



Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica

Insegnamento di «Costruzione di Macchine»

Docente : Leonardo BERTINI

Ufficio: DIC1 - Edificio attiguo Polo C - 1° Piano

Telefono: 050-2218021

e.mail : leonardo.bertini@ing.unipi.it

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica
Insegnamento di «Costruzione di Macchine»

Contenuti principali

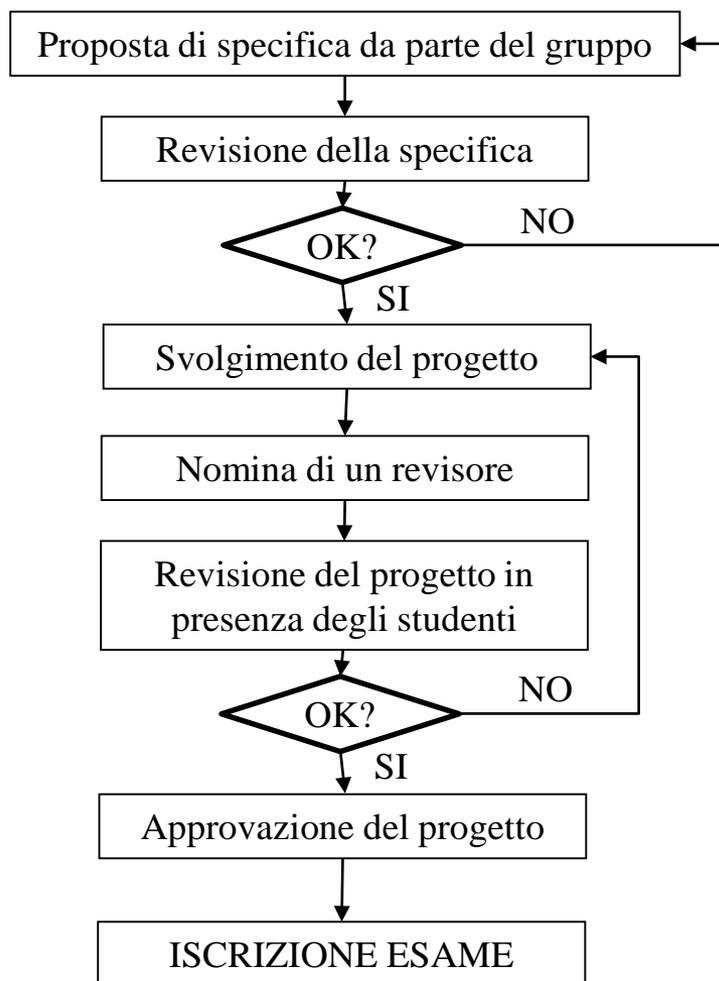
- **Specifica tecnica**
- **Regole di buona progettazione meccanica**
- **Elementi dell'EUROCODE 3 (strutture in acciaio)**
- **Elementi dell'ASME VIII - BPVC (recipienti in pressione)**
- **Dinamica strutturale con applicazioni FEM (Finite Elementi Method)**
- *Ottimizzazione*
- *Progettazione probabilistica (DOE, Robust Design)*

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica
Insegnamento di «Costruzione di Macchine»

Esercitazione di Progetto

- **Progetto di una macchina o di un gruppo meccanico**
- **Gruppi di 2-3 persone**
- **Disponibilità di un «tutor» che deve fungere da «consulente» tecnico per problemi specifici**
- **Risultati attesi:**
 - Complessivo di montaggio
 - Relazione di calcolo
 - Disegno costruttivo di un particolare a testa

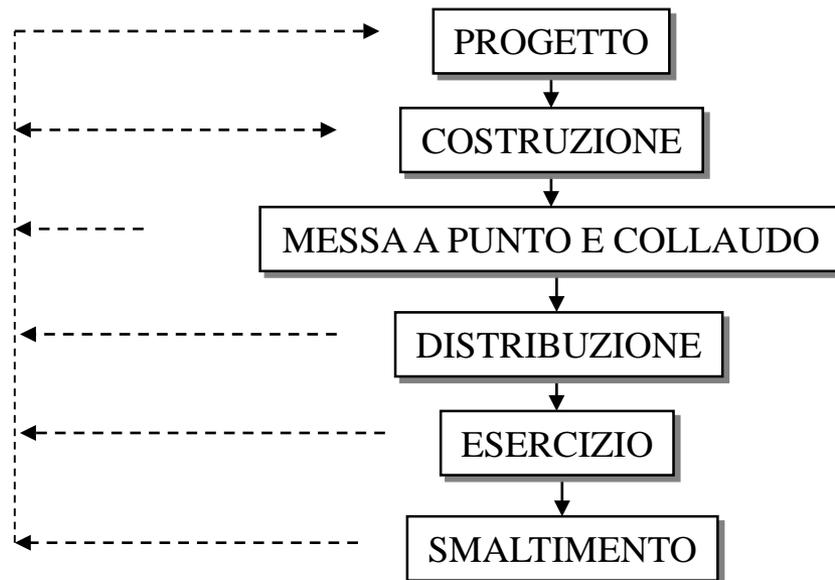
Esercitazione di Progetto – FASI:



IL PROGETTO

DEF: Il **progetto** consiste nella risoluzione, a livello concettuale, di tutti i problemi connessi con la realizzazione, il collaudo, la messa a punto e l'utilizzo di un determinato prodotto o servizio.

Le principali fasi che possono essere individuate nello sviluppo e commercio di un nuovo prodotto sono:



Queste fasi non sono organizzate in modo puramente sequenziale, ma tra di loro esistono numerosi “feedback”, necessari per la risoluzione di problemi **non previsti** nella fase di costruzione e, soprattutto, di progetto quali:

- Costruibilità o eccessivo costo di costruzione;
- Possibilità di montaggio;
- Interferenze durante il funzionamento;
- Carenza di prestazioni;
- Rotture;
- etc.;

Ogni “ritorno” implica:

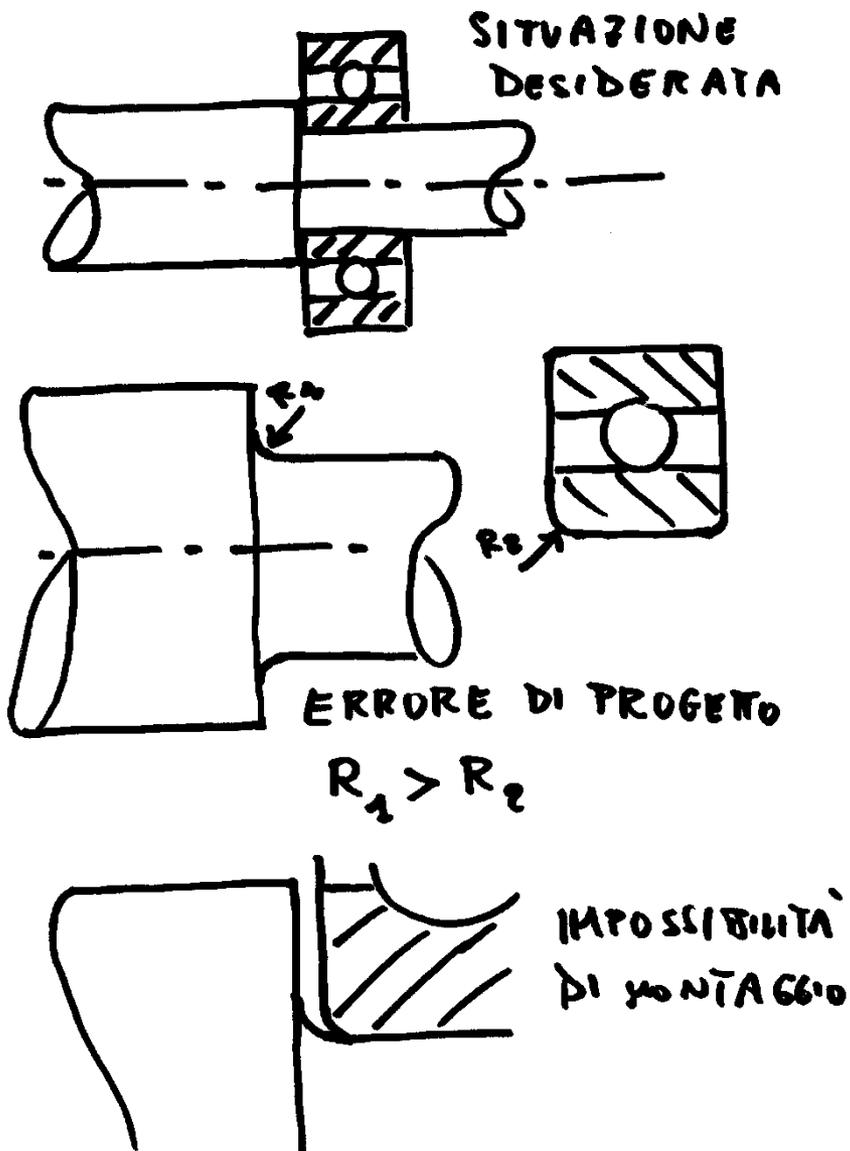
- Costi elevati;
- Allungamento dei tempi richiesti dallo sviluppo del prodotto

Riduzione dei problemi che richiedono modifiche al progetto o alle tecniche produttive attraverso:

- Esperienza;
- Calcoli più accurati;
- Simulazioni;

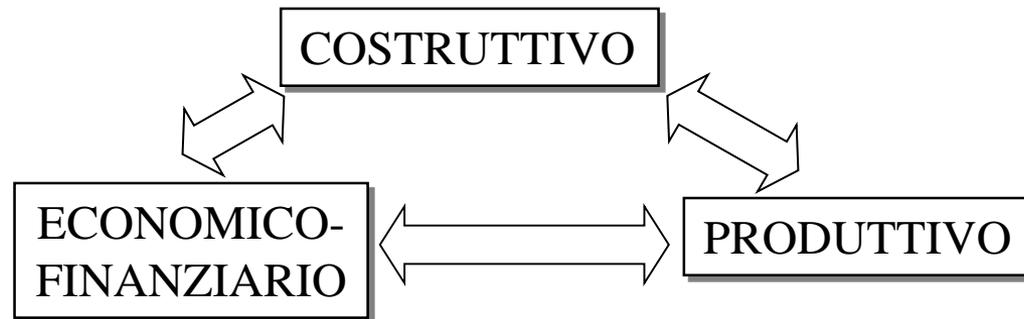
Un notevole ausilio può venire dalle tecniche CAE (Computer Aided Engineering”) che consentono:

- Esecuzione di calcoli molto complessi
- Migliore stima delle prestazioni
- Simulazione di:
 - lavorazione;
 - montaggio;
 - funzionamento



ASPETTI DEL PROGETTO

Il **progetto** di un determinato prodotto o servizio deve tenere presenti tre aspetti principali:



COSTRUTTIVO: studia come deve essere fatto il prodotto, definendo in modo univoco tutti i suoi componenti e le loro funzioni

PRODUTTIVO: studia il modo migliore e più economico di realizzare il prodotto, definendo tecnologie ed attrezzature produttive, linee di lavorazione, etc.

ECONOMICO-FINANZIARIO: studia il bilancio economico (costi e ricavi) che si prevede deriverà dalla realizzazione e commercializzazione del prodotto

I tre aspetti del progetto sono **fortemente correlati** tra loro e devono pertanto essere **sviluppati in parallelo**.

Esempio: le scelte costruttive (la forma dei pezzi di una macchina) influenzano fortemente le tecnologie produttive richieste per realizzare i pezzi stessi e queste, a loro volta, influenzano in modo determinante il costo finale.

Pertanto, quando si disegna un prodotto, bisogna avere già presente in maniera chiara come esso dovrà essere realizzato, a quali tecnologie produttive la Ditta ha accesso, il loro costo, etc.

