza, che consente senza danno la messa fuori servizio di qualche unità in caso di guasti o per manutenzione.

La somma delle potenze delle singole unità è, nella maggior parte dei casi, fatta elettricamente. Tutte le centrali di terra e molti impianti navali sono costituiti da gruppi elettrogeni che sommano su un quadro elettrico la propria energia quasi sempre sotto forma di corrente alternata.

Accoppiamenti meccanici sono usati a bordo di navi per sommare su una sola elica la potenza di due, tre o quattro unità: si usa un riduttore ad ingranaggi costituito da una ruota lenta, accoppiata all'albero dell'elica, su cui lavorano le ruote più veloci azionate dai vari motori. È ritenuto opportuno, in questi casi, l'impiego di giunti elastici idraulici o elettrici per collegare in modo non rigido i motori col riduttore e permettere a quest'ultimo di lavorare sotto un momento torcente pressoché uniforme.

Sia l'accoppiamento elettrico che quello meccanico richiedono, sui motori la presenza di regolatori di precisione, atti a sincronizzare con strettissima tolleranza i giri dei motori e a mantenere tale sincronizzazione a carichi o giri variabili. Il problema è oggi totalmente risolto, dati i progressi compiuti nella costruzione dei regolatori che si prestano a soddisfare tutte le esigenze del caso.

A parte la regolazione, nessun altro particolare problema è posto dalla riunione di molte unità Diesel in unico impianto. Si hanno dei vantaggi in alcuni accessori ed ausiliari, quali ad esempio gli impianti di avviamento, che non richiedono di essere aumentati proporzionalmente al numero di unità installate.

IV

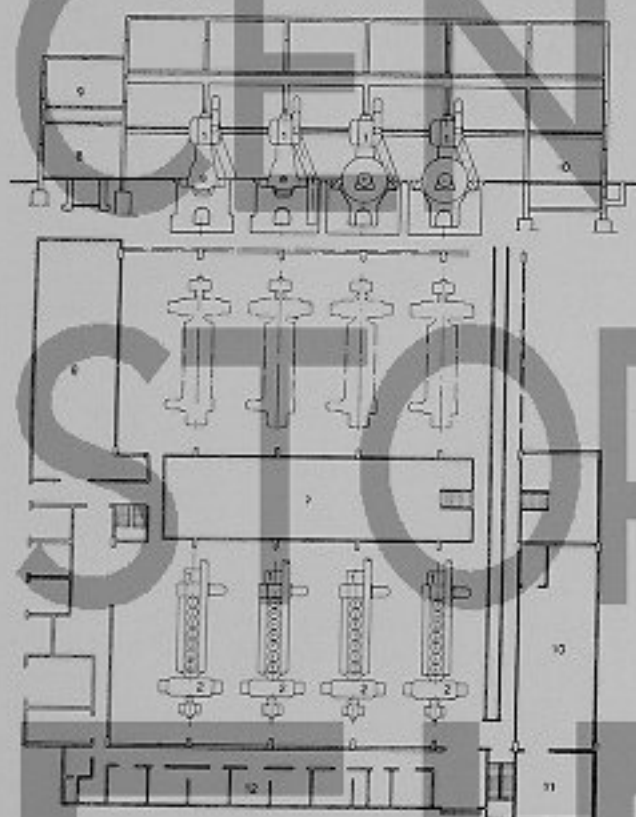
Dopo queste considerazioni di carattere generale vogliamo ora esaminare alcune delle caratteristiche tecniche ed economiche di un grosso impianto di motori Diesel e fare un confronto con altri tipi di macchinario. Praticamente questo confronto sarà limitato alle turbine a vapore, essendo le turbine a gas per ora immature e le turbine idrauliche vincolate a condizioni di impianto e di esercizio che ne fanno una categoria a sé.

a) Limiti di potenza. - Per quanto in teoria illimitato e, come detto sopra, esistano impianti speciali con centinaia di unità, il numero dei gruppi che costituiscono una centrale di nuovo progetto è in pratica limitato al di sotto della decina.

Esistono grosse centrali elettriche in cui, successivamente, al nucleo originale si sono aggiunti nuovi gruppi: ad esempio citiamo la Centrale di Shanghai, la quale, progressivamente nel tempo, raggiunse una consistenza

tale successo da far progettare in seguito, sia in Italia che in Germania, apparati motori per navi da guerra di potenza molto superiore ai 100.000 CV.

b) Peso. - Il peso del macchinario negli impianti terrestri può avere importanza in quanto è uno degli elementi determinanti del costo di costruzione ed, a parte questo, non ha sostanziale importanza, se non in quei casi in cui il costo del trasporto in opera presenti parti-



53,660

Fig. 1 - Pianta e sezioni della Centrale Diesel elettrica di Chivilcoy (Argentina) costituita di 8 gruppi Fiat della potenza totale di 25.000 kW (scala 1/800).

di nove gruppi installati. In genere però, non si superano volentieri le 5 ÷ 6 unità.

Con questo, essendo, come già detto, sui 10.000 kW il limite superiore dell'unità Diesel, dovrebbe considerarsi sui 50 ÷ 60.000 kW la potenza di una centrale Diesel di ragionevoli dimensioni.

Negli impianti per propulsione di navi mercantili, non essendosi finora superato le 4 eliche, si potrebbe arrivare ai 50 ÷ 60.000 CV di potenza normale in navigazione. In effetto impianti di questa potenza sono stati messi in costruzione prima dell'ultima guerra e non hanno avuto compimento soltanto per la distruzione degli scafi in cui le macchine dovevano essere installate. Nel caso di navi da guerra, ricordiamo gli apparati motori da 54.000 CV delle corazzate tascabili tipo Deutschland che ebbero

colori difficoltà. Per contro, negli impianti marini, il peso è elemento fondamentale nel progetto della nave e nella scelta del macchinario.

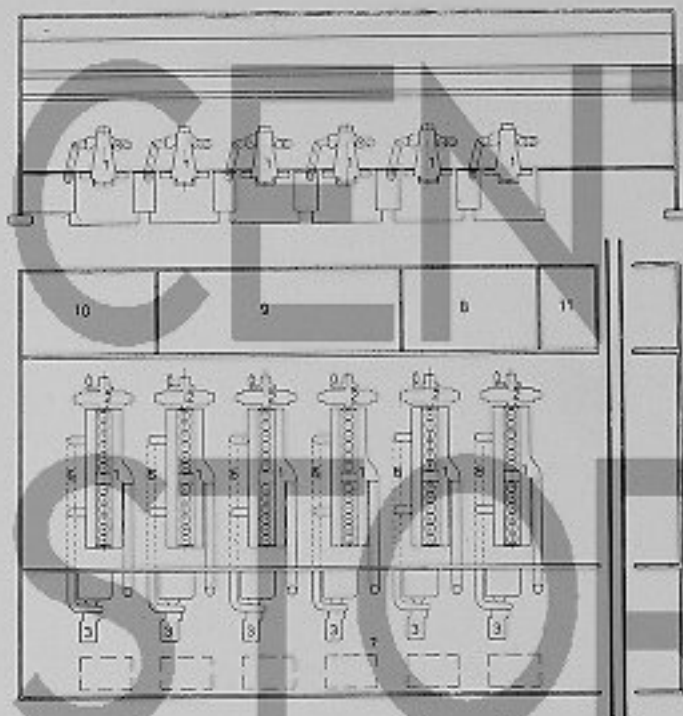
Possiamo dire che, per le grandi potenze qui considerate, il peso di un apparato motore Diesel marino completo superi di circa il 15 ÷ 20 % il peso dei migliori apparati motori a vapore; tale peso però è più che compensato dal minor consumo di combustibile e dalle minori esigenze di acqua di riserva. In effetto si ha che, a pari autonomia, il peso del macchinario sommato a quello dell'acqua e del combustibile è, per un apparato Diesel, largamente inferiore a quello di un apparato motore a vapore.

c) Costo di impianto. - Il costo di un impianto di motori Diesel è praticamente dello stesso ordine di

grandezza di quello che si ha per un corrispondente impianto a vapore. In effetto l'impianto Diesel completo costa un po' meno dell'impianto a vapore nelle installazioni a terra, mentre costa un po' di più nelle installa-

significa poterne considerare costante il rendimento di un qualsiasi raggruppamento di motori, per quanto diverse ne siano le caratteristiche e la potenza totale.

Per contro, il rendimento delle turbine a vapore e delle



zioni marine. Questa differenza è dovuta al fatto che un impianto a terra richiede fabbricati, opere murarie e servizi ausiliari, quali la provvista di acqua di raffreddamento, depositi o serbatoi di combustibile; e tutto questo, che costituisce una parte notevole del costo, richiede per il macchinario a vapore una spesa maggiore, che compensa e supera il minor costo del macchinario. Per contro, su di una nave, i due tipi di motori si trovano nelle stesse condizioni agli effetti della sistemazione a bordo, e qui il lieve maggior costo dell'apparato motore Diesel non trova che scarse compensazioni nella maggiore semplicità della installazione.

d) Costo di esercizio. - Dove vi è invece un deciso divario fra i due tipi di macchinario è nel costo di esercizio: e questo specialmente nel caso di impianti di non rilevante potenza.

Sta di fatto che il rendimento termico dei motori Diesel è oggi in pratica sul $37 \div 38\%$ ed è pressoché costante qualunque siano le dimensioni e le caratteristiche dei motori: vi sono motori leggeri e veloci di piccola potenza che hanno lo stesso consumo di combustibile dei motori lenti e pesanti di grandissima potenza. Questo

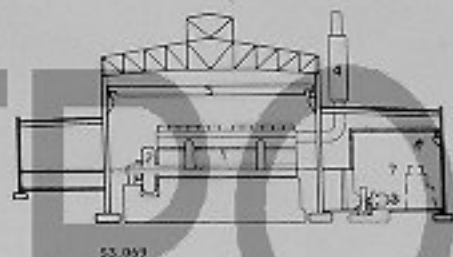


Fig. 2 a - Pianta e sezioni della Centrale di Mexico City (scala 1:800).

caldaie è molto legato alla potenza delle singole unità. Mentre le grandi macchine industriali da $50 \div 100.000$ CV

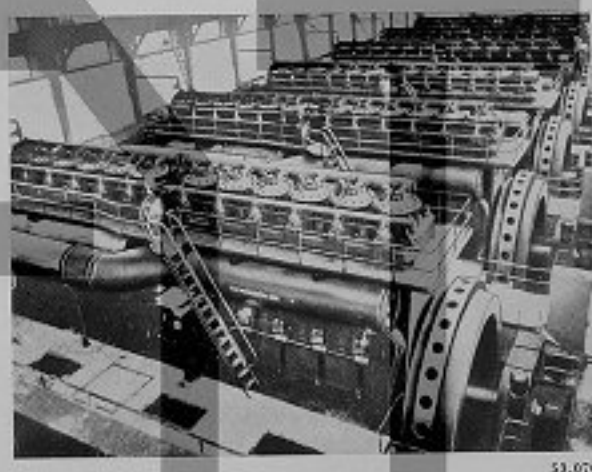


Fig. 2 b - La centrale Diesel elettrica di Mexico City costituita da 6 gruppi Nordberg della potenza totale di 31.000 kW.

hanno rendimenti ottimi, (per il complesso caldaia, turbina si arriva al $32 \div 33\%$) per le macchine marine

e per le macchine industriali di potenza minore si scende al 20 ÷ 25 %. Questo perchè il rendimento ottimo delle turbine è legato a condizioni di velocità e numeri di giri che, in caso di macchine di piccola e media potenza, non sempre sono compatibili con le esigenze pratiche, e perchè rendimenti elevati sono ottenibili con cicli termici complessi, che non sono sempre accettabili in caso di impianti modesti o dove si richieda la massima semplicità

di installazione navale, a lavoro dell'impianto Diesel. Il vantaggio aumenta ancora e molto, quanto più si scenda nella potenza.

e) **Manutenzione.** - Agli effetti della manutenzione, gli impianti Diesel e a vapore hanno caratteristiche alquanto differenti. La manutenzione dei motori Diesel consiste nella visita e smontaggio degli organi in moto

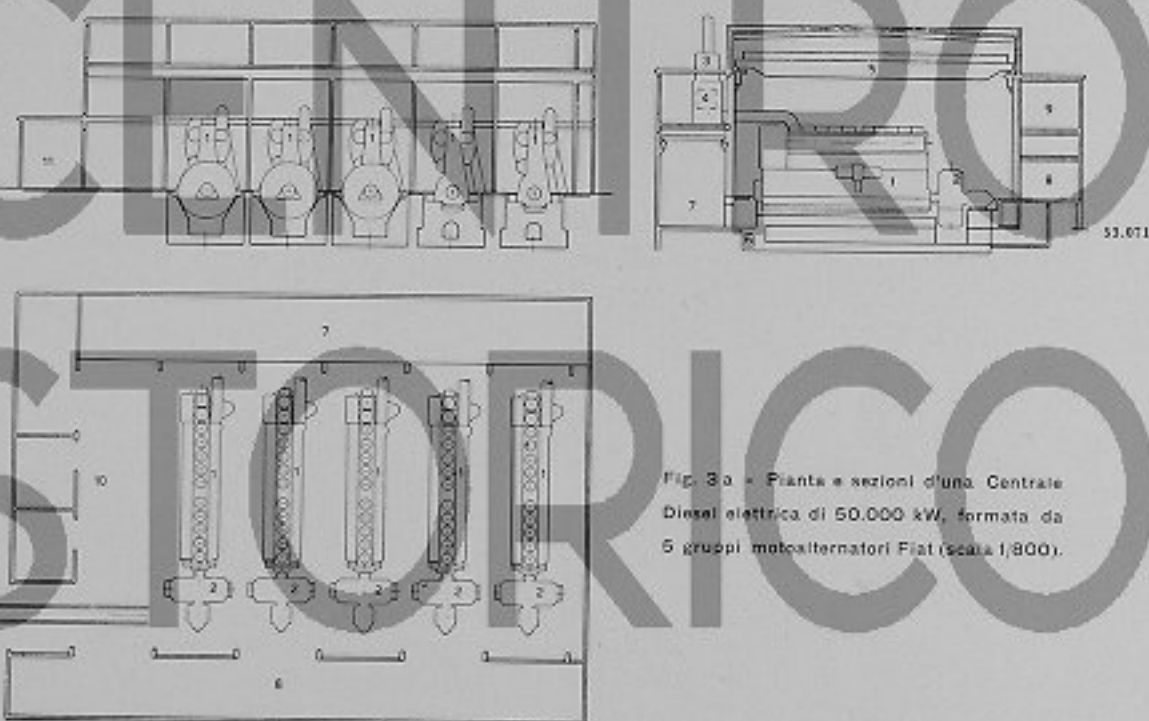


Fig. 3a - Pianta e sezioni d'una Centrale Diesel elettrica di 50.000 kW, formata da 5 gruppi motogeneratori Fiat (scala 1/800).

di impianto e tranquillità di esercizio, come negli impianti marini.

Per questo si ha che i costi di esercizio delle macchine considerate tendono ad avvicinarsi nel caso delle grandi potenze. Tenendo conto del costo del lubrificante, che è praticamente nullo nelle turbine, mentre vale circa il 10 % del costo del combustibile nei motori Diesel, si potrebbe considerare quasi eguale la spesa per unità di potenza nel caso di una centrale di terra di potenza superiore ai 50.000 CV, mentre in un impianto marino di pari potenza l'apparato motore Diesel risulta in vantaggio per circa il 15 ÷ 20 %.

In campi di potenza inferiori, che sono d'altra parte più adatti per i motori, il confronto è decisamente a favore dei motori in tutte le applicazioni. Possiamo ad esempio valutare, per impianti da 20 ÷ 25.000 CV, un minor costo delle unità di potenza sul 15 ÷ 20 % nel caso di installazione a terra, sul 25 ÷ 30 % nel caso

(stantuffi, cuscinetti), da eseguirsi ad intervalli di tempo regolare; ad esempio, gli stantuffi vanno smontati e ripuliti a periodi di 4000 ÷ 6000 ore di moto, a seconda del servizio e della qualità di combustibile usato. A periodi di tempi più lunghi potrà essere necessaria, in seguito ad usura, la sostituzione delle camicie, la cui durata va stimata, per grossi motori di tipo lento, a 25.000 ÷ 30.000 ore. Sempre riferendosi a grossi motori, queste operazioni richiedono di fermare i motori per brevi periodi di tempo: la visita di uno stantuffo, e la sua eventuale sostituzione con uno di ricambio, richiede poco più di mezza giornata di lavoro; il cambio di una camicia richiede in tutto una dozzina di ore di fermata.

Qualora il servizio consenta la possibilità di fermare i motori a intervalli regolari o quasi, come ad esempio avviene negli apparati motori marini, le necessità delle manutenzioni possono essere soddisfatte agevolmente e, senza disturbo del diagramma di lavoro, i motori possono

essere sempre mantenuti in piena efficienza. Qualora invece si richieda un servizio assolutamente continuo e non si ammettano fermate, anche brevi, per manutenzione (come può avvenire in qualche impianto elettrico), si prevede un gruppo di riserva, la cui presenza consentirà la esecuzione dei necessari lavori e garantirà la produzione di energia anche in caso di accidentali guasti sia ai motori che alle macchine ed accessori elettrici.