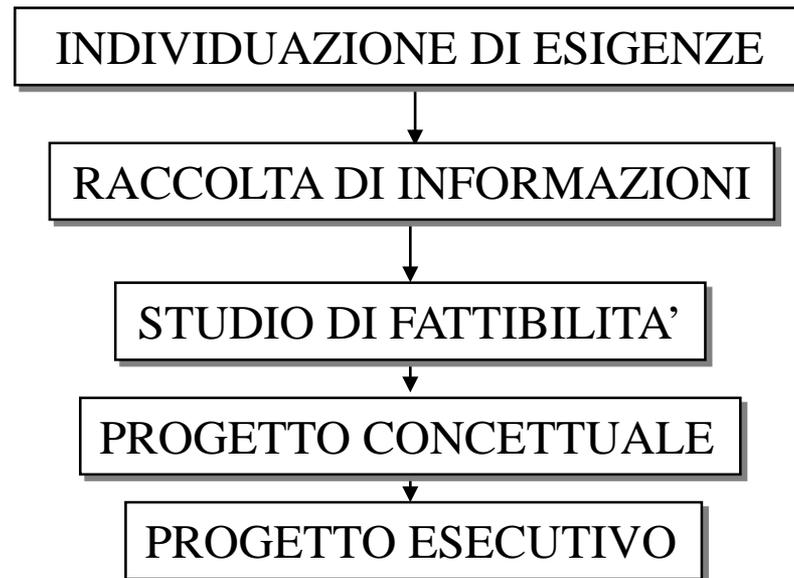
FASI DEL PROGETTO

Il progetto di un nuovo prodotto si articola a sua volta in diverse fasi successive. Questa articolazione in realtà può variare sensibilmente tra Ditte diverse, ed anche all'interno della stessa Ditta tra progetti diversi, principalmente in dipendenza di:

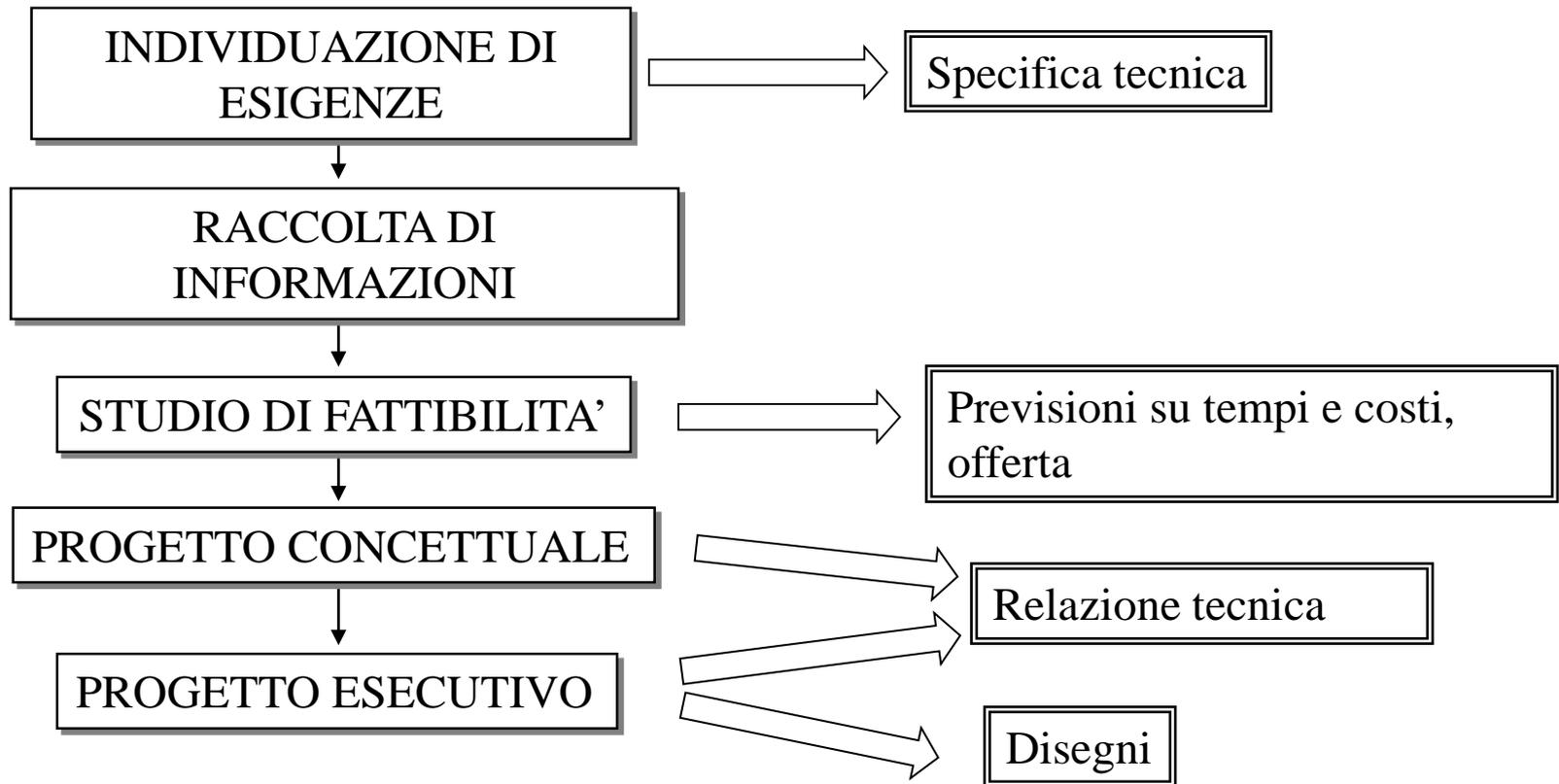
- Esperienza, tradizioni e dimensioni aziendali;
- Grado di innovazione del prodotto;
- Complessità del prodotto;

Inoltre, la progettazione implica quasi sempre attività (ideazione, immaginazione, etc.) che mal si prestano ad una organizzazione sistematica.

Pertanto, quanto segue deve essere considerato come un tentativo di razionale approccio al problema, suscettibile però, caso per caso, di rilevanti variazioni.



A tali fasi si accompagna generalmente l'emissione di apposita **documentazione tecnica**. Sia quest'ultima che le fasi saranno esaminate in maggiore dettaglio nel seguito



FASE 1) INDIVIDUAZIONE DELLE ESIGENZE

SCOPO: In questa fase vengono individuate e formalizzate le esigenze e/o i bisogni che si vuole soddisfare tramite il prodotto da sviluppare.

Alla fine di questo processo viene prodotta la **specifico tecnica**, un documento che definisce in modo univoco, tecnicamente corretto e, per quanto possibile, quantitativo le prestazioni richieste al prodotto (che cosa deve fare, con quale produttività) ed i vincoli posti al suo funzionamento ed alla sua costruzione (es. dimensioni massime).

La specifica tecnica costituisce quindi a tutti gli effetti la **definizione completa del problema** da risolvere.

Le specifiche tecniche possono essere definite da:

- un committente **esterno** all'azienda;
- appositi uffici **interni** all'azienda

Nel primo caso, un potenziale cliente individua alcune sue esigenze, le formalizza in una specifica e chiede alla Ditta una offerta economica per la fornitura di un prodotto che soddisfi le esigenze stesse.

Nel secondo caso una indagine di mercato consente di individuare l'esistenza di un certo numero di potenziali clienti per un determinato prodotto. Le caratteristiche di tale prodotto vengono pertanto fissate e formalizzate nella specifica tecnica

Il primo caso è tipico dei cosiddetti prodotti "su commessa", realizzati in un numero molto piccolo di esemplari (spesso uno solo) per soddisfare esigenze specifiche di un singolo cliente (Es. una gru di grandi dimensioni)

Il secondo caso è invece tipico dei beni prodotti in piccola o media serie (es. trapano da dentista) o di largo consumo (es. trapano portatile per uso domestico).

FASE 2 – RACCOLTA DI INFORMAZIONI

SCOPO: In questa fase si cerca di raccogliere ed utilizzare l'esperienza pregressa, disponibile sia all'interno che all'esterno dell'azienda, per ridurre i tempi ed i rischi connessi con lo sviluppo del progetto.

Questa fase, necessaria soprattutto se il prodotto da sviluppare è fortemente innovativo, include la raccolta preliminare di tutte le informazioni che possono risultare utili, quali:

- bibliografia;
- normative specifiche;
- soluzioni tecniche adottate in casi simili;
- eventuali brevetti industriali utilizzabili;
- cataloghi;
- elenchi di esperti cui chiedere eventuali consulenze.

FASE 3 – STUDIO DI FATTIBILITA'

SCOPO: Stabilire, in via preliminare e col minimo possibile impiego di risorse, se sia possibile produrre il bene definito nella specifica tecnica, in quali tempi ed a quali costi.

Il grado di difficoltà di questa fase dipende fortemente dal contenuto di innovazione del progetto.

Se si tratta di un bene già prodotto in passato, magari in forme o dimensioni leggermente diverse, ci si può avvalere dell'esperienza pregressa per delle stime affidabili.

In caso contrario, ci si deve basare sulle informazioni ottenute durante la fase due, sulla esperienza generale di progetto e su calcoli preliminari, generalmente basati su modelli molto semplici.

Il risultato di questa fase è una stima di:

- possibilità per l'azienda di produrre il bene richiesto;
- tempi richiesti per la produzione;
- costi della produzione.

E' bene sottolineare che queste stime non devono essere cautelative, ma realistiche e, se possibile, corredate di margini di incertezza.

Se la specifica era stata stilata da un committente esterno all'azienda, ci si basa sui risultati dello studio di fattibilità per formulare al committente stesso **un'offerta**. In base a tale offerta il committente decide se affidare il lavoro alla nostra azienda. Nel caso in cui questo accada, si procede con le successive fasi del progetto.

Se la specifica era invece il risultato di una indagine di mercato condotta dall'azienda stessa, sulla base dello studio di fattibilità si decide sulla **convenienza economica** della realizzazione e commercializzazione del prodotto. Nel caso in cui la decisione sia positiva, si procede con le successive fasi del progetto

Da quanto detto, appare evidente l'importanza cruciale dello studio di fattibilità, che, se mal condotto, può causare all'azienda gravi perdite economiche (sviluppo di prodotti economicamente fallimentari, perdita di commesse, etc.).

Per questo lo studio di fattibilità è generalmente affidato a progettisti esperti.

FASE 4 – PROGETTO CONCETTUALE

SCOPO: Definire i principi generali di funzionamento del prodotto, fissare le dimensioni di massima dei componenti, valutare le prestazioni ed i costi.

In questa fase, partendo dalla specifica e dai risultati della raccolta di informazioni, vengono analizzati e confrontati i possibili schemi costruttivi generali della macchina, al fine di scegliere il migliore.

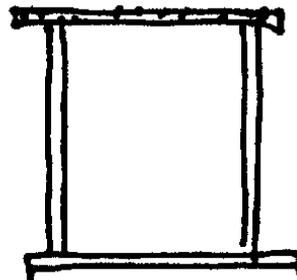
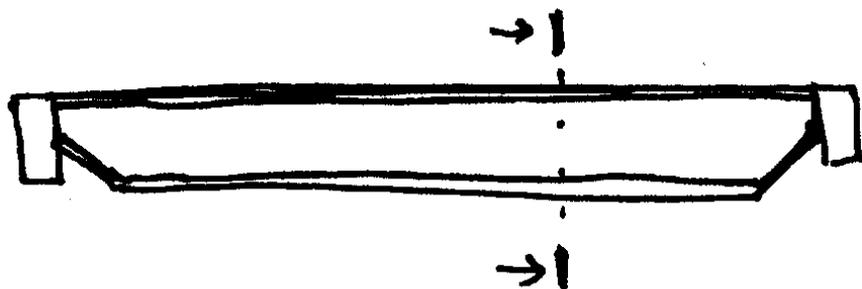
In genere si cerca di prendere in esame diversi principi di funzionamento alternativi e di sviluppare i relativi progetti fino a renderli confrontabili in termini di costi e prestazioni.

Questi sviluppi devono prendere in considerazione, per ragioni di costo e tempo, solo gli aspetti rilevanti di ciascuna soluzione, trascurando i dettagli.

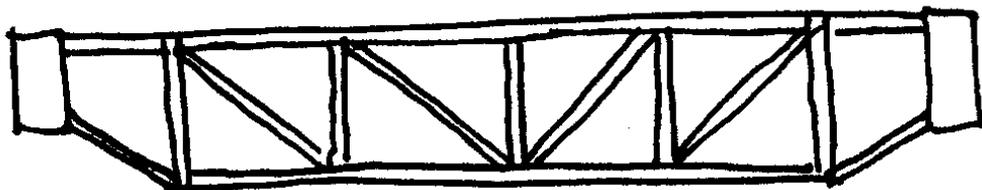
E' principalmente in questa fase che entra in gioco la creatività e la capacità di innovazione dei progettisti, ed è in questa fase che viene di fatto deciso gran parte del costo complessivo del progetto.

Alla fine di questa fase, si ha una sola soluzione costruttiva che viene sviluppata in dettaglio.

SLN 1 : PARETE PIENA



SLN 2 : TRALICCIO



CONFRONTO	SL1	SL2
PESO		
FAC. TRASPORTO		
= MONTAGGA		
COSTO		

FASE 5 – PROGETTO ESECUTIVO

SCOPO: Definire completamente ogni parte o componente del prodotto (materiali, forma geometrica, etc.).

Questa definizione di tutte le parti del prodotto avviene generalmente in modo progressivo ed iterativo.

Si inizia con i particolari ritenuti più importanti, definendone forma e dimensioni, materiali, etc. e tenendo conto delle esigenze produttive.

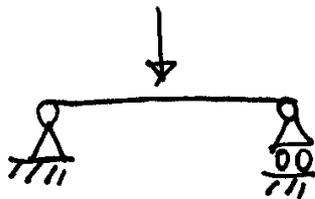
Il processo è iterativo in quanto è frequente che durante il dimensionamento di un componente, si renda necessario modificarne altri che erano stati già definiti, ad esempio per motivi di compatibilità geometrica.

In questa fase, si fanno anche accurati calcoli di verifica su tutti i particolari del prodotto.

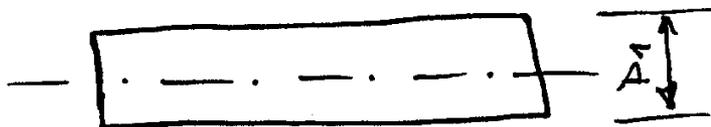
Alla fine del processo si ottengono:

- disegni di complessivo;
- disegni di particolare;
- relazione tecnica.

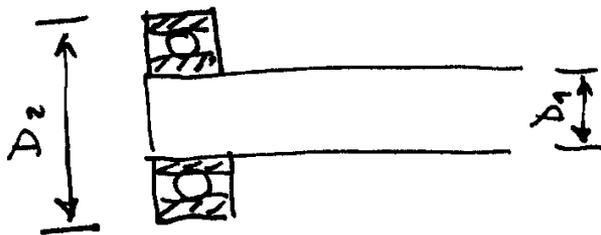
SCHEMA



DIMENSIONAMENTO ALBERO



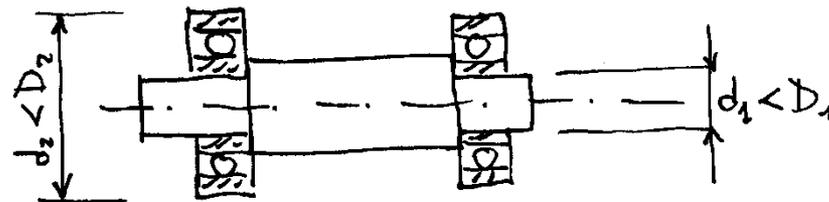
DIM. CO SCINETTI



D_2 TROPPO GRANDE



MODIFICA ALBERO



UNIFICAZIONE

Molti particolari ricorrenti presenti nei prodotti industriali (es. viti, cuscinetti, linguette, etc.) sono stati unificati, cioè ne è stata fissata una volta per tutte la forma, definita in apposite tabelle.

Questo ha consentito di ottenere i seguenti vantaggi principali:

- economia : i particolari unificati sono prodotti da poche aziende su grande o grandissima serie, con conseguenti notevoli economie di scala;
- intercambiabilità: particolari unificati prodotti da aziende diverse sono tutti perfettamente intercambiabili tra loro, il che rende semplice, ad esempio, il reperimento di parti di ricambio.

Anche all'interno delle aziende si sente l'opportunità di ridurre la varietà di forme di alcune parti ricorrenti in diversi prodotti.

Infatti, in assenza di azioni specifiche in tal senso, ad ogni commessa si tende a ridisegnare "ex novo" ogni particolare, con i seguenti inconvenienti:

- inutile ripetizione di attività di disegno e calcolo
- proliferazione di particolari molto simili tra loro, ma non intercambiabili per la presenza di differenze irrilevanti
- necessità di prevedere scorte per ciascuna versione del pezzo.

Per ovviare a questi inconvenienti molte aziende ricorrono ad una *unificazione interna*, fissando in appositi standard aziendali la forma dei particolari più comuni (es. molle, bielle, pistoni, etc.).

Tale unificazione interna consente di ottenere i seguenti vantaggi:

- evitare attività inutili
- economie produttive, eliminando la necessità di adattare i mezzi produttivi a varianti diverse
- intercambiabilità
- riduzione delle scorte di magazzino.

DISEGNI

I disegni sono prodotti in formati e secondo regole unificati.

In un macchina si distinguono generalmente due tipi di disegni: complessivi di montaggio e disegni di particolare.

Complessivi di montaggio

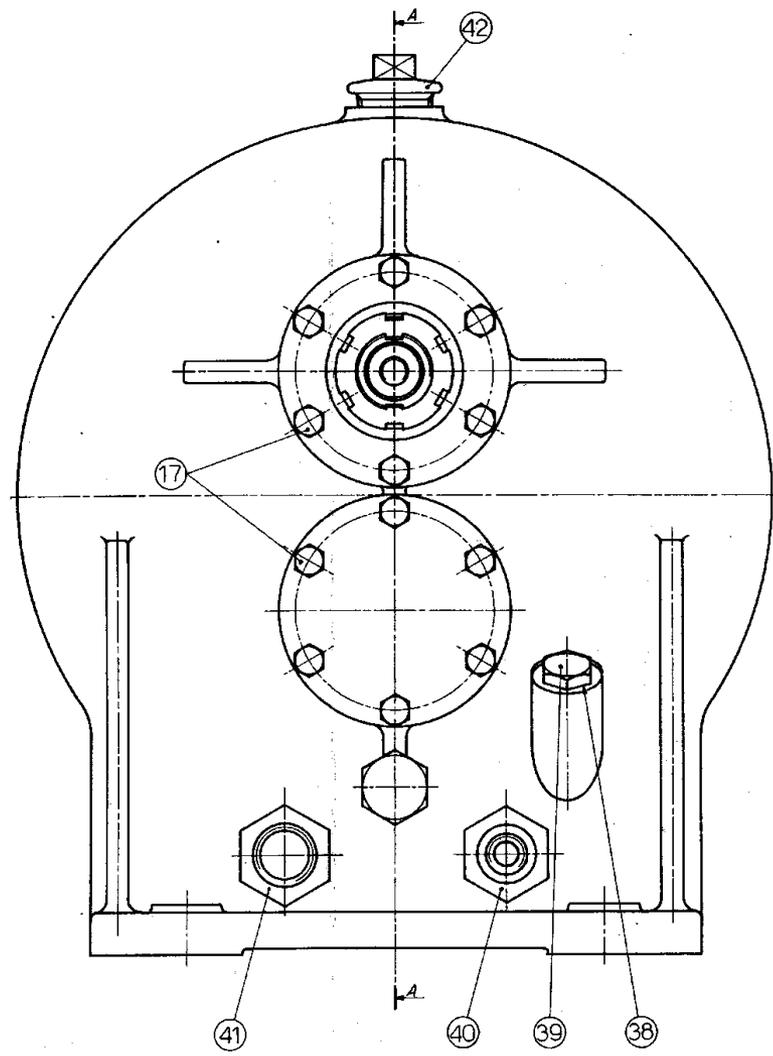
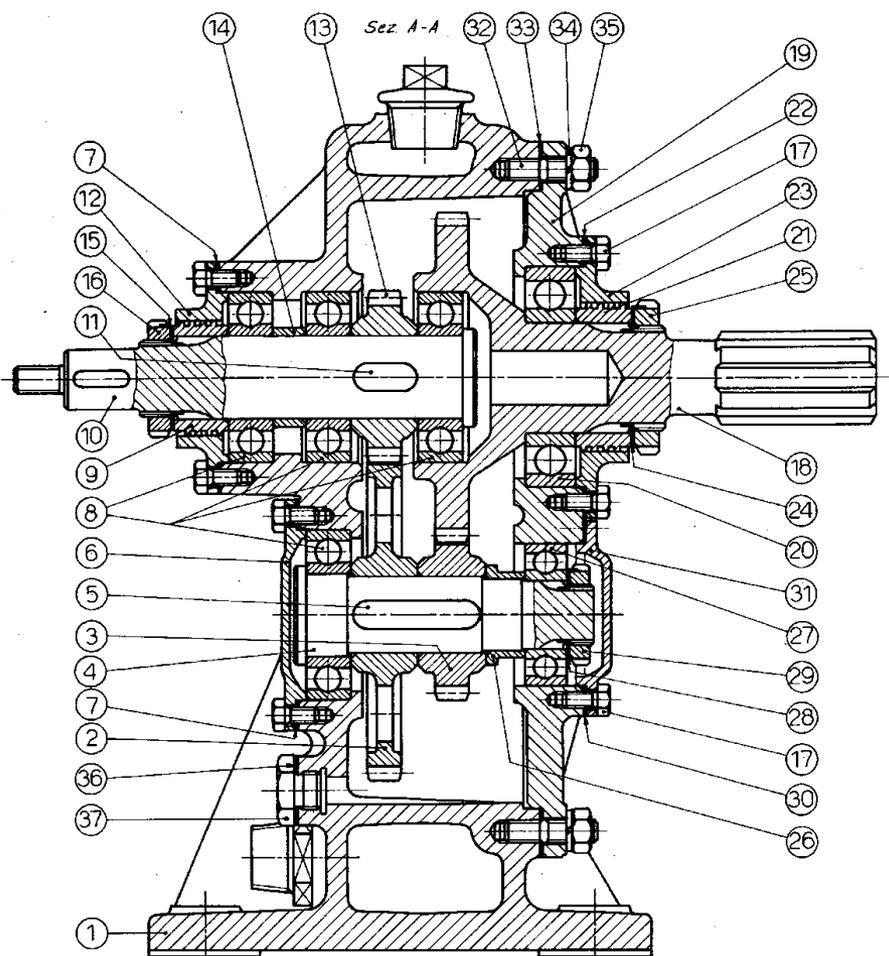
Hanno lo scopo di mostrare come si monta ogni pezzo della macchina.

Inoltre riportano le quote generali di ingombro della macchina montata e le quote che devono essere ottenute durante il montaggio tramite opportuno posizionamento dei pezzi.

In alcuni casi, sul complessivo possono inoltre essere mostrate, eventualmente in scala ridotta, le varie configurazioni che la macchina può assumere allo scopo di illustrarne il funzionamento.

I complessivi si distinguono in *generali*, che mostrano la macchina completa, e *di gruppo*, che mostrano il montaggio di insiemi di pezzi che possono essere montati separatamente dal resto.

Nel complessivo è riportata la *lista di montaggio*, indicante ciascun particolare della macchina con alcune informazioni accessorie, quali il numero di pezzi, la sigla di identificazione per i particolari unificati, il materiale di cui sono fatti, la sigla del relativo disegno di particolare per i particolari non unificati.



42	Tappo per foro di fusione	1		
41	Nipplo per uscita acqua	1		
40	Nipplo di rid. entr. acqua	1		
39	Tappo carico olio M10 x 1	1	OT 58 UNI 2012	
38	Guarn. tappo carico olio	1	Guarnital	
37	Tappo scarico olio M14 x 1,5	1	OT 58 UNI 2012	
36	Guarn. tappo scarico olio	1	Guarnital	
35	Dado M8 x 1 UNI 5588-65	8	5 S UNI 3740-65	
34	Rond. elast. A8 UNI 1751	8	C 72 UNI 3545	Bonificato
33	Guarnizione	1	Guarnital	
32	Prig. M8 x 18 UNI 5911-66	8	5 S UNI 3740-65	
31	Coperchietto	1	C 30 UNI 5332-64	Bonificato
30	Guarnizione	1	Guarnital	
29	Ghiera	1	C 20 UNI 3597	Crudo
28	Rosetta	1	C 60 UNI 3545	Ricotto
27	Cusc. 25 x 52 x 15 UNI 4881	1	100 C 6 UNI 3097	
26	Distanziale	1	C 30 UNI 5332-64	Bonificato
25	Ghiera	1	C 20 UNI 3597	Crudo
24	Rosetta	1	C 60 UNI 3545	Ricotto
23	Flangia	1	C 30 UNI 5332-64	Bonificato
22	Guarnizioni	1	Guarnital	
21	Chiocciola labirinto	1	C 30 UNI 5332-64	Bonificato
20	Cusc. 40 x 80 x 18 UNI 4203	1	100 C 6 UNI 3097	
19	Coperchio	1	G 20 UNI 5007	
18	Albero con ingranaggio	1	18 Ni Cr Mo 12 UNI 5331-64	Cement. e tempr.
17	Viti M6 x 12 UNI 5739-65	22	5 S UNI 3740-65	
16	Ghiera	1	C 20 UNI 3597	Crudo
15	Rosetta	1	C 60 UNI 3545	Ricotto
14	Distanziale	1	C 30 UNI 5332-64	Bonificato
13	Ruota dentata	1	18 Ni Cr Mo 12 UNI 5331-64	Cement. e tempr.
12	Flangia	1	C 30 UNI 5332-64	Bonificato
11	Ling. 10 x 6 x 20 UNIM 98	1	C 50 UNI 3597	Crudo
10	Albero d'entrata	1	35 Cr Mo 4 UNI 5332-64	Bonificato
9	Chiocciola labirinto	1	C 30 UNI 5332-64	Bonificato
8	Cusc. 30 x 62 x 16 UNI 4481	4	100 C 6 UNI 3097	
7	Guarnizione	2	Guarnital	
6	Coperchietto	1	C 30 UNI 5332-64	Bonificato
5	Ling. 10 x 6 x 45 UNIM 98	1	C 50 UNI 3597	Crudo
4	Albero di rinvio	1	35 Cr Mo 4 UNI 5332-64	Bonificato
3	Ruota dentata	1	18 Ni Cr Mo 12 UNI 5331-64	Cement. e tempr.
2	Ruota dentata	1	18 Ni Cr Mo 12 UNI 5331-64	Cement. e tempr.
1	Scatola	1	G 20 UNI 5007	
Pos.	DENOMINAZIONE	n.p.	MATERIALE	NOTE
Oggetto:			RIDUTTORE DI VELOCITÀ AD ASSI PARALLELI	Scala 1 : 2,5
ISTITUTO				
Alunno:		Classe:	Sez.:	Data:
Osservazioni: QUOTE SENZA INDICAZIONE DI TOLLERANZA GRADO DI PRECISIONE MEDIO UNI 5307-63				Tav. n°