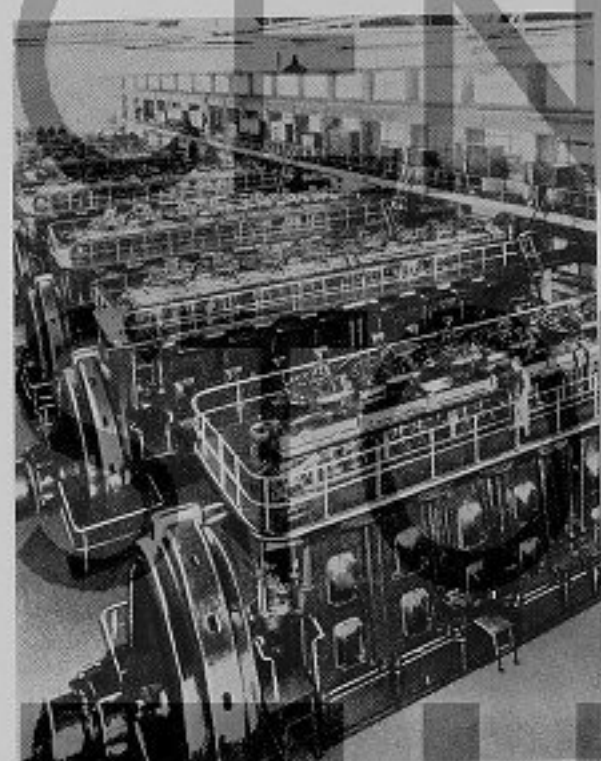


Fig. 3 b - Centrale di Shanghai (Cina)

Veduta d'insieme della sala delle macchine, comportante 9 motori Diesel Sulzer, della potenza totale di circa 55.000 CV.

Per contro, il ciclo di manutenzione degli apparati motori a vapore è alquanto diverso, specialmente negli impianti a terra. Normalmente nessun lavoro, se non a distanza di anni, occorre per le grandi turbine, mentre le caldaie, sia pure a distanza di tempo relativamente lunga, richiedono lavori di pulizia e manutenzione di entità notevole, che comportano fermate lunghe e spese non indifferenti. Così il diagramma di lavoro di un impianto a vapore può essere rappresentato da lunghissimi periodi di funzionamento ininterrotto seguiti da periodi relativamente lunghi di fermate: a differenza dell'impianto Diesel, che ha periodi di funzionamento più brevi, ma anche più brevi durate di arresto.

Complessivamente le due cose si compensano e, purché siano considerati cicli di tempo abbastanza lunghi, non vi è sostanziale differenza fra i due tipi di macchinario, né agli effetti della non disponibilità, né agli effetti dei costi. Sta di fatto che i costi di manutenzione, quali sono caricati in Italia sul costo del kW/ora per le centrali termiche a vapore (0,50 lire per kW/ora), sono praticamente gli stessi che noi, secondo la nostra esperienza, valutiamo per il costo di manutenzione degli apparati motori marini.

f) Considerazioni varie. - Specialmente nel caso di un impianto a terra, un grosso impianto a vapore dà l'impressione di una grande semplicità. Un grande turbo-alternatore moderno, chiuso nella sua veste di lamierino lucido, di stile aerodinamico e che, senza rumore e sforzo apparente, produce alcune decine di migliaia di kW, non può non impressionare favorevolmente il tecnico ed il profano. Vi è un po' di inganno in questo, in quanto quello che si vede è soltanto l'anello finale di una serie di macchine che, in serie e in parallelo, costituiscono l'intero impianto: tanto apparisce semplice ed elegante quella parte del turbo-alternatore che emerge dal piano della centrale, quanto complesso e, a prima vista, confuso è tutto il rimanente, che per la parte motrice è nascosto nei profondi sotterranei della centrale e, per la parte caldaie e relativi accessori, occupa un separato locale, normalmente di dimensioni e sviluppo notevole, specialmente in altezza.

Un impianto di grossi motori Diesel, costituito da macchine uguali, disposte in fila ben ordinata, ognuna di dimensioni imponenti, specialmente in lunghezza ed altezza, apparisce senz'altro più complesso ed, in funzionamento, meno elegante: il motore Diesel, per quanto ben disegnato è chiuso, non può non tradire all'esterno la struttura interna di macchina alternativa, la molteplicità delle sue parti e, in sostanza, la propria natura. Però quanto è in vista in una centrale Diesel è tutto: non vi sono altri macchinari nascosti né sotto al pavimento né in altri locali, se non le modeste pompe per circolazione acqua e olio; il motore è nello stesso tempo caldaia, turbina e condensatore, costituisce una unità motrice autonoma e indipendente.

Lo stesso frazionamento della potenza, conseguenza della limitazione della potenza delle singole unità, può portare a dei vantaggi, quali la più economica costituzione delle riserve e la maggiore garanzia di continuità di servizio, non essendo la potenza della centrale vincolata al funzionamento di una sola unità, sia pure di buon carattere, con scarse probabilità di andare fuori servizio.

Qualora la potenza richiesta all'impianto sia variabile secondo cicli giornalieri o stagionali, un impianto multiplo

quale quello di motori Diesel è vantaggioso, permettendo di fermare, anche per brevi periodi di tempo, le unità non necessarie ed utilizzare, in campo prossimo al pieno carico, quelle che restano in servizio. Con questo, ad esempio, il consumo di combustibile per kW è praticamente costante, in una centrale con 4 gruppi, fino a sotto 1/4 della potenza massima.

Una buona caratteristica dell'impianto Diesel, che

dal 25 ÷ 30 % il rendimento termico totale dell'impianto. Se invece, mancando le possibilità di utilizzazione, il vapore prodotto dovrà essere impiegato per produzione di forza motrice, il recupero effettivo sarà minore; ma in ogni caso si potrà avere gratuitamente, da turbine a bassa pressione, una potenza prossima al 5 % della potenza dei motori installati.

Impianti di recupero di questo tipo sono oggi normali

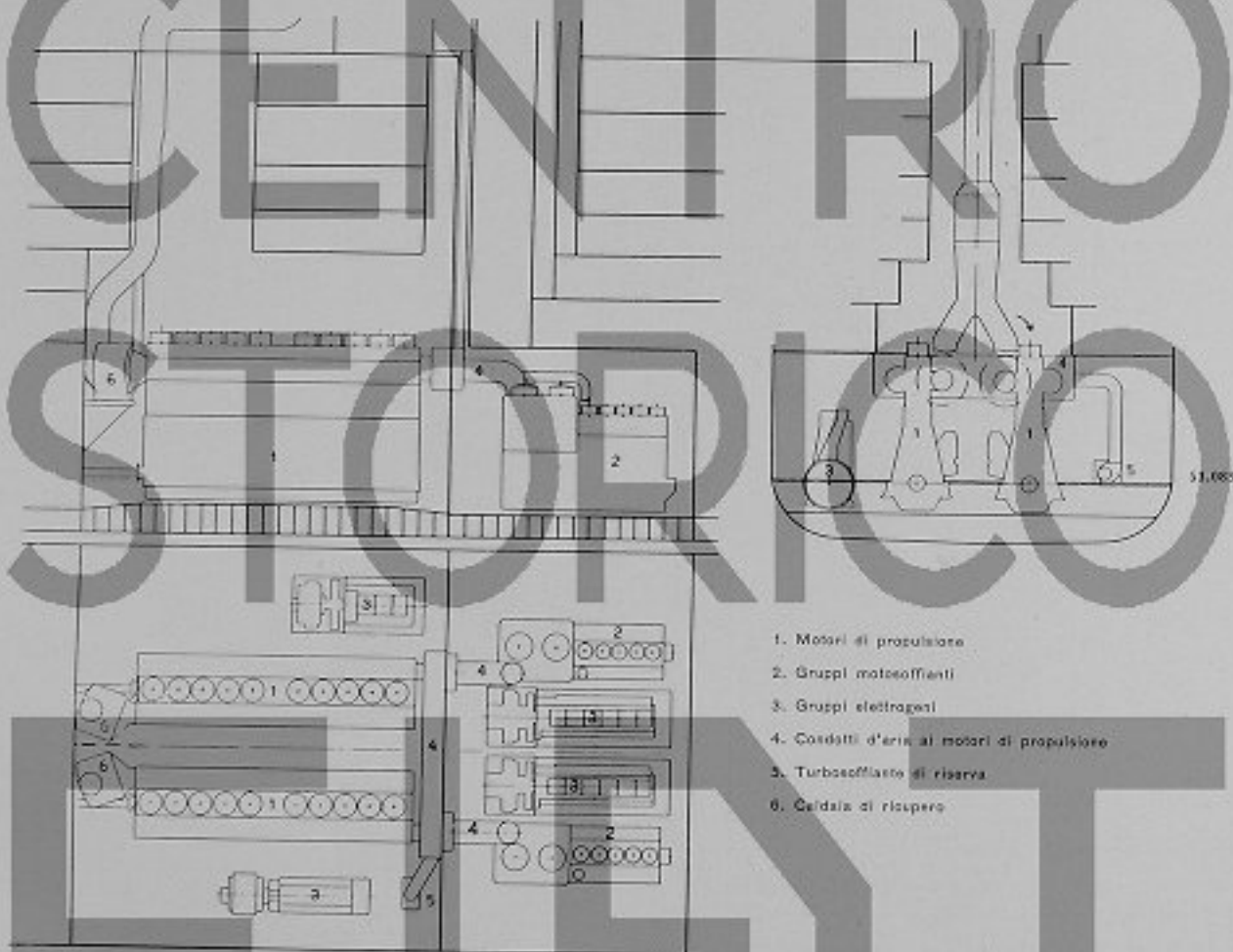


Fig. 4 - Appareato motore Fiat da 36.000 CV della motonave "Vulcania" (scala 1/500).

può essere in molti casi sfruttata, è quella della possibilità di recupero di calore dai gas di scarico. Si hanno infatti a disposizione masse imponenti di gas di scarico, a temperature sui 300°, da cui si possono ricavare, con impianti poco costosi, notevoli quantità di vapore o acqua calda. Qualora sia possibile utilizzare tali sottoprodotti direttamente per riscaldamento, si può recuperare una quantità di calore fino al 10 ÷ 12 % della quantità di calore contenuta nel combustibile bruciato, aumentando così

sulle navi e consentono di provvedere ai servizi di riscaldamento e all'azionamento dei macchinari ausiliari, sia direttamente, sia mediante produzione di energia elettrica.

V

A completamento di quanto precedentemente esposto in linea generale, crediamo utile riportare alcuni esempi di realizzazioni eseguite e progettate, nelle quali, mediante

raggruppamenti di varie unità di motori Diesel, sono state raggiunte potenze di notevole entità.

Raggruppiamo insieme i dati delle applicazioni terrestri tutte nella forma di centrali elettriche per produzione di energia ed in seguito daremo esempi di impianti navali, sia nella variante più comunemente adottata di accoppiamento diretto con le eliche, sia nella variante di accoppiamento indiretto a mezzo di riduttori.

quale sono sistemati tutti i servizi ausiliari, comuni per tutta la centrale. Ad una estremità sono sistemati i quadri trasformatori e i rimanenti servizi elettrici.

I motori Diesel sono di costruzione Fiat, di tipo lento, malgrado la potenza non rilevante delle singole unità; nonostante il maggior costo sono stati prescelti motori a basso numero di giri (136,5), presumendosi per essi una maggiore durata ed una maggiore tranquillità in funzio-

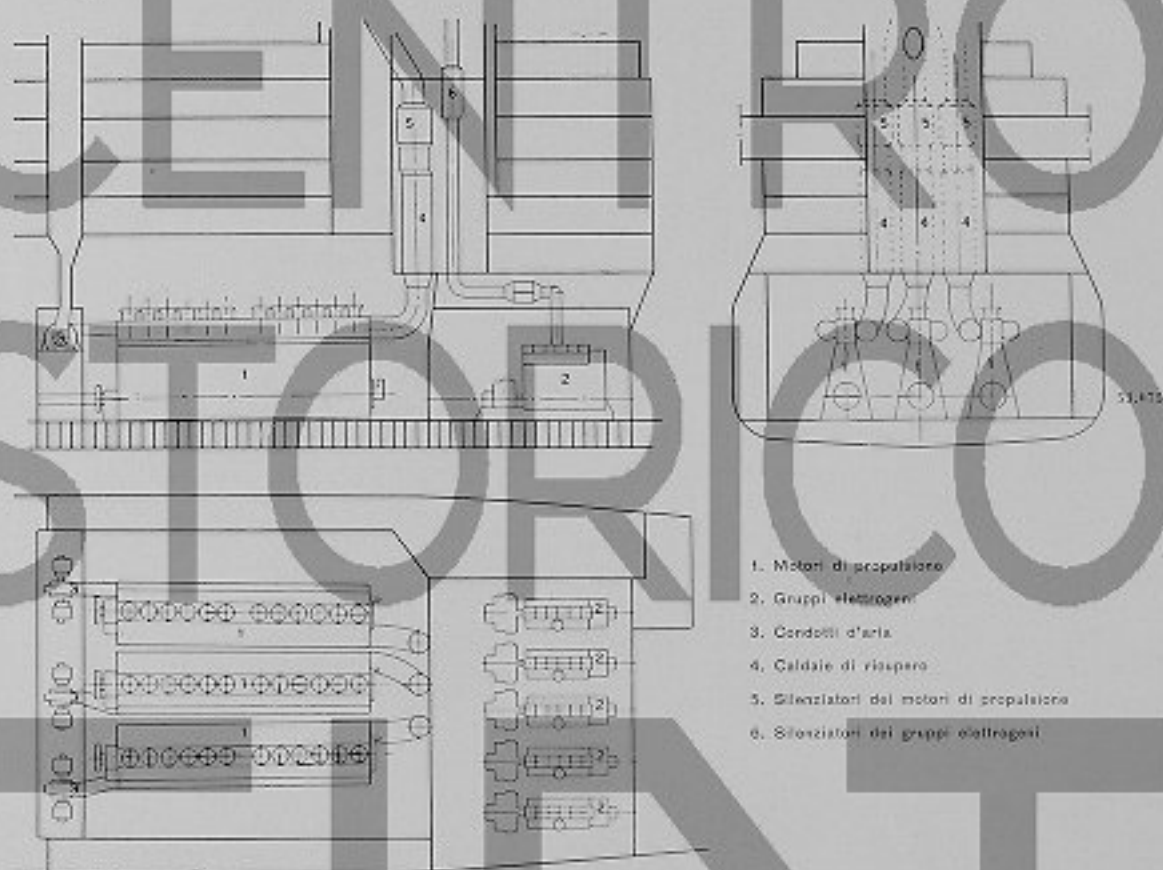


Fig. 6 - Apparato motore Sulzer da 37.500 CV della motonave "Oranje" (scala 1/500).

1. Motori di propulsione
2. Gruppi elettrogeni
3. Condotti d'aria
4. Caldaie di riscopo
5. Silenziatori dei motori di propulsione
6. Silenziatori dei gruppi elettrogeni

Centrali per la produzione di energia elettrica

A) La centrale di Chivilcoj nella provincia di Buenos Aires rappresentata nella fig. 1 è un buon esempio di centrale moderna di media potenza con motori Diesel.

E' prevista per la potenza complessiva di 25.000 kW con 8 gruppi generatori identici; 4 di questi gruppi sono in corso di montaggio mentre i successivi 4 sono previsti come ampliamento in un prossimo futuro.

In base a questo, la centrale è stata progettata con 2 locali per i gruppi generatori ed un locale centrale nel

namento continuato, nonché la sicurezza di poter bruciare combustibili pesanti.

Ogni motore è del tipo a 2 tempi, semplice effetto, con 7 cilindri di 680 mm di $\varnothing$ e 1200 mm di corsa; la potenza di 4.500 CV è data, come detto sopra, a 136,5 giri ed è trasmessa ad alternatori direttamente accoppiati da 3.150 kW.

Con 3 gruppi uguali è pure in corso di montaggio una centrale minore di 9500 kW nella città di Junin, sempre nella provincia di Buenos Aires.

I motori di queste centrali sono completamente autonomi, salvo che per le pompe di circolazione di acqua

e olio, che sono a comando elettrico indipendente e che assorbono non più del 3% della potenza fornita dai motori.

La potenza erogata è quindi praticamente una potenza netta totalmente utilizzabile.

Nei silenziatori dei motori, situati all'esterno sopra il soffitto del locale centrale degli ausiliari, sono state incorporate delle piccole caldaie di ricupero che producono

legati elettricamente ai generatori, in modo da seguire fedelmente il regime dei giri del motore principale.

In questo modo circa il 10% della potenza elettrica totale, ricavata dai generatori, deve essere detratto per l'azionamento di tali pompe aria, dalle pompe acqua, olio, ecc. e dagli altri ausiliari occorrenti per il servizio dei motori, e il 90% circa rimane come energia utile.