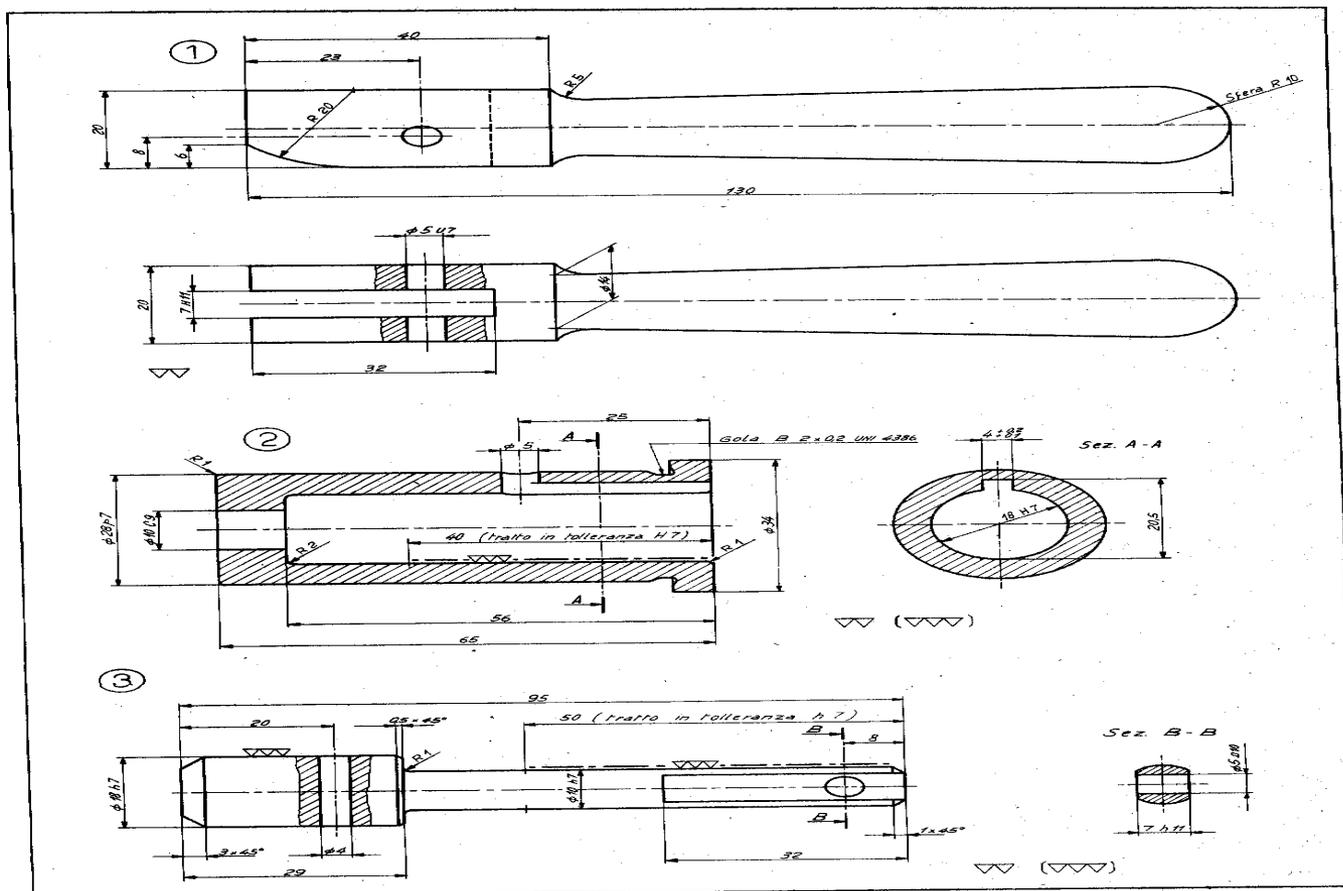
Disegni di particolare

Hanno lo scopo di definire in maniera completa ed univoca, seguendo un apposito insieme di regole e convenzioni, la forma geometrica del pezzo.

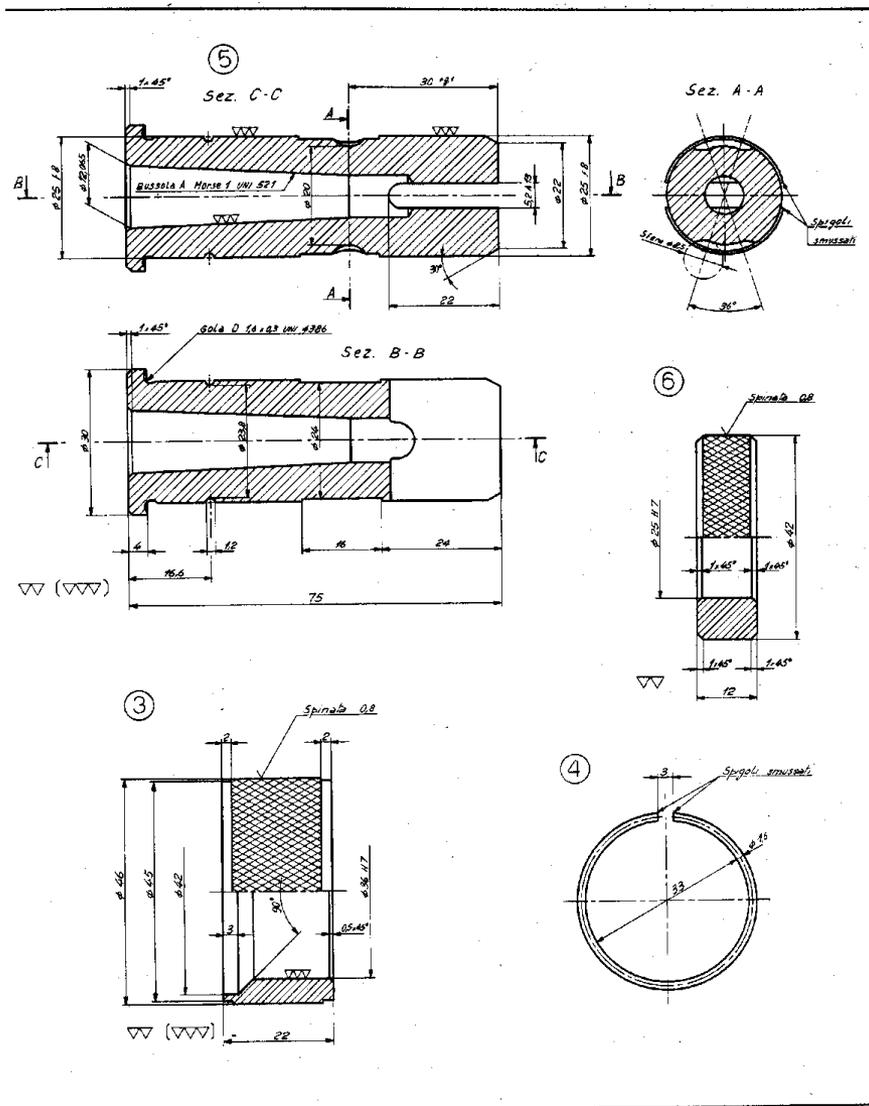
Deve essere prodotto un disegno per ogni particolare non unificato presente nella macchina.

Sul disegno sono indicati :

- il valore numerico di tutte le dimensioni geometriche (quote) strettamente necessarie per definire la forma del pezzo;
- gli errori (tolleranze) ammessi sulla realizzazione di ciascuna quota e/o su alcuni aspetti della forma del pezzo, come la concentricità di due fori o il parallelismo di due superfici;
- indicazioni per eventuali lavorazioni o trattamenti particolari da effettuare sul pezzo;



Tav. 8-4^a B



Tav. 8-3ª B

SPECIFICA TECNICA

DEF: Documento contenente la definizione tecnicamente corretta ed univoca delle prestazioni richieste ad un prodotto industriale e degli vincoli esistenti sul suo modo di operare

Nel caso in cui la fornitura sia regolata da un contratto, la specifica ne è in genere parte integrante e costituisce pertanto il termine di paragone legale per decidere della correttezza della fornitura stessa.

Dato che la specifica tecnica può riguardare prodotti molto diversi tra loro (materiali, componenti, impianti, macchine, prodotti di largo consumo), sia per natura che per complessità, la sua articolazione ed i suoi contenuti sono in realtà molto variabili.

Nel seguito viene presentata una articolazione che, con le opportune modifiche ed eliminando alcune parti che si rivelassero inutili caso per caso, può costituire un schema generale atto ad illustrare in dettaglio i contenuti e gli scopi della specifica tecnica.

SPECIFICA TECNICA - CONTENUTI/1

1) SIGLA DI IDENT., DATA, RESPONSABILE

2) INDICE

3) INTRODUZIONE

In questa parte si definisce in forma discorsiva il prodotto cui la specifica si riferisce e si illustrano le esigenze che hanno condotto alla decisione di realizzare il prodotto stesso.

Si introducono anche le eventuali definizioni e si illustra in generale il contesto in cui il prodotto sarà chiamato ad operare.

4) PRESTAZIONI

Si definisce in forma chiara ed univoca:

- **che cosa** il prodotto deve essere in grado di fare;
- con quale **produttività** deve farlo

OSS. 1: La definizione dovrebbe essere idealmente in forma **quantitativa**. Tuttavia, non sempre risulta facile formulare in tal modo le prestazioni richieste al prodotto.

Si pensi, a titolo di esempio, alla specifica di un trita-verdure. Per un oggetto del genere, un potenziale cliente tenderebbe a formulare le prestazioni richieste in forma **qualitativa** (...verdure "ben" tritate...).

Una tale formulazione risulta in genere troppo soggettiva per essere utilizzabile in sede di progetto. Tuttavia è possibile tentare di esprimerla in termini quantitativi attraverso le seguenti procedure:

1 – Conversione in limiti su parametri fisici.

- Si individuano i parametri fisici da cui la prestazione richiesta dipende (es. le dimensioni e la velocità di rotazione dell'utensile)
- Si individuano, attraverso prove e/o per analisi di macchine simili, limiti su tali parametri fisici che garantiscono un buon risultato.
- Si introducono in specifica prescrizioni su tali parametri fisici

2 – Prescrizione attraverso prove imposte

- Si individuano condizioni di prova che, se superate, si possono ritenere garanzia di un corretto funzionamento
- Si introducono in specifica le caratteristiche della prova da superare

SPECIFICA TECNICA - CONTENUTI/2

5) CONDIZIONI DA SODDISFARE (VINCOLI)

Vengono definite tutte le limitazioni/restrizioni/prescrizioni relative al funzionamento del prodotto. Le più comuni di tali restrizioni sono:

- *Pesi ed ingombri*: definizione dei valori massimi ammissibili per il peso del prodotto e per i suoi ingombri. In genere è preferibile definire questi ultimi con l'ausilio di disegni che rappresentino quale zona dello spazio può essere occupata dal prodotto, eventualmente differenziata per i diversi regimi di funzionamento (Es. una gru installata su camion può avere prescrizioni di ingombro diverse durante le fasi operative rispetto a quando il camion è in viaggio).
- *Interfacce*: servono a definire in maniera chiara le condizioni per una corretta interazione tra il prodotto e l'ambiente in cui si troverà ad operare; in genere è necessario definire interfacce con:
 - Impianti (elettrico, pneumatico, oleodinamico)
 - Altri macchinari: in questo caso è necessario definire il modo con cui la nuova macchina deve collegarsi ad altre eventuali macchine ed i carichi massimi che possono essere trasmessi, anche in questo caso spesso con l'ausilio di disegni (es. per un tagliaerba da montare su di un trattore è necessario fornire un disegno dell'attacco a tre punti e della presa di forza)

- Materiali e/o oggetti su cui il prodotto opera: è necessario definire il modo con cui il prodotto interagisce con tali oggetti ed i carichi massimi trasmessi (es. per una gru, il modo con cui deve afferrare il carico, le accelerazioni massime a cui deve sottoporlo, etc.)
- *Prescrizioni legali, di normativa:* precisano con quali normative il prodotto deve essere in accordo; spesso, per poter essere commercializzato o installato in determinati paesi, il prodotto deve rispettare le relative normative; per questo è opportuno precisare tutte le normative da rispettare; il fatto che il prodotto sia in accordo con esse deve poi essere certificato dalla relazione tecnica.
- *Prescrizioni di unificazione:* si precisa la o le unificazioni cui in cui devono rientrare i particolari unificati (Es. viti, bulloni, cuscinetti); serve ad assicurare la facile reperibilità dei ricambi.
- *Prescrizioni ambientali:* vengono definite le condizioni ambientali in cui il prodotto deve poter operare (Es. zona climatica, zona sismica, temperatura, umidità, vento, presenza di inquinanti, presenza di agenti corrosivi, etc.)
- *Prescrizioni ergonomiche:* si definisce il modo in cui la macchina deve interagire con l'utente e/o il manovratore; comprendono di solito:
 - N° di operatori richiesti
 - Loro qualifica
 - Posizione dell'operatore
 - Forma e posizione dei comandi
 - Dispositivi di sicurezza

SPECIFICA TECNICA - CONTENUTI/3

OSS. : Le condizioni da inserire nella specifica devono essere **tutte e sole quelle strettamente necessarie** a garantire la corretta fruibilità del prodotto. Ogni condizione necessaria non prevista espone al rischio che il prodotto non possa essere utilizzato correttamente (una delle cause più frequenti di problemi è proprio una insufficiente definizione delle interfacce). Di contro, ogni condizione superflua finisce inevitabilmente per produrre un inutile incremento del costo del prodotto.

SPECIFICA TECNICA - CONTENUTI/4

6) TRASPORTO E MONTAGGIO

In questa sezione viene stabilito chi fa il trasporto ed il montaggio, le eventuali attrezzature e/o personale necessari (se il montaggio è a cura del committente), eventuali limitazioni sul trasporto (es. ingombri massimi del carico)

7) COLLAUDO ED ACCETTAZIONE

Servono a stabilire in modo univoco ed oggettivo se il prodotto fornisce le prestazioni richieste.

Si fissano delle condizioni di lavoro ben definite in cui far operare il prodotto ed i risultati minimi richiesti per l'accettazione. In genere, viene anche stabilita una terza parte che presiede il collaudo e ne giudica i risultati.

Le modalità di collaudo vengono stabilite in modo da evidenziare eventuali limiti o pecche di funzionamento della macchina e sono quindi generalmente più gravose di quelle usuali di lavoro.

Esse sono particolarmente importanti in casi in cui le prestazioni non possono essere definite facilmente in forma quantitativa.

8) MODALITA' DI IMPIEGO.

Esigenze di manutenzione massime ammesse, sia di tipo ordinario (Es. sostituzione o rinnovo lubrificanti) che straordinario (Es. sostituzione di parti usurate).

Si stabilisce la periodicità e la durata della manutenzione, il costo dei materiali, la manodopera, le attrezzature richieste, etc.

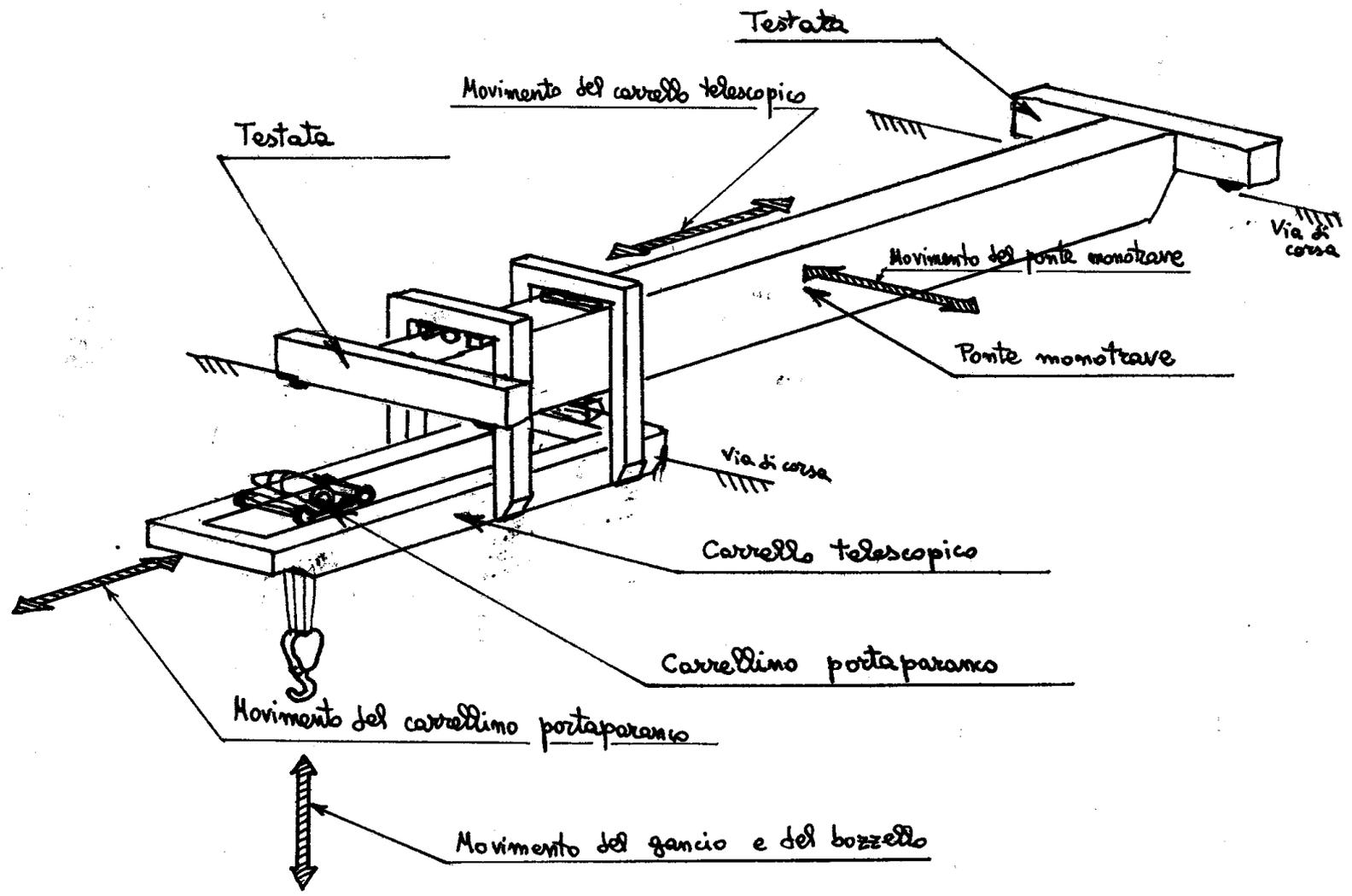


fig. 15

SPECIFICA DI GRU A PONTE TELESCOPICA

1. INTRODUZIONE

Questa specifica definisce una gru a ponte per sollevamento e trasporto di pacchi di lamierini pallettizzati da installarsi nel magazzino rappresentato in allegato 1.

Tale gru deve compiere le seguenti operazioni di trasporto :

- 1) dall'ascensore al magazzino
- 2) dall'ascensore alla zona di imbocco del capannone adiacente
- 3) dal magazzino alla zona di imbocco del capannone adiacente
- 4) da una zona ad un'altra del magazzino
- 5) operazioni inverse alle precedenti

2. GENERALITA'.

La gru deve essere consegnata completa di ogni parte meccanica o elettrica necessaria al suo funzionamento .

I moti di sollevamento e traslazione devono avvenire con movimenti comandati elettricamente .

La traslazione del ponte che scorre sulle vie di corsa già preesistenti deve avvenire per mezzo di motoriduttori direttamente applicati agli assi delle ruote .

Tutti i motori devono essere del tipo asincrono trifase .

La presa di potenza deve avvenire per mezzo di contatti striscianti su apposite linee blindate da collocare a un lato del capannone parallelamente alle vie di corsa; questi elementi devono essere consegnati insieme alla gru. Per il sostegno delle linee blindate si deve utilizzare la trave continua su cui sono poste le vie di corsa. (vedi allegato 1).

Sono richiesti opportuni dispositivi di sicurezza che impediscano danneggiamenti della gru o del capannone dovuti a errori di manovra .

I seguenti componenti devono essere di tipo unificato (norme UNI e UNEL) :

forme costruttive e attacchi dei motoriduttori di traslazione

bulloneria, linguette e chiavette, cuscinetti

Deve essere previsto l'utilizzo della macchina per un periodo minimo di 10 anni.

3. PRESTAZIONI.

3.1 Generalità.

Per l'esecuzione delle operazioni di cui all'introduzione si richiede che la gru possa posizionare il gancio in modo che la sua proiezione verticale raggiunga qualsiasi punto dell'area indicata a tratteggio in fig. 2.

Presi due punti qualunque dell'area suddetta la gru deve essere in grado di sollevare il carico con il gancio in corrispondenza del primo punto, trasportarlo e deporlo con il gancio in corrispondenza del secondo .

Si tenga presente che, nel compiere tali operazioni :

la gru può appoggiare esclusivamente sulle vie di corsa già preesistenti (v. allegato 1) .

non si devono usare mezzi di trasporto ausiliari come rulli, carrelli, etc.

3.2 Portata .

Si richiede una portata netta al gancio di 7800 Kg .

3.3 Caratteristiche del carico .

Il carico da trasportare è costituito da 1 o da 2 pacchi di lamierini pallettizzati del peso di 3800 Kg ciascuno e delle dimensioni indicate in fig. 1. Nel caso di 2 pacchi, essi devono essere trasportati contemporaneamente, uniti insieme mediante imbracatura

Caratteristiche del servizio .

La gru deve funzionare per non più di 8 ore al giorno con periodi di sosta molto brevi .

Deve sollevare :

- 1) nel 70 % , dei casi un solo pacco di lamierini
- 2) nel 30 % dei casi due pacchi di lamierini

3.4 Corsa del gancio .

Dal livello del pavimento fino ad un'altezza non inferiore a

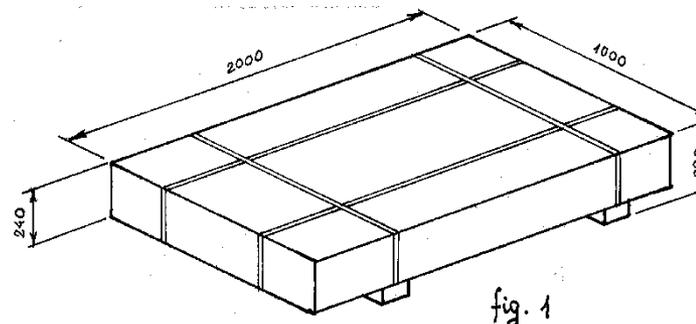


fig. 1

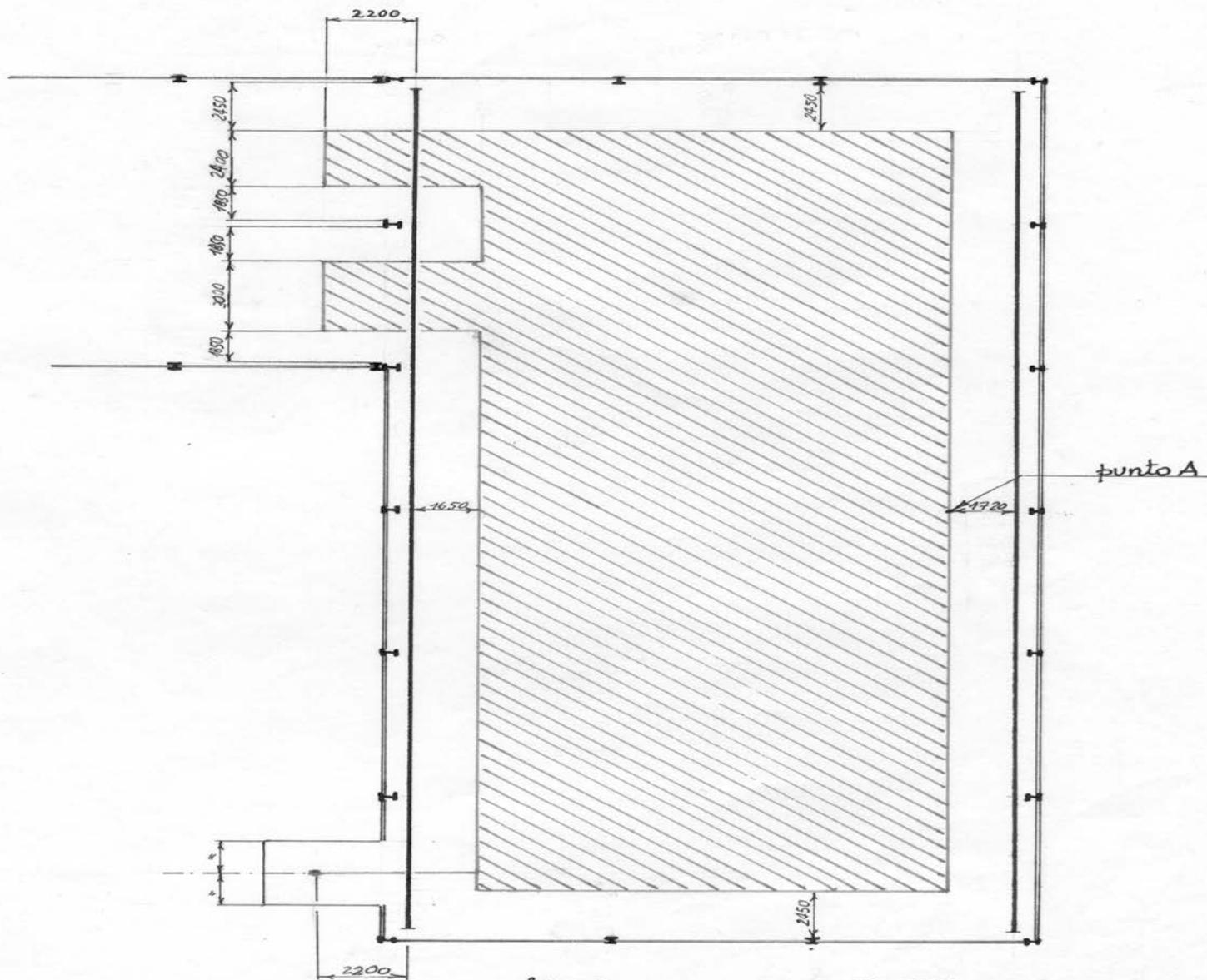


fig. 2

PIANTA

3.5 Tempi .

Il tempo necessario per sollevare il carico massimo ammesso nel punto della zona centrale del magazzino indicato con A in fig. 2 , trasportarlo in un qualunque altro punto della zona operativa della gru e depositarlo (o operazione inversa) non deve superare i 4 minuti.