Anche lo schema di questa centrale risulta di note-

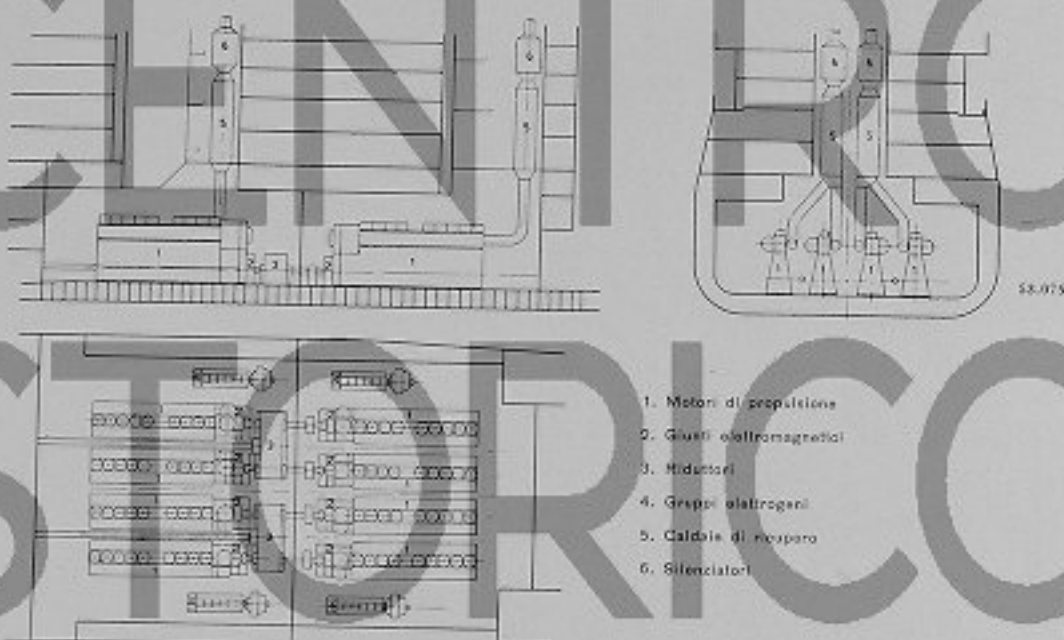


Fig. 6 - Apparato motore Sulzer da 37.000 CV tipo "Willem Ruyz", perfezionato (scala 1/500).

il vapore a bassa pressione, occorrente per il riscaldamento e la depurazione del combustibile pesante.

B) Nella fig. 2 rappresentiamo quella che probabilmente è oggi la maggior centrale Diesel in servizio e cioè la centrale di Tscubaja nella Città del Messico.

Questa centrale ha la potenza complessiva di 36.000 kW ed è costituita da 6 gruppi elettrogeni azionati da motori Nordberg a 12 cilindri.

Questi motori sono a semplice effetto, con cilindri aventi 740 mm di diametro e 1000 mm di corsa; danno al livello del mare la potenza normale continuativa di 8650 CV, potenza che viene ridotta ai 2200 m di quota della centrale a 7350 CV, a circa 160 giri.

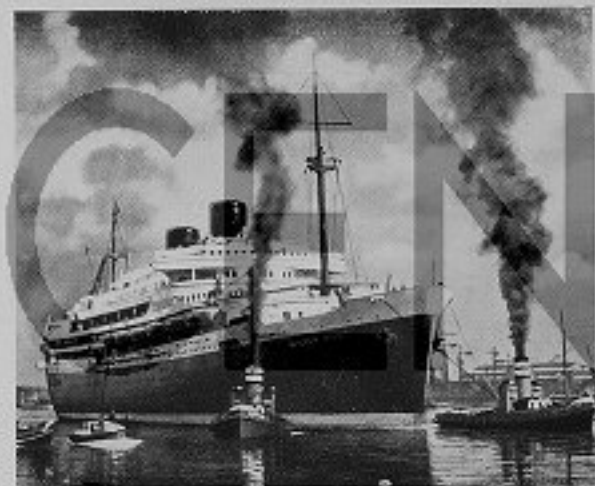
I motori sono a due tempi, semplice effetto ed hanno tutti gli ausiliari a comando indipendente; in modo particolare l'aria per la combustione è fornita da soffianti centrifughe azionate da motori elettrici i quali sono col-

legate elettricamente ai generatori, in modo da seguire fedelmente il regime dei giri del motore principale.

La disposizione schematica del macchinario è molto semplice avendosi un salone centrale, dove sono montati i gruppi generatori, fiancheggiato da due locali minori, uno dei quali è destinato agli ausiliari ed accessori dei motori, incluso l'impianto di filtrazione dell'aria necessaria in relazione alle condizioni atmosferiche del luogo, mentre l'altro locale, dalla parte opposta, è destinato ai servizi elettrici della centrale.

C) Nelle due centrali precedenti abbiamo dato l'esempio di quanto può ottenersi con motori a semplice effetto, il che porta a mantenere entro limiti relativamente bassi la potenza unitaria dei gruppi elettrogeni. Nella fig. 3 riportiamo uno studio per una centrale di maggiore potenza (50.000 kW), costituita da gruppi sempre di tipo lento, ma a doppio effetto.

Abbiamo previsto di installare 5 gruppi da 10.000 kW ognuno, azionati da motori Fiat a doppio effetto della potenza di 14.500 CV ognuno a 136,5 giri. Ogni motore



53.076

Fig. 7 - La motonave "Willem Ruys", con apparato motore Sulzer da 33.000 CV sulla elica.

ha 10 cilindri di 750 mm di diametro e 1320 mm di corsa ed aziona le proprie pompe d'aria di modo che

Dal disegno risulta come, malgrado la maggiore potenza, questa centrale sia, come superficie, inferiore alle due precedentemente descritte; questo è dovuto al fatto che l'impiego del motore a doppio effetto permette di ricavare maggior potenza senza variare le dimensioni delle macchine se non in altezza e che, malgrado la maggior potenza in gioco, gli ausiliari e gli accessori non richiedono uno spazio molto maggiore.

Aggiungiamo che, senza alcuna modifica ai locali previsti e qualora una centrale di questo genere fosse destinata a servizi di base, potrebbe convenire installare al posto dei silenziosi un impianto bene studiato di ricupero di calore, dal quale potrebbe ricavarsi vapore sufficiente ad azionare un turboalternatore da 2500 kW, capace di fornire non solo tutta la potenza occorrente per gli ausiliari della centrale, ma anche per dare un migliaio di kW in più sulla rete.

Grandi apparati motori marini

Apparati motori marini di grande potenza vennero messi a bordo di grandi navi da passeggeri negli anni compresi fra il 1925 ed il 1930. La realizzazione di questi complessi è ancora oggi motivo di onore per i costruttori, anche se i primi motori hanno presentato, in



53.077

Fig. 8 - La motonave "La Marseillaise", con apparato Sulzer da 31.000 CV.

la potenza fornita ai generatori è praticamente quella netta disponibile sulla rete.

servizio prolungato, difetti e deficienze imputabili alla difficoltà del problema in quei tempi. La maggior parte dei

grandi apparati motori installati nel periodo di tempo citato sono andati perduti per cause di guerra o sono stati sostituiti in seguito con motori più moderni; in effetto le

a) Del periodo anteguerra ricordiamo, in quanto tuttora in ottimo e efficiente funzionamento, gli apparati motori delle motonavi « Vulcania » e « Saturnia », montati a bordo negli anni 1935-1936 per opera della Fiat e della Sulzer.

Nel disegno 4 riportiamo il complesso del macchinario di costruzione Fiat che costituisce l'apparato motore della Motonave « Vulcania » della potenza normale, sulle eliche, di 26.000 CV. Il macchinario è ripartito in due locali; in quello poppiero sono sistemati i due motori di propulsione, un gruppo elettrogeno per i servizi di macchina e di bordo e tutti gli ausiliari occorrenti al funzionamento dei motori predetti. In un secondo locale, verso prua, sono sistemati: due gruppi motosoffianti per l'alimentazione dell'aria ai motori principali; due gruppi elettrogeni per il servizio di bordo ed altri macchinari ausiliari, necessari per il funzionamento dei motori e dei servizi dello scafo.

I motori principali sono del tipo Fiat a doppio effetto, a due tempi, con 10 cilindri di 750 mm di diametro e funzionano a circa 122 giri; come detto sopra, l'aria viene fornita da due gruppi motosoffianti a semplice effetto, costituiti ognuno da 5 cilindri di 520 mm di diametro, direttamente accoppiati a un gruppo di pompe a stantuffo.



Fig. 9 - Le motonavi « Giulio Cesare » e « Vulcania », aventi apparati motori Fiat da 37.000 CV, sulle eliche, ancorate nel porto di Genova.



Fig. 10 - La motonave « Augustus », con apparato motore Fiat da 37.000 CV sulle eliche, rimorchiata nel porto di Genova.

grandi motonavi cominciarono ad essere un completo successo soltanto dopo il 1930.

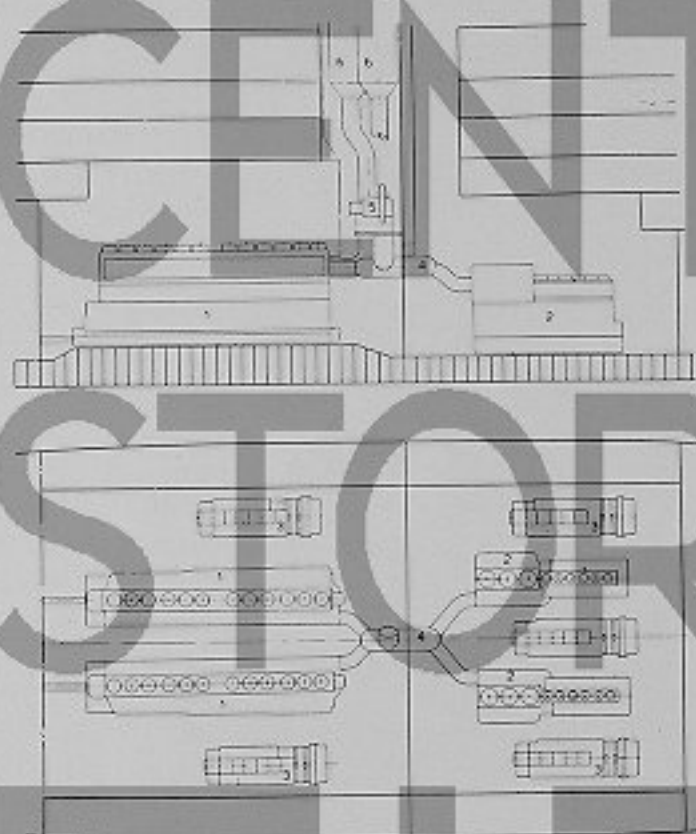
Si è adottata questa soluzione in quanto, contrariamente alle previsioni, essa è risultata la più economica,

la più semplice e la più efficiente, tanto che essa è stata riprodotta successivamente in apparati analoghi di tipo moderno. Lo scarico dei motori principali è utilizzato in calderine di recupero dalle quali si ricava l'acqua calda ed il vapore occorrenti per i servizi della nave.

I due motori principali hanno sviluppato alle prove la

(5 gruppi elettrogeni da 1000 kW) per la produzione dell'energia elettrica occorrente per i locali di macchina e per i servizi della nave.

I motori principali sviluppano la potenza massima di 12.500 CV ognuno a 145 giri, avendosi così la potenza complessiva di 37.500 CV.



1. Motori di propulsione
2. Gruppi motorsoffianti
3. Gruppi elettrogeni
4. Condotti d'aria ai motori di propulsione
5. Turbosoffiante di riserva
6. Caldera di recupero

58.975

Fig. 11 - Apparato motore Fiat da 37.000 CV delle motonavi "Giulio Cesare" e "Augustus" (scala 1/500).

potenza complessiva di 36.000 CV dando alla nave una velocità di circa 22 nodi.

Dopo oltre 60.000 ore di moto l'apparato motore del « Vulcania » è in ottime condizioni di efficienza e costituisce una convincente testimonianza della qualità di un buon apparato motore Diesel per una nave da passeggeri di media velocità.

b) Di potenza leggermente maggiore dell'apparato motore precedente, con tre motori azionanti direttamente tre eliche, è l'apparato motore costruito nell'anno 1939 dalla Ditta Sulzer per la M/n « Oranje ».

In questo caso i tre motori sono a semplice effetto, a 12 cilindri, ad ausiliari indipendenti; l'aria di lavaggio è fornita da soffianti centrifughe azionate da motori elettrici. È installata una centrale elettrica da 5000 kW

c) Nella fig. 6, a titolo di confronto, presentiamo un apparato motore della stessa potenza quale è stato progettato dalla Ditta Sulzer; esso è costituito da 8 motori di media velocità, accoppiati a quattro a quattro su due eliche a mezzo di riduttori.

L'apparato motore rappresentato corrisponde, in edizione migliorata e aggiornata, a quello della M/n « Willem Ruys » entrata in servizio nel 1947, nella quale sono impiegati motori analoghi, ma con un cilindro in meno.

In questo caso vi sono due eliche, ognuna delle quali è azionata da 4 motori completamente autonomi. Ogni motore, costituito da 9 cilindri a 2 tempi, di 580 mm di diametro, è collegato alla ruota del riduttore mediante giunti elettromagnetici; il riduttore riduce a 140 giri sulle eliche la velocità dei motori che è di 220 giri/l'.

Complessivamente gli otto motori danno la potenza di ca. 40.000 CV, che si riduce sulle eliche a 37.000 CV per le perdite di rendimento dei giunti e dei riduttori.

Per i servizi di macchina e di scafo vi sono inoltre 4 gruppi elettrogeni da 650 kW.

Come risulta facilmente dal confronto col disegno del-

la da caldaia sui motori veloci faccia progressi, sarà più facile impiegare su motori lenti a 120 ÷ 130 giri che non su motori a 200 ÷ 220 giri.

d) Aggiungiamo ancora qualche notizia sui due più recenti impianti che costituiscono l'apparato motore delle due nuove M/n « Giulio Cesare » ed « Augustus »

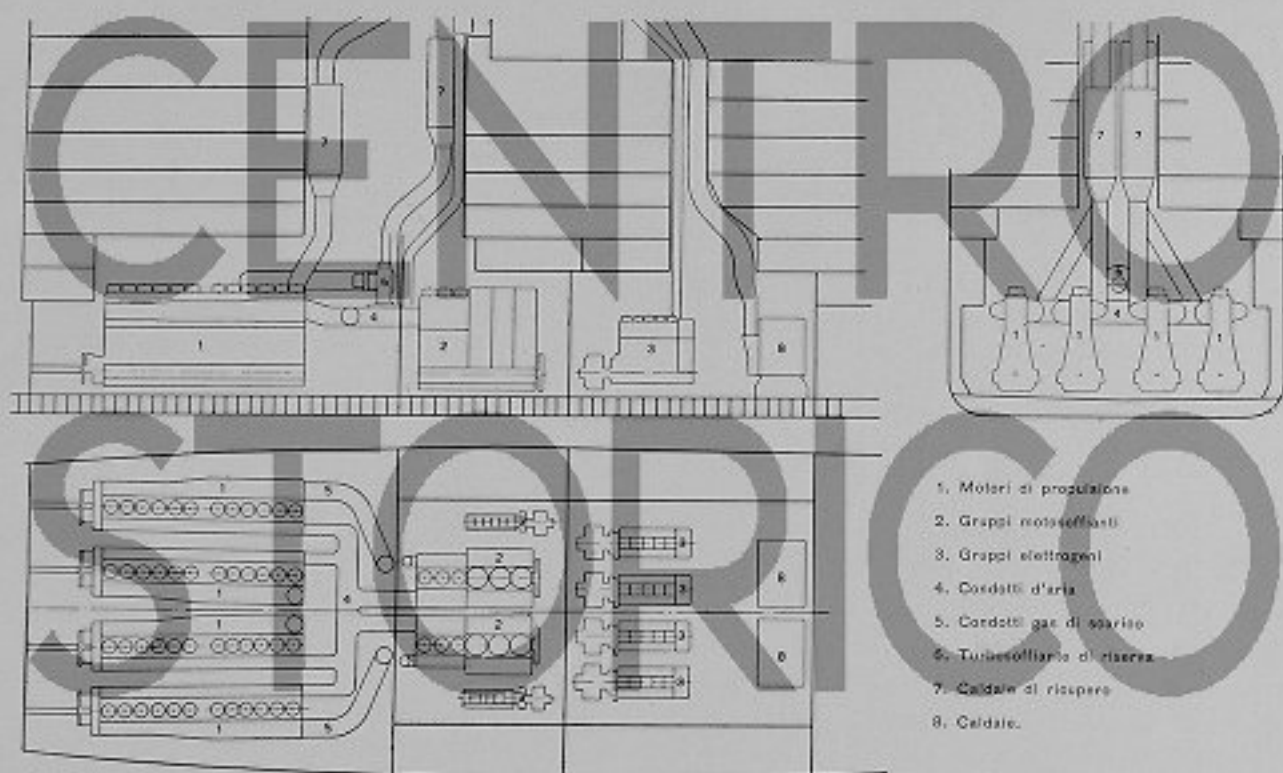


Fig. 12 - Apparato motore Fiat da 72.000 CV destinato alla trasformazione della prima M/n « Augustus » e della t/n « Roma » (anno 1940) (scala 1.500).