3.6 Gruppo di comando .

un unico operatore, appositamente addestrato, deve essere sufficiente per guidare la gru in ogni suo movimento . Tale operatore deve lavorare nelle condizioni di sicurezza previste dall'ENPI e non compiere sforzi di entità superiore a 3 Kg .

Il comando deve essere realizzato con pulsantiera pensile scorrevole in modo che l'operatore possa seguire da vicino il carico, camminando sul pavimento .

3.7 Oscillazioni del carico .

Supponendo che l'operatore segua rigorosamente le norme di uso, considerando le massime oscillazioni che in tal caso possono generarsi durante il sollevamento e il moto della gru e l'ingombro del carico {v. fig. 1), si deve garantire in ogni caso che:

il carico stesso non urti contro le pareti e i pilastri del capannone (v. allegato 1)

il carico stesso, considerato al livello del pavimento, durante le sue oscillazioni, non si allontani in senso orizzontale dal suo punto di equilibrio statico più di 650 mm

3.7 Tiro obliquo .

Considerando la proiezione verticale del gancio sul pavimento, deve essere permesso agganciare e sollevare il carico da un punto qualsiasi compreso nel cerchio avente per centro la proiezione suddetta e raggio di 300 mm senza dover muovere di nuovo la gru per avvicinare di più il gancio al carico stesso.

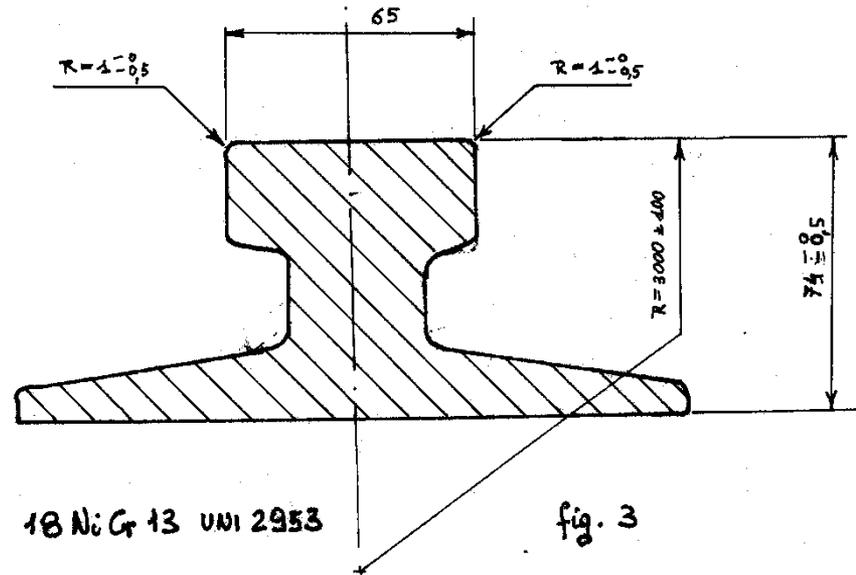
4. INTERFACCE CON LE VIE DI CORSA E CON IL CAPANNONE .

Le vie di corsa, già preesistenti, sono costituite da rotaie tipo BURBACH A 65 (secondo norme DIN 53b); tale rotaia è illustrata in fig. 3

Ciascuna rotaia è posta su una trave continua IPE 600 appoggiata su pilastri in ferro (v. allegato 1).

Lo scartamento nominale a 20 °C è 15 m.

L'altezza nominale del piano superiore delle rotaie dal pavimento è 6.75 m.



1. Tolleranze

a) rettilineità in un piano orizzontale della rotaia

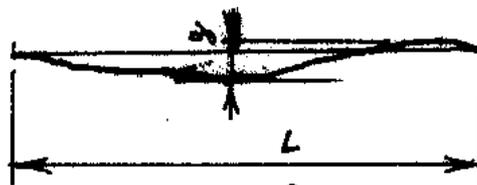


fig. 4

$$\frac{y}{L} \leq \frac{1}{1000}$$

b) differenza di altezza tra due punti di appoggio consecutivi sulla rotaia.

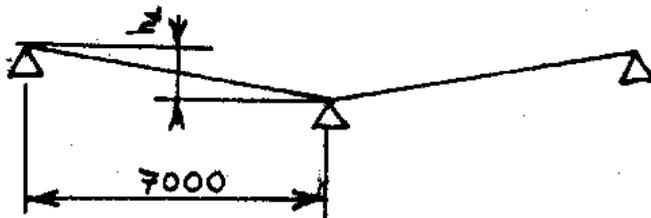
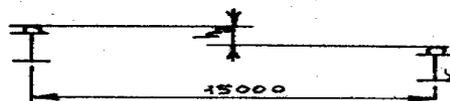


fig. 5

$$h_1 \leq 2,8 \text{ mm}$$

- c) tolleranza sullo scartamento +/- 4 mm
- d) differenza di livello fra le due rotaie



$$h_2 \leq 7,5 \text{ mm}$$

fig. 6

- e) L'angolo massimo che può esserci fra l'asse verticale della sezione di una rotaia e la normale al piano di contatto che unisce le due rotaie (v. fig. 1) è 6°.

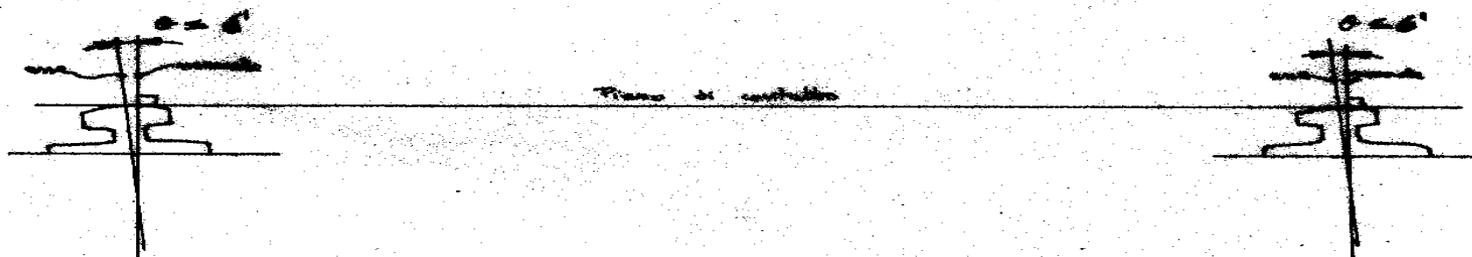


fig. 7

4.2 Respingenti .

Le vie di corsa sono dotate di respingenti in acciaio la cui posizione nel capannone è indicata in fig. 1 . Ciascuno di questi respingenti è in grado di sopportare al massimo un urto di energia di 4000 joule.

Ciascuno di questi respingenti, sollecitato da un urto di tale entità risponde con una forza massima di 4000 Kg e uno spostamento di 200 mm .

In fig. 8 sono indicate la forma dei respingenti suddetti e le loro dimensioni .

Le strutture del capannone e in particolare le vie di corsa sono state progettate per resistere ai seguenti carichi massimi :

- carico verticale concentrato sulla mezzeria della luce fra due appoggi consecutivi delle vie di corsa 25 t .
- carico orizzontale concentrato sulla mezzeria della luce fra due appoggi consecutivi delle vie di corsa, in direzione perpendicolare ad esse 2 t .
- carico orizzontale concentrato in direzione delle vie di corsa 6 t .

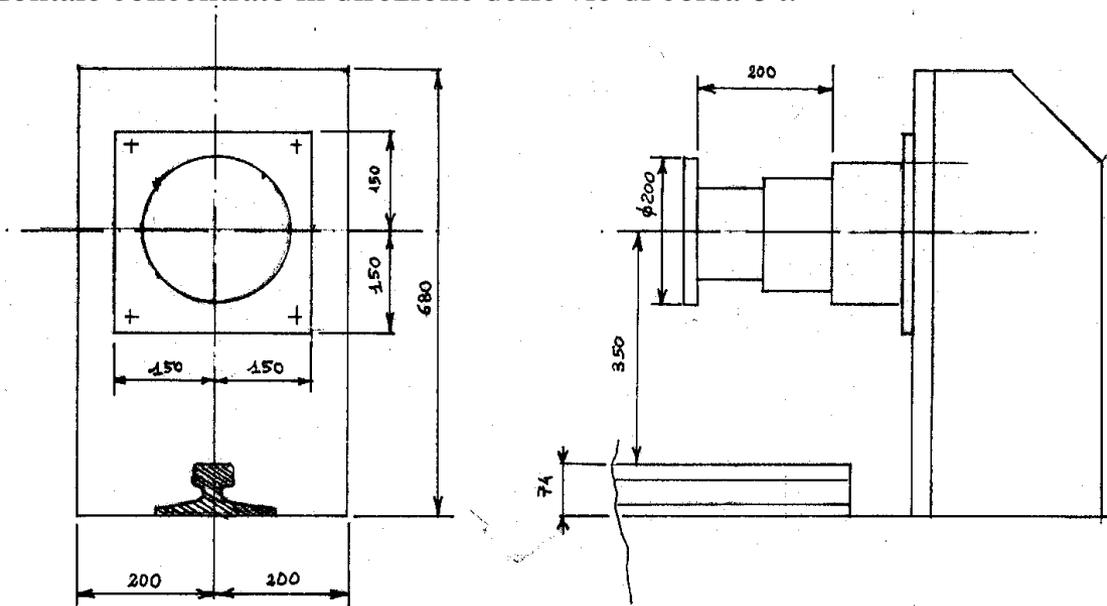
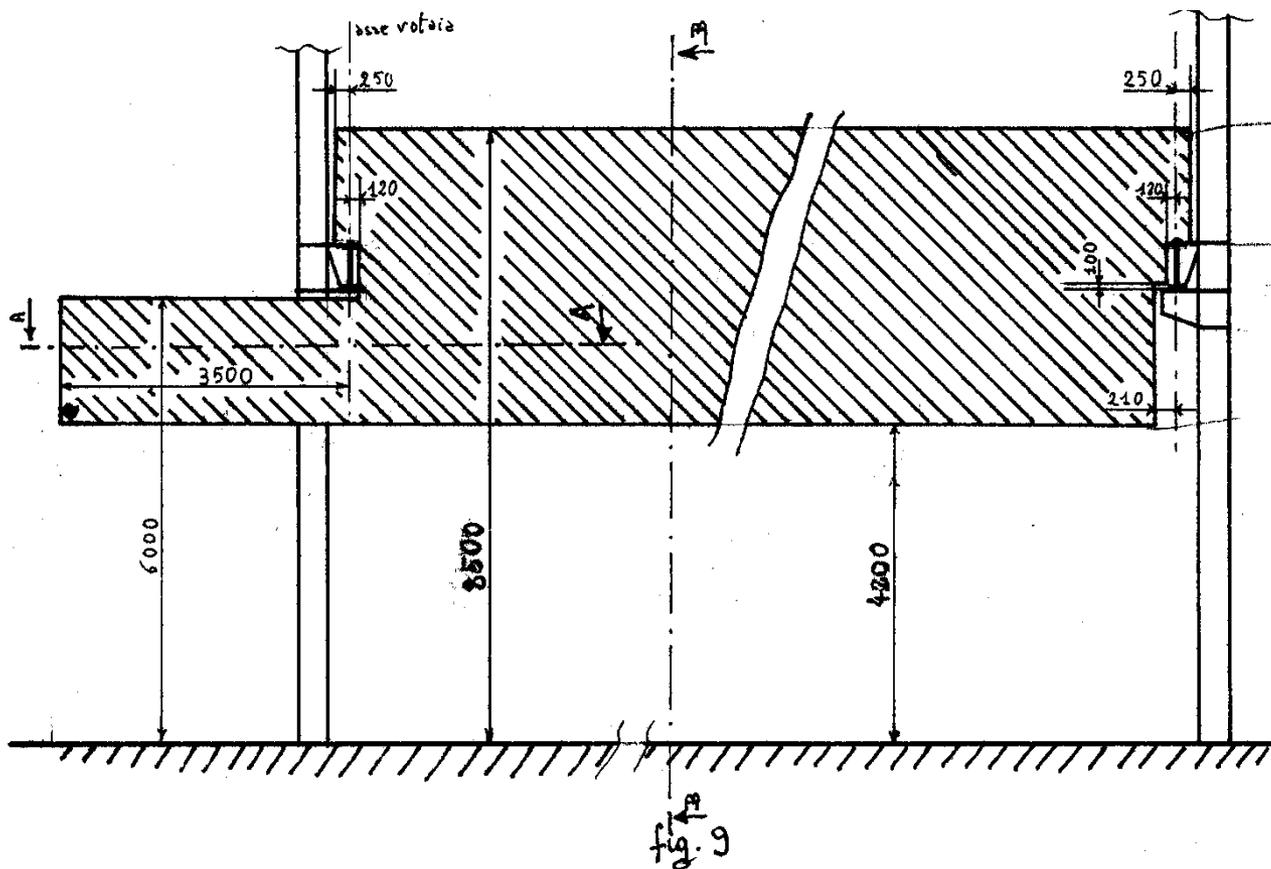