L'apparato motore praticamente equivalente della Motonave « Oranje », questi due apparati motori non comportano sostanziale differenza agli effetti del volume occupato dai locali di macchina; l'apparato motore con riduttore richiede in superficie uno spazio leggermente maggiore e permette invece di recuperare un certo quantitativo di spazio in altezza.

Anche considerando il peso ed il costo, non vi sono grosse differenze fra i due casi. E' bensì vero che gli 8 motori veloci pesano e costano un po' meno dei 3 grandi motori di tipo lento, ma questo è compensato dal peso e dal costo non indifferente dei giunti elettrici e dei riduttori. In complesso, la soluzione con motori veloci è da raccomandarsi in quei casi in cui il vantaggio di avere un locale più basso sia di importanza fondamentale; è da tenere conto che, per quanto l'uso della

della Soc. di Navigazione Italia, entrate in servizio rispettivamente alla fine del 1951 e all'inizio del 1952.

Si tratta di due motonavi da 30.000 t, destinate al servizio fra l'Italia e il Sud-America, azionate entrambi da apparati motori Fiat della potenza, in navigazione normale, di 26.000 CV.

La disposizione del macchinario riproduce, in linea sostanziale, quella già precedentemente descritta della M/n « Vulcania »; sia i motori principali che gli ausiliari sono di tipo più veloce dando luogo, con questo, a un impianto più elegante e complessivamente più leggero.

I motori principali sono costituiti da 12 cilindri, a doppio effetto, a 2 tempi, aventi diametro 650 mm con corsa 960 mm; la potenza normale di 13.000 CV è data a velocità prossima ai 160 giri.

I motori hanno tutti gli ausiliari indipendenti e ven-

gono alimentati da due gruppi motosolfianti a stantuffo, secondo un sistema analogo a quello descritto per la M/n « Vulcania ».

Rispetto a questa sono stati notevolmente aumentati, in relazione alle esigenze della nave, i gruppi elettrogeni che sono in numero di 5 della potenza di 750 kW ognuno.

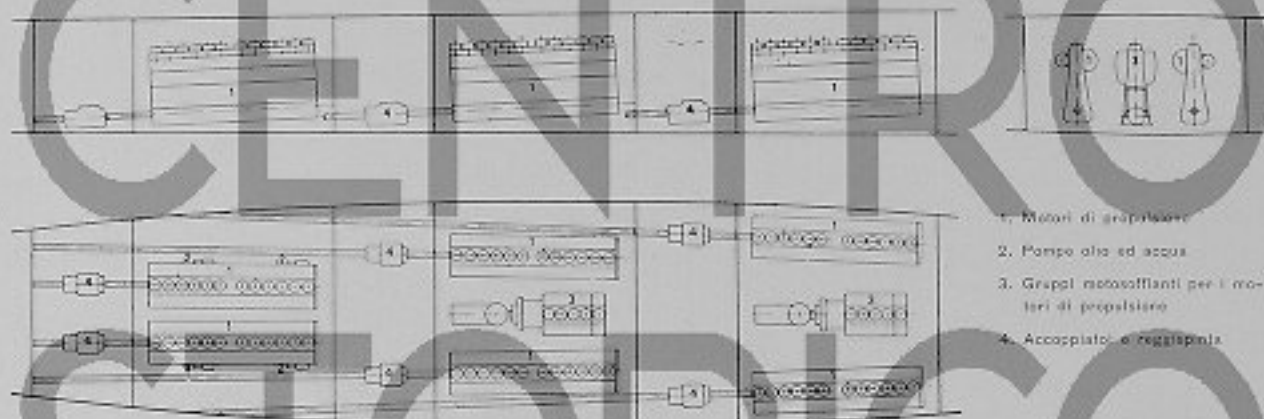


Fig. 13 - Progetto d'apparato motore da 138.000 CV per corazzate tipo « Dulio » della Marina Italiana (scala 1/500).

I motori dei gruppi elettrogeni impiegano gli stessi cilindri dei motori delle solfianti; sono del tipo a 2 tempi, con testa a croce ed hanno cilindri di 450 mm di diametro funzionanti a velocità prossima ai 200 giri.

E' stato molto curato, in questo impianto, il recupero del calore perduto allo scarico; ogni motore principale produce, attraverso calderine a circolazione forzata tipo Lamont, tutto il vapore e l'acqua calda occorrenti per i servizi della nave ed, in condizioni normali, dopo aver soddisfatto tutte queste esigenze, avanza vapore per produrre 450 kW per mezzo di un turbogeneratore a bassa pressione.

L'apparato motore ha sviluppato alle prove la potenza di 37.000 CV sulle eliche, dando alla nave velocità superiore ai 23 nodi; computando anche i macchinari ausiliari, la potenza totale installata a bordo raggiunge, in condizioni di prova, i 48.000 CV.

e) La situazione risultante dalla guerra non ha permesso la realizzazione di quelli che sarebbero stati i due maggiori complessi di apparati motore Diesel mercantili esistenti al mondo. Si tratta della trasformazione degli apparati a quattro eliche della M/n « Augustus » e della turbonave « Roma » appartenenti alla Soc. Italia. Tali navi che, con il vecchio macchinario, avevano velocità attorno ai 18-19 nodi avrebbero dovuto ricevere, con lievi modificazioni degli spazi di macchina esistenti, nuovi

macchinari atti a dare alla nave la velocità di 23-24 nodi in servizio normale.

Il raggiungimento di tale velocità sarebbe stato facilitato dal miglioramento alle linee di scafo specialmente dal lato di prua.

A questo scopo la società armatrice aveva ordinato nel 1939 alla Fiat due nuovi apparati motori della potenza,

in normale navigazione, di 56.000 CV; oltre 70.000 CV di potenza erano previsti sulle eliche in navigazione di prova.

La disposizione del macchinario era quella rappresentata nella fig. 8; comportava 3 locali di macchina di cui quello poppiere destinato ai motori di propulsione; quello intermedio destinato ai gruppi solfianti per la produzione dell'aria di lavaggio; quello prodiero alla centrale elettrica per i servizi di macchina e di scafo.

Tutto il macchinario è stato regolarmente costruito dalla Fiat in tempo utile, ma non è stato installato a bordo essendo andate perdute le due navi per cause di guerra; una parte del macchinario (motori principali, gruppi elettrogeni) sono stati impiegati per costituire gli apparati motori a 2 eliche delle nuove navi « Giulio Cesare » e « Augustus » precedentemente descritte.

E' molto spiacevole che non sia stato possibile realizzare questo impianto che avrebbe portato i motori Diesel in un campo di potenza che è stato finora incontrastato dominio delle turbine a vapore; la potenza dei macchinari installati in condizioni di navigazione normale sarebbe risultata, sommando assieme quella dei motori principali e degli ausiliari, di circa 70.000 CV e di oltre 90.000 CV in condizione di prova.

f) Nel campo della Marina Militare sono da ricordare gli apparati motori delle tre navi germaniche tipo

Deutschland costruiti dalla MAN; essi avevano potenza complessiva, su due eliche, di 54.000 CV: potenza ottenuta con prestazioni molto elevate, specialmente di velocità di stantuffo e quindi non paragonabile con lo stesso metro a quelle degli impianti precedentemente descritti.

L'apparato motore era costituito da due gruppi di quattro motori veloci, collegati in disposizione di 4 su due eliche per mezzo di giunti idraulici tipo Vulcan e di riduttori ad ingranaggi. Ogni gruppo di 4 motori era disposto, per ragioni di compartimentazione, in tre locali adiacenti, contenenti anche tutti i necessari ausiliari; cosicchè la nave aveva in pratica due apparati motori indipendenti. Ogni coppia di motori di propulsione era provvista di un gruppo ausiliario indipendente che azionava tutti gli ausiliari, pompe aria di tipo centrifugo, pompe acqua, olio, ecc. Siamo spiacenti di non aver potuto trovare nella stampa tecnica e riprodurre qui un disegno della disposizione di questo interessante apparato motore.

Ogni motore principale, di tipo a due tempi a doppio effetto, aveva 9 cilindri di 450 mm di diametro e 580 mm di corsa; a 450 giri dava la potenza di 7100 CV, la totale, tenendo conto dei rendimenti della trasmissione, si avevano sulle eliche 54.000 CV a 250 giri. Al tempo della loro costruzione i motori suscitavano molto interesse. Essendo i primi motori veloci a doppio effetto, il loro peso era inferiore ai 10 kg per CV, ed il peso totale di tutto il macchinario installato a bordo, compresi ausiliari, turbolature, linee d'assi ed eliche, ecc. risultava sui 22 kg per CV.

Come è noto i risultati di questi apparati motori furono molto soddisfacenti, tanto che la marina germanica si orientò sui motori Diesel per molte successive costruzioni. Vennero eseguiti seri studi di apparati motori per grandi navi da battaglia e vennero messi in costruzioni apparati motori da 60.000 CV per cacciatorpediniere.

g) Nello stesso campo di applicazione, crediamo utile riportare nella fig. 10 lo schema di un apparato motore che la Fiat ha studiato, in tempo di guerra, per la Marina Militare Italiana e che, per quanto non sia stato eseguito, per ragioni dipendenti da cause di guerra, è stato molto prossimo alla realizzazione.

Si tratta di un apparato motore di 138.000 CV di potenza su 6 eliche. Era stato studiato per la trasformazione delle navi da battaglia della Marina Italiana tipo « Duilio ».

Il progetto era stato eseguito in seguito alla realizzazione, da parte della Fiat, di un motore sperimentale ad

8 cilindri dal quale era stata ricavata a 290 giri la potenza massima di 18.000 CV con unpeso di circa 200 t.

Si tratta sostanzialmente di 3 apparati motori completi ed indipendenti in 3 locali diversi.

I motori del locale di poppa erano previsti con pompe d'aria direttamente accoppiate di tipo rotativo assiale e, risultando con questo totalmente autonomi, erano destinati per la navigazione di crociera. I motori dei locali centrali e prodi erano invece previsti con soffianti assiali, mosse da motori indipendenti, permettendo così di ottenere una maggiore potenza. Fra i locali dei motori principali erano previsti locali intermedi per gli ausiliari e speciali giunti di accoppiamento avrebbero permesso di togliere dal funzionamento quei motori che non sarebbe stato opportuno utilizzare.

I motori principali e quelli delle soffianti erano tutti del tipo a due tempi a doppio effetto, con 12 cilindri di 650 mm di diametro e 860 mm di corsa; la potenza di ogni cilindro, con aria fornita dall'esterno, era di 2000 CV a circa 290 giri, con possibilità di ulteriore sovraccarico di circa il 10 %. Con questo la potenza del complesso risultava, come detto sopra, di 138.000 CV di cui 42.000 dal locale di poppa (motori azionanti le pompe d'aria) e 48.000 CV da ognuno degli altri due locali.

E' stato possibile in questo studio prevedere motori, sia pure veloci, ma direttamente accoppiati sulle eliche, in quanto le dimensioni rilevanti della nave permettevano la sistemazione di macchine aventi notevole ingombro in altezza; con questo si è avuto un impianto più semplice di quello realizzato nelle navi germaniche e, sopprimendo giunti elastici e riduttori, si è potuto mantenere il peso totale entro limiti del tutto accettabili.

Infatti, questo apparato motore risultava, nel tempo in cui è stato progettato (1940), avere peso e ingombro dello stesso ordine di grandezza di un apparato motore a vapore di equivalente potenza; col vantaggio di una minore vulnerabilità e di una notevolissima riduzione dei consumi di combustibile, specialmente ad andatura di crociera, migliorando in questo modo le qualità di autonomia della nave.

Sono stati in quel tempo eseguiti studi per ottenere anche maggiori potenze: la Fiat ha costruito, negli ultimi tempi di guerra, un cilindro sperimentale di 720 mm di diametro da cui è stata ricavata la potenza di 2800 CV. La mutata situazione del dopo guerra ha arrestato l'ulteriore progresso in questi campi.

Dott. Ing. ROBERTO DE PIERI.

CONSIDERAZIONI TECNICHE ED ECONOMICHE SULL'IMPIEGO DELLA NAFTA DA CALDAIE NEI MOTORI DIESEL (*)

Si definiscono le differenze che si osservano in generale nel funzionamento di un motore passando dall'impiego degli olii Diesel a quelli da caldaia e si tratteggiano di conseguenza le caratteristiche costruttive che motore e impianto devono possedere per bruciare regolarmente i combustibili pesanti.

Successivamente, dopo aver accennato alle reazioni del personale di macchina nei riguardi dell'impiego della nafta da caldaie, si esaminano in dettaglio le modalità relative alla condotta dell'impianto e del motore e le condizioni tecniche di esercizio e di manutenzione.

In base a queste premesse tecniche e di esercizio si passa poi a stabilire il bilancio preciso delle economie che si realizzano adoperando i combustibili pesanti al posto degli olii Diesel.

P R E M E S S A

1) L'uso della nafta da caldaie nei motori Diesel interessa parallelamente il Costruttore e l'Utente, il primo dovendo studiare la macchina e perfezionarla via via in modo da renderla sempre meglio idonea all'impiego di tali combustibili, il secondo dovendo praticarne l'esercizio e la manutenzione, sia dal punto di vista operativo che da quello economico.

La FIAT e la Soc. Italnavi (l'ex Società Commerciale di Navigazione) hanno quindi ritenuto opportuno esaminare e riferire congiuntamente su tale argomento, in modo che i dati e le osservazioni tecniche ed economiche raccolte in comune in un periodo di circa 25 anni formino non solo una documentazione ampia e convincente, ma rappresentino, attraverso il contrasto dei rispettivi punti di vista, una sintesi il più possibile serena ed obbiettiva.

Questo sguardo al passato non ha quindi lo scopo di rivendicare la priorità italiana dell'impiego su larga scala delle nafta da caldaie nei motori, impiego che circoscritto per molti anni solo al nostro Paese si sta affermando ormai dappertutto, ma deve servire, nelle nostre intenzioni, a fornire agli Utenti di motori Diesel — ed agli Armatori in particolare — quegli elementi tecnici ed economici basati su una lunghissima e senz'altro unica esperienza. Tali elementi permettono, in definitiva, di

formulare, partendo da basi sicure e precise, due tipi di confronto estremamente interessanti e cioè:

— quello relativo alle condizioni di esercizio di uno stesso motore funzionante rispettivamente con Diesel Oils o con nafta da caldaia

— quello relativo a due apparati motori di eguale potenza, l'uno a vapore e l'altro a motore, ma funzionante con la stessa nafta bruciata nell'impianto a vapore.

Dalle prime applicazioni pratiche risalenti al 1928 (motonavi tipo Barbarigo, fornite di motori Fiat a s. e. di grande diametro ad iniezione pneumatica), non solo si è fatta molta strada, ma si può dire ormai di aver raggiunto in pieno l'obbiettivo. Infatti, così come da anni la FIAT garantisce l'uso continuativo delle nafta da caldaia su tutti i suoi motori di medio e grande diametro a semplice ed a doppio effetto, l'Italnavi gestisce tutte le sue otto motonavi bruciando esclusivamente Bunker Oils di grado C.

Noi siamo certi che questo uso — e quindi queste garanzie — andranno sempre più estendendosi, non fosse altro perchè evidenti ragioni economiche rendono inevitabile la progressiva produzione da parte dell'industria petrolifera solo di prodotti o molto leggeri (benzina - gasolio) o molto pesanti (Bunker Oils di grado B e C)

(*) Memoria presentata al "II Congresso Internazionale dei Motori a Combustione Interna" - Milano nell'Aprile 1953.

e renderanno quindi fatale una progressiva rarefazione sul mercato dei prodotti di media densità, che hanno finora rappresentato il combustibile normale dei motori Diesel a medie e grandi dimensioni.

Questi motori dovranno quindi in un non lontano avvenire adattarsi a bruciare solo gli stessi prodotti pesanti e scadenti in uso nelle caldaie e saranno obbligati a farlo anche perché la diminuzione dei consumi specifici dei moderni impianti a vapore ad alta pressione e ad elevato grado di surriscaldamento da un lato e la sempre crescente differenza di prezzo tra i Diesel Oils ed i Bunker Oils dall'altro, farebbero altrimenti cadere il più convincente motivo di vantaggio del motore rispetto alla turbina, e cioè la sensibile economia nella spesa del combustibile.

2) Per apprezzare nel loro giusto valore e nella loro particolare estensione i dati e le osservazioni che abbiamo raccolto, riteniamo sia indispensabile definire brevemente, ma con la massima chiarezza, gli scopi che occorre raggiungere quando si parla dell'impiego della nafta da caldaie sui motori ed accennare ai mezzi costruttivi e di impianto senza dei quali non si può giungere ad una soddisfacente soluzione del problema.

Infatti, mentre è abbastanza facile far marciare per brevi periodi con nafta da caldaie un motore Diesel — anche se relativamente di piccolo diametro e veloce — essendo sufficiente scaldare quanto basta il combustibile, ed aumentare un poco la pressione e l'anticipo dell'iniezione, è invece praticamente impossibile, anche nei motori di grandi dimensioni e lenti, funzionare con tali combustibili in modo sicuro e continuativo e senza un eccessivo aggravio delle spese di condotta e di manutenzione, qualora il motore non possieda certi particolari requisiti costruttivi.

Siccome la assoluta sicurezza e regolarità di funzionamento senza alcuna limitazione nella durata, la facilità ed economicità dell'esercizio e della manutenzione sono le qualità fondamentali richieste a macchine destinate a servizi pesanti, ci sembra fuori dubbio che la conservazione di tutte queste doti, che un buon motore Diesel oggi possiede senz'altro quando funziona con nafta leggera, sia lo scopo ben preciso che occorre realizzare nel momento in cui esso viene destinato all'uso delle nafte da caldaie.

Scopo che va realizzato appieno e che deve potersi mantenere con una ragionevole stabilità nel tempo perché un risultato parziale o un sia pur lento, ma progressivo, peggioramento nelle condizioni di funzionamento, come qualche volta abbiamo avuto occasione di osservare, portano alla lunga solo a delle delusioni o a delle spese:

ci troviamo insomma di fronte ad un problema che va risolto non con delle mezze misure, ma integralmente, come è del resto possibile fare.

3) Si è detto che un motore qualunque — anche se piccolo e veloce — può girare regolarmente per un breve periodo con nafta pesante, purché essa venga scaldata in modo che la sua viscosità scenda a valori eguali a quelli di un combustibile leggero.

Questa è infatti una condizione pregiudiziale, perché man mano la viscosità si allontana dal valore di $3 \div 6^\circ \text{E}$, la polverizzazione perde sempre di più in finezza e di conseguenza il funzionamento termico del motore peggiora in modo inaccettabile.

Bisogna dunque che l'impianto consenta prima di tutto il riscaldamento della nafta all'ingresso dei dispositivi di iniezione — riscaldamento che, con le nafte più dense, deve poter essere spinto fino a $130 \div 150^\circ \text{C}$ — e che subordinatamente l'impianto stesso sia fornito di adeguati mezzi per la depurazione e la filtrazione della nafta da caldaie, per il suo imbarco e travaso e che esista infine un secondo circuito minore a nafta normale, da servire per la manovra e la messa a regime delle macchine.

Questi impianti sono ormai così noti e commentati che non merita qui parlarne ulteriormente se non per ricordare che essi:

a) non differiscono nella loro parte essenziale e quindi anche nel costo e nelle modalità di esercizio (imbarco, travaso, deposito, riscaldamento, ecc.) da quelli di un comune impianto con caldaie a nafta;

b) non differiscono, nemmeno nei particolari, rispetto a quanto s'era fatto e reso noto sin dal 1928 sulle vecchie motonavi tipo « Barbarigo » perché, ad onta della disinvoltura di certi brevetti, si usano oggi, come allora, le casse di sedimenti riscaldate, i depuratori stagni alimentabili con nafta calda a ca. $70 \div 90^\circ$, la doppia depurazione, con depuratori e chiarificatori in serie, i filtri con un più o meno elevato grado di finezza, le casse di servizio e le tubazioni riscaldate, il riscaldatore finale tra la pompa di alimento e le pompe del combustibile, il circuito a nafta leggera inseribile prima della pompa di alimento mediante rubinetto a tre vie, ecc.;

c) non è prevedibile, ragionevolmente, di migliorare in futuro il funzionamento termico dei motori perfezionando i vari elementi di questo impianto perché in particolare non sembra che in fatto di depurazione, chiarificazione e filtrazione resti ancora qualitativamente molto da fare.

Sono invece probabili dei sostanziali progressi nei de-

puratori e nei filtri per quanto riguarda la facilità e comodità del loro esercizio che, data la frequenza delle operazioni manuali di pulizia, è senz'altro pesante e sgradevole.

Bisogna quindi augurarsi che i filtri autopulitori a grande finezza di filtrazione e soprattutto i depuratori a pulitura automatica entrino ben presto e largamente nell'impiego ordinario.

4) Se forniamo un motore, che funziona in modo perfettamente regolare con nafta leggera, dell'impianto ora descritto e lo alimentiamo con una nafta da caldaia, essa provocherà in ogni caso un leggero sovraccarico termico, in quanto la combustione diviene più lenta, ed un aumento nel consumo delle camicie e delle fascie elastiche, in quanto i prodotti della combustione risultano assai più ricchi di ceneri e di sostanze corrosive.

Il sovraccarico termico, corrispondente di solito a circa $20 \div 30^\circ$ di aumento nella temperatura di scarico a seconda che il motore è a 2 od a 4 tempi, non può di per sé destare alcuna preoccupazione, qualora il motore sia proporzionato con una certa larghezza dal punto di vista del raffreddamento e sia condotto con una ragionevole competenza.

Possono viceversa divenire progressivamente importanti le conseguenze indirette di questo sovraccarico, perché esso avvicina il regime del motore a quello in cui la combustione comincia a divenire mediocre o fumosa e la eventuale tendenza all'incollatura delle fascie elastiche ed al surriscaldamento delle valvole o dei seggi si fa più manifesta.

Si possono accentuare quindi dei difetti che a loro volta possono provocare dei nuovi, quali la progressiva tappatura delle luci e dei passaggi di aspirazione e scarico, e quindi l'ulteriore peggioramento della combustione, la discesa di una discreta quantità di sedimenti carboniosi al disotto delle camicie e degli stantuffi, e quindi l'inquinamento dell'olio di lubrificazione generale se esso lambisce questi organi, le perdite di gas delle fascie elastiche e delle valvole, e quindi l'eventuale danneggiamento degli stantuffi, delle camicie, delle valvole e delle loro sedi.

E' evidente perciò che un motore destinato a bruciare nafta da caldaia deve possedere già d'origine delle caratteristiche tali da poter sopportare tale leggero sovraccarico e soprattutto quelle che potrebbero essere le conseguenze indirette di tale sovraccarico.

Deve cioè:

a) Avere già d'origine, e mantenere invariata nel tempo, una combustione assolutamente perfetta, ossia incolore o al massimo anche in regime di moderato sovraccarico appena appena visibile. Nel caso dei motori

a due tempi una combustione perfetta è sinonimo di lavaggio perfetto e pochissimo sensibile alla parziale occlusione delle luci di lavaggio e scarico per effetto dei depositi carboniosi. Occorre quindi che tali luci siano abbondantemente proporzionate ed energicamente raffreddate, in modo che i depositi stessi, raggiunto un certo spessore, si stacchino da soli. E' pure sinonimo di una camera di combustione indovinata come forma e grado di turbolenza, essendo ovvio come tali qualità divengano tanto più necessarie quanto più il combustibile, e quindi la combustione, divengono scadenti.

b) Avere testate cilindro, camicie e stantuffi abbondantemente raffreddati e possibilmente costruiti di forma e di materiali tali da sopportare con notevole margine di sicurezza il maggior cimento termico dovuto alla combustione più lenta ed alle maggiori azioni erosive e corrosive dei prodotti della combustione.

c) Essere esente da qualsiasi tendenza all'incollamento delle fascie od al surriscaldamento delle valvole e delle loro sedi e quindi avere stantuffi, valvole e seggi di forma opportuna e ben raffreddati.

d) Avere una disposizione costruttiva tale da evitare, nel modo più assoluto, l'inquinamento progressivo dell'olio di lubrificazione generale per effetto delle morchie che sciolano dagli stantuffi e dalle camicie.

Questo inconveniente è assai spesso sottovalutato, mentre è forse il disturbo più grave e pericoloso. Infatti, non solo l'olio dopo un certo numero di ore può divenire talmente gommoso e sporco da doverlo buttare via, ma quest'olio finisce prima o poi di riempire di sedimenti duri e catramosi non solo l'interno del basamento, i pozzetti, i refrigeranti, ma tutti i passaggi ed i tubi del motore, con quale pericolo in esercizio e con quale perdita di tempo per la pulizia nelle soste è facile immaginare.

Ma tutto questo sarebbe poco se, alla lunga, l'olio sporco ed acido non finisse quasi sempre di corrodere i perni del manovellismo ed i cuscinetti. Simili morchie nell'olio sono in sostanza un nemico equivalente, se non peggiore, delle perdite di acqua di mare che penetravano nell'interno dei vecchi motori a raffreddamento diretto.

Per impedire alle morchie di scendere dal fondo delle camicie e degli stantuffi nell'olio non v'è, a nostro avviso, altro che un rimedio radicale: quello di usare dei motori forniti di manovellismo con testa a croce e di separare la camera del manovellismo dal fondo delle camicie mediante una parete perfettamente stagna, che le aste stantuffo attraversano scorrendo entro apposite scatole di tenuta.

Si è poi osservato che l'uso della nafta da caldaia comporta sempre un certo aumento nel consumo delle camicie e delle fascie elastiche — argomento che tralasciamo di

trattare formando oggetto di una dettagliata relazione dell'Ing. Simonetti.

Per quanto questo maggior consumo non abbia dal lato puramente economico una grossa importanza, come si vedrà in seguito, occorre tuttavia preoccuparsene in sede di progetto, non solo scegliendo opportunamente le qualità del materiale delle camicie e delle fascie, ma agendo su quel certo numero di disposizioni costruttive che hanno influenza sul consumo stesso, e cioè per es. sul materiale e sul disegno delle camicie, sul modo con cui effettuare la loro lubrificazione, sull'intensità del raffreddamento delle camicie, degli stantuffi e delle fascie e così via.

Non va infine dimenticato che per l'uso della nafta da caldaia è consigliabile ancora:

e) Proportzionare gli organi dell'iniezione con maggior larghezza del solito, perchè le pressioni di iniezione possono salire anche al doppio del normale durante i periodi di messa a regime, quando la nafta è ancora poco calda e perchè gli effetti erosivi e corrosivi di certe nafta inquinate da salsedine o da acidità minerale possono essere rilevanti. È inoltre opportuno che pompe e polverizzatori siano il più possibile semplici e maneggevoli, in modo da facilitare una loro eventuale più frequente pulizia e manutenzione.

f) Usufruire di un dispositivo per il ritardo dell'iniezione, tutte le volte che il motore deve funzionare per periodi relativamente lunghi a bassi giri, perchè in tali condizioni il maggior anticipo necessario per la marcia corretta ad andatura normale con nafta da caldaia potrebbe risultare eccessivo, specie quando, in manovra, si passa a nafta normale.

g) Disporre di accorgimenti costruttivi che rendano facile e comodo l'accesso alle luci ed alle condutture di aspirazione e scarico per agevolare una loro eventuale più frequente visita e pulizia.

Ci sia concesso ora, chiudendo questa premessa, notare come questi concetti costruttivi siano stati messi in pratica in gran parte già sui motori Fiat delle già citate motonavi tipo « Barbarigo » e che alcune disposizioni costruttive, veramente tipiche in proposito — per es. la parete di separazione tra il fondo delle camicie e la camera del manovellismo, la protezione del bordo superiore della camicia ad opera della testata cilindro appositamente prolungata in basso, le feritoie a grandi sezioni e con gambette raffreddate, la camicia composta con boccia in ghisa durissima — siano state in questi ultimi anni adottate in sempre maggior misura anche da altri costruttori.

L'ESERCIZIO A NAFTA DA CALDAIA NEI RIFLESSI DEL PERSONALE DI BORDO

1) Desideriamo accennare brevemente alle condizioni in cui si effettua l'esercizio pratico di un motore funzionante a nafta da caldaia per il motivo che da alcuni anni a questa parte l'ostacolo più grave nell'impiego di tale nafta a bordo delle navi è generalmente rappresentato dalla posizione negativa assunta dal personale, a partire dal Direttore di Macchina sino al più umile ingrassatore.

Questa presa di posizione non esisteva quando il personale era stabile per anni ed anni sulla stessa nave, e di conseguenza quando tutti finivano di conoscere perfettamente bene le caratteristiche dell'impianto e di organizzare in modo ragionevole e sbrigativo la routine dei vari servizi attinenti per esempio alla sedimentazione, alla

depurazione, al riscaldamento della nafta, nonché alle varie operazioni di controllo e di pulizia degli organi del motore.

Mancando oggi questa condizione di lunga permanenza a bordo e quindi questa conoscenza particolareggiata dell'impianto e del macchinario, conoscenza che è sinonimo di confidenza e nello stesso tempo anche di interessato amore e di cura nella relativa condotta, ed essendo innegabile che il lavoro e l'attenzione richiesti sono maggiori, è naturale che colui il quale provenendo per es. da una nave che brucia nafta normale si imbarca di punto in bianco su una che funziona invece a nafta da caldaia si senta subito a disagio.

Poichè d'altra parte sa a priori che la sua permanenza a bordo sarà di breve durata — poco più di un anno

al massimo — non si sentirà per nulla invogliato a mettersi di buona lena al corrente e cercherà di tirare avanti alla meno peggio, lasciando al suo successore una eredità più grave, che metterà quest'ultimo in una posizione iniziale ancor più negativa e insopportabile.

E, così, poichè le voci si sommano, si viene a formare un ambiente di diffidenza e di preconcetto generale sia nel personale navigante che in quello ispettivo a terra e tutto l'insieme della condotta dell'impianto e della macchina finisce di essere descritto come qualcosa di complicato e difficile, mentre in realtà non lo è affatto, e vengono posti in discussione gli stessi vantaggi economici, che, cifre alla mano, sono talmente considerevoli, da non poter essere menomamente smentiti.

2) Condotta dell'impianto. — La sistemazione generale e le relative tubazioni di imbarco e travaso sono evidentemente le stesse di quelle di una nave che funziona con olio Diesel. L'unica differenza consiste nella necessità di riscaldare il combustibile quando lo si deve travasare, ragion per cui occorre non solo disporre del vapore necessario, ma saperlo inviare a tempo debito nei punti opportuni.

Quasi sempre, come sulle navi con caldaie a nafta, il combustibile pesante aspirato dai doppi fondi resta a riposo per qualche decina di ore in apposite casse laterali, molto alte, con il fondo fortemente inclinato e nel quale il combustibile viene mantenuto intorno a $50^{\circ} + 60^{\circ}$ (settling tank). Questa permanenza ha prima di tutto lo scopo di facilitare la separazione dall'acqua e dalle sostanze pesanti, che si trovano quasi sempre mescolate nelle nafte da caldaia e, secondariamente, lo scopo di rendere molto più comoda e regolare l'alimentazione dei depuratori, evitando alle loro pompe la difficoltà di aspirare dai doppi fondi lontani.

Questi « settling tank » non richiedono altra sorveglianza se non quella della loro temperatura (regolabile mediante opportuni termostati) e del loro regolare riempimento e spurgo a intervalli ben definiti, che sono evidentemente in relazione con la loro capacità, con il consumo giornaliero e con la più o meno grande quantità di prodotti da separare.

Operazione più laboriosa viceversa è quella relativa alla depurazione (o alla chiarificazione) non solo perchè si richiede una certa sorveglianza della temperatura di ingresso della nafta ai depuratori, temperatura che deve essere mantenuta entro valori abbastanza ristretti (per esempio tra $80^{\circ} + 90^{\circ}$) in modo da favorire da un verso la separazione dell'acqua e delle sostanze terrose e dall'altro quella delle sostanze asfaltiche, ma soprattutto perchè si richiede la pulizia manuale dei residui che riempiono le

giranti degli apparecchi. Siccome se la nafta è ricca di depositi simile pulizia deve essere ripetuta diverse volte al giorno e siccome l'operazione di pulizia pur non essendo faticosa, è certamente sgradevole e sporca, si comprende l'ostilità da parte del personale di bassa forza che la deve eseguire.

Fortunatamente da poco sono entrati nell'uso i depuratori autopulitori i quali permettono di eliminare in modo radicale tali operazioni di pulizia manuale.

Dopo la depurazione, che spesso avviene mediante due depuratori in serie o in parallelo o mediante un depuratore in serie con un chiarificatore, la nafta passa in una delle due casse di servizio giornaliere, anch'esse riscaldate in modo che la temperatura si mantenga all'incirca sui $70^{\circ} + 80^{\circ}$. Naturalmente c'è anche qui bisogno di una certa attenzione da parte del macchinista affinché la temperatura non salga troppo, nel qual caso si possono produrre delle schiume, o non si abbassi troppo, nel qual caso resta ostacolato l'efflusso verso la pompa di alimento del motore.

La nafta viene in seguito aspirata da una pompa di alimento, che è la stessa di quella in uso sugli impianti con nafta normale e inviata in un riscaldatore che ne eleva la temperatura da 110° a 160° , a seconda della viscosità della nafta. Siccome questa temperatura è abbastanza critica, si richiede non solo l'azione di un termostato, ma anche una discreta sorveglianza da parte dei macchinisti, perchè se la temperatura diminuisce anche di poco la viscosità aumenta di molto e la polverizzazione può diventare difettosa con tutte le conseguenze negative che ne derivano.

Tutte queste operazioni e tutti questi controlli pur essendo molteplici e pur richiedendo continua attenzione non sono però né difficili né laboriosi, specie se coloro i quali hanno la responsabilità dell'andamento della macchina hanno un minimo di buona volontà e di buon senso: indubbiamente rappresentano però un qualche cosa di più rispetto a quello che si richiede a loro quando il motore va a nafta normale, perchè in questo caso occorre solo sorvegliare la pompa di alimento affinché essa mantenga la dovuta pressione e non altro, ma è un di più ragionevole e quasi certamente inferiore a quello necessario per la buona condotta di una caldaia moderna.