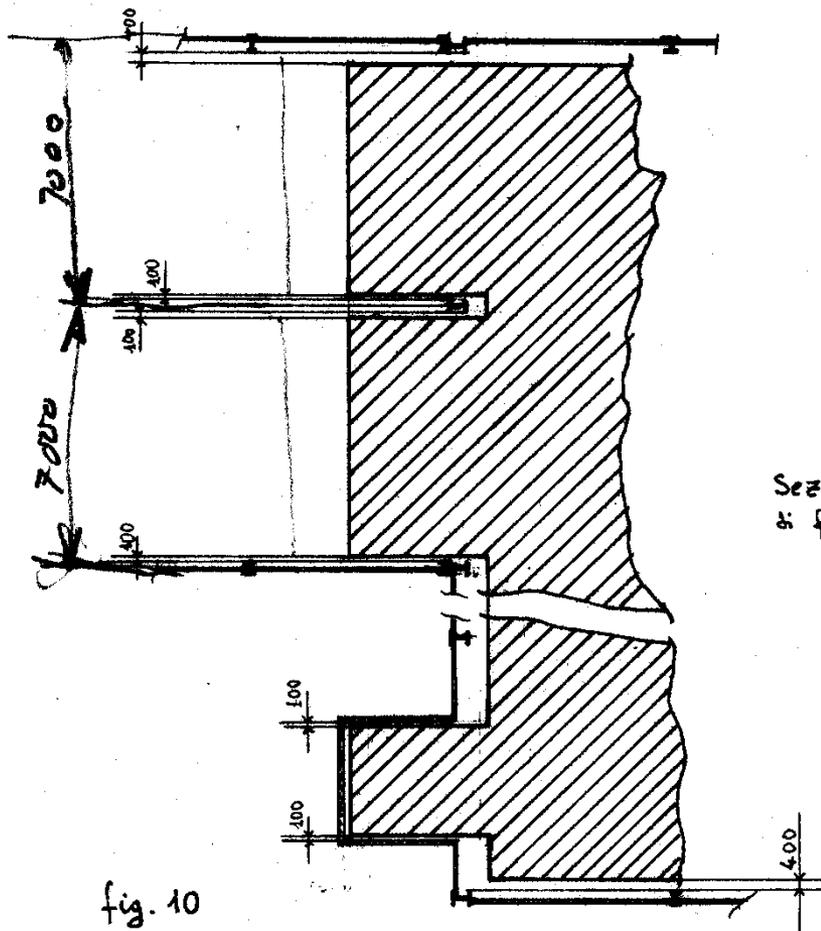
fig. 8

4.3 Ingombri.

In tutti i suoi movimenti la gru deve mantenersi entro le sagome di cui alle figure 9, 10, 11, 12.

- gru impegnata in manovre davanti o entro l'ascensore o il capannone adiacente





b) gru impegnata in manovre nelle rimanenti zone del capannone

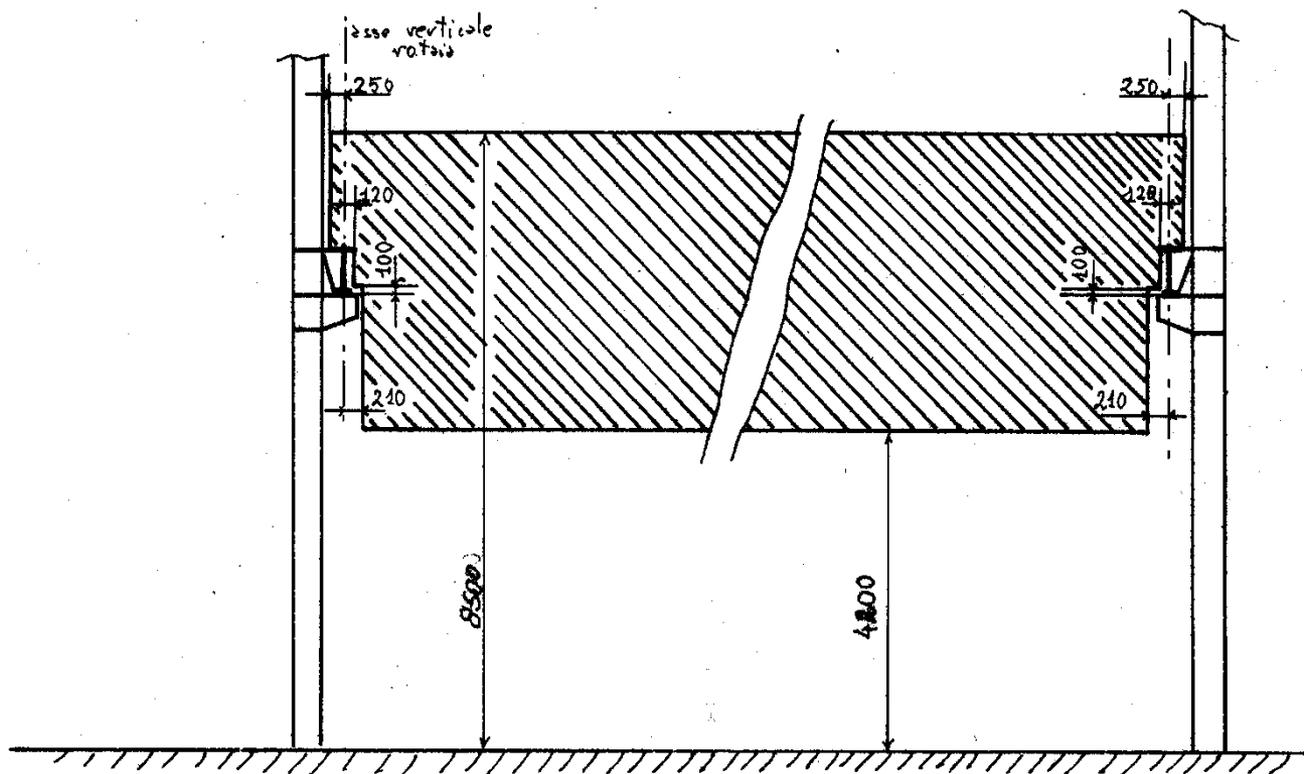


fig. 11

c) gru in prossimità dei respingenti posti sulle vie di corsa . Ogni parte della gru non deve sporgere al di fuori della sagoma rappresentata in fig. 12 anche durante le fasi di urto e compressione dei respingenti.

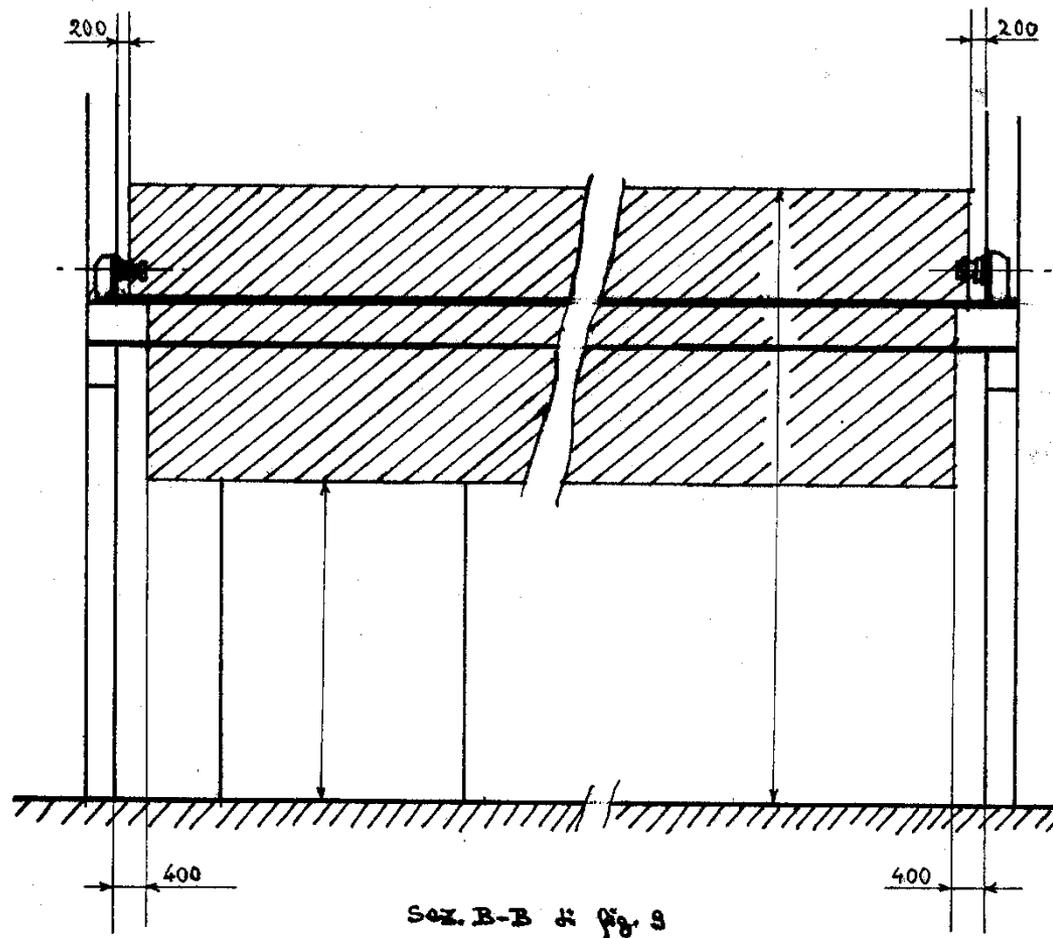


fig. 12

5. INTERFACCIA CON L'IMPIANTO ELETTRICO

Si dispone di una rete di alimentazione alternata trifase avente le seguenti caratteristiche :

Tensione. 380 V +/- 10 %

Frequenza. ; 50 Hertz +/- 0.5 %.

Distribuzione a. 5 cavi: 3 conduttori di fase + neutro + cavo di messa a terra

Quadro generale di distribuzione a terra in armadietto, posto nel punto Q, dell'allegato 1 , con interruttore generale

Interruttori automatici a relais tarati per una corrente , massima di 60 Ampere, posti su ogni fase a valle dell'interruttore generale .

6. INTERFACCIA COL CARICO

Si dispone già di un sistema di imbracatura, per l'aggancio del quale si richiede che la gru sia fornita di adeguato gancio del tipo UNI 4392 forma A .

7. NORMATIVA E DISPOSIZIONI DI LEGGE

La gru deve essere conforme alle norme e prescrizioni seguenti :

norme CNR-UNI 10021-73 : Strutture in acciaio per apparecchi di sollevamento. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione.

norme CNR-UNI 10011-73 : Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione.

norme CNR-UNI 10012-67 : Ipotesi di carico sulle costruzioni.

norme CEI

norme UNEL

norme ENPI

8. CONDIZIONI AMBIENTALI

Altezza sul livello del mare 125 m

Zona non sismica

Ambiente di lavoro al chiuso

Atmosfera non salmastrosa e priva di particolari agenti corrosivi.

Temperatura minima -5 °C

Temperatura massima + 40 °C

9 .VERNICIATURA

La gru deve essere verniciata in conformità a quanto prescritto dalle norme U.NI-CNR 10011-73 ai punti: 5.15.1-6.

10. ISPEZIONE E MANUTENZIONE

La gru deve essere ispezionabile in tutte le sue parti . Essa deve essere in grado di funzionare come esposto in specifica richiedendo interventi di manutenzione preventiva, non più frequenti di uno ogni due mesi, ciascuno dei quali dovrà richiedere il lavoro di non più di due operai non specializzati per un tempo non superiore alle 4 ore con macchina ferma .

Insieme alla gru deve essere consegnato un libretto con le norme di uso e manutenzione.

11. RIPARAZIONI E RICAMBI

Motoriduttori, giunti di trasmissione, respingenti, funi, organi di sollevamento ed ogni parte dell'impianto elettrico devono poter essere sostituiti o riparati da non più di due operai o tecnici specializzati in un tempo non superiore alle otto ore, senza togliere la gru ed il carrello dalle rispettive vie di corsa.

Tali operazioni devono poter essere effettuate con normali attrezzi da officina o con eventuali attrezzi speciali da fornire insieme alla gru. Potrà inoltre essere impiegata l'autogru, già in nostro possesso, avente le caratteristiche indicate in fig. 13.

Per ruote, cuscinetti, perni, alberi vale quanto detto sopra, con l'eventuale ausilio di una autogru di maggiore potenzialità con guidatore. Si concede di poter impiegare un'autogru della portata massima di 8 tonnellate ad uno sbraccio massimo di 3 m e ad un'altezza massima di 8 m .