3) Condotta del motore. — La condotta del motore che marcia con nafta da caldaia è sostanzialmente la stessa di quella di un motore a nafta normale, purchè come si è già detto poco sopra, la nafta venga depurata con la dovuta accuratezza e rifornita ai dispositivi di iniezione alla temperatura necessaria affinché essa abbia una viscosità non superiore a $2 + 3^{\circ}$ E.

In genere allo scopo di ridurre al minimo il consumo delle ramificazioni si richiede che la temperatura dell'acqua di raffreddamento sia mantenuta intorno a $60^{\circ} \div 70^{\circ}$; questa prescrizione è oggi usualmente estesa anche ai motori che funzionano con nafta normale.

Un po' di attenzione in più è necessaria soltanto al principio o alla fine delle manovre e delle andature a marcia ridotta, quando cioè si deve passare dal funzionamento con nafta normale a quello con nafta da caldaia, o viceversa.

Appena finita, per esempio, la manovra in partenza, occorre mandare vapore al riscaldatore in modo che la temperatura della nafta fluida e di tutti i dispositivi di iniezione salga almeno verso gli $80^{\circ} \div 90^{\circ}$, poi ruotare il rubinetto a tre vie che mette in comunicazione la pompa di alimento o con la cassa giornaliera della nafta leggera o con quella della nafta pesante e salire rapidamente con il riscaldamento della nafta da caldaia affinché essa raggiunga al più presto possibile la sua temperatura di regime. Il passaggio inverso dalla nafta da caldaia a quella leggera è ancora più semplice, essendo sufficiente

ruotare al contrario il già menzionato rubinetto a tre vie. Per quanto riguarda la sorveglianza del motore e cioè la regolazione generale del carico e quella parziale fra i cilindri, il rilievo delle temperature e delle pressioni, l'esame dell'aspetto del gas di scarico, nulla di assolutamente variato, salvo il buon senso di comprendere, come già abbiamo notato nella premessa, che a parità di potenza il motore funzionante con nafta da caldaia si trova in condizioni di leggero sovraccarico termico rispetto a quello che funziona con nafta normale e che perciò bisogna agire con un po' di cautela per non sovraccaricarlo ulteriormente, per non squilibrare il carico dei cilindri, per non accettare una combustione fumosa e così via.

Come si vede solo la condotta dell'impianto è, dal punto di vista esecutivo, un po' più laboriosa, mentre da un punto di vista direttivo condotta di impianto e condotta del motore non differiscono gran che dal funzionamento con nafta leggera. Comunque la maggior richiesta di attenzione e di cure non è certamente superiore a quelle che si devono considerare le capacità normali medie del personale direttivo di macchina.

DATI TECNICI RELATIVI ALL'ESERCIZIO

1) I valori che riportiamo sono stati ricavati direttamente dalle varie motonavi con motori Fiat funzionanti a nafta da caldaie, navi che per quanto riguarda la bandiera italiana rappresentano la grande maggioranza di quelle fornite di motori di medio e grande diametro sia a semplice che a doppio effetto. A pagina 64 sono elencate le navi dotate di motori Fiat e funzionanti a nafta da caldaie dalle quali abbiamo ricavato i dati di esercizio.

2) Combustibili impiegati. - I combustibili impiegati sono in generale del tipo Bunker C per i motori a semplice effetto di grande diametro mentre sono del tipo Bunker B per i motori a semplice effetto di medio diametro e per i motori a doppio effetto.

Le caratteristiche di questi combustibili sono ben note e corrispondono precisamente:

— *Bunker C*: comprende tutti gli olii combustibili fino ai Fuel Oils n. 6 incluso della Classificazione A.S.T.M.

e cioè fino alla massima densità di $0,99 \div 1,00$ a 20° , senza alcuna limitazione nelle qualità, densità e viscosità.

— *Bunker B*: comprende gli olii combustibili fino ai Fuel Oils n. 5 incluso della classificazione A.S.T.M. e cioè in pratica fino ad una densità di $0,94 \div 0,95$ a 20° e una viscosità a 50° di 12° E.

3) Consumo di combustibile. - Il consumo della nafta da caldaia è risultato in media dal 7 % all'8 % superiore a quello del Diesel, a parità di potenza sviluppata.

La ragione di questo maggior consumo è dovuto essenzialmente al minor potere calorifico della nafta da caldaia nei confronti del Diesel (circa il 5 %) e per il resto a una leggera diminuzione nel rendimento termico dovuta alla combustione più lenta e ritardata.

Tenuto conto delle impurità contenute nella nafta da caldaie che vengono eliminate con la depurazione e che non superano in genere l'1 % in peso, si può pertanto

concludere che mediamente il maggior consumo della nafta da caldaie nei confronti del Diesel è compreso fra l'8 % e il 9 %.

4) Consumo di olio lubrificante. - Il consumo di olio di lubrificazione generale e raffreddamento è identico nei motori funzionanti con nafta da caldaie a quello che si riscontra nel funzionamento con Diesel normale, perché la già accennata presenza di una parete di separazione fra la parte inferiore delle camicie e la camera del manovellismo evita in modo assoluto lo sgocciolamento delle morchie prodotte nella combustione, per cui l'olio non è soggetto al benché minimo inquinamento.

Per quanto riguarda l'olio di lubrificazione delle camicie, il cui consumo è dosabile mediante opportuna regolazione delle apposite pompe, non si è dimostrato in pratica necessario variarne la quantità. Infatti il maggiore consumo delle camicie dovuto all'uso della nafta da caldaie è causato in gran parte da fenomeni di corrosione chimica e non di usura meccanica, e quindi è molto più efficace un'opportuna regolazione della temperatura dell'acqua di raffreddamento a valori più elevati in modo da evitare la condensazione delle brine acide che non un aumento della lubrificazione.

5) Comportamento termico. - Il comportamento termico dei motori funzionanti con la nafta da caldaie, quando sono osservate tutte le norme prescritte per l'uso di questo combustibile, (depurazione adeguata, riscaldamento a temperatura conveniente, anticipo all'iniezione e dimensioni dei fori dell'iniettore appropriati) è risultato assolutamente perfetto, senza alcuna traccia di fumo allo scarico e senza alcuna riduzione della potenza sviluppata dal motore.

Abbiamo anzi rilevato che con la nafta da caldaie si ottengono in genere diagrammi di indicatore di aspetto

migliore che non col Diesel in quanto la combustione più lenta fa sì che le pressioni massime siano di parecchi Kg/cm² al disotto di quelle che si ottengono col Diesel (mediamente 48 ÷ 50 Kg/cm² invece di 54 ÷ 55) per cui in definitiva si ha un funzionamento più morbido e minori sollecitazioni meccaniche del motore.

Come si è già accennato la temperatura dei gas di scarico risulta invece, a parità di potenza sviluppata, superiore da 20° a 30° con la nafta da caldaie in confronto del Diesel e questo in relazione al rendimento termico un po' inferiore, (minor potere calorifico e combustione più lenta).

La cosa non ha tuttavia importanza agli effetti della potenza sviluppabile in quanto si ammette normalmente che il motore possa funzionare, con egual limite di sicurezza per l'esercizio, con temperatura dei gas di circa 20° ÷ 30° superiore quando si impiega nafta da caldaie, dal momento che questo leggero aumento di carico termico viene compensato dalle minori sollecitazioni dovute alle pressioni di combustione più basse.

6) Sorveglianza del motore - Personale. - Abbiamo già parlato delle reazioni del personale nei confronti dell'uso della nafta da caldaie e si è visto che esse sono in gran parte ingiustificate; l'unico punto da prendere in seria considerazione è, a nostro avviso, l'estensione dell'impiego dei depuratori autopulitori in modo da eliminare la fatica e la sporcizia connesse alle operazioni manuali di pulizia di questi apparecchi.

Riteniamo perciò che l'organico del personale di macchina previsto per l'esercizio con le nafta leggere non debba essere variato, come del resto avviene sulle navi di cui stiamo parlando, sulle quali non si è riscontrato, nemmeno a conti fatti, una apprezzabile differenza in più nel lavoro straordinario.

DATI TECNICI RELATIVI ALLA MANUTENZIONE

1) La manutenzione dei motori funzionanti con nafta da caldaie presenta qualche esigenza in più di quelli funzionanti con Diesel normale, ma a torto si potrebbe ritenere che queste maggiori esigenze siano di entità tale da rappresentare un aggravio sensibile nella perdita di tempo e nella spesa che riduca in pratica i vantaggi derivanti dall'impiego di un combustibile più economico.

Su una grande parte dei motori Fiat funzionanti a nafta da caldaie noi eseguiamo direttamente i lavori di manutenzione oltre naturalmente a fornire i ricambi necessari e per un certo numero di motori la manutenzione nel suo complesso (lavori e ricambi) viene eseguita mediante un canone fisso annuo, con contratti della durata da 5 a 9 anni, il cui ammontare è mantenuto esatta-

mente uguale sia che il motore funzioni con olio Diesel che con nafta da caldaie. Ciò è la migliore conferma che le spese nei due casi non differiscono in modo sostanziale.

Abbiamo tuttavia anche a questo riguardo raccolto i dati consuntivi in possesso della Fiat e della Italmot in modo da presentare la situazione con la massima obiettività e aderenza ai risultati concreti.

Dobbiamo ancora fare notare che le nostre considerazioni sulla manutenzione dei motori funzionanti a nafta da caldaia si riferiscono necessariamente soltanto ai motori di costruzione Fiat i quali, come già accennato in precedenza, hanno caratteristiche costruttive sia come disegno che come materiale, appositamente studiate per l'impiego di combustibile pesante e perciò non possono essere intese in senso generale ed estensibili anche ai motori di altre case costruttrici, di cui non conosciamo i dati relativi.

Gli organi che possono avere un comportamento diverso nel funzionamento con combustibile di tipo pesante sono ovviamente soltanto quelli a contatto del combustibile ancora liquido o della combustione, tenuto conto che per effetto della parete di separazione tra il fondo delle camicie e il resto dell'incastellatura tutti gli organi del manovellismo sono assolutamente fuori dalla possibilità di risentire l'effetto dell'uso di un tipo di combustibile piuttosto che di un altro.

E' anzi da notare che per le minori pressioni che si riscontrano nella combustione con nafta da caldaia si ha in generale addirittura un vantaggio per quanto riguarda la buona conservazione di tutti i cuscinetti e i perni del manovellismo.

Limitando perciò il nostro esame agli organi direttamente in causa rispetto al tipo di combustibile impiegato, abbiamo osservato quanto segue:

2) Manutenzione degli stantuffi. - La manutenzione degli stantuffi viene eseguita di norma nei motori a semplice effetto di grande diametro circa una volta ogni anno se funzionanti a Diesel mentre questo periodo viene di regola ridotto a 8 ÷ 9 mesi col funzionamento a nafta pesante.

Sui motori a semplice effetto di medio diametro e sui motori a doppio effetto l'intervallo delle visite, che è di circa 9 ÷ 10 mesi col Diesel, viene ridotto a 6 ÷ 7 mesi con la nafta da caldaie.

Infatti per quanto con le nafta da caldaie si possa ottenere egualmente una combustione perfetta e uno scarico invisibile come nella combustione del Diesel, tuttavia non sempre il personale di bordo osserva con scrupolosità le norme già esposte per il corretto impiego delle nafta pesanti, e perciò si nota un più rapido imbrattamento

degli stantuffi per la maggior formazione di morchie. Ad evitare possibili inconvenienti e per avere sempre stantuffi in buona efficienza risulta pertanto di regola conveniente anticipare di qualche poco le visite rispetto alla frequenza media che si tiene col funzionamento a Diesel e questo sia per pulire feritoie delle camicie, valvole, fasce elastiche e relativi canali nonché per sostituire con una certa larghezza le fasce consumate o rotte.

Un elemento che in passato dava qualche apprensione era costituito dalla più rapida usura dei canali per le fasce elastiche mentre ora, essendo stato messo perfettamente a punto il processo di cromatura delle sedi, non si riscontra più alcuna apprezzabile differenza ottenendosi in ogni caso una durata degli alloggi di almeno 8 ÷ 10.000 ore di moto.

Anche per quanto riguarda la superficie dello stantuffo rivolta verso la camera di combustione, che nei primi esperimenti con la nafta da caldaie aveva presentato delle sensibili corrosioni dovute ai prodotti aggressivi della combustione (zolfo e cloruri), si può dire oggi di avere raggiunto una durata pressoché illimitata mediante un appropriato processo di calorizzazione profonda che protegge il cielo dello stantuffo in modo perfetto.

Nei motori a doppio effetto, in cui rimane a contatto con la combustione anche l'asta dello stantuffo, protetta da una speciale guaina cromata, non si è riscontrato in generale alcuna variazione nella durata di quest'organo, ma unicamente una maggior usura degli anelli della scatola di tenuta.

3) Usura delle camicie. - E' questo l'argomento su cui maggiormente si appunta l'attenzione di coloro a cui interessa il problema tecnico-economico dell'impiego delle nafta pesanti sui motori Diesel in quanto esiste in effetti una sensibile differenza nel comportamento delle camicie a seconda del combustibile impiegato.

Dal momento però che i risultati da noi raccolti su questo punto formano oggetto di ampia trattazione in un'altra memoria presentata al Congresso, non riteniamo necessario soffermarci ulteriormente limitandoci a registrare i dati medi di usura riscontrati che ci servono ai fini del nostro studio.

Risulta pertanto dalla memoria citata che la maggior usura delle camicie con impiego di nafta da caldaie, quando siano messi in opera tutti gli accorgimenti prescritti sia per il combustibile che per la temperatura di raffreddamento dei cilindri, sta fra il 40 % e il 70 % di quella che si riscontra col funzionamento a Diesel e cioè può arrivare mediamente a 0,17 ÷ 0,18 mm per ogni 1000 ore di moto nei confronti di 0,10 mm ottenibile con gli olii Diesel di normale approvvigionamento.

4) **Testata cilindro.** - Le testate cilindro, che delimitano con lo stantuffo e la camicia la camera di combustione, non hanno mai denunciato un comportamento apprezzabilmente differente nel funzionamento con nafta da caldaie.

Il cielo della testata, rivolto verso la camera di combustione, non necessita di particolare trattamento termico per la sua conservazione in quanto pur essendo a contatto con la fiamma è molto meno sollecitato che non il cielo dello stantuffo il quale riceve direttamente i getti del combustibile e pertanto la durata delle testate cilindro, anche col funzionamento a nafta pesante, è praticamente illimitata purché si abbia cura di mantenere un raffreddamento efficace disincrostando, se necessario, la camera di circolazione acqua.

Per quanto riguarda le valvole inserite nella testata cilindro e cioè valvole di sicurezza e valvole di avviamento non si è notata nessuna differenza di comportamento, neppure nella parte direttamente a contatto della fiamma.

Una osservazione resta da fare, limitatamente ai motori a doppio effetto, sul dispositivo posto nella testata inferiore a protezione dell'asta stantuffo dai pericoli di bruciatura conseguenti alla particolare disposizione dei polverizzatori nell'effetto inferiore.

La durata di questo particolare (a forma di tubo e in materiale inossidabile) è risultato in alcuni casi sensibilmente minore con la combustione a nafta da caldaie nei confronti del Diesel.

5) Polverizzatori e pompe combustibile. -

Questi organi, i quali vengono a contatto soltanto col combustibile ancora liquido ad eccezione della parte esterna dell'iniettore, hanno dimostrato in generale un comportamento migliore con le nafta da caldaie che non con gli oli Diesel, perchè naturalmente la nafta da caldaie non sia inquinata da salino o da sostanze corrosive o abrasive.

La ragione di questo fatto è facilmente intuibile considerando che la nafta pesante ha proprietà lubrificanti migliori del Diesel e perciò tutti gli organi della pompa combustibile e del polverizzatore in moto vengono ad esserne favoriti con la conseguenza di una durata maggiore e un funzionamento più regolare.

Gli iniettori invece hanno una durata un po' minore in quanto i fori sono soggetti ad usura più rapida per gli agenti erosivi contenuti in questo combustibile; si tratta però anche in questo caso di un particolare di costo molto limitato.

Per quanto riguarda gli organi di comando delle pompe combustibile (leve, rulli, baccole) non si è notata alcuna differenza di comportamento qualora si abbia l'avvertenza di riscaldare la nafta da caldaie alla temperatura prescritta e quindi non si abbiano delle pressioni di iniezione superiori alle usuali.

6) **Dispositivi per il riscaldamento della nafta e depuratori.** - La loro manutenzione, se si tratta di apparecchiature moderne e razionalmente studiate, non è per nulla gravosa e si riduce essenzialmente alle usuali operazioni di pulizia.

IV

CONSIDERAZIONI ECONOMICHE TRA IL FUNZIONAMENTO A NAFTA DA CALDAIE E QUELLO A NAFTA NORMALE

1) **Confronto spese esercizio.** - La differenza nelle spese di esercizio fra un apparato motore funzionante a Olio Diesel e lo stesso funzionante a nafta da caldaie consiste essenzialmente nelle spese per il combustibile mentre elementi di minor importanza, ma di cui tuttavia terremo debito conto, sono rappresentati dalla spesa per il riscaldamento della nafta pesante e per il funzionamento dei depuratori.

Un altro elemento di cui molte volte non si tiene conto, ma che noi vogliamo invece inserire nel nostro

bilancio per fornire un quadro il più possibile completo anche dal lato economico, è l'incidenza della spesa di ammortamento per quella parte dell'impianto esclusivamente destinata all'impiego della nafta pesante.

a) **Combustibile.** - Il prezzo medio della nafta da caldaie (Marine Fuel Oil) risulta nei vari porti principali di bunkeraggio di tutto il mondo variabile da un minimo del 30 % in meno rispetto al Diesel Oil fino a un massimo del 50 % (The Motor Ship, Dicembre 52, pag. 375).

Dovendo ai fini del nostro computo stabilire un valore medio di queste differenze di prezzo, noi lo fissiamo al 35 %, valore che rappresenta la media aritmetica quasi esatta della differenza dei prezzi dell'area della sterlina, mentre è nettamente inferiore alla differenza media dei prezzi dell'area del dollaro, nella quale ci si avvicina al 50 %.

Facciamo ancora notare che nella maggior parte dei porti di rifornimento non esiste differenza di prezzo fra il Bunker C e il Bunker B (Heavy Marine Fuel Oil-Light Marine Fuel Oil) e quindi consideriamo eguale il prezzo dei due tipi.

Il maggior consumo della nafta da caldaie rispetto al Diesel l'abbiamo visto aggirarsi fra l'8 % e il 9 % e stabiliamo ovviamente la media all'8,5 %.

Ne consegue che usando nafta da caldaie la spesa si riduce al 70,5 % ($108,5 \times 0,65$) di quella necessaria con la nafta normale, e si realizza pertanto una economia del 29,5 %.

b) Riscaldamento delle nafta da caldaie. —

Le nafta da caldaie devono essere portate per un funzionamento corretto ad una temperatura variabile da 110° a 160° a seconda della loro viscosità a temperatura ordinaria.

La temperatura media di riscaldamento risulta usualmente 110° ÷ 130° e quindi si deve ottenere un aumento di temperatura, rispetto a quella ordinaria, di circa 100° corrispondente, coll'uso di vapore a 5 Kg/cm² prodotto in una caldaia, ad un consumo di circa Kg 10 di nafta pesante per ogni 1000 Kg di combustibile da riscaldare.

La produzione di questo vapore nella maggior parte delle navi sotto nostro controllo è completamente gratuita in quanto i motori principali alimentano una calderina a gas di scarico la quale produce non solo il vapore necessario per il riscaldamento della nafta da caldaie, ma anche quello per i servizi generali della nave (vedi ad esempio le Liberty trasformate).

Nel caso più sfavorevole, cioè quando il vapore necessario per il riscaldamento del combustibile debba essere prodotto direttamente in una calderina con bruciatori a nafta, il riscaldamento corrisponde ad un maggior consumo di combustibile di circa l'1 % essendo il tipo di nafta impiegato nella caldaia uguale a quello impiegato nel motore.

c) Energia elettrica per i depuratori. — Dai dati contenuti nei giornali di bordo delle Motonavi di cui seguiamo il funzionamento risulta che durante l'esercizio normale occorre impiegare due depuratori per circa 8 ore al giorno per effettuare la doppia depurazione necessaria per l'uso della nafta da caldaie.

L'energia assorbita dai depuratori è proporzionale al quantitativo di nafta da trattare e risulta, per i tipi normalmente in uso, un consumo di energia di circa 2 Kwh per ogni 1000 Kg di nafta depurata.

Questa energia, se prodotta, come normalmente, da un gruppo elettrogeno Diesel elettrico viene a costare circa 0,600 Kg di Diesel normale e perciò, tenuto conto delle differenze dei prezzi citati, 0,900 Kg di nafta da caldaie.

Ne consegue pertanto che anche per questo servizio si può considerare un maggior consumo di combustibile del motore principale il cui valore, praticamente trascurabile, rappresenta meno del 0,1 % della nafta pesante da depurare.

d) Quota di ammortamento per la parte dell'impianto destinata all'impiego della nafta pesante. —

Dai consuntivi di spesa dei molti impianti eseguiti per l'impiego della nafta pesante a bordo di navi è risultato che la media del costo complessivo dei vari organi (riscaldatori, depuratori, casse supplementari, coibentazione e dispositivi di riscaldamento delle tubazioni, ecc.) si aggira su 2 dollari per ogni CV di potenza dell'apparato motore; volendo ammortizzare questa spesa in 10 anni di esercizio, ad un tasso dell'8 %, ne viene un carico annuo di 0,300 dollari per CV.

e) Riassunto spese di esercizio. — Per fare un confronto riassuntivo delle spese di esercizio è necessario fissare un parametro comune a cui riferire le varie differenze di spesa e questo parametro è il CVh (per comodità riferiremo le spese, anziché al CVh, a 1000 CVh in modo da avere dei numeri più maneggevoli).

Inoltre, dato che alcune spese si riferiscono ad un anno di esercizio, per ridurre queste spese al CVh sarà necessario stabilire un numero medio di ore di funzionamento annuo dei motori in modo da poter riferire anche le spese a computo annuale al CVh.

Il numero di ore medio di funzionamento in un anno delle navi sotto nostro controllo è risultato sulle 6.000 ore per le Motonavi e sulle 7.000 ore per le Motocisterne, pari rispettivamente a un coefficiente di utilizzazione del 68,5 % e dell'80 % sulle ore totali dell'anno.

Noi scegliamo come periodo annuo di funzionamento quello corrispondente alla media delle motonavi (6.000 ore) in quanto è il caso meno favorevole all'impiego della nafta da caldaie, dato che i vantaggi aumentano naturalmente con l'aumentare delle ore di funzionamento.

Premesso quanto sopra è ancora necessario stabilire il prezzo medio del Diesel Oil e della nafta pesante e il consumo specifico di combustibile per CVh in modo da avere tutti gli elementi per i nostri calcoli.

Dalla già citata statistica riportata da « The motor ship » del Dicembre '52 risulta che il prezzo medio del Diesel Oil è di 253 scellini per t. e quello del Marine Fuel Oil di 168 scellini (differenza media 33,5%) nei porti di ancoraggio in cui si ha la quotazione in sterline, mentre invece è rispettivamente dollari 3,79 e dollari 1,94 per barrel nei porti in cui si ha la quotazione in dollari (differenza media 49%). Per il calcolo noi teniamo il prezzo medio del Diesel Oil di 253 scellini per t. (dollari 35,40) e il prezzo medio del Fuel Oil inferiore del 35% come già al punto a) del presente paragrafo (dollari 23).

Per quanto riguarda il consumo specifico si ha in media circa 160 gr/CVh nei motori a semplice effetto di grande diametro e 165 gr/CVh nei motori a doppio effetto e a semplice effetto di medio diametro col Diesel, mentre col Fuel si ha il maggior consumo già citato dell'8,5%.

Esaminando in base a quanto precede le varie voci di spesa elencate nei punti a), b), c) e d) del presente paragrafo si ha pertanto:

a bis) *Combustibile* - Minor spesa con la nafta pesante nei confronti del Diesel:

Motori s.e. grande Ø	 10,03 s/CV anno	1,672 s/CVh x 1.000
Motori s.e. medio Ø e motori d.e.	 10,34 s/CV anno	1,723 s/CVh x 1.000

b bis) *Riscaldamento della nafta da caldaie (media motori s.e. e d.e.)*.

Maggior spesa:

$$0,243 \text{ s/CV anno } 0,0405 \text{ s/CVh x 1.000}$$

c bis) *Energia elettrica per depuratori*.

Maggior spesa:

$$0,024 \text{ s/CV anno } 0,004 \text{ s/CVh x 1.000}$$

d bis) *Quota di ammortamento per la parte di impianto destinata all'impianto della nafta pesante*.

Maggior spesa:

$$0,30 \text{ s/CV anno } 0,050 \text{ s/CVh x 1.000}$$

Risparmio complessivo.

Detraendo dalla economia nella spesa di acquisto del combustibile le maggiori spese ora considerate relative al riscaldamento e alla depurazione della nafta da caldaie, nonché la quota di ammortamento dell'impianto avremo:

Motori s.e. grande Ø	 9,46 s/CV anno	1,577 s/CVh x 1.000
Motori s.e. medio Ø e motori d.e.	 9,77 s/CV anno	1,628 s/CVh x 1.000

Esempio:

Motore da 3.600 CV funzionante per 6.000 ore all'anno con nafta da caldaie:

Risparmio spese esercizio per anno nei confronti del funzionamento a Diesel:

$$1,577 \times 3,600 \times \frac{6,000}{1,000} = 34.060 \text{ s}$$

2) *Confronto spese di manutenzione.* - Le differenze nelle spese manutenzione fra il funzionamento a Olio Diesel e quelle a nafta da caldaie risultano da quanto è stato illustrato al capitolo III.

a) *Lavori.* - I maggiori lavori conseguenti all'impiego della nafta da caldaie consistono nella visita più frequente degli stantuffi e nella manutenzione dei depuratori e dei dispositivi di riscaldamento del combustibile.

Visita stantuffi.

La visita degli stantuffi con l'impiego di nafta pesante risulta in media con frequenza maggiore del 50% rispetto all'impiego del Diesel (rispettivamente ogni 8 mesi invece che 12 per i motori a semplice effetto di grande diametro e ogni 6 mesi invece che 9 per i motori a doppio effetto e a semplice effetto di medio diametro).

Dai risultati statistici dei lavori di manutenzione si sono rilevati i costi medi per la visita degli stantuffi nei motori di costruzione FIAT, costi che sono riportati nella tabella.

Motore Ø	CV p. cilindro	Costo visita stantuffo s	Costo visita stantuffo s/CV
450 s. e.	250	40	0,160
480 s. e.	300	45	0,150
520 s. e.	360	50	0,139
680 s. e.	600	85	0,142
750 s. e.	775	110	0,142
640 d. e.	800	130	0,162
650 d. e.	900	130	0,145
680 d. e.	1000	150	0,150
750 d. e.	1300	200	0,154

Si vede da questa che con ottima approssimazione il costo medio della visita di uno stantuffo — la visita si

riferisce allo sfilamento dello stantuffo, alla sua pulizia ed al ricambio del 50 % delle fasce elastiche, alla pulizia delle camicie e delle feritoie — corrisponde a 0,15 S per CV di potenza del cilindro motore (questo costo si riferisce ai valori medi che si hanno in Italia e con buona approssimazione può servire anche per il resto dell'Europa. Se i lavori vengono invece eseguiti nell'America del Nord i costi diventano notevolmente più alti).

Ne consegue che la spesa annua per la visita degli stantuffi rispettivamente con l'impiego del Diesel e della nafta pesante è il seguente:

Costo visita stantuffi.

— Motori a semplice effetto di grande diametro:

Col Diesel: 0,15 S/CV anno (una visita all'anno)

Con la nafta pesante: 0,225 S/CV anno (una visita ogni 8 mesi).

— Motori a doppio effetto e motori a semplice effetto di medio diametro:

Col Diesel: 0,20 S/CV anno (una visita ogni 9 mesi)

Con la nafta pesante: 0,3 S/CV anno (una visita ogni 6 mesi).

Con la stessa ipotesi già formulata precedentemente di un funzionamento medio annuo di 6.000 ore si deduce che la maggior spesa per CV anno e per 1.000 CVh per visita degli stantuffi con l'impiego della nafta pesante è la seguente:

Maggior spesa per visita stantuffi.

— Motori a semplice effetto di grande diametro:

0,075 S/CV anno 0,0125 S/CVh x 1.000

— Motori a doppio effetto e motori a semplice effetto di medio diametro:

0,10 S/CV anno 0,0167 S/CVh x 1.000

Manutenzione apparecchi di riscaldamento e depuratori.

La manutenzione di questa parte di impianto, se gli apparecchi sono di tipo moderno, è risultata in generale di lieve entità e in ogni caso non superiore in media per anno al 5 % del costo di questa apparecchiatura, compresi i materiali di ricambio.

Tenuto conto di quanto si è già detto sul costo dell'impianto — media del costo dell'impianto eguale a 2 S/CV — se ne deduce che il costo annuo per la manutenzione è di 0,10 S per CV e quindi sempre nell'ipotesi delle 6.000 ore di funzionamento annuo, si ha un costo per 1.000 CVh di

0,0167 S/CVh x 1.000

b) *Materiali.* — I materiali di ricambio che presentano una sensibile differenza nell'usura fra l'impiego di Olio Diesel e la nafta da caldaie sono praticamente soltanto le camicie cilindro mentre per tutti gli altri organi il cui comportamento è già stato esaminato nel capitolo III non risulta una spesa di manutenzione complessiva apprezzabilmente differente nei due casi dei combustibili in esame, essendo compensato il lieve maggior consumo nelle fasce elastiche e negli iniettori da una minor usura nei polverizzatori, nelle pompe combustibile e nei cuscinetti del manovellismo.

Limitiamo pertanto il nostro esame alla spesa per la manutenzione delle camicie mentre per quanto riguarda i depuratori e i riscaldatori, i materiali di ricambio sono già compresi nel 5 % di spesa di manutenzione conteggiata nella voce lavori.

Camicie.

Sebbene l'aumento dell'usura delle camicie con l'impiego della nafta da caldaie si aggiri dal 40 % al 70 %, tuttavia, per prudenza, considereremo un aumento medio del 65 %. Tale è quindi l'aumento di spesa per la frequenza dei ricambi.

Le camicie dei motori di costruzione FIAT sono integralmente in ghisa — in uno o due pezzi — nei motori a semplice effetto di medio diametro, mentre nei motori di grande diametro e a doppio effetto esse sono del tipo composto, cioè con la parte superiore (e nei doppio effetto anche inferiore) di acciaio munita di boccia riportata di ghisa speciale. La parte inferiore nel semplice effetto e la parte intermedia nei doppio effetto è invece integralmente di ghisa.

Simili camicie composte se è vero che hanno un costo iniziale sensibilmente superiore alle camicie integralmente in ghisa, hanno però il grande vantaggio, oltre alla maggior robustezza e durata, di ridurre le spese dei ricambi, perchè quando la camicia è consumata, è sufficiente sostituire le bocce di ghisa e la parte bassa o intermedia in ghisa, con una spesa che si aggira tra il 60 % e il 70 % di quella che sarebbe necessaria per la sostituzione completa della camicia.

In conclusione risulta che mentre le camicie di prima fornitura nei vari tipi di motore hanno un costo per CV che è gradualmente crescente dai motori di piccolo diametro a quello di medio e grande diametro, a semplice o a doppio effetto, il costo del ricambio delle camicie è invece praticamente identico per tutti i motori e anzi per i motori di grande diametro sia a semplice che a doppio effetto è leggermente inferiore a quello di motori di medio diametro come risulta dalla tabella.

Costo camicie nuove (media).

- Motori a semplice effetto di medio diametro: 3 s/CV (camicie integralmente in ghisa).
- Motori a semplice effetto di grande diametro: 4 s/CV (parte inferiore in ghisa e parte superiore in acciaio con boccola in ghisa riportata).
- Motori a doppio effetto: 5 s/CV (parte intermedia in ghisa e parti superiore e inferiore in acciaio con boccola riportata).

Costo ricambio camicie (media).

- Motori a semplice effetto di medio diametro: 3 s/CV (sostituzione integrale della camicia).
- Motori a semplice effetto di grande diametro: 2,9 s/CV (sostituzione camicia inferiore e imboccamento camicia superiore).
- Motori a doppio effetto: 2,9 s/CV (sostituzione camicia intermedia e imboccamento camicia superiore e inferiore).

Per i nostri calcoli teniamo quindi uguale il costo di sostituzione per CV per tutti i tipi di motori mentre non viene conteggiata la spesa di smontaggio e rimontaggio della camicia — d'altra parte di lieve entità — in quanto ogni circa tre anni le camicie, anche se ancora buone, vengono sfilate per il picchettaggio e la pulizia della camera di circolazione acqua e questo è il periodo minimo di durata di una camicia anche con l'uso della nafta pesante.

Per quanto riguarda la durata media di una camicia è risultato che nei motori di grande diametro questa arriva a 6 ÷ 7 anni col funzionamento a Diesel (usura media 0,08 ÷ 0,12 m/m per ogni 1000 ore di moto) mentre si riduce a circa 3 anni e mezzo ÷ 4 col funzionamento a nafta pesante (usura media 0,16 ÷ 0,20 m/m per ogni 1.000 ore di moto).

Per i motori di medio diametro questi limiti si riducono rispettivamente a 5 ed a 3 anni in relazione al fatto che mentre il consumo specifico rimane praticamente identico a quanto si riscontra nei motori di grande diametro, i limiti di consumo per la sostituzione sono invece più bassi in relazione al diametro più piccolo.