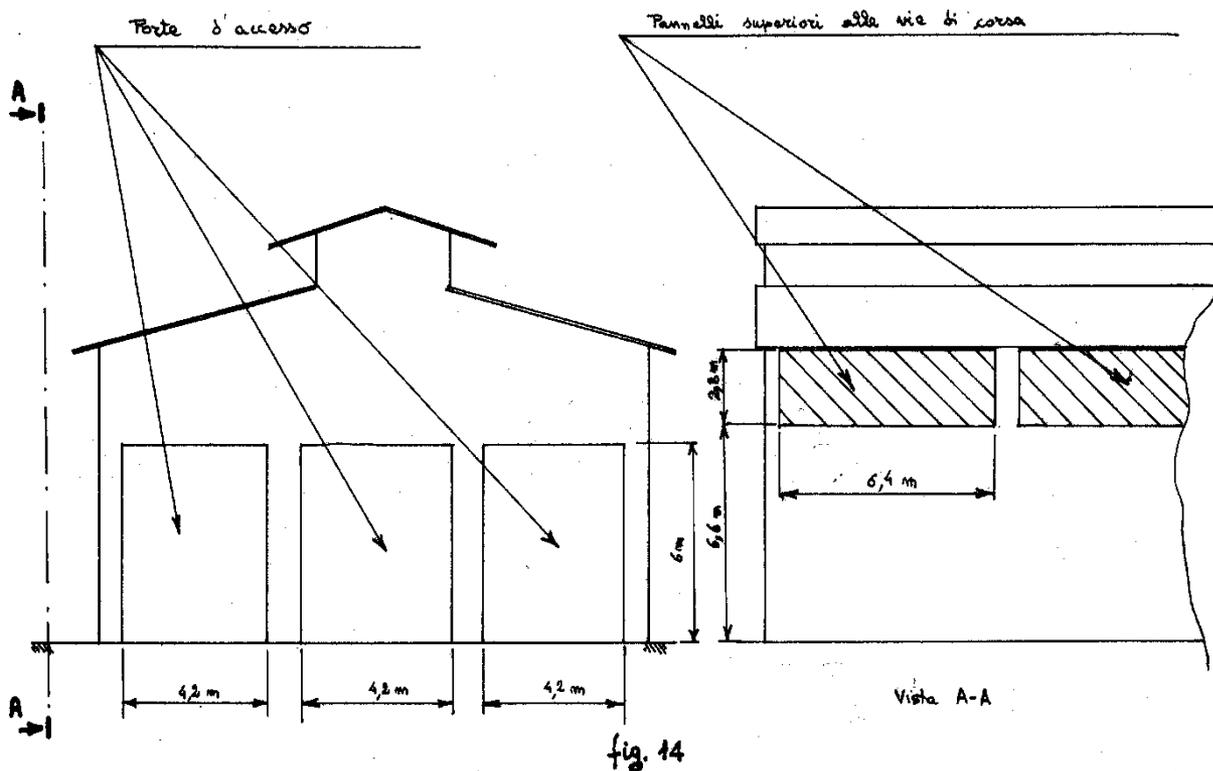
12. TRASPORTO E MONTAGGIO .

Le operazioni di trasporto e montaggio di ogni parte elettrica o meccanica necessaria al corretto funzionamento della gru devono essere effettuate dalla ditta fornitrice .

Il capannone è dotato di tre porte di accesso di cui in fig. 14. sono indicate posizione e dimensioni .

Per il montaggio è disponibile l'intera area del capannone, di cui non è consentito smontare alcuna parte, tranne i pannelli costituenti la parete superiore alle vie di corsa (v. fig. 14) .

Durante il montaggio non è consentito far sostenere carichi alle strutture del capannone .



13. COLLAUDO

Il collaudo sarà effettuato, in presenza di rappresentanti della ditta costruttrice e di quella acquirente, da un ingegnere iscritto all'albo professionale nominato dal committente, che non sia intervenuto in alcun modo nella progettazione, direzione ed esecuzione dell'opera . Il collaudo deve avvenire presso la ditta acquirente ad apparecchio montato e completo in tutte le sue parti . Il collaudo consisterà in :

- 1) Prove di carico come previsto dal DM 9/VIII/1960
- 2) Verifica della rispondenza a specifica; in particolare si richiede l'esecuzione di 20 operazioni consecutive di prelievo di un carico costituito da due pacchi di lamierini come quello rappresentato in fig. 1 dal punto A della zona centrale del capannone (v. fig. 2), loro trasporto e deposito per 10 volte nell'ascensore e per 10 volte nella zona di imbocco del capannone adiacente e operazioni inverse, nei tempi e con le modalità previste a specifica .

14. GARANZIA .

Si richiede un periodo di garanzia di un anno, contato a partire dalla data dell'accettazione, conseguente all'esito positivo del collaudo.

Se durante tale periodo si verificano guasti o alterazioni rispetto alle condizioni di specifica, non dovuti a cattivo esercizio dell'acquirente, la ditta fornitrice deve impegnarsi ad eseguire a sue spese le riparazioni e sostituzioni necessarie a ripristinare le condizioni di specifica.

Material Specification 106794

May 3, 1979

Revision B

HOT ROLLED STEEL SHEET AND STRIP

1. This specification covers hot rolled, low carbon steel sheet and strip.

<u>Designation</u>	<u>Description</u>
106794-1	Pickled and oiled sheet and strip.
106794-2	Pickled sheet and strip, not oiled.

NOTE: UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, THE FOLLOWING REQUIREMENTS APPLY TO ALL GRADES.

2. No change shall be made in the quality of successive shipments of material furnished under this specification without first obtaining the approval of the purchaser.

Manufacture

3. Process: Open hearth, basic oxygen, or any other process approved by the purchaser.
4. Discard: Sufficient from each ingot to insure freedom from pipe and undue segregation.
5. Quality: "Drawing Quality."
6. Condition: (-1) Hot rolled, pickled free from scale, and oiled to prevent corrosion. (-2) Hot rolled and pickled free from scale, and not oiled.

Chemical Properties and Tests

7. Chemical Composition: % heat analysis

Carbon, max.	0.15
Manganese	0.25-0.50
Phosphorus, max.	0.04
Sulfur, max.	0.04

Physical Properties and Tests

8. Temper: Suitable for the production of miscellaneous deep drawn parts. The manufacturer shall assume responsibility for selection of steel, control of processing, and performance of the material within properly established breakage limits.

FIGURE 4.1 Material specification.

APPENDICE E

Esempio di specifica tecnica di un prodotto di grande serie - Estratto da:

G.Pahl, W.Beitz - ENGINEERING DESIGN - 1.a ed.ne inglese - Springer, 1985

XYZ	Specifica per Indicatore livello carburante per serbatoi di autocarri	Pag. 1 di 2
-----	---	-------------

Modifiche	V/NV	Requisiti	Responsabilità
		1. Serbatoio, connessioni, distanze	
	V	Volumi...(<i>specificare</i>)	
	V	Forme...(<i>specificare</i>)...; serbatoio: rigido	
	V	Materiale.... (<i>specificare</i>)	
		Connessioni al serbatoio:	
	NV	• tramite flangia	
	V	• superiormente	
	V	• lateralmente	
	NV	Ingombri, pesi(<i>specificare</i>)	
	V	Distanza dal quadro strumenti(<i>specificare</i>)	

	V	2. Contenuti: natura, temperature	
	V	Gasolio: tipi.....(<i>specificare</i>)	
	V	Temperature di funzionamento da a °C	
	V	Temperature massime ammissibili da a °C	
	NV	3. Tipo di misura, segnali, energia	
	V	Uscita: segnale elettrico(<i>specificare</i>)	
	V	Alimentazione:(<i>specificare</i>)	
	V	Accuratezza segnale di misura(<i>specificare</i>)	
	V	Sensibilità di misura(<i>specificare</i>)	
	V	Insensibilità alle onde del liquido	
	V	Possibilità di calibrazione	
	V	Minima quantità misurabile(<i>specificare</i>)	
	NV	Indicazione di "riserva"(<i>specificare</i>)	

Modifiche	V/NV	Requisiti	Responsabilità
		4. Condizioni di funzionamento	
	V	Accelerazioni (senso marcia etc.)...(specificare)	
	NV	Urti ammissibili(specificare)	
	V	Inclinazioni del veicolo(specificare)	
	V	Ventilazione del serbatoio (non pressurizzato)	
		5. Collaudi da superare	
	V	Esposizione al salmastro(specificare)	
	V	Contaminazione del liquido(specificare)	
	V	Resistenza a sovrappressione interna (specificare)	
		6. Durata richiesta, normativa	
	V	Non deve essere sostituito prima di ...(specificare) per effetti corrosione o contaminazione)	
	V	Conformità con le norme(specificare)	
	NV	7. Producibilità	
		8. Uso, manutenzione	
	NV	Installabile senza particolare addestramento	
	V	Sostituibile, esente da manutenzione	
		9. Quantità da produrre (al giorno)	
		10. Costo (obiettivo)	

Legenda: V: Vincolante: esigenza da soddisfare assolutamente (*Demands*)

NV: Non vincolante, aspetto desiderabile (*Wishes*)

PROCEDURA DI PROGETTAZIONE COSTRUTTIVA



INDIVIDUAZIONE CARICHI APPLICATI

- CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI (SINGOLI CARICHI AGENTI RITENUTI RAPPRESENTATIVI DELL'AMBIENTE OPERATIVO DELLA STRUTTURA)
- COMBINAZIONI DI CARICO (CONDIZIONI IPOTIZZATE DI AZIONE CONTEMPORANEA DI PIU' CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI)

INDIVIDUAZIONE CARICHI APPLICATI CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI

Carichi tipi agenti sulle strutture:

- Permanenti (Dead Loads):
 - Peso proprio
- Variabili (Live Loads)
 - Sovraccarichi
 - Carichi di funzionamento
 - Vento
 - Neve
 - Temperatura
- Eccezionali
 - Incendio
 - Esplosioni
 - Urti
 - Sisma

I principali carichi da considerare per le diverse tipologie di strutture e macchine sono definiti dalle specifiche normative di progetto, quando disponibili.

È comunque responsabilità del produttore individuare **tutte le azioni che è possibile ritenere agiranno durante la vita operativa**, che possano risultare rilevanti ai fini della sicurezza, incluse quelle derivanti da **eventuali usi erronei ragionevolmente prevedibili** dell'attrezzatura stessa.

INDIVIDUAZIONE CARICHI APPLICATI COMBINAZIONI DI CARICO

SE LA STRUTTURA SI PUO' CONSIDERARE OPERANTE IN CAMPO LINEARE:

- PICCOLI SPOSTAMENTI/ROTAZIONI → EQUAZIONI DI EQUILIBRIO RISOLTE NELLA CONFIGURAZIONE INDEFORMATA
- PICCOLE DEFORMAZIONI → LEGAME LINEARE TRA SPOSTAMENTI E DEFORMAZIONI E TRA DEFORMAZIONI E TENSIONI



SOVRAPPOSIZIONE DEGLI EFFETTI



STATO DI TENSIONE, DEFORMAZIONE, SPOSTAMENTO DELLE COMBINAZIONI DI CARICO OTTENIBILE COME COMBINAZIONE LINEARE (EVENTUALMENTE CON COEFFICIENTI) DI QUELLI DELLE SINGOLE CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI



$$P_{CombCar,i} = \alpha_j P_{CondCar,j} + \alpha_k P_{CondCar,k} + \alpha_l P_{CondCar,l} + \dots$$

Dipendenti dalla probabilità che le varie condizioni di carico agiscano contemporaneamente

$$\sigma_{CombCar,i} = \alpha_j \sigma_{CondCar,j} + \alpha_k \sigma_{CondCar,k} + \alpha_l \sigma_{CondCar,l} + \dots$$

VERIFICHE

I PRINCIPALI TIPI DI VERIFICA DA CONDURRE SONO:

- PRESTAZIONI
- RESISTENZA
- RIGIDEZZA

VERIFICA DELLE PRESTAZIONI

HA LO SCOPO DI VERIFICARE A PROGETTO CHE LA MACCHINA POSSA FORNIRE LE PRESTAZIONI RICHIESTE DALLA SPECIFICA (ES: LA POTENZA PER UN MOTORE).

SI TRATTA DI VERIFICHE PECULIARI DELLA SPECIFICA MACCHINA/STRUTTURA, CHE, PERTANTO, DEVONO ESSERE DEFINITE CASO PER CASO.

VERIFICHE DI RESISTENZA

HANNO LA FUNZIONE DI CAUTELARE CONTRO EVENTUALI CEDIMENTI STRUTTURALI.

I PRINCIPALI MECCANISMI DI CEDIMENTO DA CONSIDERARE NELLE STRUTTURE MECCANICHE SONO:

- ROTTURA DUTTILE
- ROTTURA FRAGILE
- FATICA
- CORROSIONE
- USURA
- CREEP
- INSTABILITA'

VERIFICHE DI RIGIDEZZA

HANNO LA FUNZIONE DI CAUTELARE CONTRO DEFORMAZIONI TEMPORANEEE O PERMANENTI DELLA STRUTTURA TALI DA COMPROMETTERE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DELLA MACCHINA DI CUI LA STRUTTURA FA PARTE (REQUISITI FUNZIONALI).

ESEMPI:

- ECCESSIVA ROTAZIONE DI UN ALBERO IN CORRISPONDENZA DI UN CUSCINETTO RIGIDO
- ECCESSIVI SPOSTAMENTI/ROTAZIONI DI ALBERI CAUSANTI DISALLINEAMENTO DI RUOTE DENTATE
- ECCESSIVA DEFORMAZIONE DI VIE DI CORSA DI GRU, TALI DA IMPEDIRNE IL CORRETTO SCORRIMENTO
- ETC.

I VALORI LIMITE DI SPOSTAMENTO AMMISSIBILI PER NON COMPROMETTERE I REQUISITI FUNZIONALI DELLA MACCHINA SONO MOLTO VARIABILI CON LA SPECIFICA MACCHINA/STRUTTURA . PERTANTO ESSI DEVONO ESSERE DEFINITI CASO PER CASO.