Ai fini della nostra indagine noi fissiamo la durata media delle camicie col Diesel in 6 anni per i motori di grande diametro e 5 anni in quelli di medio diametro a cui corrispondono rispettivamente 3 anni e mezzo e 3 anni di durata col funzionamento a nafta da caldaie comportante un'usura media del 65 % superiore.

Spesa sostituzione camicie.

per CV e per anno per 1.000 CVh (6.000 ore annue)

- Motori di grande diametro a semplice e a doppio effetto

Col Diesel: 0,5 s/CV anno . 0,0833 s/CVh x 1.000

Con la nafta pesante: 0,857 s/CV

anno 0,1428 s/CVh x 1.000

Maggior spesa con la nafta pe-

sante: 0,357 s/CV anno . 0,0595 s/CVh x 1.000

- Motori a semplice effetto di medio diametro

Col Diesel: 0,6 s/CV anno . 0,1 s/CVh x 1.000

Con la nafta pesante: 1 s/CV anno 0,167 s/CVh x 1.000

Maggior spesa con la nafta pe-

sante: 0,4 s/CV anno . 0,067 s/CVh x 1.000

Nota. - Negli anni del dopo guerra si è notato un sensibile aumento nell'usura delle camicie sia con l'uso dei Diesel Oil che della nafta da caldaie, e questo in generale in tutto il mondo per il peggioramento delle caratteristiche degli oli combustibili (vedi memoria sull'usura delle camicie - Bollettino n. 1-53).

Le nostre considerazioni sulle differenze percentuali di usura tra l'impiego del Diesel e della nafta da caldaie sono però ancora perfettamente valide essendosi anzi riscontrato in molti casi un aumento percentuale di consumo più sensibile col Diesel che non con le nafta pesanti.

c) **Riassunto spese manutenzione.** — Analogamente a quanto è già stato fatto per le spese di esercizio, riassumiamo le spese di manutenzione in base a quanto esposto nei punti a) e b) del presente paragrafo.

I termini che entrano nella somma per avere il valore totale delle maggiori spese di manutenzione sono la visita degli stantuffi, la manutenzione degli apparecchi di riscaldamento e di depurazione e il consumo delle camicie.

Resta ancora da far notare che non vengono conteggiate maggiori spese per soste prolungate a causa dei maggiori lavori di manutenzione in quanto il tempo necessario per questi è di entità non rilevante e in ogni caso tale da poter essere assorbito nelle normali soste commerciali anche per quanto riguarda le Motocisterne.

Questo viene constatato da noi continuamente nei motori ai quali forniamo la nostra assistenza e d'altra parte basti considerare che per le caratteristiche di semplicità di costruzione dei motori FIAT la visita di uno stantuffo si esegue coi soli mezzi di bordo in 10 ÷ 12 ore nel semplice effetto e in 16 ÷ 18 ore nel doppio effetto.

Maggiori spese di manutenzione con l'impiego di nafta pesante.

per CV e per anno . . . per 1.000 CVh

— Motori a semplice effetto di grande diametro

0,075 (manutenzione stant.) 0,0125

+ 0,10 (manutenzione app. riscald. e dep.) 0,0167

+ 0,357 (maggior usura cam.) 0,0595

totale 0,532 s/CV anno . . . totale 0,0887 s/CVh x 1.000

— Motori a doppio effetto

0,10 . . . 0,0167

0,10 . . . 0,0167

0,357 . . . 0,0595

totale 0,557 s/CV anno . . . totale 0,0929 s/CVh x 1.000

— Motori a semplice effetto di medio diametro

0,10 . . . 0,0167

0,10 . . . 0,0167

0,40 . . . 0,067

totale 0,60 s/CV anno . . . totale 0,1004 s/CVh x 1.000

Esempio

— Motore a semplice effetto di grande diametro da 3.600 CV funzionante per 6.000 ore all'anno con nafta da caldaie.

Maggior spesa di manutenzione nei confronti del funzionamento a Diesel:

$$0,0887 \times 3.600 \times \frac{6.000}{1.000} = 1.916 \text{ s}$$

3) Bilancio complessivo spese di esercizio e manutenzione. — Il bilancio complessivo delle spese di esercizio e di manutenzione con l'impiego della nafta pesante risulta da quanto esposto al punto e) del paragrafo 1) e del punto c) del paragrafo 2).

a) Totale maggiori spese esercizio e manutenzione con l'impiego della nafta pesante.

Il totale comprende i valori seguenti:

- spesa per il riscaldamento del combustibile
- spesa per l'energia elettrica dei depuratori
- quota di ammortamento per la parte di impianto destinata all'impiego della nafta pesante
- maggior spesa per la manutenzione degli stantuffi

— spesa per la manutenzione dell'impianto di riscaldamento e depurazione

— maggior spesa per il consumo delle camicie.

Totale maggiori spese.

per CV e per anno . . . per 1.000 CVh

— Motori a semplice effetto di grande diametro

1,100 s/CV anno . . . 0,183 s/CVh x 1.000

— Motori a doppio effetto

1,124 s/CV anno . . . 0,188 s/CVh x 1.000

— Motori a semplice effetto di medio diametro

1,167 s/CV anno . . . 0,194 s/CVh x 1.000

E' interessante notare dalla tabella che la maggior spesa annuale comprensiva di tutti gli oneri di manutenzione e di esercizio, supera di poco 1 s per CV di potenza dell'apparato motore.

b) Risparmio di spesa con l'impiego di nafta pesante, al netto di tutti i maggiori oneri di esercizio e manutenzione.

Il risparmio netto risulta come in appresso:

Risparmio netto di spesa.

per CV e per anno . . . per 1.000 CVh

— Motori a semplice effetto di grande diametro

10,03 — . . . 1,672 —

1,10 . . . 0,183

Rispar. netto 8,93 s/CV anno . . . 1,489 s/CVh x 1.000

— Motori a doppio effetto

10,34 — . . . 1,723 —

1,124 . . . 0,188

Rispar. netto 9,216 s/CV anno . . . 1,535 s/CVh x 1.000

— Motori a semplice effetto di medio diametro

10,34 — . . . 1,723 —

1,167 . . . 0,194

Rispar. netto 9,173 s/CV anno . . . 1,529 s/CVh x 1.000

Può essere ancora interessante vedere in totale qual'è il risparmio percentuale netto fra l'impiego del Diesel e della nafta da caldaie, tenuto conto di tutti i maggiori oneri di esercizio e manutenzione.

TAB. I - FUNZIONAMENTO MOTORI A DIESEL OIL E A NAFTA PESANTE
 Bilancio economico di confronto
 (dollari U.S.A. per 1000 CV ora)

SPECIFICA SPESE	Motori a semplice effetto di grande Ø			Motori a doppio effetto			Motori a semplice effetto di medio Ø		
	Diesel Oil \$/CVh x 1000	Nafta pesante \$/CVh x 1000	Differenza \$/CVh x 1000	Diesel Oil \$/CVh x 1000	Nafta pesante \$/CVh x 1000	Differenza \$/CVh x 1000	Diesel Oil \$/CVh x 1000	Nafta pesante \$/CVh x 1000	Differenza \$/CVh x 1000
Costo combustibile	5,664	3,992	+ 1,672	5,841	4,118	+ 1,723	5,841	4,118	+ 1,723
Riscaldamento nafta pesante	—	0,0405	— 0,0405	—	0,0405	— 0,0405	—	0,0405	— 0,0405
Depurazione nafta pesante	—	0,004	— 0,004	—	0,004	— 0,004	—	0,004	— 0,004
Ammortamento impianto nafta pesante	—	0,050	— 0,050	—	0,050	— 0,050	—	0,050	— 0,050
Visita stantuffi	0,025	0,0375	— 0,0125	0,0333	0,050	— 0,0167	0,0333	0,050	— 0,0167
Manutenzione impianto nafta pesante	—	0,0167	— 0,0167	—	0,0167	— 0,0167	—	0,0167	— 0,0167
Usura camicie	0,0833	0,1428	— 0,0595	0,0833	0,1428	— 0,0595	0,100	0,166	— 0,0666
TOTALE SPESE	5,772	4,283	1,489 Differenza netta	5,958	4,422	1,536 Differenza netta	5,974	4,445	1,529 Differenza netta

Prendendo come base il valore trovato al punto a) del paragrafo 1) capitolo IV (29,5 %) e deducendo le

maggiori spese di esercizio e manutenzione si ha in definitiva :

TAB. II - FUNZIONAMENTO MOTORI A DIESEL OIL E A NAFTA DA CALDAIE
 Esempio di bilancio economico di confronto per un anno (6000 ore di funzionamento)
 (dollari U.S.A.)

SPECIFICA SPESE	Motore a semplice effetto grande diametro tipo A. 696 - 6 cilindri Ø 680 mm - Potenza CV 3600 Consumo specifico col Diesel Oil: 0,160 Kg/CVh			Motore a doppio effetto - tipo DL 647 C 7 cilindri Ø 640 mm - Potenza CV 5600 Consumo specifico col Diesel Oil: 0,165 Kg/CVh		
	Diesel Oil \$	Nafta pesante \$	Differenza \$	Diesel Oil \$	Nafta pesante \$	Differenza \$
Costo combustibile	122,342	86,227	36,115	196,258	138,365	57,893
Riscaldamento nafta pesante	—	875	— 875	—	1,361	— 1,361
Depurazione nafta pesante	—	87	— 87	—	134	— 134
Ammortamento impianto nafta pesante	—	1,080	— 1,080	—	1,680	— 1,680
Visita stantuffi	540	810	— 270	1,119	1,680	— 561
Manutenzione impianto nafta pesante	—	361	— 361	—	562	— 562
Usura camicie	1,299	3,084	— 1,285	2,799	4,798	— 1,999
TOTALE SPESE	124,681	92,524	32,157 Differenza netta	200,176	148,580	51,596 Differenza netta

Risparmio netto con l'impiego di nafta pesante in percentuale sul costo del Diesel necessario per ottenere la stessa potenza:

- Motori a semplice effetto di grande diametro: 26,3 %
- Motori a doppio effetto: 26,2 %
- Motori a semplice effetto di medio diametro: 26,1 %

4) Tabelle e grafici riassuntivi delle condizioni economiche di esercizio. - A conclusione delle considerazioni economiche esposte abbiamo preparato alcune tabelle e grafici riassuntivi e precisamente:

a) Tabella riassuntiva delle differenze di spesa (per 1.000 CVh) per le varie voci che formano il bilancio economico di confronto fra il funzionamento a Diesel e a nafta da caldaie.

Questa tabella serve soltanto per rendere più spedito

il calcolo delle spese delle diverse voci per i vari tipi di motore e non presenta alcunché di nuovo rispetto a quanto si è già visto in precedenza.

b) Tabella in cui sono riportate al loro valore reale le differenze di spesa per il motore a semplice effetto di grande diametro che viene normalmente impiegato per la trasformazione delle Liberty dalla propulsione a vapore a quella a motore e per il motore a doppio effetto impiegato in moltissime navi da carico veloci e Motoristiere di media grandezza.

Questa tabella si presta a interessanti osservazioni fra cui in particolare:

— nel motore a semplice effetto è stata conteggiata anche la spesa per il riscaldamento della nafta (875 dollari annui), mentre in realtà tutti i motori finora in esercizio di questo tipo sono forniti di calderina a gas di scarico per cui questa spesa viene nella pratica eliminata.

FUNZIONAMENTO MOTORI A DIESEL OIL E A NAFTA PESANTE

Differenza di spesa al variare delle ore di funzionamento annue (Base: 6000 ore/anno)

(dollar. U.S.A. per CV anno)

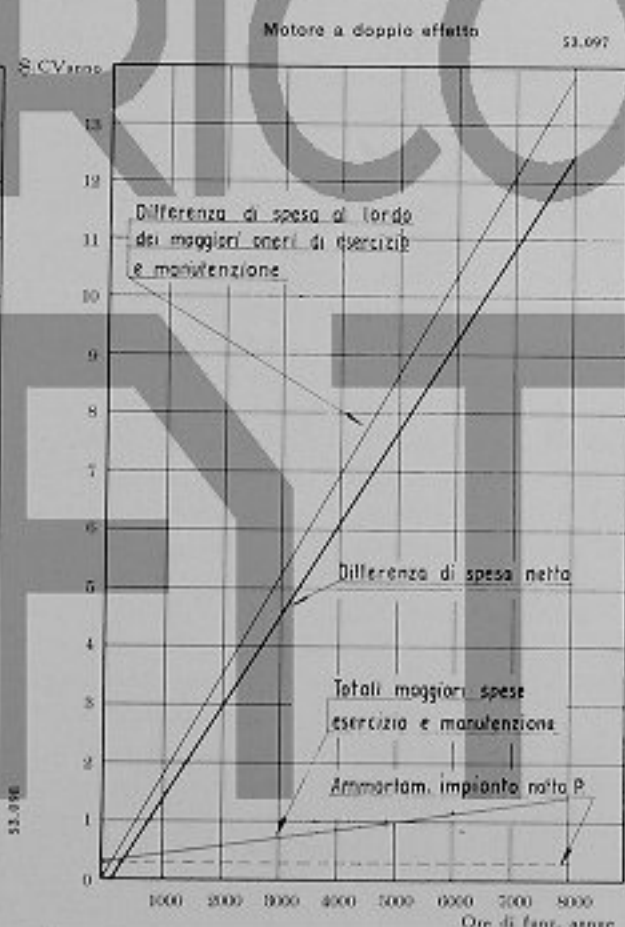
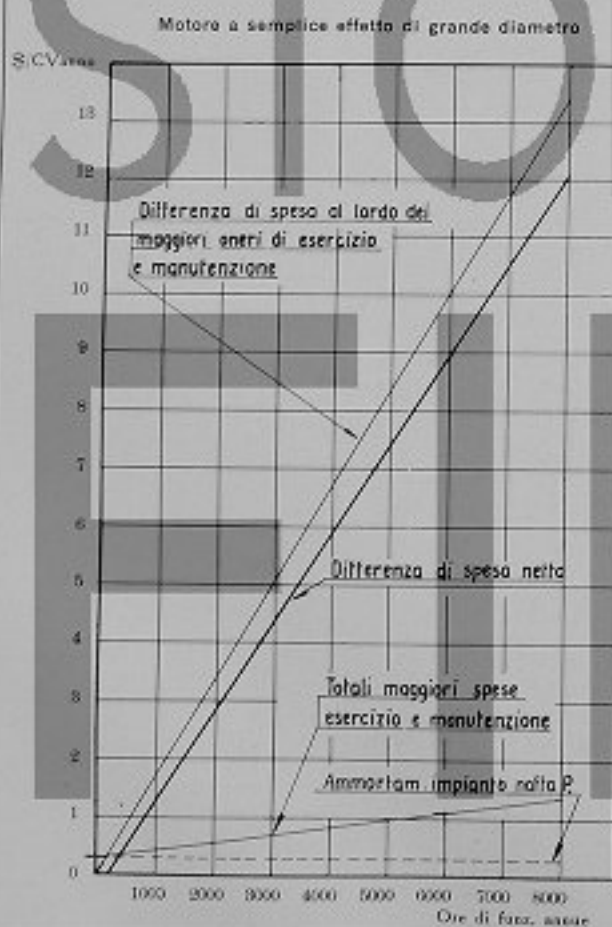
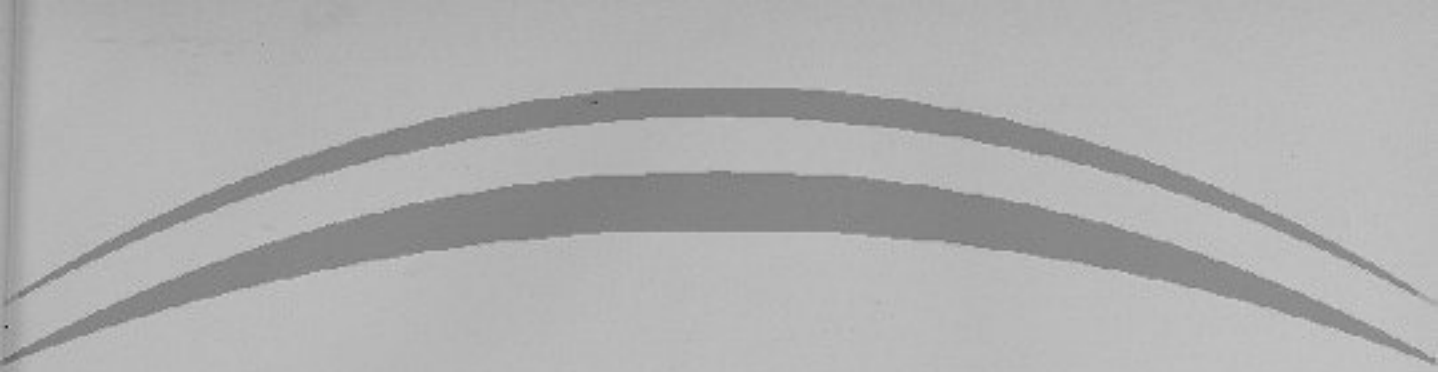


Fig. 1.



CENTRO STORICO FIAT



Dentatrice FIAT - DIS 400 - "Testa porta utensili", durante la lavorazione di un ingranaggio conico spirale.